МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр гигиены»

ЗДОРОВЬЕ
И
ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Сборник научных трудов

выпуск 22

Минск

2013

УДК [613/614+504.064.2] (476) (082)
ББК 51.1я43
З-46

ISSN 2076-3778

Главный редактор — доктор медицинских наук, доцент Г.Е. Косяченко
Ответственный редактор — кандидат медицинских наук, доцент В.Ю. Зиновкина
Технический редактор — Т.И. Вершило

Редакционная коллегия: Г.Е. Косяченко, д.м.н., доцент; А.П. Ермишин, д.б.н.; С.В.Федорович, д.м.н., профессор; А.Г. Мойсеенок, д.б.н., профессор; Я.Э. Кенигсберг, д.б.н., профессор; В.В. Шевляков, д.м.н., профессор; Л.В. Половинкин, д.м.н., доцент; С.И. Сычик к.м.н., доцент; Л.М. Шевчук к.м.н.; Е.О. Гузик, к.м.н., доцент; Т.Н. Пронина, к.м.н.; В.Г. Цыганков, к.м.н., доцент; Е.В. Федоренко, к.м.н., доцент; И.И. Кедрова, к.м.н.; Т.М. Рыбина, к.м.н., доцент; И.В. Суворова, к.м.н.; Л.М. Кремко, к.хим.н.; О.В. Шуляковская, к. хим.н.; В.А. Зайцев, к.м.н., доцент; С.С. Худницкий, к.м.н., доцент; Ю.А. Соболь, к.м.н.; И.И. Ильюкова, к.м.н.; И.П. Щербинская, к.м.н., доцент; Е.В. Дроздова, к.м.н.; Е.В. Николаенко, к.м.н.; В.Ю. Зиновкина, к.м.н., доцент; Н.В. Дудчик, к.б.н., доцент; Л.С. Ивашкевич, к.техн.н.

Рецензенты:
доктор медицинских наук, профессор Х.Х. Лавинский,
доктор медицинских наук, профессор И.С. Асаенок

Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохр. Респ. Беларусь. Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. Г.Е. Косяченко. – Минск: РНМБ, 2013. – Вып. 22. – 324 с.

Сборник статей включает результаты научных исследований сотрудников Республиканского научно-практического центра гигиены, аспирантов, соискателей, докторантов, профессорско-преподавательского состава учреждений образования медицинского, биологического и экологического профиля, учреждений последипломного образования, практической санитарной службы Республики Беларусь, России, Украины, Республики Казахстан, Латвии в области гигиены, токсикологии и профилактической медицины.

В сборнике освещены медицинские и биологические аспекты современной гигиены, токсикологии и профилактической медицины и смежной с ними дисциплин по гигиенической оценке среды обитания человека по воздействию на здоровье, использованию технологии оценки риска, радиационного контроля объектов окружающей среды, в том числе при строительстве АЭС, по токсикологической и гигиенической оценке микробных препаратов, используемых в сельском хозяйстве, по фактическому питанию спортсменов, студентов, учащихся, лиц разных возрастных групп; влияния электронных обучающих средств на функциональное состояние школьников, их умственную работоспособность, адаптацию к образовательному процессу; гигиене профессионального здоровья работников; новым методам контроля объектов окружающей среды; мерам профилактики и коррекции нарушений здоровья.

Сборник предназначен для врачей гигиенистов, токсикологов, профпатологов, врачей общей практики, профессорско-преподавательского состава профильных вузов и кафедр, осуществляющих повышение квалификации кадров, других специалистов медицинского, биологического и экологического профиля, биологов, научных сотрудников, аспирантов, соискателей, докторантов, студентов ВУЗов медицинского, биологического и экологического профиля.

УДК [613/614+504.064.2] (476) (082)
ББК 51.1я43

© Составление. ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены», 2013
© Оформление. ГУ «Республиканская научная медицинская библиотека», 2013

НОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ВИРУСНОЙ КОНТАМИНАЦИИ ОБЪЕКТОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Амвросьева Т.В., Казинец О.Н.

Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии, Минск, Беларусь

Реферат. Статья посвящена разработке современных методов отбора и концентрирования проб из разных видов объектов среды обитания человека (ОСОЧ) для выявления их вирусной контаминации. Создана экспериментальная модель искусственной контаминации металлических, стеклянных, пластиковых поверхностей и текстиля. Отработаны условия и параметры улавливания и концентрирования вирусов-контаминантов в смывах и экстрактах из ОСОЧ. Полученные данные лягут в основу разработки оптимального алгоритма действий при осуществлении санитарно-вирусологического контроля ОСОЧ с целью профилактики и эффективного управления рисками возникновения и распространения инфекционной заболеваемости с контактно-бытовым путем передачи.

Ключевые слова: объекты среды обитания человека, вирусная контаминация, новые методы, санитарно-вирусологический контроль.

Введение. Защита населения от заражения вирусными инфекциями, связанными с действием внешнесредовых факторов, является сегодня важнейшей задачей современной профилактической медицины, направленной на обеспечение здоровьесбережения нации. Для данных вирусных инфекций характерен контактный путь передачи возбудителей, реализуемый через зараженные объекты среды обитания человека. К ним относятся многочисленные объекты (предметы) обихода (например, стены, полы, мебель, дверные ручки, перила, бытовая техника, посуда, одежда, постельные принадлежности и т. д.), а также объекты (предметы) производственной среды (например, оборудование, разные технические приспособления, компьютерная техника, телефонные аппараты, спецодежда и т. д.), окружающие человека в связи с его той или иной профессиональной деятельностью. Среди наиболее социально значимых возбудителей инфекционных заболеваний, передающихся через ОСОЧ, выделяются многочисленные по своему составу кишечные вирусные патогены — норо-, рота-, энтеро-, парво-, корона-, астро-, аденовирусы и др. Именно данная группа вирусных агентов вносит определяющий вклад в формирование заболеваемости острыми кишечными инфекциями (ОКИ), которые являются вакцинонеуправляемыми, что делает их массовыми (часто вспышечными) и приводит к серьезным социальным и экономическим последствиям [1, 2]. Наибольшую социальную значимость среди указанных возбудителей имеют норовирусы, обладающие высокой распространенностью и контагиозностью, что лежит в основе возникновения регулярных вспышек норовирусной инфекции практически во всех странах, в том числе в Республике Беларусь [3, 4]. В этих условиях санитарно-вирусологический контроль за ОСОЧ с целью установления источника инфицирования для пресечения контактного пути передачи кишечных инфекций является важной профилактической мерой, способствующей успешному управлению качеством и безопасностью среды обитания человека.

Обсуждая проблему контроля за ОСОЧ, нельзя не обратить особое внимание на ряд методических особенностей и сложностей его проведения. Данный контроль является весьма трудоемким и многоуровневым процессом, требующим использования специальных эффективных и высокочувствительных методов детекции и идентификации вирусного загрязнения исследуемых объектов. Это обусловлено крайне низким содержанием вирусных патогенов в анализируемом материале, которого, тем не менее, достаточно для инфицирования человека (по данным экспертов ВОЗ, для инфицирования достаточно 1 вирусной частицы с сохраненной инфекционностью) [1, 2]. Данное обстоятельство диктует необходимость выделения процедуры отбора проб из ОСОЧ в отдельный этап с использованием специальных средств. Ключевым звеном этого этапа является концентрирование вирусных агентов в малом объеме для последующего анализа с помощью высокочувствительных молекулярно-биологических методов на предмет индикации их генетических маркеров. Вышеуказанные методические сложности могут быть преодолены путем использования специально разработанных для этих целей способов улавливания и концентрирования вирусов-контаминантов, что, безусловно, стандартизует исследования и делает их более доступными для практики.

К сожалению, научные разработки на эту тему в нашей стране до настоящего времени не проводились, следствием чего является отсутствие цельной системы надзора и санитарно-вирусологического контроля за ОСОЧ, основанной на применении современных технологий пробоподготовки и индикации их вирусной контаминации с использованием биоинформатики и молекулярной эпидемиологии, что необходимо для доказательства причинно-следственной связи между обнаруженными вирусными контаминантами и возникшей инфекцией. Осуществляемые в этом направлении центрами гигиены и эпидемиологии (на уровне областей и г. Минска) санитарно-вирусологические исследования ОСОЧ являются бессистемными, единичными и проводятся только в отношении энтеро- и ротавирусов. Вследствие отсутствия необходимых инструктивно-методических документов данные исследования не стандартизованы и ведутся давно устаревшими и неэффективными методами, не позволяющими получить достаточно полную и своевременную информацию о вирусном загрязнении предметов и его роли в распространении инфекций, что особенно важно в очагах и при осложнении санитарно-эпидемиологической ситуации. Как правило, такие исследования заканчиваются нулевыми результатами, что запутывает и без того сложный процесс установления источников инфицирования, путей и факторов передачи вирусных инфекций.

Цель работы — разработать современные методы отбора и концентрирования проб из разных видов ОСОЧ на основе использования высокоэффективных сорбирующих материалов.

Материал и методы. *Сорбирующие материалы*. В работе использовали сорбирующие материалы марки ФИБАН в волокнистой и прессованной форме (производство ИФОХ НАН РБ), а также минеральный сорбент активный оксид алюминия специального назначения (основа по ТУ 6-09-3428-78, Россия).

Вирусы. Для экспериментальной контаминации поверхностей предметов использовали штаммы вирусов из коллекции лаборатории санитарной вирусологии — вакцинный штамм полиовируса I типа (лаб. № 8362) и Коксаки В3 (лаб. № В433). Титр вирусов составлял 10^7 $ТЦД_{50}$/мл.

Буферные растворы. Для элюирования вирусов с сорбентов применяли 0,01 н глициновый буферный раствор (pH 8,8) и 3% бифэкстракт (pH 9,1–9,6)

Культуры клеток. Для выделения вирусов в культурах клеток использовали клеточную линию BGM производства РНПЦ ЭМ.

Испытуемые материалы для искусственной вирусной контаминации.

В экспериментах использовали металлическую, стеклянную и пластиковую поверхности, а также текстильный материал спанбелл.

Выделение вирусов проводили в культурах чувствительных клеток с учетом титра вирусов по методу Кербера [5].

Концентрирование вирусов, изолированных из проб ОСОЧ, проводили методом сорбции и элюции с использованием ПЭГ [6].

Выделение РНК ЭВ из проб осуществляли с помощью набора «Рибопреп» (производство «Амплисенс», г. Москва).

Индикацию РНК энтеровирусов (ЭВ) проводили методом ОТ-ПЦР. Постановку реакции ОТ осуществляли с использованием набора «РЕВЕРТА» (производство «Амплисенс», г. Москва) в соответствии с прилагаемой инструкцией. Амплификацию полученной в реакции обратной транскрипции к ДНК проводили с использованием наборов реагентов для выявления РНК ЭВ в объектах окружающей среды и клиническом материале с гибридизационно-флюоресцентной детекцией «Амплисенс Enterovirus-FL» в соответствии с прилагаемой инструкцией.

Результаты и их обсуждение. Первый этап исследований в рамках разработки методов отбора и концентрирования проб состоял в создании экспериментальной модели искусственной вирусной контаминации разных по своему составу поверхностей, имитирующих разные виды ОСОЧ. Для этого подобрали металлическую, стеклянную и пластиковую поверхности и текстильный материал спанбелл, на которые наносили вирусосодержащую жидкость. В качестве модельного объекта для контаминации выбрали вакцинный штамм полиовируса I типа, накопленный на перевиваемой культуре клеток BGM (до титра 107 ТЦД50/мл). Базовым методом для получения смывов с ОСОЧ был метод сорбции и элюции, предполагающий применение дополнительного концентрирования проб с использованием полиэтиленгликоля. Для улавливания (сорбции) вирусов использовали сорбенты, которые ранее показали свою эффективность при исследовании водных объектов и пищевых продуктов [6, 7].

В экспериментах с металлическими поверхностями в процессе отработки условий сорбции модельного вируса применяли специальный металлический лоток размером 25 см^2, на который наносили вирусосодержащую жидкость в объеме 10 мл. Сорбцию вирусов проводили выбранным материалом марки Фибан А6 в волокнистой и прессованной формах массой от 1 до 5 г, которым протирали контаминированную поверхность. Для элюции сорбированного вируса образцы материала помещали в раствор элюента (3% буферный раствор бифэкстракта с pH от 9,1 до 9,6 или глициновый буферный раствор pH 8,8). Время проведения элюции варьировало от 15 до 60 мин. Последующая детекция вирусного материала в полученных элюатах при исследовании методом ОТ-ПЦР и в культуре клеток BGM позволяла выявлять инфекционный вирус с различной эффективностью (таблица). Эффективность концентрирования вируса в пробах зависела от массы применяемого сорбента, вида элюента, его pH и длительности экспозиции сорбента с элюентом. Наилучшие результаты были получены при использовании 2 г Фибана А6 (в волокнистой и прессованной форме), 3% бифэкстракта (pH 9,6) или 0,01 н глицинового буферного раствора (pH 8,8) с оптимальным временем элюции 30 мин.

Таблица — Выявление вирусного материала в пробах, полученных при контаминации металлической поверхности вирусом полио- I типа и различных условиях сорбции/элюции

Условия сорбции/элюции			Выявляемый вирусный материал/метод			
Элюент/время элюции	Сорбент	Масса сорбента	РНК/ОТ-ПЦР		Инфекционный ЭВ/КК	
			Кол-во пол./ кол-во исслед.	Пол. проб, %	Кол-во пол/ кол-во исслед.	Кол-во положительных проб, %
3% бифэкстракт, pH 9,1/30 мин	Фибан А6 в волокнистой форме	1	1/3	33,3	1/3	33,3
		2	2/3	66,70	3/3	66,70
		4	2/3	66,7	2/3	66,7
		5	1/3	33,3	1/3	33,3
	Фибан А6 в прессованной форме	1	1/3	33,3	1/3	33,3
		2	2/3	66,70	2/3	66,7
		4	2/3	66,7	2/3	66,7
		5	1/3	33,3	2/3	33,3
3% бифэкстракт, pH 9,3/30 мин	Фибан А6 в волокнистой форме	1	2/3	66,7	2/3	66,7
		2	2/3	66,7	3/3	100,0
		4	1/3	33,3	2/3	66,7
		5	1/3	33,3	2/3	33,3
	Фибан А6 в прессованной форме	1	2/3	66,7	2/3	66,7
		2	3/3	100,0	3/3	100,0
		4	2/3	66,7	2/3	66,7
		5	1/3	33,3	2/3	33,3

Окончание таблицы

3% бифэкстракт, pH 9,6/30 мин	Фибан А6 в волокнистой форме	1	2/3	66,7	2/3	66,7
		2	3/3	100,0	3/3	100,0
		4	3/3	100,0	2/3	66,7
		5	1/3	33,3	2/3	33,3
	Фибан А6 в прессованной форме	1	2/3	66,7	2/3	66,7
		2	3/3	100,0	3/3	100,0
		4	2/3	66,7	2/3	66,7
		5	1/3	33,3	2/3	33,3
0,01 н глициновый буферный раствор, pH 8,8/30 мин	Фибан А6 в волокнистой форме	1	2/3	66,7	2/3	66,7
		2	3/3	100,0	3/3	100,0
		4	2/3	66,7,0	2/3	66,7
		5	1/3	33,3	1/3	33,3
	Фибан А6 в прессованной форме	1	2/3	66,7	2/3	66,7
		2	3/3	100,0	3/3	100,0
		4	2/3	66,7	2/3	66,7
		5	1/3	33,3	2/3	33,3

Для контаминации стеклянной и пластиковой поверхностей, в качестве которых использовали наружную поверхность стеклянного или пластикового стаканов объемом 50 мл, на них наносили вирус Коксаки В3 в объеме 5,0 мл и титром 1–3 lg $ТЦД_{50}$/мл. Далее тампоном из волокнистого материала Фибан А6 массой 2 г (сухим или смоченным физиологическим раствором) протирали контаминированные поверхности стаканов, а затем помещали его в раствор элюента объемом 5,0 мл. После 30-минутной элюции 0,01 н глициновым буферным раствором (pH 8,8) отбирали вирусосодержащую жидкость и проводили дополнительное концентрирование с помощью ПЭГ по общепринятой методике. Каждый эксперимент проводили в 3 повторах. В полученных пробах обнаруживали энтеровирусную РНК методом ОТ-ПЦР. Выявляемость вирусного материала колебалась в пределах 33,3–100,0% (рисунок 1). Применение влажного волокнистого сорбента имело преимущество для обеих испытуемых поверхностей и позволило увеличить уровень детекции положительных проб до 100,0%.

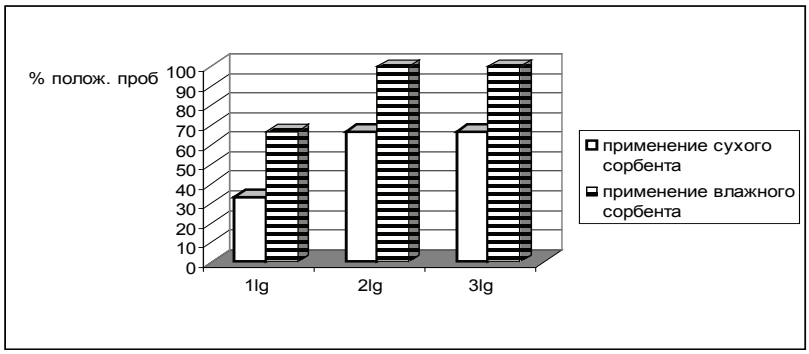


Рисунок 1 — Выявление положительных проб на наличие энтеровирусной РНК при контаминации стеклянной и пластиковой поверхностей вирусом Коксаки В3 в дозах 1–3 lg $ТЦД_{50}$/мл с использованием сухого и влажного сорбента, %

При моделировании искусственной контаминации ОСОЧ в виде текстиля (ими могут быть постельное белье, обивка мягкой мебели, детские игрушки и др.) использовали текстильный материал спанбелл, полотно которого площадью 25 $см^2$ смачивали физраствором, содержащим полиовирус I типа с титром 1 lg $ТЦД_{50}$/мл. Для получения экстракта контаминированное вирусом полотно помещали в стакан с 200 мл фосфатно-солевого буферного раствора (pH 7,4) и выдерживали 30 мин. Концентрирование полученного экстракта осуществляли с помощью 2 видов сорбентов — волокнистого Фибана А6 и активного оксида алюминия (масса 2 г) — на основе применения проточного или суспензионного способов сорбции/элюции вирусов. При использовании проточного метода стеклянную колонку длиной 10 см наполняли одним из сорбентов, а затем пропускали через него вирусосодержащий экстракт. Последующую элюцию с поверхности сорбента осуществляли 3% раствором бифэкстракта, также пропуская его через колонку. Для улавливания вирусов суспензионным способом сорбент помещали в вирусосодержащий экстракт на 30 мин, периодически помешивая, затем жидкость удаляли и проводили элюцию уловленных сорбентом вирусов в суспензионной системе с помощью раствора 3% бифэкстракта в объеме 5,0 мл в течение 30 мин. Полученные пробы подвергали дополнительному концентрированию с помощью ПЭГ и далее исследовали их методом ОТ-ПЦР для выявления энтеровирусной РНК. Каждый эксперимент исследовали в 3 повторах.

Наиболее эффективным для концентрирования вирусосодержащих экстрактов текстильного материала оказался суспензионный метод с использованием Фибана А6, который позволил достичь 100% выявляемость модельного вируса (рисунок 2).

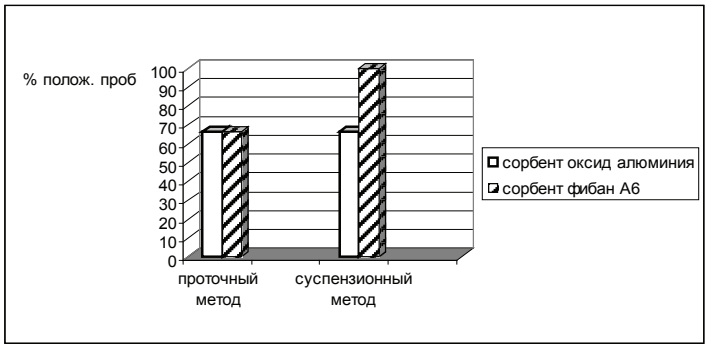


Рисунок 2 — Выявление положительных проб на наличие энтеровирусной РНК при контаминации полотна спанбелл вирусом Коксаки В3 с использованием Фибана А6 и активного оксида алюминия, %

Заключение. В результате проведенных исследований создана экспериментальная модель искусственной контаминации металлических, стеклянных, пластиковых поверхностей и текстиля. В экспериментальных условиях выбраны оптимальные параметры и отработана эффективная технология улавливания и концентрирования вирусов-контаминантов в смывах с поверхностей разного состава, а также из экстрактов текстильного материала. Полученные данные лягут в основу разработки оптимального алгоритма действий при осуществлении санитарно-вирусологического контроля ОСОЧ, основанного на использовании самых современных методов изоляции, идентификации и молекулярно-эпидемиологического анализа вирусов-контаминантов, с целью профилактики и управления рисками возникновения и распространения инфекционной заболеваемости с контактно-бытовым путем передачи.

Литература

1. Abad, F.X. Survival of enteric viruses on environmental fomites / F.X. Abad, R.M. Pinto, A. Bosch // Appl. Environ. Microbiol. – 1994. – Vol. 60. – P. 3704–3710.

2. Boone, S.A. Significance of fomites in the spread of respiratory and enteric viral disease / S.A. Boone, C.P. Gerba // Appl. Environ. Microbiol. – 2007. – Vol. 73. – P. 1687–1696.

3. An outbreak of viral gastroenteritis following environmental contamination at a concert hall / M.R. Evans [et al.] // Epidemiol. Infect. – 2002. – Vol. 129. – P. 355–360.

4. Application of a swab sampling method for the detection of norovirus and rotavirus on artificially contaminated food and environmental surfaces / K. Cherer [et al.] // Food Environ. Virol. – 2009. – Vol. 1. – P. 42–49.

5. Спектр и молекулярно-эпидемиологическая характеристика вирусов-контаминантов воды плавательных бассейнов / Т.В. Амвросьева [и др.] // Современные проблемы инфекционной патологии человека: сб. науч. тр. – Минск, 2011. – С. 67–72.

6. Инструкция по лабораторной диагностике энтеровирусной инфекции: рег. № 133–1204 от 12.04.2005. – Минск, 2005.

7. Проблема вирусологической безопасности пищевых продуктов и методы индикации их вирусного загрязнения / О.Н. Казинец [и др.] // Донозология и здоровый образ жизни. – 2012. – № 2 (11). – С. 30–33.

NEW METHODOLOGICAL SOLUTIONS TO THE IDENTIFIED VIRAL CONTAMINATION OF HUMAN ENVIRONMENT OBJECTS

Amvrosieva T.V., Kazinetz O.N.

Republican Scientific and Practical Centre for Epidemiology and Microbiology, Minsk, Belarus

The article is devoted to the development of modern methods for isolation and concentration of samples, taken from different human environment objects (HEO) for the detection of viral contamination. The experimental model of an artificial contamination of metal, glass, plastic surfaces and textiles has been developed. The conditions and parameters of the virus isolation and concentration in different HEO washings and extracts have been worked out. The data obtained will form the basis for the development of an optimal algorithm of actions in the implementation of sanitary and virological monitoring for the prevention and effective management of risk occurrence and spread of infectious disease with contact-household transmission.

Keywords: human environment objects, viral contamination, modern methods, sanitary and virological control.

Поступила 22.08.2013

МЕТОДИКА ОТБОРА ПРОБ ВОЗДУШНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦЫ МЕТАЛЛОВ

Бабий В.Ф., Кондратенко Е.Е., Худова В.Н., Пимушина М.В.

Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева Академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Реферат. В настоящей работе представлен простой и доступный способ отбора проб воздушных загрязнений, содержащих наночастицы металлов. Разработанная методика включает протягивание газовой фазы через фильтр с последующим концентрированием наночастиц в поглотительном растворе.

Ключевые слова: наночастицы, газообразная среда, фильтры, поглотительный раствор.

Введение. В ближайшие десятилетия развитие нанотехнологий и изготовление наноматериалов станут основными движущими силами стимулирования существенных изменений во многих областях промышленности, медицины, экологии. Осознавая положительные изменения, которые приносит нанотехнологическая революция, необходимо помнить и о возмож-

ных отрицательных следствиях и проблемах. С точки зрения гигиенической науки, вопросы безопасности нанотехнологий и наноматериалов для человека и окружающей среды имеют первостепенное значение.

В последнее время пристальное внимание уделяется вопросу о поведении наноматериалов в окружающей среде. Данные разных исследователей свидетельствуют о том, что экспозиция наночастицами может отрицательно влиять на здоровье человека, особенно при ингаляционном пути поступления их в организм, например, с отработанными газами двигателей [1, 2]. В то же время, определение наночастиц в объектах окружающей среды, в том числе в воздухе и выбросах отработанных газов, связано с определенными трудностями. Для того чтобы набрать достаточное для изучения число наночастиц, необходимо аспирировать большой объем газообразной фазы с дальнейшим его концентрированием. Кроме того, часто возникает необходимость разделения частиц на фракции в зависимости от их размера.

Цель работы — разработать доступную методику отбора проб газообразной среды для дальнейшего качественного и количественного определения наночастиц металлов на соответствующих приборах.

Материал и методы. На первом этапе исследования необходимо было определить фильтровальный материал, который наиболее эффективно задерживает частицы размером более 100 нм. Для сравнительного анализа эффективности задержки частиц фильтрами АФА-ВП и фильтровальным материалом на основе полипропиленовых микроволокон проводили эксперимент, условия которого следующие:

– температура окружающего воздуха — 23°С;
– относительная влажность воздуха — до 50%;
– атмосферное давление — (750±30) мм рт. ст.;
– отсутствие паров кислот, щелочей, газов, вызывающих коррозию;
– погрешность измерения концентрации аэрозоля — ±20%.

Для определения эффективности фильтровальных материалов использовали фотоэлектрический счетчик аэрозольных частиц АЗ-5, принцип работы которого основан на рассеивании света отдельными аэрозольными частицами. Благодаря количественной связи между размером частиц и интенсивностью рассеянного света, возможен анализ частиц по размерам. В оптическом датчике счетчика происходит анализ аэрозольной частицы, на каждую частицу вырабатывается электрический импульс, амплитуда которого пропорциональна размеру частицы.

В качестве модели для апробации метода определения наночастиц металлов в газообразной среде отбирали пробы воздуха при проведении сварочных работ. Использовали электроды МР-3 диаметром 4 мм с рутиловым видом покрытия, предназначенные для сварки конструкций из низкоуглеродных сталей с содержанием углерода до 0,25% (время сварки 75 с, ток 150 А, напряжение 36 В).

Отбор проб включал протягивание газовой фазы с помощью аспиратора «Тайфун» с объемным расходом 10 л/мин через установку, состоящую из фильтра, изготовленного на основе полипропиленовых микроволокон, и последовательно соединенной с ним склянки Дрекселя, содержащей 100 мл поглотительного раствора. В качестве поглотительного раствора использовали 0,05% раствор слабоанионного флокулянта Magnafloc (Магнафлок) LT-25 в деионизированной воде.

Для приготовления поглотительного раствора навеску LT-25 в колбе предварительно обрабатывали 0,5 мл этанола для лучшего смачивания и быстро добавляли необходимое количество деионизированной воды, затем колбу закрывали и встряхивали в течение 30–60 мин до полного растворения LT-25. Для анализа отбирали 300 л исследуемого газа. После завершения отбора проб газообразной среды поглотительный раствор с наночастицами анализировали на лазерном анализаторе размеров частиц Fritsch (Германия).

Результаты и их обсуждение. Для определения «пропускной способности» фильтров исследовано 4 образца бумажного фильтровального материала марки АФА-ВП. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 — «Пропускная способность» бумажного фильтровального материала АФА-ВП

Размер частиц, мкм	Концентрация частиц, шт./дм^3					
	До фильтра*	После фильтра				
		Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Среднее значение
10,0	11	0	0	0	0	0
7,0	31	0	0	0	0	0
4,0	85	0	0	0	0	0
2,0	255	0	0	3	4	2
1,5	275	0	0	4	4	3
1,0	380	0	0	8	7	5
0,9	405	0	0	17	10	9
0,8	495	1	0	40	15	19
0,7	540	0	0	40	36	25
0,6	755	1	3	80	40	41
0,5	883	13	10	118	82	70
0,4	900	760	505	430	622	561

Примечание — * Загрязнение воздуха.

Результаты измерения «пропускной способности» фильтровального материала марки АФА-ВП свидетельствуют, что исследуемые фильтры полностью задерживают частицы размером 4,0–10,0 мкм; почти на 90% — частицы размером 0,5–2,0 мкм и менее чем на 50% — частицы размером 0,4 мкм. Необходимо отметить, что исследуемый фильтровальный материал марки АФА-ВП неравномерен по своей структуре, что подтверждается данными, приведенными в таблице 1: «пропускная способность» образцов 1 и 2 существенно отличается от этого показателя образцов 3 и 4.

Проведена сравнительная оценка эффективности бумажных фильтров марки АФА-ВП и фильтровального материала на основе полипропиленовых микроволокон. Установлено, что эффективность фильтровального материала на основе полипропиленовых микроволокон выше, чем фильтров АФА-ВП. Результаты исследования эффективности задержки частиц фильтрами представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Сравнение эффективности фильтровальных материалов

Размер частиц, мкм	Эффективность, %	
	Фильтровальный материал АФА-ВП	Фильтровальный материал на основе полипропиленовых микроволокон
10,0	100	100
7,0	100	100
4,0	100	100
2,0	99,2	100
1,5	98,9	100
1,0	98,7	100
0,9	97,8	100
0,8	96,2	100
0,7	95,4	100
0,6	94,6	100
0,5	92,1	100
0,4	37,7	99,99

Полученные результаты показали, что для фильтровального материала из полипропиленовых микроволокон эффективность задержки частиц с размерами 0,5–10,0 мкм составляет 100%, а для частиц размером 0,4 мкм — 99,99%. В то же время, фильтры марки АФА-ВП задерживают на 100% только частицы размерами 4,0–10,0 мкм.

В результате апробации метода определения наночастиц металлов в выбросах отработанных газов при проведении сварочных работ установлено, что добавление флокулянта Magnafloc LT-25 в поглотительный раствор способствует предотвращению слипания наночастиц и образования конгломератов, которые изменяют фактические концентрации наночастиц. Такой способ отбора позволяет повысить точность качественного и количественного определения наночастиц металлов в газообразной среде.

Анализ поглотительного раствора, проведенный после завершения отбора проб газообразной среды на лазерном анализаторе размеров частиц Fritsch (Германия), показал присутствие в растворе наночастиц размером от 2 до 100 нм. Распределение наночастиц в поглотительном растворе представлено на рисунке.

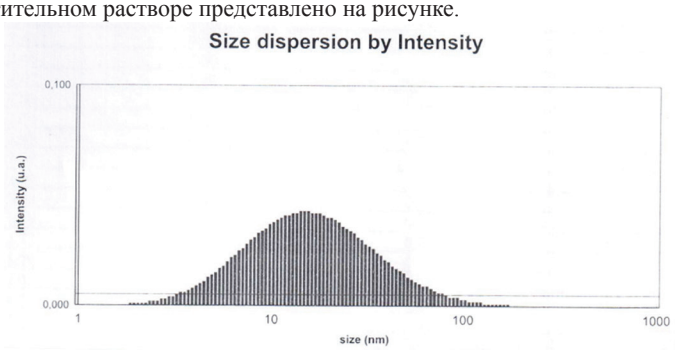


Рисунок — Распределение наночастиц по размерам в поглотительном растворе (по показателям интенсивности)

Заключение. На основании проведенных исследований разработана методика отбора проб газообразной среды, позволяющая повысить точность анализа наночастиц металлов в пробах воздушных загрязнений. Благодаря использованию высокоэффективного фильтра на основе полипропиленовых микроволокон, который не пропускает в поглотительный раствор частицы размером более 100 нм, и добавлению в поглотительный раствор флокулянта для предотвращения образования конгломератов наночастиц, разработанная методика позволяет сократить время и упростить процедуру отбора проб газообразной среды. Разработанный способ отбора проб газообразной среды защищен патентом [3].

Литература

1. Tanigychi, N. On the basic Concept of «Nanotechnology» / N. Tanigychi // Presented at Proc. ICPE. – 1974.

2. Онищенко, Г.Г. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения в условиях расширенного использования наноматериалов и нанотехнологий / Г.Г. Онищенко // Гигиена и санитария. – 2010. – № 2. – С. 4–7.

3. Спосіб відбору проб газового середовища для визначення наявності та концентрації наночастинок металів : пат. України № 77782. (51)МПК (2006.01) G01N15/10 / В.Ф. Бабій, О.Є. Кондратенко, В.М. Худова, М.В. Цебренко, О.В. Демецька; опубл. 25.02.2013 // Афіц. бюл. – 2013. – № 4.

SAMPLING METHOD OF AIR POLLUTION CONTAINING METAL NANOPARTICLES

Babiy V.F., Kondratenko E.E., Hudova V.N., Pimushina M.V.

A.N. Marzeyev Institute for Hygiene and Medical Ecology, cademy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

A simple and available way for samplingthe air pollution containing metal nanoparticles has been presented in this paper. The developed techniqueinvolves drawingthe gasphase through the filter followed by concentration of nanoparticles in the absorbing solution.

Keywords: nanoparticles, gaseous medium, filters, absorbing solution.

Поступила 23.04.2013

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ЛЕСА В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Брезовская Л.Н., Мицура В.И., Дольников М.С.

Брестский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Брест, Беларусь

Реферат. Проведен анализ радиационной обстановки и лабораторных исследований побочной продукции леса по содержанию радиоактивного цезия на территории области. Результаты радиационного контроля свидетельствуют о стабилизации ситуации и снижению удельного веса проб с превышением Республиканских допустимых уровней содержания радионуклидов цезия-137.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, побочная продукция леса, радиоактивность.

Введение. Санитарно-эпидемиологическая служба области в рамках возложенных полномочий осуществляет государственный санитарный надзор за соблюдением норм радиационной безопасности, а также контроль радиоактивного загрязнения сельхозпродукции пищевых продуктов и продуктов питания, производимых в личных подсобных хозяйствах [1].

Соответствие сельскохозяйственной и пищевой продукции, в том числе побочной продукции леса (дары леса) гигиеническим нормативам, является одним из важнейших критериев радиационного благополучия населения, т.к. основной путь поступления (94%) содержащейся в человеческом организме радиоактивности происходит по пищевым цепям [2]. Сложившаяся в области система радиационного контроля позволила практически исключить поступление в реализацию через торговую сеть и сеть общественного питания продукции с превышением действующих нормативов по содержанию радионуклидов.

Материал и методы. Анализ радиационной обстановки осуществляли с использованием данных в соответствии с годовыми отчетными формами «Сведения о радиационно-гигиенической обстановке на территории». Применяли научные источники и официальные издания о радиационной обстановке на территории страны и области.

Результаты и их обсуждение. В результате Чернобыльской катастрофы радиоактивному загрязнению подверглось 12% территории Брестской области. В зоне радиоактивного загрязнения оказались 167 населенных пунктов на территории Столинского, Лунинецкого, Пинского и Дрогичинского районов с общим количеством населения 162766 человек [3]. В постчернобыльские годы в области проведено отселение населения из наиболее загрязненных мест, кроме того, обстановка улучшилась в связи с проведением комплекса сельскохозяйственных защитных мер в общественном секторе. В настоящее время в зоне радиоактивного загрязнения (в зоне периодического контроля и зонах отселения) продолжают проживать 116202 человека, или 8,5% населения области в 119 населенных пунктах [4].

Если на пахотных землях, пастбищах и сенокосах проводятся определенные работы по их окультуриванию, то лесные массивы практически остаются в первоначальной степени загрязнения радионуклидами. Во время аварии на Чернобыльской АЭС в лесных массивах выпало радионуклидов в 5–10 раз больше, чем на пашне. Лес служил естественным фильтром, задерживающим радиоактивные аэрозоли. Непосредственно после выпадения радиоактивных частиц и аэрозолей на лес началась их вертикальная миграция под действием атмосферных осадков и ветра, гравитационных сил, а также вследствие опада листьев, ветвей и других частей деревьев. Кроме того, есть такие растительные организмы, которые жадно захватывают радиоактивные вещества, всасывая их с большой площади. К ним относятся грибы, а также дикорастущие ягоды — клюква, малина, черника, земляника. Опасность для человеческого организма в части поступления радиоактивности представляет также мясо диких животных [2].

В этой связи специалисты учреждений государственного санитарного надзора при определении приоритетных направлений с целью предупреждения и уменьшения накопления внутренней дозы облучения выделили радиационный контроль даров леса как один из важных разделов работы. Данное направление деятельности в Брестской области осуществляется в тесном контакте с областным производственным лесохозяйственным объединением. Ежегодно Главным государственным санитарным врачом области и генеральным директором лесохозяйственного объединения принимается совместное решение об организации и проведении мониторинга степени загрязнения грибов, лесных ягод и лекарственного сырья радионуклидами

Проведенная заинтересованными службами совместная работа, в том числе по разъяснению требований безопасного проживания и ведения хозяйственной деятельности на загрязненных территориях, позволила значительно снизить удельный вес побочной продукции леса, доставленной населением для исследований в учреждения санэпидслужбы области, не соответствующей допустимым уровням по содержанию радионуклидов.

Так, если в 1994 г. из исследованных проб грибов, дикорастущих ягод и мяса диких животных удельный вес проб с превышением допустимых уровней составлял 22,9% (±0,81%), то в 2012 г. зафиксировано наименьшее значение данного показателя за весь период наблюдений — 8,7% (±0,98%).

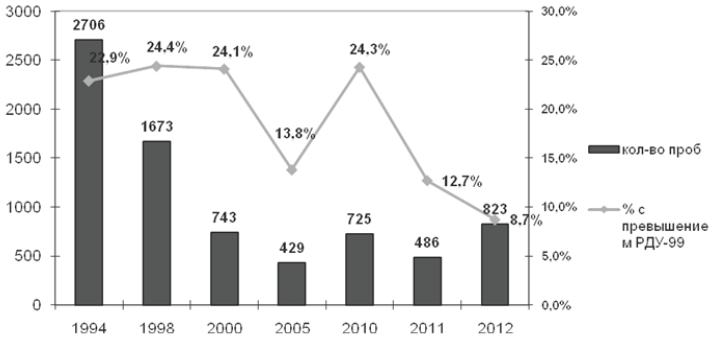


Рисунок 1 — Удельный вес проб побочной продукции леса с превышением содержания радионуклидов за 1994–2012 гг.

При несоблюдении ограничений на употребление грибов, дикорастущих ягод и мяса дичи и в силу пищевых привычек населения, проживающего в населенных пунктах, расположенных в непосредственной близости от лесной местности, вклад их в формирование общей дозы внутреннего облучения возрастает [5].

Изучение результатов радиационного контроля пищевых продуктов из личных подсобных хозяйств, в том числе молока и молочных продуктов, грибов, лесных ягод, мяса диких животных, за период с 1994 по 2012 гг. показало, что основным фактором накопления внутренней дозы облучения в последние годы являются именно «дары леса».

Так, если в 1994 г. из всех нестандартных проб наибольшее количество приходилось на молоко и молочные продукты из личных подсобных хозяйств (63,9%), то в 2012 г. на них приходилось всего 6,3%, при этом на «дары леса» — 85%.

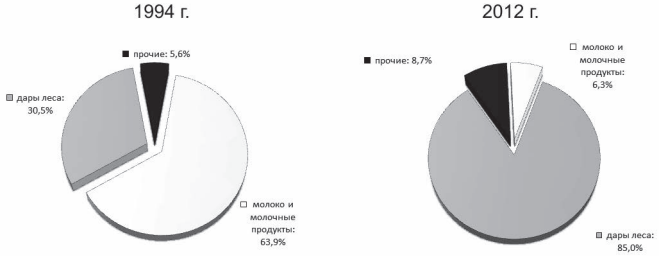


Рисунок 2 — Распределение проб продукции с превышением содержания радионуклидов цезия в 1994 и 2012 гг. по Брестской области

Санитарно-эпидемиологическая служба области проводит активную санитарно-просветительную работу среди населения, уделяя особое внимание разъяснению правил безопасного проживания, ведению здорового образа жизни, акцентируя внимание населения на опасность для здоровья употребления «даров леса» без радиологического контроля. Ежегодно проводятся пресс-конференции с местными СМИ, выступления по радио и телевидению, межведомственные семинары по проблемам Чернобыля и т.д.

Заключение. За период с 1994 по 2012 гг. количество проб побочной продукции леса с превышением содержания радионуклидов Cs-137 выше допустимых уровней (РДУ-99) уменьшилось в 2,6 раза. В сравнении с 1994 г., когда из всех нестандартных проб наибольшее количество приходилось на молоко и молочные продукты из личных подсобных хозяйств (63,9%), в 2012 г. на молоко и молочные продукты приходилось всего 6,3%, при этом на «дары леса» — 85%. В этой связи перед санитарно-эпидемиологической службой стоят задачи по радиационному контролю побочной продукции леса и санитарному просвещению населения, в том числе с выдачей рекомендаций по организации полноценного сбалансированного здорового питания, применению определенной кулинарной обработки продукции, позволяющей снизить содержание радионуклидов в употребляемых продуктах.

Литература

1. Положение о контроле радиоактивного загрязнения от Чернобыльской катастрофы в Республике Беларусь: утв. приказом МЧС Республики Беларусь от 06.02.1995 № 5.

2. Люцко, А.М. Выжить после Чернобыля / А.М. Люцко, И.В. Ролевич, В.И. Тернов; под общ. ред. И.В. Ролевича. – Минск: Выш. школа, 1990. – С. 50–56.

3. Арнаутов, О.В. Роль санэпидслужбы Брестской области в ликвидации последствий чернобыльской катастрофы: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию медико-профилактического фак-та БГМУ / О.В. Арнаутов, Н.Т. Гиндюк, Н.Н. Ляхов. – Минск, 2004. – Ч. 1. – 80 с.

4. Перечень населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения: утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 01.02.2010 № 132.

5. Кенигсберг, Я.Э. Регламентация содержания радионуклидов цезия и стронция в продуктах питания и питьевой воде — один из основных факторов защиты населения в отдаленный период Чернобыльской аварии / Я.Э. Кенигсберг, Е.Е. Буглова // 75 лет санитарно-эпидемиологической службе Республики Беларусь, история, актуальные проблемы на современном этапе, перспективы развития: материалы науч.-практ. конф. – Минск, 2011. – 192 с.

RESEARCH RESULTS OF TIMBER FOREST BY-PRODUCTS IN THE BREST REGION

Brezouskaya L.N., Mitsura V.I., Dolnikov M.S.
Brest Regional Center of Hygiene, Epidemiology and Public Health, Brest, Belarus

The analysis of the radiation situation in the region and laboratory studies of timber forest by-products for the radioactive cesium content has been carried out. The results of radiation monitoring showed the stabilization of the situation and the reduce of samples proportion exceeding the national permissible levels of cesium-137 radionuclides.

Keywords: radioactive contamination, timber forest by-products, radioactivity.

Поступила 03.06.2013

РАСЧЕТ ФАКТИЧЕСКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ (НИТРАТНОЙ) ВОДНОЙ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ С УЧЕТОМ ИЗОЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ КСЕНОБИОТИКОВ

Будников Д.А., Дроздова Е.В., Бурая В.В.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В качестве количественного критерия сравнительной токсичности при расчете суммарной фактической нитратной нагрузки на различные группы населения при поступлении азотистых соединений через питьевую воду и пищевые продукты необходимо вводить водно-алиментарный коэффициент, отражающий изоэффективные дозы при поступлении нитратов в ионной и биогенной формах, и устанавливаемый по коридору различий в результате сопоставления динамики развития токсического процесса на пороговом уровне.

Введение в расчеты водно-алиментарного коэффициента позволяет дифференцировать нитратную нагрузку при разных путях и способах поступления нитратов в организм и унифицировать единицу измерения биологической активности ксенобиотика.

Ключевые слова: нитраты, водная нитратная нагрузка, изоэффективные дозы, водно-алиментарный коэффициент, допустимая суточная доза.

Введение. Проблема загрязнения питьевой воды азотосодержащими соединениями (нитраты, нитриты, ионы аммония) является одной из приоритетных для Республики Беларусь в сфере питьевого водоснабжения. В основном она касается колодцев и артезианских скважин, подающих воду из неглубоких водоносных горизонтов. По данным Министерства здравоохранения Республики Беларусь, ежегодно до 30% проб воды из колодцев не соответствуют нормативам по содержанию нитратов. При этом на ближайшую перспективу колодезное водоснабжение в республике будет оставаться одним из важных источников удовлетворения питьевых нужд сельского населения. Так, в настоящее время шахтные колодцы используют для питьевых целей 6,54% городского и 55,8% сельского населения. Учитывая вышеизложенное, совершенствование методологических подходов к осуществлению мониторинга нитратов в питьевой воде на основе оценки реальных рисков является актуальным направлением и послужило основной целью НИР по заданию 01.03. «Разработать гигиенические критерии оценки физиологической полноценности воды, предназначенной для потребления населением» ОНТП «Здоровье и окружающая среда», 2010–2012.

Учитывая, что нитраты поступают в организм не только с питьевой водой, но и с другими источниками, в том числе продуктами питания [1–3], для достижения поставленных в рамках НИР задач было предложено разработать и научно обосновать методологию оценки рисков нитратного загрязнения питьевой воды, основанную на оценке фактической и допустимой нитратной нагрузки. В настоящей статье представлены результаты разработки и апробации методики расчета фактической и допустимой нитратной нагрузки.

Материал и методы. Современные принципы расчета фактической химической нагрузки (ФХН) на население предусматривают распределение допустимой суточной дозы (ДСД) между 3 возможными средами поступления ксенобиотика в организм человека:

$$ФХН = Д_1 + Д_2 + Д_3, \quad (1)$$

где $Д_1$ — суточная доза ксенобиотика, которая может поступить в организм человека с продуктами питания, мг;

$Д_2$ — суточная доза ксенобиотика, которая может поступить в организм человека с водой, мг;

$Д_3$ — суточная доза ксенобиотика, которая может поступить в организм человека с атмосферным воздухом, мг.

Общая доза ксенобиотика, поступающая в организм с пищей, определяется путем суммирования количества, обнаруживаемого в отдельных продуктах, составляющих средний рацион питания населения в данной зоне. Поступление ксенобиотика в организм с продуктами питания рассчитывается по формуле 2:

$$Д_1 (мг/кг) = C_i \times Q_i \times (1-q_i) \times К_{ст.}, \quad (2)$$

где C_i — концентрация ксенобиотика в i-продукте, мг/кг;

Q_i — среднее количество i-продукта в суточном пищевом рационе, мг;

q_i — коэффициент деструкции ксенобиотика в процессе кулинарной обработки i-продукта, мг. Кулинарная обработка снижает содержание нитратов в овощах на 50–70%, при ее отсутствии q=0;

$К_{ст.}$ — коэффициент стабильности вещества в биогенной форме.

Поступление ксенобиотика в организм с водой $Д_2$ (мг/л) описывается по формуле 3:

$$Д_2 = Cw \times R(1-g) \times К_{ст.}, \quad (3)$$

где C_w — концентрация вещества в воде, мг/л;

$К_{ст.}$ — коэффициент стабильности вещества в водорастворимой (ионной) форме;

R — суточная норма водопотребления (л), равная 2 л/сутки;

G — коэффициент деструкции ксенобиотика на очистных сооружениях при его обезвреживании. При отсутствии в водоподготовке процесса обезвреживания g=0.

Поступление ксенобиотика в организм с воздухом $Д_З$ (мг/л) рассчитывается по формуле 4:

$$Д_З = К_{ст.} \times C_v \times V \times B_v, \quad (4)$$

где $К_{ст.}$ — коэффициент стабильности вещества в воздушной среде;

C_v — концентрация ксенобиотика в атмосферном воздухе, мг/м^3;

V — суточный воздухообмен человека, м^3;

B_v — коэффициент поглощения ксенобиотика в дыхательных путях.

Главным недостатком формул 2–4 является то, что они базируются на допустимой суточной дозе, основным токсикометрическим параметром для расчета которой является пороговая недействующая доза, установленная при энтеральном пути поступления вещества без учета изоэффективных доз вещества при ингаляционном и алиментарном путях поступления. Это искажает конечную суммарную нитратную нагрузку, поскольку биологический эффект при водном (ионная форма нитратов) и ингаляционном путях поступления вещества занижается по сравнению с алиментарным (биогенная форма нитратов), и в конечном счете препятствует адекватной оценке рисков неблагоприятного воздействия ксенобиотика на здоровье населения и принятию управленческих решений при мониторинге нитратов.

Различия в токсичности веществ при различных путях и способах поступления связаны с особенностями динамики развития токсического процесса и адаптационно-приспособительных реакций. Периодичность смены фаз интоксикации определяется степенью и скоростью «накопления эффекта» [4]. В первую очередь, на эти процессы может оказывать влияние режима экспозиции: с питьевой водой вещество поступает дискретно, а с воздухом — непрерывно. Немаловажную роль в токсичности веществ, как известно, играет степень резорбции. При ингаляционном пути поступления степень резорбции может колебаться от 50 до 100% [5].

Одним из факторов, влияющих на токсичность химических веществ, является их биологическая усвояемость, которая определяется формой соединения. В продуктах питания вещества содержатся в виде биологически связанных форм, в то время как в воде нитраты и нитриты присутствуют в виде ионов. При рутинных химико-аналитических исследованиях продуктов питания и воды определяется суммарное содержание нитратов независимо от их формы без учета сходства или различий в токсичности биологически связанных и ионных форм. Это может считаться одной из сторон проблемы сравнительной токсичности веществ при различных способах поступления в организм и расчета допустимой химической (нитратной) нагрузки (формулы 2, 3).

Лучшими критериями для оценки сравнительной токсичности веществ являются пороговые дозы и концентрации. Преимущество пороговых величин состоит в том, что независимо от пути и способа поступления вещества, они устанавливаются на основании учета выявленных в эксперименте минимальных (пороговых) изменений, то есть могут рассматриваться как изоэффективные и, соответственно, имеют строгий критериальный характер. Количественным критерием сравнительной токсичности веществ при различных путях и способах поступления являются коэффициенты относительной токсичности: водно-алиментарный, водно-ингаляционный, устанавливаемые по коридору различий в результате сопоставления динамики развития токсического процесса на пороговом уровне.

В связи с этим для совершенствования подходов к расчету фактической нитратной нагрузки было предложено при расчете химической (нитратной) нагрузки через источники питьевого водоснабжения и воздух в формулы 2 и 4 ввести водно-алиментарный и водно-ингаляционный коэффициенты относительной токсичности ($К_{в/ал}$ и $К_{в/инг}$):

$$Д_2 = C_w \times R(1\text{-}g) \times К_{ст.} \times К_{в/ал}, \quad (5)$$

где $К_{в/ал}$ — водно-алиментарный коэффициент, отражающий изоэффективные дозы при поступлении нитратов в ионной и биогенной формах, то есть разность токсичности вещества при поступлении в организм с питьевой водой и через продукты питания;

$$Д_З = К_{в/инг} \times К_{ст.} \times C_v \times V \times B_v, \quad (6)$$

где $К_{в/инг}$ — водно-ингаляционный коэффициент относительной токсичности.

При условии, что для населения с атмосферным воздухом поступление нитратов в организм практически отсутствует, формула суммарной химической (нитратной) нагрузки при поступлении азотных соединений через источники питьевого водоснабжения и пищевые продукты будет выглядеть следующим образом:

$$ФХН = C_w \times R \times (1\text{-}g) \times К_{ст.} \times К_{в/ал} + C_i \times Q_i(1\text{-}q_i) \times К_{ст} \quad (7)$$

Из формулы (7) следует, что все слагаемые имеют общую единицу измерения биологической активности и адекватно отражают химическую нагрузку ксенобиотика на организм.

Исследования показали, что токсическое действие нитратов, содержащихся в пищевых продуктах (биогенные формы нитросоединений), проявляется слабее, чем в питьевой воде (ионные формы нитросоединений) в 1,25 раза. Отсюда $К_{в/ал}$ для нитратов = 1,25.

Для упрощения расчетов и выявления методического значения коэффициента относительной токсичности условно принимаем поступление нитратов с продуктами питания за постоянную величину ($Д_1$ = const) и не учитываем в дальнейших расчетах.

Результаты и их обсуждение. В организме человека эндогенно образуется нитратов в среднем 11 мкмоль/кг массы тела в сутки, или 1,2 мг/кг. С учетом этого фактора по данным ФАО/ВОЗ ДСД нитратов для человека равна 5 мг/кг массы или 350 мг.

В соответствии с формулой (5) фактическое поступление нитратов (ФНН — фактическая нитратная нагрузка, мг) в организм с питьевой водой определяется следующим образом:

$$ФНН = C_w \times R(1\text{-}g) \times К_{ст.} \times К_{в/ал}, \quad (8)$$

где C_w — концентрация вещества в воде, мг/л;

R — суточная норма водопотребления, соответствует 2,0 л;

g — коэффициент деструкции ксенобиотика на очистных сооружениях или при его обезвреживании. При использовании воды шахтных колодцев соответствует 0, т.к. при децентрализованном водоснабжении очистка воды перед употреблением не производится;

$К_{ст.}$ — коэффициент стабильности нитратов в водорастворимой (ионной) форме принимаем равным 1, т. к. вода употребляется для хозяйственно-бытовых нужд непосредственно или в течение нескольких часов с момента подъема из водоисточников;

$К_{в/ал}$ — водно-алиментарный коэффициент, отражающий изоэффективные дозы при поступлении нитратов в ионной форме, равен 1,25.

Таким образом, формула с учетом водно-алиментарного коэффициента принимает следующий вид:

$$ФНН = C_w \times 2 \times (1\text{-}g) \times 1 \times 1,25 \quad (9)$$

или при использовании в качестве источников водоснабжения шахтных колодцев:

$$ФНН = C_w \times 2 \times (1-0) \times 1 \times 1,25 = C_w \times 2 \times 1 \times 1 \times 1,25 = C_w \times 2 \times 1,25 = 2,5C_w.$$

ФНН без учета водно-алиментарного коэффициента имеет вид:

$$ФНН = C_w \times 2 \times 1 \times 1 = 2C_w.$$

Допустимая нитратная суточная нагрузка (ДНН, мг) поступления с водой в зависимости от возраста при ДСД нитратов 5 мг/кг массы тела определяется по формуле:

$$ДНН = М \times ДСД\ (мг/кг), \quad (10)$$

где М — масса тела.

Следовательно, ДНН (мг)=М (кг)×5 мг/кг.

С использованием полученных формул проведены расчеты ДНН и ФНН на различные возрастные группы населения мужского пола при различном содержании нитратов в питьевой воде с учетом и без учета водно-алиментарного коэффициента. При расчетах использовали статистические характеристики массы тела мальчиков (в кг) согласно [6]. Результаты представлены в таблице.

Таблица — ДНН и ФНН на различные возрастные группы населения мужского пола в зависимости от содержания нитратов в питьевой воде с учетом и без учета водно-алиментарного коэффициента

Показатель	Мальчики (возраст, годы)				Взрослые (старше18 лет)
	До 1 года	1–3 года	3–6 лет	6–9 лет	
Масса тела, кг	10,2	14,66	21,44	28,4	70
ДНН с питьевой водой, мг/массы тела	51,0	73,3	107,2	141,5	350,0
Содержание в питьевой воде нитратов 45,0 мг/л (1,0 ПДК)					
ФНН с учетом водно-алиментарного коэффициента, мг/сут	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5
Соотношение ФНН/ДНН	2,2	1,53	1,05	0,79	0,32
ФНН без учета водно-алиментарного коэффициента, мг/сут	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0
Соотношение ФНН/ДНН	1,8	1,2	0,8	0,6	0,25
Содержание в питьевой воде нитратов 20,0 мг/л (0,5 ПДК)					
ФНН с учетом водно-алиментарного коэффициента, мг/сут	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Соотношение ФНН/ДНН	0,98	0,7	0,47	0,35	0,14
ФНН без учета водно-алиментарного коэффициента, мг/сут	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Соотношение ФНН/ДНН	0,78	0,54	0,37	0,22	0,11

Примечания:
1. ДНН — Допустимая нитратная водная нагрузка для разных возрастных групп населения с учетом пола.
2. ПДК — Предельно допустимая концентрация.

При содержании нитратов в воде на уровне 45 мг/л (1 ПДК) ФНН с учетом $К_{в/ал}$ превышает ДНН у детей до 1 года в 2,3 раза. С увеличением возраста детей повышается ДНН нитратов и, соответственно, в группе лиц до 3 лет соотношение ФНН/ДНН составляет 1,54, до 6 лет ФНН = ДНН, до 9 лет ФНН<ДНН (0,8), старше 18 лет ФНН составляет 0,32 от ДНН.

ФНН без учета $К_{в/ал}$ (содержание нитратов в источниках водоснабжения на уровне 45 мг/л (1 ПДК)) превышает ДНН у детей до 1 года в 1,8 раза. С увеличением возраста детей повышается ДНН нитратов и, соответственно, в группе лиц до 3 лет соотношение ФНН/ДНН составляет 1,2, до 6 лет ФНН<ДНН (0,8), до 9 лет ФНН<ДНН (0,6), старше 18 лет ФНН составляет 0,25 от ДНН.

Таким образом, количественный критерий сравнительной токсичности $К_{в/ал}$ оказывает существенное влияние на оценку фактической нитратной водной нагрузки, особенно для младших возрастных групп населения, повышая ее на 25%, и способствует более объективной оценке ситуации.

Заключение. В качестве количественного критерия сравнительной токсичности при расчете суммарной фактической нитратной нагрузки на различные группы населения при поступлении азотных соединений через питьевую воду и пищевые продукты необходимо вводить водно-алиментарный коэффициент, отражающий изоэффективные дозы при поступлении нитратов в ионной и биогенной формах и устанавливаемый по коридору различий в результате сопоставления динамики развития токсического процесса на пороговом уровне;

Введение в расчеты водно-алиментарного коэффициента позволяет дифференцировать нитратную нагрузку при разных путях и способах поступления нитратов в организм и унифицировать единицу измерения биологической активности ксенобиотика;

Расчет фактической химической (нитратной) нагрузки на население с учетом изоэффективных доз ксенобиотика методически направлен на ведение углубленного мониторинга нитратов и обоснование принятия взвешенных управленческих решений с целью снижения риска неблагоприятного воздействия азотистых соединений на здоровье населения.

Литература

1. Public Health Goals for Nitrate and Nitrite in Drinking Water: Report / J. Polakoff [et al.]. – California, 1997. – 9 p.
2. Руководство ВОЗ по контролю качества питьевой воды. – 4-е изд. / ВОЗ. – Женева, 2011. – 516 с.
3. Drinking-water nitrate and health : A recent findings and research needs: Workgroup report / M.H. Ward [et al.] // Environ Health Perspect. – 2005. – Vol. 113, № 11. – P. 1607–1614.
4. Канцельсон, Б.А. Комбинированное действие химических веществ / Б.А. Канцельсон // Общая токсикология / Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. – М.: Медицина, 2002. – С. 497–520.
5. Сова, Р.Е. Принципы и методические основы интегральной гигиенической оценки опасности пестицидов: дис. … канд. мед. наук / Р.Е. Сова. – Киев, 1965. – 184 с.
6. Таблицы оценки физического развития детей Беларуси: метод. рекомендации № 118-9911, утв. Министерством здравоохранения Республики Беларусь 14.02.2000.

ESTIMATION OF CHEMIACAL (NITRATES) WATER BURDEN ON POPULATION BASED ON USING ISOEFFECTIVE DOZES OF XENOBIOTICS

Budnikov D.A., Drozdova E.V., Buraya V.V
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The implementation into calculation of water-alimentary factor allows differentiating nitrate burden through different ways and modes of intake and unifying measures of biological activity of xenobiotics.

Keywords: nitrate pollution, water nitrate burden, isoeffective dozes**,** water-alimentary factor, tolerable daily intake.

Поступила 27.06.2013

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В НОВЫХ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЗАСТРОЙКИ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

Бургазлий Н.П., Махнюк В.М., Фещенко К.Д., Могильный С.Н.
Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева Академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Реферат. Представлены результаты санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов строительства общеобразовательных учебных учреждений как объектов высокой степени риска. Проанализированы санитарно-гигиенические требования к их размещению в современных градостроительных условиях с целью обеспечения санитарно-гигиенических условий пребывания детей при проведении учебно-воспитательного процесса.

Ключевые слова: проекты строительства общеобразовательных учебных учреждений, санитарно-гигиеническая экспертиза, микроклимат, инсоляция, естественная освещенность, государственные и частные общеобразовательные учебные учреждения, законодательные акты.

Введение. Современные тенденции социально-экономического развития Украины, рыночная экономика вносят изменения к подходам планирования и застройки населенных мест. Эти изменения проявляются в уплотнении застройки, повышении этажности, что приводит к повышению плотности населения в жилой зоне, способствуют ухудшению условий размещения разных объектов общественного назначения и, особенно, общеобразовательных учебных учреждений.

Принятый новый Закон Украины «О регулировании градостроительной деятельности» и изменения, внесенные в Закон Украины «Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения», упразднил функцию осуществления предупредительного санитарно-эпидемиологического надзора за проектированием и строительством общеобразовательных учебных учреждений [1, 2].

На сегодняшний день, в связи с новыми введенными градостроительными законодательными актами, обязательная государственная экспертиза проектов строительства проводится в Минрегионе Украины и его структурных подразделениях — экспертных организациях, следовательно, госсанэпиднадзор за проектированием объектов общеобразовательных учебных учреждений не осуществляется.

Возникающие проблемы повышения этажности и плотности застройки в крупных городах, наряду с ухудшением санитарно-гигиенических условий обеспечения жизнедеятельности населения в условиях окружающей плотной застройки, приводят к уменьшению территорий под строительство общественных зданий, ухудшению условий размещения общеобразовательных учреждений, соблюдению санитарно-гигиенических требований при их проектировании.

На этапе разработки проектов строительства общеобразовательных учебных учреждений перед проектантами возникает проблема недостаточности свободных территорий при их размещении для обеспечения нормативных площадей под организацию спортивной зоны и территорий для игр детей младшего школьного возраста, обеспечения нормативного шумового режима на школьных площадках, попадания прямого солнечного света — инсоляция на территорию, ее аэрации и озеленения, соблюдения гигиенических требований к этажности зданий школ, набору помещений, их площадей, условий естественной освещенности и инсоляции учебных помещений, оздоровления воздушной среды учебных классов.

При проектировании новых типов учебных учреждений (лицеи, гимназии и др.) в большинстве случаев по требованию заказчиков уделяется большое внимание всестороннему развитию детей, что приводит к необходимости организации дополнительных помещений для специальных занятий: музыкального и образовательного творчества, физкультурных и хореографических, а также обустройства раздевалок к ним и кабинетов учителей и тренеров. Широкое применение в учебном

процессе получило использование аудиовизуальных технических средств обучения и компьютеризация учебных классов, что также требует дополнительных площадей и условий для их оснащения, а это не всегда возможно при использовании существующих школьных зданий. Вследствие недостаточности площадей используются подвальные помещения, надстройки к зданиям школ или пристраиваются новые дополнительные помещения за счет территорий школ: уменьшения спортивных зон, игровых и учебно-опытных площадок.

Последнее приводит к нарушению санитарно-гигиенических условий для пребывания детей в учебном учреждении.

Результаты экспертизы проектов размещения и строительства школ, выполненных в последние годы в Институте, свидетельствуют о недостаточности внимания со стороны проектных организаций в вопросе разработки проектов и строительства школ, соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям, в частности, по обеспечению условий для физического развития детей и сохранения их здоровья.

Согласно постановлению Кабинета Министров Украины от 19.09.2012 № 869, деятельность общеобразовательных учебных учреждений отнесена к объектам с высокой степенью риска по критериям санитарного и эпидемического благополучия [3].

Цель работы — определить гигиенические аспекты размещения общеобразовательных учреждений в новых градостроительных условиях застройки с оценкой инсоляции, естественной освещенности и микроклимата.

Материал и методы. Использованы санитарно-гигиенические, аналитические методы исследования и метод санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов строительства.

Результаты и их обсуждение. В ходе санитарно-эпидемической экспертизы были проанализированы проектные материалы размещения и строительства общеобразовательных учебных учреждений, в том числе частных форм собственности. Особое внимание при рассмотрении проектов общеобразовательных школ уделялось соблюдению условий инсоляции и естественной освещенности.

Так, в результате экспертизы проектов строительства школ по оценке санитарно-гигиенических показателей инсоляции и естественной освещенности классных помещений отмечалось, что строительство объектов ведется в условиях окружающей высотной жилой застройки, при этом отмечается уменьшение площадей участков для размещения школьных учреждений, в некоторых случаях больше, чем допускается градостроительными нормами.

В связи с увеличением плотности застройки городов, повышения этажности строительства происходит увеличение плотности населения, проживающего на 1 га, что приводит к уменьшению придомовых территорий в соответствии с действующими нормами, сокращению количества попадающих прямых лучей солнца не только на свободную придомовою территорию, но и в помещения, а также нарушению состояния аэрации, солнечной радиации и микроклимата таких территорий.

В результате многочисленных научных исследований установлено, что солнечная энергия имеет большое значение для растущего организма. Она активизирует процессы обмена веществ в организме, способствует его правильному росту и развитию, образованию костных тканей и положительному психоэмоциональному состоянию как детей, так и взрослых. Сокращение продолжительности инсоляции приводит к угнетению состояния нервной системы, дефициту витамина Д, а также развитию рахита у детей, понижению мышечного тонуса, замедлению обменных процессов и нарушению биоритмов организма человека [4].

Облучение помещений солнцем в качественном и количественном соотношении не одинаково и зависит не только от географической широты местности, периода года, состояния атмосферы или характера ее облачности, но и от конструкции школьных зданий, ориентации окон и их размеров [5].

Правильность ориентации окон классных комнат определяет ряд важных показателей: тепловой комфорт учеников, равномерность естественного освещения рабочих мест, ультрафиолетовый режим помещений, условия психоэмоционального состояния, условия зрительной и умственной работы детей в школе.

В связи с этим в условиях современного строительства как государственных учебных учреждений (общеобразовательные школы, гимназии, лицеи), так и частных школ, наряду с проведением санитарно-гигиенической оценки архитектурных и строительных решений по набору и площадям помещений на этапе экспертизы проектов, необходимо проводить анализ соблюдения нормативных требований по обеспечению инсоляцией территорий и учебных помещений школ, микроклимата и условий вентиляции учебных помещений как при новом строительстве, так и в условиях приспособления других объектов общественного строительства под учебные учреждения.

Среди факторов, обеспечивающих благоприятное состояние внутренней среды классных помещений и необходимые оптимальные условия микроклимата, не последнее место принадлежит инсоляции.

Определенную роль в гигиеническом аспекте имеет соблюдение обеспечения нормативной инсоляции и естественной освещенности, которые влияют на условия психоэмоционального состояния, условия зрительной и умственной работоспособности.

Нормативным документом, определяющим условия инсоляции школьных объектов в Украине, являются действующие «Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки СанПиН 2605-82», согласно которым инсоляция нормируемых классных помещений школ должна обеспечиваться в нормируемый период года (март–сентябрь) не менее 3 ч в день [6].

При рассмотрении проектов строительства школьных учреждений определялись условия инсоляции и естественного освещения на соответствие действующим нормативам. В связи с выявленными отклонениями по показателям инсоляции и естественной освещенности до 50% рассмотренных проектов отправлялись на доработку. При этом обращает на себя внимание то, что при санитарно-гигиенической экспертизе проектов строительства современных учебных учреждений было выявлено, что в большинстве проектов, которые разрабатывались индивидуально (специально) для строительства школ, гигиенические нормативы по инсоляции и естественной освещенности помещений были ниже допустимых, чем в типовых проектах 60–80-х гг. Это свидетельствует о проектировании объектов специалистами, которые не имеют специальной подготовки по проектированию школьных зданий и об отсутствии профильных проектных организаций, специализирующихся на проектировании общеобразовательных учреждений.

Существует практика размещения частных и специализированных школ в зданиях ранее построенных под другое назначение. В таких школах, как правило, не соблюдаются санитарно-гигиенические требования к набору помещений, режиму

и обучению детей, что приводит к ухудшению условий проведения учебного процесса и отдыха детей, особенно при пребывании их в учебном учреждении полный рабочий день на протяжении 10–12 ч.

На данный момент в Украине происходит активное проектирование и строительство частных школ. Большинство таких школ имеют индивидуальную систему обучения. Как правило, эти школы размещаются в зданиях с другим функциональным назначением. После перепланировки помещений под учебные учреждения в отдельных случаях наблюдаются отклонения от действующих ГСанПиН 5.5.2.008-01 «Государственные санитарные правила и нормы обустройства, содержания общеобразовательных учебных учреждений и организации учебно-воспитательного процесса»: увеличение количества спортивных залов с размещением их в подвале или на 2–3 этажах; отсутствие площадок для прогулок и спортивных занятий на открытом воздухе; использование мансардных помещений под учебные классы, где площадь с высотой менее 2 м занимает 50% площади класса; недостаточное обеспечение естественной освещенностью и инсоляцией классных помещений [7].

Одним из примеров проектов строительства школ нового типа является проект общеобразовательной школы на 24 класса с углубленным изучением иностранных языков (рисунок). При рассмотрении проектных материалов были выявлены следующие несоответствия:

– нерешенный вопрос обустройства открытых спортивных и игровых площадок на территории школы;

– размещение учебно-опытной площадки на крыше спорткомплекса, что противоречит санитарному законодательству;

– площадки для игр предусмотрены в закрытом пространстве, что противоречит требованиям ГСанПиН 5.5.2.008-01;

– предусмотрена эксплуатация терасс на крыше на уровнях 2–5 этажей, что также недопустимо санитарным законодательством;

– предусмотрена стеклянная оболочка зимнего сада, который перекрывает линию остекления классных помещений;

– обустройство застекленного зимнего сада, что не может заменить площадки для прогулки детей на свежем воздухе, а, кроме того, влияет на дефицит проникновения ультрафиолетового облучения школьных помещений через двойное остекление окон класса и не обеспечивает естественное проветривание помещений.

Ввиду выявленных замечаний и несоответствия требованиям санитарного законодательства, проект данной школы был отклонен от согласования.

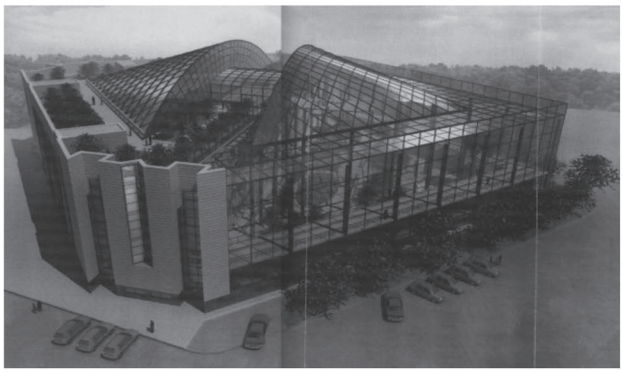


Рисунок — Вид школы с остекленным атриумом зимнего сада

Следует отметить, что в ГСанПиН 5.5.2.008-01 отсутствуют дифференцированные санитарно-гигиенические и санитарно-противоэпидемические требования к размещению учебных учреждений разных типов и форм собственности.

Таким образом, установлены санитарно-гигиенические проблемы при проектировании общеобразовательных учреждений в новых градостроительных условиях застройки населенных мест. Доказана необходимость осуществления предупредительного государственного санитарно-эпидемиологического надзора при размещении общеобразовательных учебных учреждений на селитебной территории на этапах: отвода земельных участков под строительство; проектирования; строительства и ввода в эксплуатацию этих объектов.

Особенного внимания требует рассмотрение вопросов обеспечения оптимальной ориентацией окон классных комнат с целью обеспечения в них нормативных условий инсоляции, естественной освещенности, микроклимата и качества воздуха.

Проведенные исследования качества воздуха в классных помещениях в ряде школ установили, что показатели микроклимата и воздуха учебных помещений зависят от функционирования принудительной и естественной вентиляции в классных помещениях в течение учебного дня. Так, при отсутствии принудительной вентиляции температура воздуха в классных помещениях повышалась на 4–7°С от нормативной (18°С), достигая в конце дня 25°С, при этом влажность воздуха находилась на уровне гигиенического норматива. Исследования состояния загрязнения воздуха классных помещений школьных учреждений показали превышение нормативов по показателю диоксида углерода (более 0,1 об. %), что может быть причиной ухудшения самочувствия, работоспособности и здоровья детей, особенно младшего школьного возраста [8].

Заключение. Проведенные исследования свидетельствуют об отсутствии нормативных документов, которые предусматривают санитарно-гигиенические требования к проектированию и строительству общеобразовательных учебных учреждений разных типов и форм собственности.

В условиях уплотнения городской застройки новой градостроительной деятельности необходимо возобновить функцию предупредительного государственного санитарно-эпидемиологического надзора, в первую очередь за объектами высокого риска, — размещения общеобразовательных учебных учреждений. Это послужит созданию гигиенических условий в них для всестороннего развития и сохранения здоровья детей в условиях общеобразовательных учреждений.

Литература

1. Закон Украины от 24.02.1994 № 4004-XII. Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/4004-12. – Дата доступа: 20.04.2013.

2. Закон Украины от 17.02.2011 № 3038-VI. О регулировании градостроительной деятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3038-17. – Дата доступа: 20.04.2013.

3. Постановление Кабинета Министров Украины от 19.09.2012 № 869. О внесении изменений в Постановление Кабинета Министров Украины от 30.11.2011 № 1405 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/869-2012-п. – Дата доступа: 20.04.2013.

4. Ярыгин, А.В. Гигиеническая характеристика естественного ультрафиолетового излучения в помещениях жилых домов: автореф. дис. … канд. мед. наук / А.В. Ярыгин. — Киев, 2002. –21 с.

5. Основы архитектурной светлологии (расчет и проектирование естественной, искусственной и совмещенной освещенности и инсоляции): учеб. пособие. – Киев: Высш. школа, 2006. – 214 с.

6. СанПиН 2605-82. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки.

7. СанПиН 5.5.2.008-01. Государственные санитарные правила и нормы обустройства, содержания общеобразовательных учебных учреждений и организации учебно-воспитательного процесса.

8. Результаты оценки состояния химического загрязнения воздуха и микроклимата помещений классных комнат на примере школ г. Киева в рамках международного проекта «Школьная среда и респираторное здоровье детей» (SEARCHII) / Е.И. Турос, Л.В. Петрук, Л.И. Михина // Материалы XV съезда гигиенистов Украины «Гигиеническая наука та практика: современные реалии». – Киев, 2012. – 248 с.

SANITARY AND HYGIENIC ASPECTS OF DESIGN AND CONSTRUCTION OF ECONDARY EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF DIFFERENT FORMS OF PROPERTY UNDER NEW TOWN-PLANNING CONDITIONS OF THE SETTLEMENT BUILDING

Burgazlii N.P., Makhniuk B.M., Feshchenko K.D., Mogilnyi S.N.

A.N. Marzeyev Institute for Hygiene and Medical Ecology Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The results of sanitary and epidemiological examination of the projects for the construction of secondary educational institutions of different forms of property as the objects of a high risk level are presented, and sanitary and hygienic requirements to their location under modern town-planning conditions for the provision with sanitary-and-hygienic conditions of the children stay at the performance of educational process have been analyzed.

Keywords: construction projects of general educational institutions, sanitary-hygienic examination, microclimate, insolation, lighting, public and private secondary educational institutions, legislative acts.

Поступила 27.06.2013

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ШУМА, СОЗДАВАЕМОГО БЫТОВОЙ ТЕХНИКОЙ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Быкова Н.П.[1], Соловьева И.В.[1], Щербинская И.П.[1], Арбузов И.В.[1], Сорока П.Н.[2]

[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;

[2]Минский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Минск, Беларусь

Реферат. В статье рассматривается влияние бытовой электротехники на формирование акустического режима во внутренней среде помещений.

Ключевые слова: шум, бытовая электротехника, шумовая характеристика, внутренняя среда помещений.

Введение. Освоение человеком электрической энергии приобретает все большие масштабы. С одной стороны, рост потребления энергии в быту и повышение оснащенности квартир бытовыми электротехническими приборами повышает комфортность условий проживания и качества жизни, с другой — приводит к возникновению отрицательных изменений внутрижилищной среды. Бытовые электротехнические приборы могут быть источниками электрических, магнитных, акустических и вибрационных загрязнений внутренней среды жилища. В большинстве случаев факторы жилой среды относятся к факторам малой интенсивности. Они могут способствовать развитию ряда заболеваний — и в этом их опасность. Гигиеническое их значение состоит в том, что, не являясь причиной заболевания, они способны вызывать неспецифические изменения в организме. На практике это проявляется в повышении общей заболеваемости населения под влиянием, например, неблагоприятных (по шуму) жилищных условий. С возрастанием степени проявления факторов жилой среды, с которыми контактируют широкие слои населения, увеличивается вероятность распространения среди населения изменений неспецифического характера, оказывающих существенное влияние на снижение показателей здоровья населения.

Накопленный материал в области исследования неблагоприятного влияния физических факторов окружающей среды позволяет сделать вывод о том, что шум является неотъемлемым фактором среды обитания человека.

Многими исследователями установлено значительное присутствие факторов физической природы в суммарной антропогенной нагрузке и их возможность усугубить влияние других факторов на здоровье человека. Превалирующее значение среди факторов физической природы многими исследователями присваивается шуму [2].

Шум, или акустические колебания, относится к группе факторов физической природы и имеет свои специфические свойства как в способах генерации и распространения, так и в путях и механизмах влияния на живой организм — на человека.

Шум как гигиеническое явление представляет собой неблагоприятный фактор внешней среды, нарушающий покой человека, влияющий на его здоровье и мешающий восприятию полезных звуков. Практически все население на работе, в транспорте, дома, на отдыхе подвергается воздействию шума. Некоторые люди терпимы к нему, у других он вызывает не-

удовольствие, у третьих — нарушает самочувствие, сон, нормальную трудовую деятельность. Причиной различного восприятия шума может оказаться возраст, состояние здоровья, характер деятельности человека, его настроение. Реакция организма на шум в основном определяется уровнем шума. Степень раздражающего воздействия зависит от того, насколько шум превышает привычный окружающий фон, от частоты повторяемости шума, его характера. Большой раздражающий эффект дают импульсные и нерегулярные шумы [1, 4].

Реакции на шум могут быть различными в зависимости от индивидуальных особенностей человека, физиологических характеристик и пола, а также времени суток. Женщины, например, переносят шум хуже мужчин (разница составляет около 10 дБА). Отсутствие жалоб и реакции раздражения еще не говорит о безвредности шума для человека. Порог дискомфорта от шума, т.е. непереносимого напряжения, изменяется одинаково. Уже доказано, что лица, считающие себя невосприимчивыми к шуму, переносят шум интенсивностью 20 дБ так же, как и люди, считающие себя «очень восприимчивыми». Восприятие шума не определяется ни полом, ни возрастом: доказано, что среди людей пожилого возраста «очень восприимчивых» не больше, чем среди молодежи [1].

Материал и методы. В целях гигиенической оценки объемно-пространственного распределения шума, создаваемого бытовой техникой в жилых помещениях, провели изучение оснащенности жилых помещений бытовой техникой, оргтехникой, радиоэлектронной аппаратурой и другими источниками физических факторов.

Оснащенность квартир бытовой техникой изучали на основе анкетного опроса, гигиеническую оценку провели по результатам инструментальных измерений, выполненных в квартирах различной планировки, расположенных в панельных и кирпичных домах г. Минска, в соответствии с требованиями Инструкции по применению № 108-1210 «Измерение и гигиеническая оценка шума в населенных местах», утвержденной Заместителем Министра — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 24 декабря 2010 г. [3].

Результаты и ихобсуждение. На основе данных анкетного опроса провели анализ распределения бытовой техники во внутренней среде помещений с учетом их функционального назначения (рисунок 1).

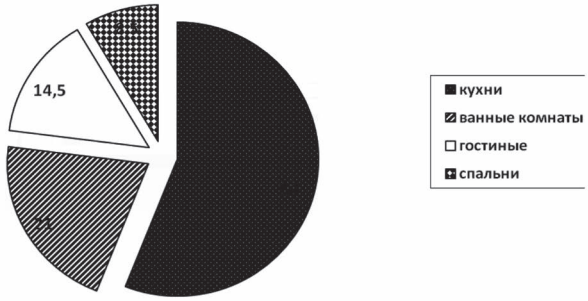


Рисунок 1 — Распределение источников шума в помещениях квартир с учетом их функционального назначения, %

Как видно из рисунка, по насыщенности бытовой техникой помещения расположились в следующем порядке: на 1 месте — кухонные помещения (56%), на 2 — ванные комнаты (21%), на 3 — гостиные (14,5%), на 4 месте — спальни (8,5%). Основным типом бытовой техники в помещениях являются приборы для механизации кухонных работ и повышения комфортности на кухне: холодильники, морозильники, телевизоры, компьютеры, воздухоочистители, стиральные машины, ванные комнаты — стиральные машины, центрифуги, фены, электробритвы, электрощетки; гостиные — телевизоры, музыкальные центры, видеомагнитофоны, компьютеры, другая оргтехника и оборудование для работы и отдыха; спальни — телевизоры, видеомагнитофоны.

Изучение шумовых нагрузок проводили в квартирах, расположенных в панельных и кирпичных домах в различных районах г. Минска. Для установления объемно-пространственного распределения шума в жилых помещениях все исследуемые квартиры распределили на 3 группы: имеющие площадь кухни до 9 м^2 , 9–12 м^2 , более 12 м^2 .

Измерение шума проводили в 3 точках, равномерно распределенных по помещениям не ближе 1 м от стен и не ближе 1,5 м от окон помещений на высоте 1,2–1,5 м от уровня пола. Во избежание влияния внешних источников измерения проводили при закрытых окнах. Измерительный микрофон направляли в сторону основного источника шума и удаляли не менее чем на 0,5 м от оператора, проводящего измерение. В случае, если шум определялся от нескольких источников, ось микрофона направляли нормально поверхности пола.

Поскольку большинство источников бытового шума имеют непостоянный характер, проводили измерения эквивалентных уровней как уровней звука в дБА, так и эквивалентных уровней звукового давления в нормируемом диапазоне частот (31,5–8 000 Гц). Время проведения измерений соответствовало полному циклу работы исследуемой бытовой техники. Измерения в каждой точке проводили трижды, результаты усредняли в соответствии с требованиями Инструкции по применению № 108-1210 [3].

Экспериментально установленные диапазоны эквивалентных и максимальных уровней звука от бытовой техники представлены в таблице.

Таблица — Экспериментально установленные диапазоны эквивалентных и максимальных уровней звука от бытовой техники

Наименование бытовой техники	Уровень звука, дБА	
	Эквивалентные	Максимальные
Холодильники, морозильники	37–52	52–82
Телевизоры	49–55	70–85
Пылесосы	80–85	90–95

Окончание таблицы

Наименование бытовой техники	Уровень звука, дБА	
	Эквивалентные	Максимальные
Стиральные машины	52–76	67–75
Кухонные воздухоочистители	59–69	70–87
Печи СВЧ	59–65	78–85
Музыкальные центры, проигрыватели	52–75	75–80
Фены	68–73	78–87
Электробритвы	62–74	68–80
Кухонные комбайны	77–87	84–95
Компьютеры, ноутбуки	45–50	55–60
Принтеры	38–39	45–70

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что используемая бытовая техника, как правило, имеет достаточно высокие шумовые характеристики, которые в ряде случаев значительно превышают допустимые уровни звука как для ночного, так и дневного времени суток.

Уровни шума, генерируемые при работе пылесосов, фенов и электробритв, кухонных комбайнов и воздухоочистителей, телевизоров и музыкальных центров, стиральных машин, печей СВЧ сопоставимы с уровнями шума, регистрируемыми на промышленных предприятиях. При работе таких изделий эквивалентные уровни звука достигают 50–85 дБА, а максимальные — 70–95 дБА.

К менее интенсивным источникам шума можно отнести работу холодильников, морозильников, компьютеров и принтеров. Эквивалентные уровни звука при эксплуатации этой техники составляют 37–52 дБА, а максимальные — 45–70 дБА.

На рисунке 2 представлены спектры шума холодильника и аэрогриля, а на рисунке 3 — при одновременной эксплуатации нескольких кухонных приборов.

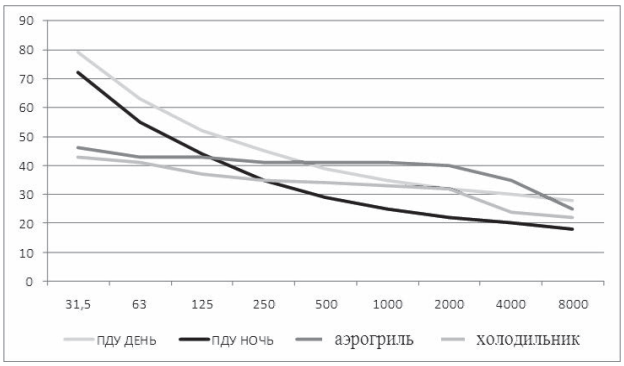


Рисунок 2 — Спектры шума холодильника и аэрогриля

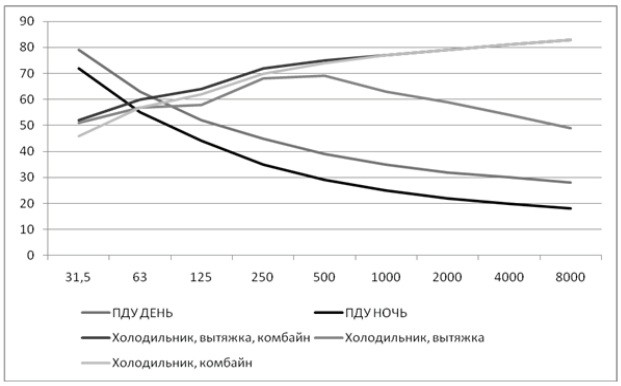


Рисунок 3 — Спектры шума при одновременной эксплуатации нескольких приборов на кухне

Для изучения объемного распределения звука во внутренней среде помещений провели измерения шумовых характеристик на различных расстояниях от источника.

В результате проведенных исследований установлено, что в помещениях площадью до 12 м^2 затухание шума невелико. Для шумов со среднечастотным спектром (холодильники, морозильники, печи СВЧ) оно составляет 1–3 дБА, с высокочастотным спектром (кухонные комбайны, вытяжки, телевизоры и музыкальные центры) — 2–4 дБА. В помещениях более 20 м^2 снижение шума составляет для среднечастотного шума 4–6 дБА, для высокочастотного шума — 7–9 дБА.

Для исследования пространственного распространения шума во внутренней среде помещений провели измерения уровней шума от различных источников: непосредственно у источника и в других комнатах.

В последнее время все большее распространение получает строительство квартир со свободной планировкой. Для оценки влияния новых планировочных решений (наличие арок, совмещенных помещений) провели измерения как с открытыми, так и с закрытыми дверями.

В результате было установлено, что традиционная планировка (наличие изолированных комнат с обычными строительными дверями) позволяет обеспечить значительное снижение распространения шума от эксплуатируемой бытовой техники и даже обеспечить соблюдение предельно допустимых уровней шума в соседних помещениях.

На рисунках 4 и 5 представлены спектры шума кухонной вытяжки и кухонного комбайна в смежной комнате при открытых и закрытых дверях.

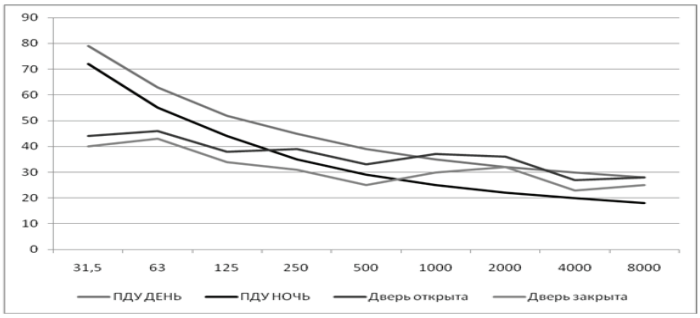


Рисунок 4 — Спектры шума кухонной вытяжки в смежной комнате при открытых и закрытых дверях

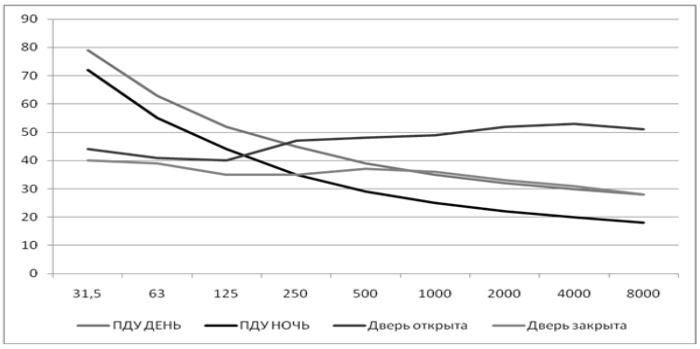


Рисунок 5 — Спектры шума кухонного комбайна в смежной комнате при открытых и закрытых дверях

Заключение. Наиболее насыщены источниками шума кухонные помещения, затем следуют помещения ванных комнат и гостиных; наименее насыщены источниками шума спальни.

Анализ результатов исследований уровней шума изделий бытового назначения показал, что применяемые в жилых помещениях приборы могут быть источниками высокоинтенсивного шума, который в ряде случаев значительно превышает допустимые уровни звука как для ночного, так и дневного времени суток. К таким источникам относятся пылесосы, фены и электробритвы, кухонные комбайны и воздухоочистители, телевизоры и музыкальные центры, стиральные машины, печи СВЧ. При работе таких приборов эквивалентные уровни звука могут достигать 55–85 дБА, а максимальные — 70–85 дБА, что сопоставимо с уровнями шума, регистрируемыми на промышленных предприятиях. К менее интенсивным источникам шума можно отнести работу холодильников, морозильников, компьютеров и принтеров. Эквивалентные уровни звука при эксплуатации такой техники составляют 37–52 дБА, а максимальные — 45–70 дБА.

В результате проведенных исследований объемного распространения шума установлено, что в помещениях с площадью до 12 м^2 затухание шума для шумов со среднечастотным спектром (холодильники, морозильники, печи СВЧ) составляет 1–3 дБА, с высокочастотным спектром (кухонные комбайны, вытяжки, телевизоры и музыкальные центры — 2–4 дБА. В помещениях более 20 м^2 снижение шума составляет для среднечастотного шума 4–6 дБА, для высокочастотного шума — 7–9 дБА.

В результате проведенных исследований пространственного распространения шума установлено, что традиционная планировка, т.е. наличие изолированных комнат с обычными строительными дверями, позволяет обеспечить значительное снижение распространения шума от эксплуатируемой бытовой техники и даже обеспечить соблюдение предельно допустимых уровней шума в соседних помещениях.

Литература

1. Борьба с шумом в городах: совм. сов.-фр. изд. / В.Н. Белоусов [и др.] // Совм. сов.-фр. рабочая группа по сотрудничеству в области охраны окружающей среды. – М.: Стройиздат, 1987. – 248 с.

2. Губернский, Ю.Д. Экология и гигиена жилой среды / Ю.Д. Губернский, С.И. Иванов, Ю.А. Рахманин. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 204 с.

3. Измерение и гигиеническая оценка шума в населенных местах : инструкция по применению / Респ. науч.-практ. центр гигиены; сост. С.С. Худницкий [и др.] // Сб. инструкций по разделу физических факторов / ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» Министерства здравоохранения Республики Беларусь. – Минск, 2011. – С. 13–29.

4. Измеров, Н.Ф. Человек и шум / Н.Ф. Измеров, Г.А. Суворов, Л.В. Прокопенко. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – 384 с.

HYGIENIC ESTIMATION OF VOLUME AND SPATIAL DISTRIBUTION OF NOISE GENERATED FROM HOUSEHOLD ELECTRIC APPLIANCES IN RESIDENTIAL PREMISES

Bykova N.P., Soloveva I.V., Shcherbinskaja I.P., Arbuzov I.V., Soroca P.N.
The Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The impact of household electric appliances on the formation of the acoustic mode in the indoor environment has been examined in the paper.

Keywords: noise, household electric appliances, noise performance, the indoor environment.

Поступила 10.06.2013

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, СОЗДАВАЕМОГО БАЗОВЫМИ СТАНЦИЯМИ СОТОВОЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА DCS-1800

Галак С.С., Думанский В.Ю.
Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева Академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Реферат. В статье приведены данные об оценке электромагнитного излучения (ЭМИ) от базовых станций (БС) сотовой мобильной связи стандарта DCS-1800 в зависимости от их количества, технических характеристик и мест размещения. Установлено, что базовые станции на прилегающих к ним территориях на высоте 2 м от поверхности земли на расстояниях 2–200 м от них создают уровни ЭМИ не более 0,768 мкВт/см^2, при норме 2,5 мкВт/см^2. В связи с этим для БС на уровне земли, как правило, устанавливать санитарно-защитные зоны не требуется. На высоте 13 м и выше от поверхности земли уровни ЭМИ в ряде случаев превышали гигиенический норматив 2,5 мкВт/см^2. В связи с этим необходимо устанавливать зоны ограничения застройки. Доказано, что при размещении нескольких БС на одной совместной территории уровень ЭМИ возрастает, следовательно, зона ограничения застройки увеличивается. Базовые станции, которые размещены в сельской местности на доминирующих высотах, представляют наименьшую опасность для здоровья населения.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, базовые станции, зоны ограничения застройки.

Введение. Электромагнитное загрязнение окружающей среды наряду с химическим и радиационным в настоящее время является наиболее масштабным видом загрязнения [1, 2]. Влияние его на здоровье населения с каждым годом увеличивается и в связи с этим вызывает объективную обеспокоенность населения и представителей медицины, экологии, биологии и других специалистов. Принимая это во внимание, ВОЗ включила проблему электромагнитного загрязнения в перечень приоритетных проблем человечества.

Наиболее распространенным источником электромагнитного излучения (ЭМИ) в населенных местах многих стран являются базовые станции (БС) сотовой мобильной связи, а также радиотелефоны мобильной связи. Сейчас в Украине насчитывается более 40 000 станций сотовой мобильной связи, а население использует около 50 млн радиотелефонов и, безусловно, в той или иной степени оно подвергается влиянию ЭМИ. Биологическое действие этого излучения зависит не только от его уровня, но и от частоты [3, 4].

В настоящее время в Украине, как и в других странах, наибольшего распространения получил стандарт мобильной связи DCS-1800, который работает в диапазоне частот 1710–1880 МГц. Этот вид ЭМИ с точки зрения гигиены и биологии еще остается малоисследованным.

В связи с этим возникла объективная необходимость в гигиенической оценке ЭМИ в местах размещения и эксплуатации базовых станций сотовой связи стандарта DCS-1800.

Цель работы — обосновать гигиенические мероприятия в области охраны здоровья населения от влияния ЭМИ, создаваемого БС сотовой мобильной связи стандарта DCS-1800.

Материал и методы. Для решения обозначенной цели проанализировали территориально-пространственное размещение 5 238 базовых станций, исследовали характер распределения ЭМИ от 3 765 БС. Гигиеническую оценку уровней ЭМИ, создаваемого БС сотовой мобильной связи стандарта DCS-1800, производили на основании гигиенического норматива для населения — 2,5 мкВт/см^2 [5].

Расчетные исследования. Уровни ЭМИ, создаваемые БС, определяли с помощью формулы 1.

$$П_{ср}\left[мкВт/см^2\right] = \frac{8P(Bm)G\Phi_3F^2(Q)\eta_{АФТ}}{R^2},$$

где P — мощность излучения;

G — коэффициент усиления антенны;

Φ_3 — показатель, что учитывает влияние земли (для БС стандарта DCS-1800 равен 1,3);

Q — угол в вертикальной плоскости между направленностью максимума излучения антенны и направленность в точку облучения;

$F^2(Q)$ — значение нормированной диаграммы направленности антенны в направлении объекта облучения;

$\eta_{АФТ}$ — множитель, учитывающий потерю сигнала в антенно-фидерном тракте (АФТ) на передачу;

R — расстояние от геометрического центра к расчетной точке, м.

Инструментальные исследования. Измерения уровней ЭМИ на территориях, прилегающих к БС, проводили с помощью прибора П3-30 (измеритель плотности потока энергии, Россия), а в отдельных случаях, когда необходимо было установить спектральный состав излучения, использовали селективный радиотехнический комплекс Rohde&Schwarz TS-EMF (Германия).

Результаты и их обсуждение. Выполненные исследования показали, что отдельные составные элементы сотовой связи, такие как БС, радиорелейные станции, их антенны являются потенциальными источниками ЭМИ, которые при превышении гигиенических нормативов могут негативно влиять на состояние здоровья населения. Принцип работы БС и их основные технические характеристики свидетельствуют о том, что мощность передатчиков БС находится в пределах 20–60 Вт, их количество колеблется в пределах от 1 до 16, диапазон частот в системе стандарта DCS-1800 находится в границах 1710–1880 МГц. Диаграммы направленности антенн в горизонтальной плоскости, как правило, секторные, а в вертикальной — остронаправленные. Вертикальная направленность антенн рассчитана таким образом, чтобы основная энергия излучения (более 90%) сосредоточивалась в относительно узком «луче», который, как правило, немного наклонен к земле и направлен в бок от строений, на которых закреплены антенны.

Поскольку БС сотовой связи стандарта DCS-1800 в зависимости от места их размещения имеют разный набор технического оборудования, мы провели расчеты уровней пространственного распределения ЭМИ: для отдельно стоящей БС; для нескольких БС, расположенных на одной территории; для БС, расположенной на доминирующей высоте в сельской местности; для БС, расположенной внутриквартально; для БС, расположенной на крыше многоэтажного жилого дома; для БС, антенны которой расположены на парапетах крыши жилого дома; для БС, расположенной в хозяйственно-производственных помещениях (магазины, метрополитен, аэропорты и др.). Материалы этих исследований имеют достаточно большой объем, в связи с чем мы остановимся на более характерных из них, которые наиболее часто встречаются в реальных условиях населенных мест. Например, отдельно стоящая БС, принадлежащая оператору сотовой мобильной связи «Киевстар». Данная базовая станция в своем составе имеет: 12 передатчиков типа RBS-2206 мощностью 31,62 Вт каждый; коэффициент потерь мощности в АФТ составляет 5,766 дБ. Базовая станция укомплектована 3 антеннами УВЧ диапазона панельного типа Kathrein 739498, которые установлены на высоте 25,2 м от поверхности земли, коэффициент усиления антенн составляет 19 дБи.

На основании приведенных технических параметров провели расчеты пространственного распределения уровней ЭМИ, создаваемого БС, расположенной в Закарпатской области Украины.

Результаты этих расчетов выполнили для 9 высот (2 м; 5 м; 9 м; 12 м; 15 м; 18 м; 21 м; 24 м; 25,2 м) и для расстояний: 2 м, 10 м, 20 м, 30 м, 40 м, 50 м, 75 м, 100 м, 125 м, 150 м, 175 м, 200 м. Наиболее характерные результаты приведены на рисунке 1.

Согласно данным рисунка 1, передающие антенны БС «Киевстар» на прилегающей к ним территории на высоте 2 м над поверхностью земли и на расстояниях 0–200 м от них создают уровни плотности потока энергии (ППЭ) в пределах 0,007–0,109 мкВт/см^2. Эти уровни не создают угрозы для здоровья населения, поскольку они в десятки раз меньше предельно-допустимого уровня (ПДУ) — 2,5 мкВт/см^2, который используется в Украине. В связи с этим для такой БС устанавливать санитарно-защитную зону нет необходимости. В то же время проведенные исследования показали, что на высоте 21 м (кривая 3) и выше над поверхностью земли уровни ЭМИ превышают ПДУ — 2,5 мкВт/см^2. В связи с этим на прилегающей к БС территории в целях охраны здоровья населения от влияния ЭМИ необходимо установить зону ограничения застройки, которая показана на рисунке 2.

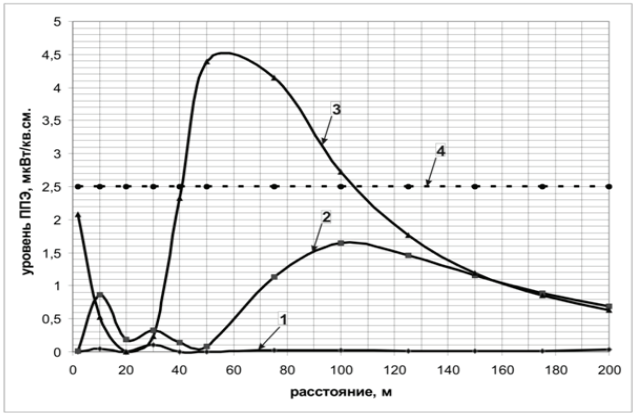


Рисунок 1 — Характер распределения ЭМИ от отдельно размещенной БС стандарта DCS-1800 (антенны типа Kathrein 739498, азимуты излучения 10°, 130°, 270°), мкВт/см^2, на высоте: 2 м (кривая 1), 18 м (кривая 2), 21 м (кривая 3), ПДУ — кривая 4

Вторым примером размещения БС в населенном пункте может служить размещение нескольких БС на одной совместной территории, которые принадлежат операторам сотовой связи: «Киевстар», «МТС Украина», «Астелит».

Базовая станция компании «Киевстар» в своем составе имеет: 6 передатчиков типа RBS-2206 мощностью 32 Вт каждый; коэффициент потерь мощности в АФТ составляет 7,688 дБ. БС укомплектована 3 антеннами УВЧ диапазона панельного типа Kathrein 739494, которые установлены на высоте 27 м от поверхности земли, коэффициент усиления антенн составляет 18 дБи.

Базовая станция компании «МТС Украина» в своем составе имеет: 24 передатчика типа BS-240 мощностью 40 Вт каждый; коэффициент потерь мощности в АФТ составляет 7,617 дБ. БС укомплектована 3 антеннами УВЧ диапазона панельного типа Kathrein 742236, которые установлены на высоте 32 м от поверхности земли, коэффициент усиления антенн составляет 17,5 дБи.

Базовая станция компании «Астелит» в своем составе имеет: 12 передатчиков типа BTS3900 мощностью 6,275 Вт каждый; коэффициент потерь мощности в АФТ составляет 3,14 дБ. БС укомплектована антеннами УВЧ диапазона панель-

ного типа Kathrein 742265 (2 шт.) и Kathrein 742215 (1 шт.), которые установлены на высоте 24,5 м от поверхности земли, коэффициент усиления антенн составляет 17,8 дБи для антенн Kathrein 742265 и 17,5 дБи — для антенны Kathrein 742215.

Приведенные технические характеристики показывают, что на одной совместной территории размещено оборудование 3 операторов сотовой мобильной связи —«Киевстар», «МТС Украина», «Астелит». Всего на рассматриваемой территории установлено 42 передатчика и 9 антенн сотовой мобильной связи.

На основании обозначенных технических характеристик выполнили расчеты пространственного распределения уровней ЭМИ. Эти расчеты представляют собой объемный материал (более 50 страниц машинописного текста), в связи с чем мы считали возможным остановиться только на более характерных данных с точки зрения гигиенической оценки ЭМИ, создаваемого комплексом радиотехнических средств, совместно размещенных на одной территории. Результаты этих исследований (в виде вертикальных диаграмм излучения и характера распределения ЭМИ) представлены на рисунках 3 и 4.

Рисунок 2 — Ситуационный план размещения отдельно стоящей БС с указанием зоны ограничения застройки

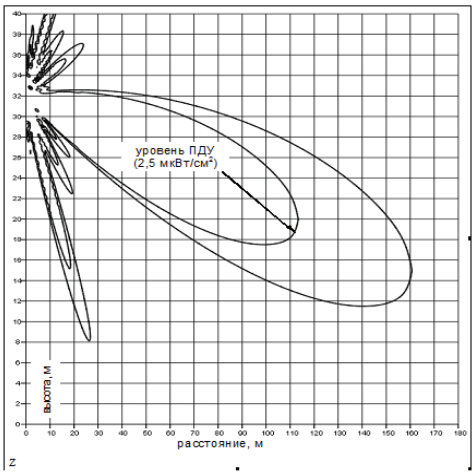


Рисунок 3 — Вертикальная диаграмма излучения антенн Kathrein 742236 по азимутам 70°, 200°, 310°

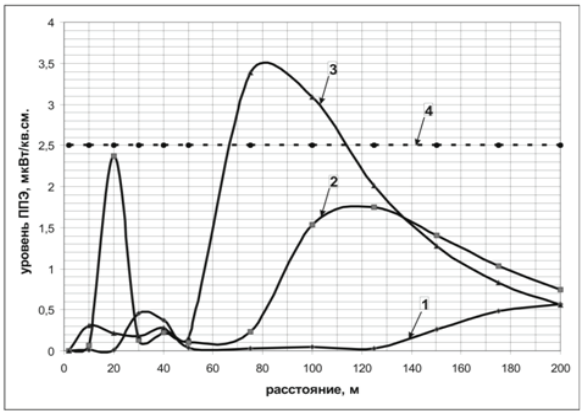


Рисунок 4 — Характер распределения ЭМИ от нескольких БС стандарта DCS-1800,
которые расположены на одной совместной территории (антенны Kathrein 742236, азимуты излучения 70°, 200°, 310°),
мкВт/см^2, на высоте: 2 м (кривая 1), 15 м (кривая 2), 20 м (кривая 3), ПДУ — кривая 4

На основании этих диаграмм определяли границы и конфигурации зон ограничения застройки, которые представлены на рисунке 5.

Рисунок 5 — Ситуационный план размещения нескольких БС на одной совместной территории с указанием зон ограничения застройки

Анализируя полученные данные, следует отметить, что как и в первом примере, на прилегающей территории к 3 БС на высоте 2 м над поверхностью земли и на расстоянии 0–200 м от них уровни ЭМИ составляют 0,0003–0,59 мкВт/см^2, что в несколько раз меньше ПДУ — 2,5 мкВт/см^2. Из этого следует, что в данном случае устанавливать санитарно-защитную зону не следует. Тем не менее, исследованиями было установлено, что с повышением высоты над поверхностью земли уровень ЭМИ резко возрастает и на высотах 14 м, 17 м, 21 м он превышает ПДУ. В связи с этим для данных условий необходимо установить зоны ограничения застройки по высоте, которые обозначены на рисунке 5. Одновременно с этим следует обратить внимание, что размещение нескольких БС на одной совместной территории увеличивает в несколько раз размеры зоны ограничения застройки и меняет ее конфигурацию.

Заключение. Таким образом, БС сотовой связи стандарта DCS-1800 являются потенциальными источниками ЭМИ, которые при превышении гигиенических нормативов могут негативно влиять на состояние здоровья населения. В целях защиты здоровья населения от ЭМИ следует устанавливать зоны ограничения застройки, границы которых устанавливаются исключительно расчетным методом и могут быть проверены инструментальными методами исследований.

Литература

1. Электромагнитное загрязнение окружающей среды — гигиеническая проблема, результаты и пути ее решения в Украине / Ю.Д. Думанский [и др.] // Итоги и перспективы научных исследований по проблеме экологии человека окружающей среды. – М., 2006. – С. 248–253.

2. Электромагнитное загрязнение окружающей среды и защита населения от его влияния / В.Ю. Думанский [и др.] // Гігієна населених місць. – 2011. – № 58. – С. 184–199.

3. Roosli Source of funding and results of studies of health effects of mobile phoneuse : systematic review of experimental studies / A. Huss [et al.] // Environ Health Perspect. –2007. – Vol. 115, № 1. – P. 1–4.

4. Weaver, J. Biological and Medical Aspects of Electromagnetic Fields / J. Weaver, Y. Chizmadzhev // F. Barnes, Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields / F. Barnes, B. Greenbaum, eds. – NewYork: CRC Press, 2006. – P. 293–333.

5. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань, № 239-96. – Киев, 1996. – 24 с.

HYGIENIC ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION FROM BASE STATIONS OF DCS-1800 CELLULAR MOBILE COMMUNICATION

Galak S.S., Dumansky V.Yu.

A.N. Marzeyev Institute for Hygiene and Medical Ecology Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The hygienic assessment of electromagnetic radiation from base stations of DCS-1800 cellular mobile communication has been analyzed in the paper. It has been found that DCS-1800 cellular base stations are a potential source of electromagnetic radiation, and they could have a negative impact on the human health when exceeded standards. In order to protect human health from electromagnetic radiation it should be established limited construction zone, the boundaries of which should be determined exclusively by the computational method and can be tested with instrumental methods.

Keywords: electromagnetic radiation, the base stations, limited construction zone.

Поступила 16.04.2013

ПОЛИБРОМДИФЕНИЛОВЫЕ ЭФИРЫ В ОБРАЗЦАХ ВОЛОС ЧЕЛОВЕКА

Ганькин А.Н., Гриценко Т.Д., Пронина Т.Н.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В статье представлены результаты использования неинвазивного метода биологического мониторинга и метода определения полибромированных антипиренов в образцах биологического материала на примере пилотного исследования содержания полибромдифениловых эфиров (ПБДЭ) в образцах волос человека. Установлено, что в образцах волос учащихся г. Минска обнаружены конгенеры ПБДЭ в концентрациях, обнаруживаемых современными химико-аналитическими методами; доминирующими конгенерами ПБДЭ в образцах волос являлись БДЭ209, БДЭ47, БДЭ99, концентрация суммы 7 конгенеров ПБДЭ в волосах составила 21,84 нг/г (медиана).

Ключевые слова: стойкие органические загрязнители (СОЗ), полибромированные антипирены, полибромдифениловые эфиры, биологический мониторинг.

Введение. ПБДЭ — группа соединений, нашедшая широкое применение при производстве повседневно используемых товаров (персональные компьютеры, оргтехника, электропроводка) для предотвращения возгорания и распространения огня. Наибольшее количество соединений этой группы было произведено в США, в связи с жесткими требованиями по противопожарной безопасности [1]. В 2009 г. 2 коммерческие смеси ПБДЭ были включены в перечень веществ, регулируемых Стокгольмской конвенцией о СОЗ. Для основных представителей этой группы соединений — коммерческих пента- и гексабромдифенилоых эфиров — характерны все свойства СОЗ: стойкость в окружающей среде, способность к перемещению на большие расстояния, токсическое воздействие на живые организмы, способность к биоаккумуляции и биомагнификации. Результаты международных исследований [2–4] свидетельствуют о наличии у представителей полибромированных антипиренов свойств эндокринных дизрапторов — веществ, влияющих на нейропсихическое развитие, репродуктивную систему, также опубликованы данные о роли ПБДЭ в формировании болезней обмена веществ, сахарного диабета, ожирения [5].

Для оценки уровня экспозиции человека загрязняющими веществами, попадающими в организм из окружающей среды, в настоящее время широко используется биологический мониторинг (биомониторинг). Используя оптимальную биологическую матрицу (для определения как самих веществ, так и их метаболитов), можно получить данные об уровне химической нагрузки на организм человека. Большое внимание уделяется развитию неинвазивного биомониторинга (отбор биологического материала не связан с вмешательством во внутреннюю среду организма человека), например, использование волос волосистой части головы человека в качестве биологической матрицы для определения целого ряда поллютантов окружающей среды, в том числе ПБДЭ [6–8]. Особенности структуры волоса (относительно высокое содержание липидов) и кровоснабжение волосяной луковицы объясняют наличие сильной и умеренной корреляционной связи между уровнями некоторых органических поллютантов в волосах и крови, кроме того, имеются данные о наличии статистически значимой связи между концентрацией ПБДЭ в волосах и жировой ткани человека [8]. Основываясь на этом, а также учитывая простоту отбора, транспортировки и хранения образцов волос, данный неинвазивный способ биомониторинга использовали в настоящем исследовании для определения уровня содержания ПБДЭ в образцах волос учащихся г. Минска. Учитывая отсутствие данных о содержании ПБДЭ в образцах биологического материала населения Республики Беларусь, целью данного исследовании явилось определение содержания ПБДЭ в биологическом материале человека и выявление взаимосвязи с качеством окружающей среды.

Материал и методы. Отбор образцов волос выполнен у учащихся учреждения общего среднего образования г. Минска в возрасте от 10 до 12 лет на основании письменного согласия родителей. Отбор проб биоматериала выполняли с затылочной части головы в количестве 35,0–40,0 мг. Образцы помещали в полиэтиленовые пакеты с zip-замком, в которых они хранились в лаборатории до выполнения химического анализа при температуре –18°С.

Химико-аналитическое исследование включало выполнение следующих этапов: подготовка проб биологического материала (экстрагирование, очистка и концентрирование экстракта). Экстрагирование образцов выполняли толуолом с помощью автоматизированной тепловой Сокслет-экстракции (Buchi B-811, Швейцария), с добавлением ^{13}С-меченых БДЭ 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183 и 209 конгенеров. Экстракты были подвергнуты очистке с помощью стеклянной хроматографической колонки (с использованием модифицированного силикагеля) и элюированы 40 мл смеси дихлорметана и н-гексана (в соотношении 1:1). Очищенные экстракты были сконцентрированы (под струей азота), полученные концентраты перенесли в коническую пробирку (с добавлением ^{13}С-меченых стандартов).

Анализ ПБДЭ выполняли с использованием газового хроматографа высокого разрешения с детектором — масс-спектрометром высокого разрешения (ГХВР/МСВР), 7890A GC (Agilent, США), оснащенного 15 м × 0,25 мм × 0,10 мкм колонкой DB5 (Agilent J&W, США) в сочетании с AutoSpec Premier-MS (Waters, Micromass, Великобритания). В качестве газаносителя использовали гелий. На основе полученных значений рассчитали концентрацию (с учетом веса образца) каждого конгенера (пг/г) в отдельности и их сумму.

Одновременно с анализом результатов химико-аналитического исследования образцов волос выполняли обработку информации, полученную путем анкетирования родителей (течение беременности у матери, вес ребенка при рождении, длительность кормления грудью), и данных об учреждении образования (год постройки, район расположения, основные строительные и отделочные материалы, возраст и материал мебели классов, использование компьютерной и другой организационной техники в образовательном процессе).

Результаты и их обсуждение. По результатам анкетирования родителей установлено, что в 5 случаях были своевременные роды, в 1 — преждевременные (в 5 анкетах информация отсутствовала), во всех 6 случаях детей вскармливали грудным молоком (среднее время вскармливания составило 8±4,9 месяца). Дома, в которых проживают семьи, построены в 2008–2010 гг. (среднее время проживания — 2,3±0,6 года), во всех случаях основным строительным материалом домов являются железобетонные конструкции, в 5 детских комнатах отделочным материалом пола является линолеум (в 1 случае — паркет), стены во всех случаях оклеены обоями.

Здание школы, которую посещали дети, построено в 2009 г. (по типовому проекту), основной строительный материал здания — железобетонные конструкции, во всех кабинетах начальной школы одинаковый тип вентиляционной системы — вен-

тиляционные каналы без механического побуждения (а также форточки и фрамуги), тип отопления школы — центральное (водяное), окна классов ориентированы на юго-восток, основные отделочные материалы помещений классов: пол — эластичное полимерное напольное покрытие (линолеум), стены и потолки — водоэмульсионная краска, во всех классах используются вертикальные тканевые жалюзи, электроаппаратура классов представлена CD-плеерами, основной материал мебели классов — ДВП с пленочным покрытием, возраст мебели — от 3 до 5 лет, помещения классов убираются 1 раз в день — вечером, дети посещали разные классы (8 человек — учащиеся класса «№ 1» и 3 — учащиеся класса «№ 2»). Оба класса расположены на одном этаже, объем кабинетов № 1 и № 2 — 188,7 м^3 и 192 м^3 соответственно. Время, проводимое учащимися в школе — 5–6 ч ежедневно.

В результате анализа полученных данных установлено, что концентрации конгенеров БДЭ66 (73% проб), БДЭ85 (91% проб) и БДЭ183 (55% проб) находятся ниже рассчитанного и скорректированного предела обнаружения, вследствие чего данные конгенеры исключены из дальнейшего анализа. В образцах волос проанализировали концентрацию 7 конгенеров БДЭ по отдельности и в сумме. Так, установлено, что концентрация ПБДЭ в волосах учащихся находилась на уровне 21,837 нг/г (медиана); 14,023 нг/г и 53,177 нг/г (25% и 75% соответственно); 9,453 нг/г и 66,68 нг/г (максимум и минимум соответственно). В таблице 1 представлены данные о концентрации ПБДЭ в образцах волос учащихся (сумма 7 конгенеров ПБДЭ).

Таблица 1 — Концентрация суммы 7 конгенеров ПБДЭ в образцах волос учащихся школы г. Минска

Учащийся (в порядке отбора проб)	Пол	Количество полных лет	Концентрация ПБДЭ в образце волос, пг/г (нг/г)
01	ж	11	19576,94 (19,577)
02	м	11	21843,84 (21,844)
03	м	10	66680,40 (66,680)
04	м	10	9452,92 (9,453)
05	ж	10	19240,92 (19,241)
06	ж	11	34537,86 (34,538)
07	ж	11	14022,67 (14,023)
08	м	12	55783,67 (55,784)
09	м	10	53177,00 (53,177)
10	м	11	21836,74 (21,837)
11	ж	10	11230,14 (11,230)

Параметры распределения концентраций ПБДЭ (по отдельным конгенерам) в образцах волос учащихся представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Концентрация БДЭ28, БЛЭ47, БДЭ100, БДЭ99, БДЭ154, БДЭ153, БДЭ209 в образах волос учащихся (пг/г)

Конгенер БДЭ	Количество образцов	Медиана	25% и 75%	Максимум/минимум
БДЭ28	11	128,08	87,712 и 516	52,578/1067
БДЭ47	11	2686,58	1747,211 и 7066	1554,808/15448
БДЭ100	11	344,51	232,106 и 1148,33	111,816/1372
БДЭ99	11	1803,18	1208,895 и 6235,5	609,163/8598,88
БДЭ154	11	120,67	70,52 и 469,8	47,571/815,33
БДЭ153	11	249,68	117,697 и 755,24	91,837/1537,67
БДЭ209	11	15581,89	8847,4 и 29020	6890,388/53759,4

При этом концентрация конгенеров БДЭ209, БДЭ47 статистически значимо выше по сравнению с остальными конгенерами БДЭ, за исключением БДЭ99 (критерий Манна–Уитни, Z=-3,97, при p=0,000071). Полученные результаты представлены на рисунке 1.

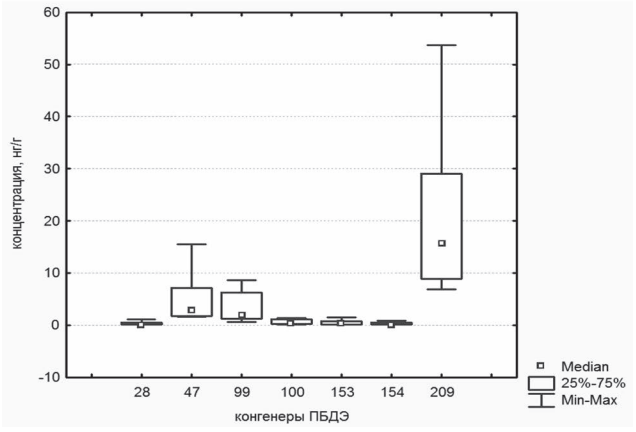


Рисунок 1 — Концентрация 7 конгенеров ПБДЭ в образцах волос учащихся (нг/г)

Корреляционная связь между полом учащегося и концентрацией ПБДЭ, а также между возрастом и концентрацией не является статистически значимой.

Общая сумма 7 конгенеров ПБДЭ у лиц обоих полов неодинаковая и составляет 37510,42 пг/г (медиана, 25% — 21836,74 пг/г; 75% — 55783,67 пг/г) у мальчиков и 19240,92 пг/г (медиана, 25% — 14022,67 пг/г; 75% — 19576,94 пг/г) у девочек, однако установленные различия не являются статистически значимыми (критерий Манна–Уитни U=7, при p=0,144128).

Анализ проб по спектру конгенеров ПБДЭ показал следующие результаты. Доминирующими конгенерами в образцах волос являются БДЭ209 (65,93%), БДЭ47 (17,98%) и БДЭ99 (10,73%), данные представлены на рисунке 2.

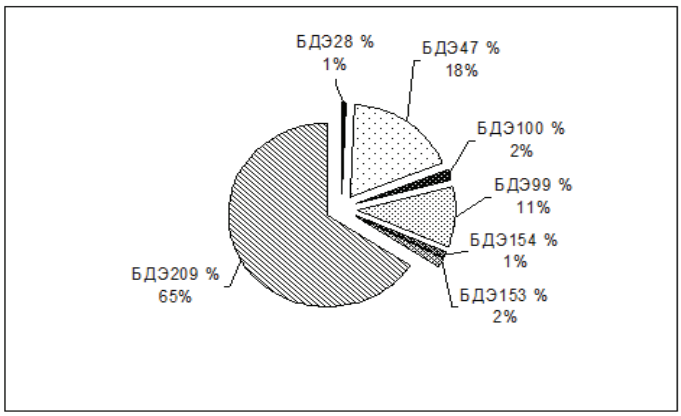


Рисунок 2 — Соотношение 7 конгенеров ПБДЭ в образцах волос учащихся, %

На рисунке 3 представлен состав и процентное соотношение отдельных конгенеров в волосах (11 образцов) учащихся г. Минска.

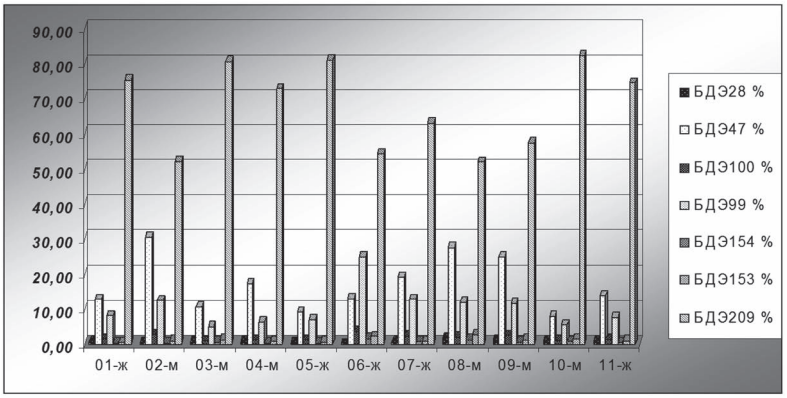


Рисунок 3 — Процентное соотношение конгенеров ПБДЭ в образцах волос учащихся

В результате корреляционного анализа установлена сильная статистически значимая связь (коэффициент корреляции Спирмена R = 0,83, при p = 0,010176) между содержанием суммы 7 конгенеров ПБДЭ в пробах воздуха учебных помещений (класс № 1 и класс № 2), отобранного при помощи метода диффузионного пробоотбора, и образцах волос учащихся из этих классов как в сумме, так и отдельно по каждому ученику (R от 0,83 до 0,98 при p = 0,010176 и 0,000033 соответственно).

Проведен сопоставительный анализ опубликованных данных о концентрациях ПБДЭ в образцах волос людей в разных регионах мира. Так, Yuan Kang определил концентрацию ПБДЭ в образцах волос жителей Гонконга, доминирующими конгенерами были БДЭ99, БДЭ100, БДЭ183, концентрация БДЭ47 была максимальной от 0,86 нг/г$^{-1}$ до 5,24 нг/г$^{-1}$ [6]. Jing Zheng исследовал образцы волос жителей крупного города, сельских жителей, рабочих завода по переработке электроотходов и жителей (не связанных с переработкой отходов) территории, на которой расположено предприятие. В итоге было установлено, что доминирующим конгенером ПБДЭ в образцах волос всех групп был БДЭ209, концентрации суммы конгенеров для отдельных групп лиц были следующие: 4,17 нг/г — 69,5 нг/г (сумма 17 конгенеров ПБДЭ, жители крупного города), 2,55 нг/г — 75,2 нг/г (сумма 17 конгенеров ПБДЭ, сельские жители), 7,40 нг/г — 219 нг/г (сумма 17 конгенеров ПБДЭ, жители, не связанные с переработкой электроотходов), 12,4 нг/г — 845 нг/г (сумма 17 конгенеров ПБДЭ, рабочие завода по переработке электроотходов) [7]. Согласно исследованию G. Malarvannan [8], доминирующими конгенерами ПБДЭ в образцах волос жителей 2 регионов Филиппин были БДЭ47, БДЭ209 с концентрацией суммы конгенеров ПБДЭ 70 нг/г, причем определенная концентрация ПБДЭ в образцах волос статистически значимо выше по сравнению с концентрацией полихлорированных бифенилов и изомеров гексахлорциклододекана (30 нг/г и 1,0 нг/г соответственно).

Результаты других исследований представлены в таблице 3. Из таблицы видно, что доминирующими конгенерами ПБДЭ в образцах волос жителей разных регионов также являются БДЭ209, БДЭ47, БДЭ99. Концентрация суммы конгенеров ПБДЭ в образцах волос 11 учащихся г. Минска выше по сравнению с данными из Канады, Испании и некоторых областей Китая (не связанных с переработкой отходов электрооборудования).

Таблица 3 — Качественный состав и концентрации ПБДЭ в образцах волос людей разных регионов

Страна/регион	Спектр конгенеров ПБДЭ*	Уровень содержания в волосах	Источник
Испания	БДЭ209>БДЭ47>БДЭ99>БДЭ100>БДЭ190	1,4 нг/г — 19,9 нг/г (для суммы конгенеров); 7,9 нг/г волос для жителей Испании	J.L. Tadeo et al., 2009
Канада	БДЭ28, БДЭ47, БДЭ99, БДЭ100, БДЭ153, БДЭ154, БДЭ183, БДЭ209. БДЭ153 — доминирующий конгенер в волосах новорожденных. БДЭ47 и БДЭ99 — доминирующие конгенеры в волосах детей	0,038 нг/г — 1,01 нг/мг (сумма ПБДЭ — новорожденные); 0,208 нг/г — 2,695 нг/мг (суммы ПБДЭ — дети)	K. Aleksa et al., 2011
Китай	БДЭ47 — доминирующий конгенер	8,47 нг/г — 486 нг/г (сумма ПБДЭ, регион с переработкой электроотходов); 1,56 нг/г — 5,61 нг/г (сумма ПБДЭ, регион без переработки электроотходов)	A.O. Leung et al., 2010
Вьетнам	БДЭ209 — доминирующий из 26 конгенеров	23 нг/г — 639 нг/г (сумма конгенеров, рабочие, связанные с переработкой электроотходов); 11 нг/г — 22 нг/г (сумма конгенеров у лиц, не связанных с переработкой электроотходов)	M. Muto et al., 2011
Китай	БДЭ209 — доминирующий конгенер (из суммы 12)	22 нг/г (для жителей района с переработкой электроотходов); сумма ПБДЭ (район 1) 4,42 нг/г$^{-1}$ — 13,64 нг/г$^{-1}$; сумма ПБДЭ (район 2) 0,72 нг/г$^{-1}$ — 19,55 нг/г$^{-1}$; сумма ПБДЭ (район 3) 6,06 нг/г$^{-1}$ — 27,32 нг/г$^{-1}$; сумма ПБДЭ (район 4) 3,12 нг/г$^{-1}$ — 5,68 нг/г$^{-1}$	Z. Gaofeng et al., 2008
Примечание — *Перечень конгенеров ПБДЭ приведен в виде ряда, в порядке уменьшения концентрации.			

Согласно данным [1], общее поглощение ПБДЭ (для популяции США) составило 2,9 нг/кг в день для взрослых и до 86,4 нг/кг в день для детей (до 7 лет). Дети (в особенности до 4 лет) подвержены экспозиции в большей степени, чем взрослые (приблизительно 5 нг/кг-день против 2,0 нг/кг-день соответственно). Общее содержание суммы ПБДЭ в крови (исследование NHANES, США) ранжируется от 30 нг/г-липидов до 100 нг/г-липидов. Доминирующие конгенеры — БДЭ28, БДЭ47, БДЭ99, БДЭ100, БДЭ153, БДЭ154 со значением концентраций (средние геометрические) 1,2 нг/г-липидов, 20,5 нг/г-липидов, 5,0 нг/г-липидов, 3,9 нг/г-липидов, 5,7 нг/г-липидов, 2,3 нг/г-липидов соответственно.

Из представленных результатов можно сделать следующие выводы: в образцах волос учащихся г. Минска присутствуют конгенеры ПБДЭ в концентрациях, обнаруживаемых современными химико-аналитическими методами. Доминирующими конгенерами ПБДЭ в образцах волос являются БДЭ209, БДЭ47, БДЭ99. Установлена статистически значимая корреляция между содержанием суммы 7 конгенеров ПБДЭ в пробах воздуха учебных помещений (отобранных методом диффузионного пробоотбора) и образцах волос учащихся из этих классов (в сумме и отдельно по каждому ученику). Концентрация суммы 7 конгенеров ПБДЭ в волосах учащихся составляет 21,84 нг/г (медиана), что выше опубликованных данных из Канады, Испании и некоторых областей Китая (не связанных с переработкой отходов электрооборудования).

Учитывая неинвазивность получения образцов биологического материала, простоту в хранении и транспортировке, использование волос в качестве матрицы при осуществлении биологического мониторинга может быть рекомендовано для определения дозовой нагрузки на организм человека соединений группы полибромированных антипиренов.

Литература

1. An Exposure Assessment of Polybrominated Diphenyl Ethers / U.S. Environmental Protection Agency (EPA): Report National Center for Environmental Assessment, Washington, DC. – EPA/600/R-08/086F. – Washington, 2010. – 378 p.

2. Contamination of Brominated Flame Retardants (BFRs) in Human Hair from E-waste Recycling Site in Vietnam / M. Muto [et al.] // Environmental Pollution and Ecotoxicology. – 2012 – № 1. – P. 229–237.

3. Thyroid Disruption by low-doseBDE-47 in prenatally exposed lambs / N. Abdelouahad [et al.] // Neonatology. – 2009. – Vol. 96. – P. 112–124.

4. Perinatal exposure to low-dose BDE-47, an emergent environmental contaminant, causes hyperactivity in rat offspring / A. Suvorov [et al.] // Neonatology. – 2009. – Vol. 95. – P. 203–209.

5. Toxicological Function of Adipose Tissue: Focus on Persistent Organic Pollutants / M. la Merrill [et al.] // Environmental Health Perspective. – 2013. – Vol. 121. – P. 162–169.

6. Polybrominated diphenyl ethers (PBDE) in indoor dust and human hair / Yuan Kang [et al.] // Atmospheric Environment. – 2011. – Vol. 45. – P. 2386–2393.

7. Levels and sources of brominated flame retardants in human hair urban, e-waste, and rural areas in South China / J. Zheng [et al.] // Environmental Pollution. – 2011. – Vol. 159. – P. 3706–3713.

8. Accumulation of Brominated flame retardants and polychlorinated biphenyls in human breast milk and scalp hair from the Philippines: levels, distribution and profiles / G. Malarvannan [et al.] // The Science of the Total Environment. – 2013. – Vol. 442. – P. 366–379.

POLYBROMINATED DIPHENYL ETHERS IN THE HUMAN HAIR SAMPLES

Gankine A., Gritsenko T., Pronina T.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The results of using a non-invasive method of biological monitoring and the method for determining polybrominated flame retardants (polybrominated diphenyl ethers — PBDE) in samples of biological material on the example of a pilot study of PBDEs in samples of human hair have been presented. The results of this study demonstrate that in the hair samples of pupils of Minsk found congeners of PBDE in concentrations detectable modern chemical analytical methods; dominants PBDE congeners in hair samples were BDE209, BDE47, BDE99, the concentration of the sum of seven PBDE congeners in hair was 21.84 ng/g (median).

Keywords: persistent organic pollutants (POPs), polybrominated flame retardants, polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), biological monitoring.

Поступила 16.07.2013

СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ: ПОЛИБРОМИРОВАННЫЕ АНТИПИРЕНЫ В ВОЗДУХЕ УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ШКОЛ Г. МИНСКА

Ганькин А.Н., Гриценко Т.Д., Пронина Т.Н., Харникова Г.А.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В статье представлены результаты исследования содержания полибромированных антипиренов (полибромдифениловые эфиры — ПБДЭ) в пробах воздуха школ г. Минска, отобранных при помощи диффузионных пробоотборных устройств («пассивных» пробоотборников).

Ключевые слова: стойкие органические загрязнители (СОЗ), полибромированные антипирены, полибромдифениловые эфиры, диффузионный («пассивный») отбор проб воздуха.

Введение. Антипирены — группа химических соединений, используемая для придания товарам устойчивости к возгоранию и распространению огня. К основным семействам антипиренов, используемым в промышленности, относятся различные органические (хлорированные, фосфоросодержащие, азотосодержащие) и неорганические соединения (алюминий, сурьма). Отдельной группой антипиренов, широко применяемой с конца XX века, являются полибромированные антипирены. Представители этой группы — ПБДЭ — привлекают внимание ученых в связи с особыми свойствами: устойчивость в окружающей среде, токсичность, склонность к биоаккумуляции, способность к трансграничному переносу (в том числе в атмосферном воздухе) и неблагоприятное влияние на живые организмы, в том числе и человека. ПБДЭ выпускались в виде 3 коммерческих смесей, отличающихся друг от друга комбинацией дифениловых эфиров с разным количеством атомов брома. Две из этих смесей (коммерческий пентабромдифениловый эфир — com-PentaBDE и коммерческий октабромдифениловый эфир — com-OctaBDE) в 2009 г. включены в перечень веществ, регулируемых Стокгольмской Конвенцией о стойких органических загрязнителях (СОЗ). По химической структуре ПБДЭ представляют собой 2 фенольных кольца, объединенных эфирной связью, атомы брома замещают атомы водорода в фенольных кольцах в количестве от 1 до 10. Количество атомов брома в молекуле, а также их взаимное расположение обусловливают существование 209 конгенеров ПБДЭ.

В окружающую среду ПБДЭ попадают из изделий, содержащих эти соединения в своем составе. Основными источниками загрязнения воздуха внутренней среды жилых и общественных зданий и помещений полибромированными антипиренами могут быть различные товары из пластика, ударопрочного полистирола, пенополиуретана, корпуса бытовой техники, оргтехника и персональные компьютеры, мебель, текстиль и ковровые покрытия, внутренняя обшивка автомобилей.

В ряде публикаций [1–4] подчеркивается, что основным путем поступления в организм человека данной группы СОЗ является ингаляционный (при вдыхании воздуха и частиц пыли, содержащих ПБДЭ), также имеет значение пероральный путь и поступление через кожу.

В настоящее время есть значительное количество данных о неблагоприятных эффектах воздействия на человека конгенеров полибромированных антипиренов. Существуют публикации, указывающие на убедительную связь между концентрацией ПБДЭ в материнском молоке и крипторхизмом, низким весом при рождении, нейроповеденческими расстройствами у детей. У взрослых установлена связь между изменениями в уровне гормонов (в особенности гормонов щитовидной железы) и уровнем ПБДЭ в крови [5].

Цель работы — изучить содержание полибромированных дифениловых эфиров (полибромированные антипирены) и вклад отдельных конгенеров в общую сумму ПБДЭ в атмосферном воздухе и воздухе учебных помещений школ г. Минска.

Учитывая низкие уровни содержания большинства СОЗ, в том числе ПБДЭ в объектах окружающей среды, репрезентативность (соответствие исходной матрице) отбираемых проб воздуха, присутствие в атмосферном воздухе индустриальных центров и воздухе помещений до нескольких сотен загрязняющих веществ (в т. ч. неорганических и органических летучих соединений, аэрозолей, мелкодисперсных твердых частиц и др.), а также отсутствие универсального способа пробоотбора, улавливающего из воздуха ПБДЭ, для целей данного исследования использовали метод диффузионного (пассивный) отбора проб воздуха. В отличие от аспирационного (активный) пробоотбора, в условиях пассивного (диффузионный) пробоотбора поглощение вещества происходит вследствие его диффузии в объем сорбента через мембрану. Преимуществами пассивного пробоотбора являются: отсутствие необходимости в аспираторах и электропитании, малая масса пробоотборников, экономичность и простота в работе. После накопления вещество из пробоотборника (поглотительной среды) экстрагируют подходящим растворителем и определяют его содержание в экстракте [6].

Следует подчеркнуть, что методика пассивного (диффузионного) отбора проб воздуха широко используется в целях контроля внедрения Стокгольмской Конвенции. Основываясь на несомненных преимуществах методики, Специальная техническая рабочая группа по разработке Плана глобального мониторинга СОЗ, рекомендует использование пассивного пробоотбора в исследованиях содержания СОЗ в воздухе [7].

Широкое применение в качестве поглотительной матрицы в диффузионных пробоотборниках для определения СОЗ (в т. ч. ПБДЭ) в воздухе получили полунепроницаемые мембраны и пенополиуретановые диски. Важным аспектом, требующим внимания при использовании пассивных пробоотборников, является расчет концентрации загрязнителя в воздухе. Его проводят, используя абсолютное количество накопленного аналита, коэффициента его диффузии в воздухе (диффузионный пробоотбор), коэффициента проницаемости через мембрану (мембранный пробоотбор), длины диффузионных путей и эффективного сечения пробоотборника. Как правило, диффузионные параметры при использовании пассивных пробоотборников определяют экспериментально — путем анализа стандартных воздушных смесей и абсолютного количества сконцентрированного аналита [8].

Материал и методы. В качестве объектов наблюдения выбрали 5 школ г. Минска, расположенные в 4 районах города (Московский — 2 школы: № 5 и № 1, Октябрьский, Первомайский, Партизанский — по одной, № 3, № 4, № 7 соответственно), с одинаковой степенью загрязнения атмосферного воздуха и с учетом удаленности от крупных промышленных предприятий. Отбор проб воздуха выполняли в 13 учебных помещениях (школа № 4 — 2 класса, школа № 1 — 2 класса, школа № 7 — 3 класса, школа № 3 — 3 класса, школа № 5 — 3 класса) начальной школы (4-е классы), учитывая отсутствие в данный период обучения так называемой кабинетной системы (ученики постоянно пребывают в одном и том же учебном помещении), а также возраст учеников (8–10 лет). Одновременно были заполнены анкеты, содержащие общую информацию о районе расположения школы, времени строительства и реконструкции, о строительном материале здания, данные о системах отопления и вентиляции. В анкете также отмечены сведения об учебных помещениях — ориентация по сторонам света, площадь и объем, основные материалы, используемые в отделке пола, стен, потолка класса, вид остекления окон, наличие электрооборудования (персональные компьютеры, CD-плееры, магнитофоны), мебель класса (материал, год изготовления, использование в качестве штор тканевых жалюзи, использование полимерных материалов при экранировании батарей отопления).

Отбор проб воздуха внутри учебных помещений школ выполняли при помощи диффузионных пробоотборников (Passiveairsampling, пассивный отбор проб), представляющих собой разборный контейнер, состоящий из 2 стальных емкостей с диаметром 32 и 24 см, расположенных на единой оси, которая также фиксирует полиуретановый фильтр (ППУ-фильтр, PUF-disk) в правильной позиции. Общая высота устройства — 10 см. ППУ-диск изготовлен из белого, неокрашенного пенополиуретана, плотностью 0,015 г/см$^{-3}$. Размеры ППУ-диска: толщина — 20 мм, диаметр — 150 мм, площадь — 177 см^2, объем — 353 см^3. ППУ-диск перед размещением в пробоотборном устройстве проходил экстракцию (предварительную подготовку) в серии растворителей (дихлорметан, ацетон). Подготовленные ППУ-диски до размещения в помещениях, а также ППУ-диски, прошедшие экспозицию, до проведения химико-аналитических исследований хранились при температуре –18°С, завернутые в 2 слоя алюминиевой фольги в полиэтиленовых пакетах с zip-замком.

Пробоотборные устройства размещали в учебных помещениях на высоте 1,5–2 м от уровня пола, вдали от отопительных приборов. Период экспозиции диффузионных пробоотборников составлял от 68 до 104 суток (в среднем 86 дней).

Подготовку проб и химико-аналитическое исследование выполняли после экстрагирования толуолом с помощью автоматизированной тепловой Сокслет-экстракции (Buchi B-811, Швейцария), с ^{13}С-мечеными БДЭ28, 47, 99, 100, 153, 154, 183 и 209 конгенерами (USEPA), добавленными к экстракту. Экстракты после экстрагирования очищали с использованием стеклянной хроматографической колонки (внутренний диаметр — 1 см), заполненной 5 г модифицированного (с использованием концентрированной H_2SO_4) силикагеля, и элюировали 40 мл смесью дихлорметана и н-гексана (в соотношении 1:1). Очищенные экстракты выпаривали под струей азота, полученный концентрат переносили в коническую пробирку и доводили ^{13}С-мечеными стандартами до конечного объема экстракта — 50 мкл.

Анализ ПБДЭ выполняли с использованием газового хроматографа высокого разрешения с детектором — масс-спектрометром высокого разрешения (ГХВР/МСВР), 7890AGC (Agilent, США), оснащенного 15 м х 0,25 мм х 0,10 мкм колонкой DB5 (AgilentJ&W, США) в сочетании с AutoSpecPremier-MS (Waters, Micromass, Великобритания). Масс-спектрометр работал в режиме положительной ударной ионизации электронов (EI+) с использованием отдельных ионов (SIM) при разрешении >10 000. Для БДЭ209 разрешение масс-спектрометра было установлено >5 000. Инъекция — 1 мкл при 280°С. В качестве газа-носителя использовали гелий на 1 мл/мин$^{-1}$. Программа ГХ: температура 80°С (1 мин удержание), затем 20°С мин$^{-1}$ до 250°С, затем на 1,5°С мин$^{-1}$ до 260°С (2 мин удержание) и 25°С мин$^{-1}$ до 320°С (4,5 мин удержание).

Результаты и их обсуждение. Установлено, что выбранные объекты исследования построены в основном во 2-й половине XX века (школа № 4 — в 1988 г., № 1 — в 2009 г., № 7 — в 1950 г. и реконструкция в 1992 г., № 3 — в 1982 г., № 5 — в 1993 г.). Строительными материалами зданий школ являются кирпич и бетон (№ 4, № 1, № 5 — бетон и № 7, № 3 — кирпич). Использование типовых архитектурных проектов при строительстве школ обусловило единый тип системы отопления — центральное, а также системы вентиляции —с естественным побуждением (через вентиляционные каналы) и частично механическая (в кабинетах химии, физики). В то же время, 8 из 13 классов расположены на 3 этаже, 4 — на 2, 6 классов ориентированы на юго-восток, 4 — на юго-запад. Средняя площадь учебных помещений составляет 61,9 м^2, средний объем — 185,2 м^3. В 12 классах пол покрыт полимерным материалом (линолеум, паркет), основные отделочные материалы стен — обои и водоэмульсионная краска, в 6 классах на стенах имеются панели из полимерного материала. В 10 классах есть электротехника: персональный компьютер (в 3 классах), CD-плееры (в 8 классах), кассетные магнитофоны (в 5 классах). Возраст мебели в 6 классах — более 10 лет, в 7 — 2–5 года, основной материал мебели — МДФ.

В отобранных пробах воздуха учебных помещений школ определили стандартный набор конгенеров ПБДЭ, а именно: БДЭ28, БДЭ47, БДЭ66, БДЭ100, БДЭ99, БДЭ85, БДЭ154, БДЭ153, БДЭ183, БДЭ209, а также сумма 10 БДЭ. Всего в ходе химико-аналитического исследования ПБДЭ получили и проанализировали 429 результатов. В отобранных пробах определили количество веществ — пг/диск/сутки.

В результате скринингового анализа полученных данных установлено, что полученные количества конгенеров БДЭ66 (более чем в 20% проб) и БДЭ85 (более чем в 60% проб) находятся ниже рассчитанного и скорректированного предела обна-

ружения, вследствие чего данные конгенеры были исключены из дальнейшего анализа. В итоге, в воздухе учебных помещений было проанализировано содержание 8 конгенеров БДЭ по отдельности и в сумме.

Доминирующим конгенером БДЭ в воздухе учебных помещений школ является БДЭ209 (93,03% от суммы), затем следуют БДЭ47 и БДЭ99 (3,34% и 1,92% соответственно), БДЭ28, БДЭ100, БДЭ183, БДЭ153, БДЭ154 по 0,73%, 0,36%, 0,31% 0,20%, 0,11% соответственно. Процент вклада каждого конгенера в общую сумму полибромированных антипиренов в воздухе учебных помещений школ представлен на рисунке 1. Колебания процента содержания (медиана, 25 и 75 процентили, максимум и минимум) доминирующих конгенеров ПБДЭ в воздухе учебных помещений представлены на рисунке 2.

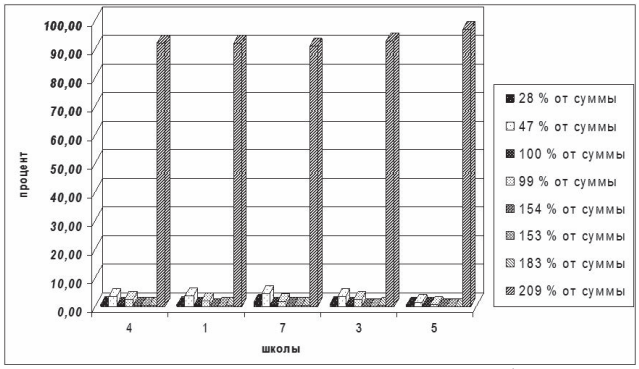


Рисунок 1 — Процентное содержание отдельных конгенеров полибромированных антипиренов в воздухе учебных помещений школ

По результатам анализа данных газохроматографического исследования проб воздуха учебных помещений школ получили следующие параметры распределения значений суммы 8 конгенеров (по школам в отдельности): школа № 4 — 2092,6 пг/диск/сут (медиана), 2040,8 пг/диск/сут и 2186,2 пг/диск/сут (25 и 75 процентили), 2239,9 пг/диск/сут и 2029,0 пг/диск/сут (максимум и минимум); школа № 1 — 1155,5 пг/диск/сут (медиана), 434,6 пг/диск/сут и 2323,5 пг/диск/сут (25 и 75 процентили), 2917,1 пг/диск/сут и 288,1 пг/диск/сут (максимум и минимум); школа № 7 — 1959,3 пг/диск/сут (медиана), 1508,0 пг/диск/сут и 4001,2 пг/диск/сут (25 и 75 процентили), 4314,8 пг/диск/сут и 1155,7 пг/диск/сут (максимум и минимум); школа № 3 — 644,0 пг/диск/сут (медиана), 162,3 пг/диск/сут и 1163,3 пг/диск/сут (25 и 75 процентили), 5390,2 пг/диск/сут и 76,4 пг/диск/сут (максимум и минимум); школа № 5 — 1183,0 пг/диск/сут (медиана), 100,0 пг/диск/сут и 3200,4 пг/диск/сут (25 и 75 процентили), 7099,5 пг/диск/сут и 78,3 пг/диск/сут (максимум и минимум). Статистически значимые отличия в содержании суммы 8 конгенеров ПБДЭ в воздухе учебных помещений школ не обнаружены (рисунок 3).

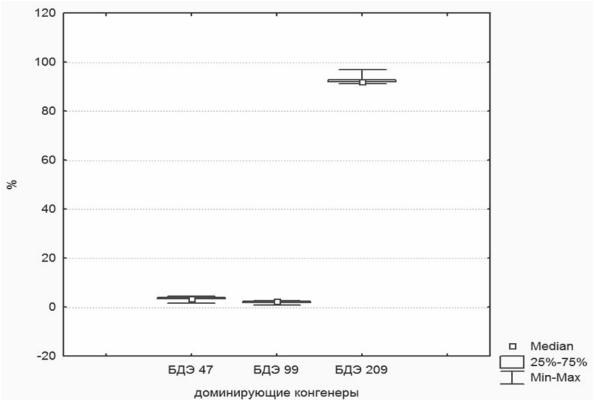


Рисунок 2 — Колебания процента содержания доминирующих конгенеров ПБДЭ в воздухе учебных помещений школ г. Минска

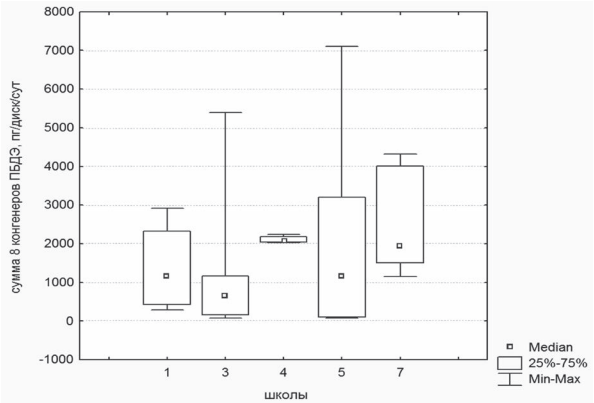


Рисунок 3 — Содержание суммы 8 конгенеров ПБДЭ в воздухе учебных помещений школ г. Минска

Суммарное содержание 8 конгенеров БДЭ в воздухе учебных помещений всех исследуемых школ составило 1741,9 пг/диск/сут (медиана), 288,06 пг/диск/сут и 2243,6 пг/диск/сут (25 и 75 процентили), 76,4 пг/диск/сут и 7099,5 пк/диск/сут (минимум и максимум). Результаты описательного анализа содержания доминирующих конгенеров (БДЭ47, БДЭ99, БДЭ209) представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Количество (пг/диск/сут) и параметры распределения доминирующих конгенеров ПБДЭ в воздухе учебных помещений школ г. Минска

Школа	Конгенер (пг/диск/сут)								
	БДЭ47			БДЭ99			БДЭ209		
	Медиана	25%/75%	Минимум/максимум	Медиана	25%/75%	Минимум/максимум	Медиана	25%/75%	Минимум/максимум
4	70,4	48,9/95,7	42,7/105,7	43,3	29,9/78,0	29,0/100,1	1941,1	1854,8/2035,4	1776,3/2121,9
1	53,6	41,3/66,6	32,4/76,3	25,9	22,2/43,7	22,2/43,7	1082,6	366,9/2192,9	195,7/2758,5
7	114,7	88,1/136,2	80,2/140,4	31,5	20,9/81,2	20,9/81,6	1763,1	1367,4/3702,4	996,5/4000,7
3	86,6	70,4/100,4	65,9/103,8	45,3	40,2/52,1	39,7/110,5	981,8	979,9/5114,6	979,9/5114,6
5	66,0	55,7/68,5	47,9/77,5	30,5	23,5/34,0	19,3/63,2	3083,2	2058,7/6970,3	2058,7/6970,3

Максимальное количество БДЭ47 в воздухе учебных помещений 5 школ определено в школе № 7, минимальное — в школе № 1, результаты статистически значимо различаются (критерий Манна–Уитни, p=0,010516). Также установлено статистически значимое различие в содержании БДЭ47 в воздухе школ №№ 5 и 7 (критерий Манна–Уитни, p = 0,003948). Содержание БДЭ47 в воздухе учебных помещений школ представлено на рисунке 4.

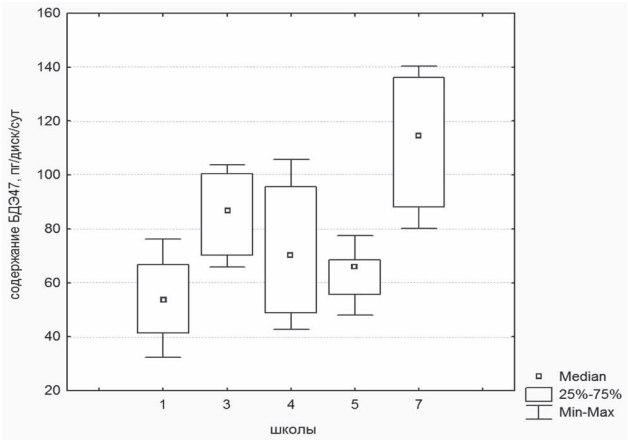


Рисунок 4 — Содержание БДЭ47 в воздухе учебных помещений школ г. Минска

БДЭ28 не входит в число доминирующих конгенеров в воздухе учебных помещений школ (составляет 0,73% от общего количества конгенеров), однако установлено статистически значимое различие в содержании этого конгенера в воздухе учебных помещений. Данные о количестве и характеристике распределения значений БДЭ28 в воздухе учебных помещений школ представлены в таблице 2 и на рисунке 5.

Таблица 2 — Количество (пг/диск/сут) БДЭ28 в воздухе учебных помещений школ г. Минска

Школа	Сумма 8 конгенеров БДЭ, пг/диск/сутки			
	Медиана	25 и 75 процентили	Максимум/минимум	p (критерий Манна–Уитни)
4	13,1	11,7/13,9	14,0/11,0	№ 7 и № 4, p=0,010516
1	11,1	10,2/11,8	12,1/9,7	№ 7 и № 1, p=0,010516
7	32,9	21,4/40,5	65,2/21,2	
3	13,8	11,3/15,7	18,8/10,5	№ 7 и № 3, p=0,003948
5	10,9	9,9/12,5	12,7/6,3	№ 7 и № 5, p=0,003948

Статистически значимых различий в содержании остальных конгенеров в воздухе учебных помещений не установлено.

Доминирующими конгенерами в пробах атмосферного воздуха являются БДЭ209 (76,4%), БДЭ47 (11,0%), БДЭ99 (6,9%). Данные представлены на рисунке 6.

Содержание суммы 8 конгенеров ПБДЭ в атмосферном воздухе находится на уровне 336,4 пг/диск/сут (медиана); 219,3 пг/диск/сут и 1439,4 пг/диск/сут (25% и 75% соответственно); 176,7 пг/диск/сутки и 3420,2 пг/диск/сут (минимум и максимум соответственно).

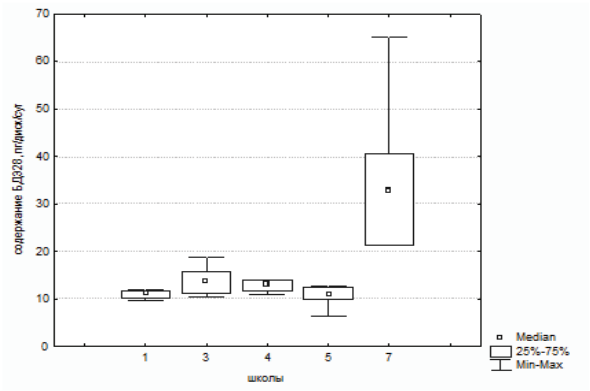


Рисунок 5 — Содержание БДЭ28 в воздухе учебных помещений школ г. Минска

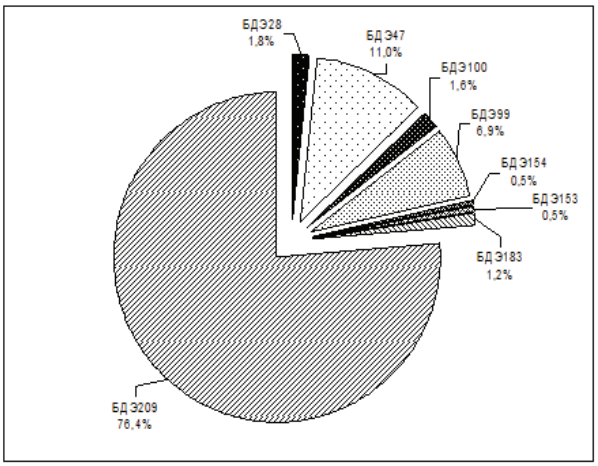


Рисунок 6 — Содержание конгенеров ПБДЭ в атмосферном воздухе г. Миска (%)

Полученные результаты согласуются с данными международных исследований в части доминирующей роли отдельных конгенеров полибромированных антипиренов (например, БДЭ47) в общем содержании в средах, в том числе в атмосферном воздухе.

В результате сравнительного анализа проб воздуха учебных помещений и атмосферного воздуха по общему количеству ПБДЭ, установлено более высокое содержание исследуемых конгенеров в воздухе учебных помещений школ по сравнению с атмосферным воздухом, однако полученный результат не является статистически значимым (рисунок 7).

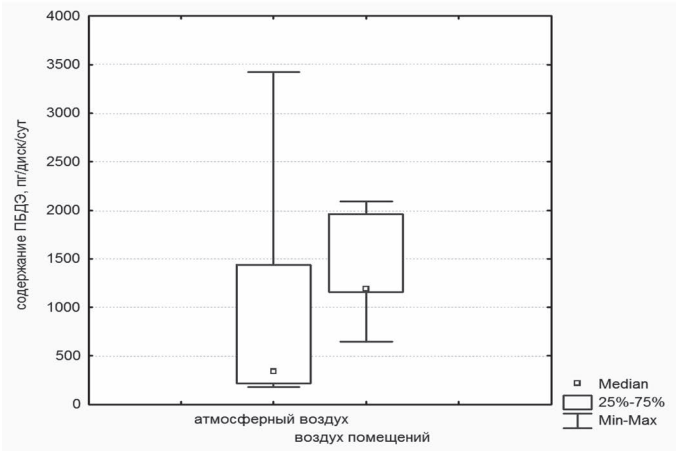


Рисунок 7 — Содержание ПБДЭ (суммы 8 конгенеров) в атмосферном воздухе и воздухе внутри учебных помещений школ г. Минска

Заключение. Полибромированные антипирены присутствуют как в атмосферном воздухе, так и в воздухе учебных помещений школ г. Минска, в количестве, обнаруживаемом современными методами анализа. Сумма 8 конгенеров ПБДЭ

в воздухе учебных помещений школ г. Минска составляет 1741,9 пг/диск/сут, в атмосферном воздухе — 336,4 нг/диск/сут. Доминирующими конгенерами ПБДЭ в воздухе учебных помещений школ и атмосферном воздухе являются БДЭ209, БДЭ47, БДЭ99, что согласуется с данными зарубежных исследований в части доминирующей роли отдельных конгенеров ПБДЭ в формировании загрязнения окружающей среды. Установлено статистически значимое превышение содержания отдельных конгенеров ПБДЭ (БДЭ28, БДЭ47) в воздухе учебных помещений различных школ г. Минска. В то же время, учитывая, что выбранные школы расположены в районах с одинаковой степенью загрязнения атмосферного воздуха и удаленности от промышленных предприятий, можно сделать предположение, что детерминирующими факторами в формировании загрязнения воздуха классов могут являться внутренняя отделка помещений, материалы и оборудование, а также недостаточный уровень вентиляции.

Использование диффузионного (пассивный) отбора проб воздуха позволяет выполнять сравнительную оценку уровня контаминации загрязняющими веществами, в том числе стойкими органическими загрязнителями в атмосферном воздухе и в воздухе внутри помещений. Данный метод может быть рекомендован для практического применения.

Литература

1. Polybrominateddiphenyl ether (PBDE) concentrations in house dust are related to hormone levels in men / J.D. Meeker [et al.] // Science of Total Environment [Электронный ресурс]. – 2009. – Mode of access: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19211133. – Date of access: 19.06.2012.

2. Lorber, M. Exposure of Americans to polybrominateddiphenyl ethers / M. Lorber // J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol [Электронный ресурс]. – 2008. – Mode of access: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17426733. – Date of access: 05.03.2012.

3. Dust from U.K. Primary School Classrooms and daycareCenters: The Significance of Dust As a Pathway of Exposure of Young U.K. Children to Brominated Flame Retardants and Polychlorinated Biphenyls / S. Harrad [et al.] // Environmental Science Technology. – 2010. – Vol. 44, № 11. – P. 4198–4202.

4. Relationship between Polybrominated Diphenyl Ether Concentrations in House Dust and Serum / P.I. Johnson [et al.] // Environmental Science Technology. – 2010. – Vol. 44, № 14. – P. 5627–5632.

5. Associations between PolybrominatedDiphenyl Ether (PBDE) Flame Retardants, Phenolic Metabolites, and Thyroid Hormones during Pregnancy / Heather M. Stapleton [et al.] // Environmental Health Perspective. – 2011. – Vol. 119, № 10. – P. 1454–1459.

6. Майстренко, В.Н. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей / В.Н. Майстренко, Н.А. Клюев. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 323 с.

7. Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants under the Stockholm Convention Article 16 on Effective Evaluation / I. Holoubek [et al.]; First Regional Monitoring Report Central and Eastern Europe and Central Asia Region // RECETOX MU Brno; RECETOX-TOCOEN REPORTS. – № 339. – Brno, CzR, 2008. – 294 p.

8. Методы определения органических веществ в воздухе / В.А. Крылов [и др.] // Успехи химии. – 2010. – № 79 (6). – С. 587–600.

PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS: POLYBROMINATED FLAME RETARDANTS IN THE INDOOR AIR OF MINSK SCHOOLS

Gritsenko T., Pronina T., Gankine A., Harnicova G.

Republican Scientific and Practical Center of Hygiene, Minsk, Belarus

The results of a study of polybrominated flame retardants (polybrominated diphenyl ethers-PBDEs) in air samples of Minsk schools, selected by diffusion sampling devices («passive» samplers) have been presented in the paper.

Keywords: persistent organic pollutants (POPs), polybrominated flame retardants, polybrominated diphenylethers (PBDEs), diffusion («passive») air sampling.

Поступила 12.06.2013

ОЦЕНКА РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Гиндюк В.В.

Брестский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Брест, Беларусь

Реферат. Система оценки риска, как метод анализа, позволяет определить факторы риска для человека, их соотношение, степень воздействия на здоровье, очертить приоритеты деятельности по минимизации их неблагоприятного влияния или устранения риска и тем самым реализовать профилактическое направление деятельности органов здравоохранения — сохранение здоровья населения. Проведение оценки риска возможного влияния загрязнений атмосферного воздуха при реконструкции животноводческих объектов на здоровье населения в сложившихся условиях несоответствия нормативных размеров санитарно-защитных зон (СЗЗ) свидетельствует о возможности их сокращения.

Ключевые слова: санитарно-защитная зона, оценка риска, здоровье населения, условия проживания.

Введение. В соответствии с гигиеническими требованиями к установлению СЗЗ, установлена определенная система базовых размеров для производственных и сельскохозяйственных объектов. СЗЗ, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха, должны обеспечивать соблюдение гигиенических нормативов содержания вредных веществ в атмосферном воздухе на границе СЗЗ и в жилых зонах. В отношении установления размеров СЗЗ установлены 2 концепции: «защита расстоянием» и «защита технологией» [1]. Одним из проблемных вопросов, с которыми в настоящее время приходится сталкиваться и принимать объективные управленческие решения, является соблюдение размеров СЗЗ для животноводческих объектов.

В современных, постоянно меняющихся условиях, в том числе с учетом государственных программ по развитию животноводства, увеличению поголовья скота, активно ведется новое строительство, проводится реконструкция, модернизация существующих молочно-товарных ферм и иных животноводческих объектов.

Материал и методы. Анализ осуществляли на основании представленных исходных данных, методик по расчету оценки риска объекта по санитарно-химическим показателям, а также использования дифференцированной шкалы опасности предприятия (ОП). Применяли научные источники и официальные издания о влиянии вредных веществ на организм человека.

Результаты и их обсуждение. Нормативные базовые размеры СЗЗ при размещении новых объектов, а также существующих крупных животноводческих комплексов в целом соблюдаются [2].

В то же время, по отдельным существующим объектам — фермы крупного рогатого скота менее 1200 голов (базовый размер СЗЗ — 300 м) — в действующих нормативах градация по размерам СЗЗ на меньшую численность голов отсутствует. Такая же ситуация складывается по птицефабрикам: более 1 млн бройлеров (базовый размер СЗЗ — 1000 м, в то же время до 1 млн бройлеров — 300 м).

Многие такие объекты были построены сельскохозяйственными предприятиями хозяйственным способом в 50–70-е годы прошлого столетия. Численность поголовья в таких фермах составляет от 200 до 600–800 голов. Базовые размеры СЗЗ в соответствии с действующими требованиями не всегда выдерживаются. Расстояние от данных ферм до территории уже сложившейся жилой застройки составляет от 100 до 300 м.

В настоящее время активно проводится реконструкция, модернизация существующих ферм с увеличением поголовья скота. В данной ситуации чрезвычайно важно предусмотреть и оценить возможные негативные последствия влияния животноводческих объектов на условия проживания и здоровье населения.

Принцип учета территориального единства СЗЗ и производственной площадки (территории) объекта позволяет адекватно определить минимальное расстояние, на котором приземные концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых (выделяющихся) в ходе производственной деятельности, не превысят требования гигиенических нормативов. Это расстояние может быть принято как расчетный размер СЗЗ, который обоснован данными рассеивания вредных веществ в атмосфере от источников выбросов до гигиенических нормативов содержания в атмосферном воздухе.

Для обоснования изменения базовых размеров СЗЗ проводится оценка рисков воздействия факторов производственной среды на условия проживания и здоровье населения.

Оценку риска воздействия реконструируемого животноводческого объекта на атмосферный воздух и здоровье населения проводили на основании представленных исходных данных: проект «Реконструкция молочно-товарной фермы…», «Общая пояснительная записка», «Проект санитарно-защитной зоны» с расчетами рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, справка о фоновых концентрациях и метеорологических характеристиках, протоколы лабораторных исследований.

Расчеты и анализ полученных данных проводили на основании действующих технических нормативных правовых актов, определяющих порядок проведения работ по оценке риска.

Гигиеническую оценку степени опасности загрязнения атмосферного воздуха при одновременном присутствии нескольких вредных химических веществ в воздухе проводили по величине суммарного показателя загрязнения «Р», учитывающего кратность превышения ПДК, класс опасности вещества, количество совместно присутствующих загрязнителей в атмосфере.

Оценку развития неканцерогенных эффектов проводили на основе расчета следующих показателей: потенциального риска рефлекторного действия; потенциального риска хронического воздействия; коэффициента опасности; индекса опасности.

Для определения класса опасности животноводческого объекта использовали дифференцированную шкалу оценки класса опасности объекта по расчету относительного показателя ОП.

Степень загрязнения атмосферного воздуха по расчетным данным, данным лабораторных исследований и данным фоновых загрязнений, на границе территории жилой застройки во всех случаях составила от 0,74 до 1,23 (показатель «Р») и оценивалась как «допустимая». При данном уровне загрязнения атмосферы прогнозируется фоновый уровень заболеваемости населения, дополнительных мер не требуется.

Величина потенциального риска немедленного действия (вероятность появления рефлекторных реакций) оценивается на уровне «приемлемый» и свидетельствует об отсутствии дискомфортных состояний у населения, проживающего за пределами СЗЗ.

Риск развития неспецифических токсических эффектов при хроническом воздействии по всем показателям оценивается как «приемлемый» уровень риска и свидетельствует об отсутствии неблагоприятных медико-экологических тенденций в развитии заболеваемости у населения, проживающего за пределами СЗЗ.

Коэффициент опасности (HQ) и индекс опасности (HI) развития неблагоприятных эффектов при кратковременном и хроническом воздействиях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по данным фоновых загрязнений, данным лабораторных исследований и расчетным данным, оценивается как «минимальный/низкий».

Согласно Инструкции по применению «Дифференцированная шкала оценки опасности предприятия» № 208-1208 от 29.12.2008 [3], молочно-товарная ферма по суммарному объему выбросов в атмосферный воздух, который составляет 122,8 т/год, и по относительному показателю опасности, который составляет 0,79, может быть отнесена к объекту с размерами СЗЗ в диапазоне 151–200 м.

Заключение. На основании результатов оценки риска воздействия на здоровье населения загрязнений атмосферного воздуха от молочно-товарной фермы после реконструкции, представляется возможным рекомендовать принять расчетные размеры СЗЗ, поскольку максимальные приземные концентрации на границе СЗЗ и в жилой застройке не превышают ПДК: суммарный показатель загрязнения соответствует допустимой степени загрязнения; популяционный риск рефлекторного и хронического эффекта для здоровья населения приемлемый; коэффициенты и индексы опасности — низкие. Согласно дифференциальной шкале оценки класса ОП, по суммарному объему выбросов в атмосферный воздух и по относительному показателю опасности данная молочно-товарная ферма может быть отнесена к объекту с размерами СЗЗ в диапазоне 151–200 м. Достаточность размеров расчетной СЗЗ молочно-товарной фермы должна быть подтверждена результатами аналитического (лабораторный) контроля после проведения реконструкции и в дальнейшем — результатами периодических лабораторных исследований атмосферного воздуха, согласно программе производственного контроля.

Литература

1. Науменко, Т.Е. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения при реконструкции объекта / Т.Е. Науменко, С.М. Соколов, Л.М. Шевчук // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. – Минск, 2009. – Вып. 13. – С. 166–169.

2. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы. Гигиенические требования к организации санитарно-защитных зон предприятий, сооружений и иных объектов, являющихся объектами воздействия на здоровье человека и окружающую среду: утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 10.02.2011 № 11.

3. Инструкция по применению. Дифференцированная шкала оценки опасности предприятия» № 208-1208 от 29.12.2008: утв. Гл. гос. сан. врачом Республики Беларусь от 29.12.2008, № 208–1208.

RISK ASSESSMENT OF AIR POLLUTION ON PUBLIC HEALTH WHEN RECONSTRUCTING LIVESTOCK FACILITY

Hindziuk V.V.

Brest Regional Center of Hygiene, Epidemiology and Public Health, Brest, Belarus

Based on the results of risk assessment on health of air pollution from the dairy farm after the reconstruction it is possible to recommend adoption of the estimated size of the sanitary protection zone, as the maximum ground concentration at the border of the sanitary protection zone and a residential development does not exceed the maximum permissible concentration: total pollution index corresponds to the permissible degree of contamination, population risk of reflex and chronic effects to the health of the population acceptable, risk factors and indices — low.

According to the differential rating scale hazard class enterprise for the total volume of air emissions, and the relative risk of this indicator dairy farm can be attributed to an object the size of SPZ in the range 151–200 m.

The sufficiency of the size of the design of the sanitary protection zone of the dairy farm must be confirmed by the results of the analytical (laboratory) control after the renovation and further results of periodic laboratory studies of air according to the program of industrial control.

Поступила 03.06.2013

ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Гриценко Т.Д.[1], Науменко Т.Е.[1], Шевчук Л.М.[1], Филонов В.П.[2], Андрианова С.Т.[1], Пшегрода А.Е.[1], Ганькин А.Н.[1]

[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;

[2]Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Реферат. Применен расчетно-программный комплекс по оценке риска воздействия на здоровье населения качества атмосферного воздуха при установлении оптимальной достаточности размеров санитарно-защитных зон предприятий.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, расчетно-программный комплекс, оценка риска.

Введение. Во многих странах обоснование приоритетов по ограничению или развитию тех или иных видов деятельности принимается на основе данных риска для состояния здоровья населения. Практическим инструментарием оценки воздействия факторов окружающей среды на здоровье является методология оценки риска, которая официально признана и развивается Всемирной организацией здравоохранения и другими международными организациями и учреждениями. Методология оценки риска экологических факторов на здоровье человека востребована особенно при конфликтных градостроительных ситуациях, при необходимости корректировки размеров санитарно-защитных зон предприятий (СЗЗ). При определении границ СЗЗ необходимо не только ориентироваться на санитарно-гигиенические нормативы, но и учитывать критерии приемлемого для здоровья населения риска. Для решения этих вопросов сегодня наилучшим инструментом, несомненно, может служить методология оценки риска, возможности которой достаточно широко используются в практических целях в Республике Беларусь.

Методика оценки риска загрязняющих веществ для здоровья населения в атмосферном воздухе предполагает сложную систему расчетов, требующую для ее проведения высокоспециализированного и хорошо подготовленного персонала. Подобные исследования предполагают использование и анализ достаточно объемной и разнородной информации, а ее корректное применение требует использования современного программно-аппаратурного обеспечения [1].

В силу этого возникает необходимость постоянного совершенствования методических подходов к оценке риска загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и обновления современных расчетных методов и компьютерных программ.

Материал и методы. В рамках задания 06.01. «Разработать и внедрить методологию комплексной оценки риска воздействия загрязнений атмосферного воздуха на здоровье населения для обеспечения ведения предсаннадзора» ОНТП «Здоровье и окружающая среда» разработан расчетно-программный комплекс «Компьютерная информационно-расчетная система по оценке риска воздействия качества атмосферного воздуха на здоровье населения» (далее — расчетно-программный комплекс), автоматизирующий процессы расчета и анализа риска. Данный программный продукт реализует положения, изложенные в Инструкции по применению «Методика оценки риска здоровью населения факторов среды обитания», утвержденной Заместителем министра здравоохранения Республики Беларусь 08 июня 2012 г., регистрационный № 025-1211 [2].

Расчетно-программный комплекс в установленном порядке зарегистрирован с присвоением инвентарного № 000238 от 06.12.2012 в ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинских технологий, информатизации, управления и экономики здравоохранения».

Результаты и их обсуждение. Расчетно-программный комплекс представляет собой компьютерную программу, которая автоматизирует процессы расчета комплексного показателя «Р» загрязнения атмосферного воздуха, расчета риска рефлекторного, хронического, канцерогенного действия, индексов и коэффициентов опасности загрязняющих веществ при

оценке риска воздействия на здоровье населения качества атмосферного воздуха. В ходе проведения расчетов используется следующая сопроводительная документация: алфавитный список химических веществ, согласно нумерации CAS (Chemical Abstracts Service); описание положений и методов; руководство пользователя с подробным описанием процедур и демонстрационный пример; глоссарий терминов, определений, акронимов по оценке риска.

Разработанный расчетно-программный комплекс по оценке риска воздействия на здоровье населения качества атмосферного воздуха позволяет получать достоверные результаты и величины потенциального риска для здоровья населения от любого вида хозяйственной деятельности на этапах строительства, реконструкции, модернизации, а также может использоваться при разработке стратегических планов и программ. Данный постулат был практически подтвержден в ходе выполнения работ по оценке риска загрязняющих химических веществ для здоровья населения.

Расчетно-программный комплекс использовали при установлении оптимальной достаточности размеров СЗЗ различных объектов аграрного и промышленного назначения, подлежащих государственной санитарно-гигиенической экспертизе.

В ходе исследований была дана оценка достаточности расчетных размеров СЗЗ для птицефабрик, ферм крупного рогатого скота, теплиц и парников, предприятий по производству пестицидов, деревообрабатывающих производств, мясокомбинатов, молочных и маслодельных производств, тепловых электрических станций, предприятий по ремонту, техническому обслуживанию и мойке автомобилей, автомобильных стоянок, автозаправочных станций, многофункциональных торговых комплексов, а также при строительстве жилых и административных зданий.

По каждому из объектов выполнили идентификацию и токсиколого-гигиеническую характеристику основных приоритетных загрязняющих веществ для проведения процедуры оценки риска. С использованием расчетно-программного комплекса провели расчет суммарного показателя загрязнения атмосферного воздуха «Р», расчеты риска рефлекторного, хронического и канцерогенного действия, индексов и коэффициентов опасности загрязняющих веществ.

Полученные результаты внедрения расчетно-программного комплекса по оценке риска воздействия на здоровье населения качества атмосферного воздуха свидетельствуют об ускорении процедуры оценки риска, что способствует выработке наиболее адекватных решений в области управления хозяйственной деятельностью как на отдельных предприятиях, так и на территориях в целом.

Заключение. Использование при оценке риска Инструкции по применению «Методика оценки риска здоровью населения факторов среды обитания» и расчетно-программного комплекса «Компьютерная информационно-расчетная система по оценке риска воздействия качества атмосферного воздуха на здоровье населения» позволяет комплексно решать медицинские, природоохранные, социальные и экономические проблемы. Решения, принимаемые на такой основе, носят не только природоохранную направленность, но и медико-экологическую, цель которой заключается в устранении даже минимального риска для здоровья человека факторов окружающей среды.

Литература

1. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко [и др.]; под ред. Ю.А. Рахманина. – М.: НИИИЭЧиГОС, 2002. – 408 с.

2. Инструкция по применению. Методика оценки риска здоровью населения факторов среды обитания: утв. Гл. гос. сан. врачом Республики Беларусь от 8.06.2012, № 025-1211.

USE OF COMPUTER-SOFTWARE SYSTEM IN THE RISK ASSESSMENT OF POLLUTANTS IN AMBIENT AIR FOR HUMAN HEALTH

Gritsenko T.D.[1], Naumenko T.E.[1], Shevchuk L.M.[1], Filonov V.P.[2], Andrianova S.T.[1], Pshegroda A.E.[1], Gankin A.N.[1]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[2]Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

The computational and software system was used for assessing the risk impact on human health air quality in determining the adequacy of the optimal size of buffer zones of facilities.

Keywords: ambient air, pollutants, calculation software system, risk assessment system.

Поступила 12.07.2013

ОЦЕНКА ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЦЕЛЯХ, ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Дроздова Е.В., Дудчик Н.В., Бурая В.В., Козлова Т.О.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Обоснован выбор типовых водных объектов на территории Минской области для проведения исследований с целью оценки индикаторных показателей безопасности рекреационного водопользования. Выбор объектов определен типом водного объекта, рангом рекреационного водопользования водного объекта, степенью рекреационной нагрузки на водоем, преобладающими видами рекреационного водопользования (контактные/неконтактные), наличием объектов отдыха, степенью санитарной надежности водных объектов по данным санитарной службы. Представлены результаты оценки воды водных объектов, используемых в рекреационных целях, по микробиологическим показателям.

Ключевые слова: мониторинг, водные объекты, используемые в рекреационных целях, оценка рисков, методология оценки рисков, микробиологические риски, риски здоровью, индикаторные микроорганизмы, безопасность.

Введение. Значительное количество водных объектов в республике создает предпосылки для дальнейшего развития рекреации в стране, в том числе и для развития зон отдыха международного уровня. По официальным данным, в Республике

Беларусь функционируют более 800 организованных пляжей, используемых населением в культурно-оздоровительных целях. Вблизи водоемов и водотоков в настоящий момент действуют 18 зон отдыха республиканского значения, вдоль рек сосредоточены объекты отдыха, в которых создано около 109 000 мест. В то же время, актуальной является проблема безопасного рекреационного использования водных ресурсов, о чем свидетельствует ежегодное закрытие в плавательный сезон большого числа пляжей для населения (в отдельные годы до 30%) по причине несоответствия гигиеническим нормативам, в первую очередь — по микробиологическим показателям. Отсутствие доступного объекта рекреации снижает качество жизни населения в летний период жизни, туристский потенциал страны, а запрет на купание, как правило, повышает вероятность несанкционированного отдыха населения, что также ведет к росту рисков здоровью населения. Практика последних лет показывает, что в целях оперативного отслеживания ситуации, принятия решения о введении (отмене) ограничительных мер, подходы, регламентируемые действующими нормативными документами, малоприменимы: отсутствуют четкие указания на степень ухудшения показателей, при которых вводятся ограничительные меры, нет критериев выбора конкретных ограничительных мер.

Вышеизложенное определяет актуальность НИР, выполняемой по заданию 01.04. «Разработать основанную на оценке микробиологических рисков систему мониторинга водных объектов, используемых в рекреационных целях» в рамках отраслевой научно-технической программы «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» на 2013–2015 гг. На основании результатов экспериментальных исследований будет научно обоснована методология оценки рисков для здоровья населения при рекреационном водопользовании, принимающая во внимание степень рекреационной нагрузки на водоем, виды рекреационного водопользования (контактные/неконтактные), тип водного объекта, наличие объектов отдыха на водном объекте. Использование методологии оценки рисков с учетом конкретных сложившихся условий рекреационного водопользования позволит усовершенствовать действующую в Республике Беларусь систему мониторинга поверхностных вод, используемых в рекреационных целях, повысить степень надежности рекреационного водопользования. В настоящей статье представлены результаты первого этапа НИР.

Материал и методы. С целью выбора водных объектов для проведения экспериментальных исследований изучены данные учреждений, осуществляющих санитарный надзор, в части мониторинга водных объектов в зонах рекреации. На основании полученной информации создана база данных лабораторных исследований проб воды, отобранных в местах рекреационного водопользования, по 90 районам республики. Анализ полученной информации позволил обосновать выбор типовых водных объектов, используемых в рекреационных целях, на территории Минской области. При их выборе руководствовались следующими параметрами:

1) тип водного объекта — проточные (река)/непроточные (водохранилище, озеро);

2) ранг рекреационного использования водного объекта (использование на республиканском, местном уровне);

3) степень рекреационной нагрузки на водоем;

4) виды рекреационного водопользования (контактные/неконтактные), преобладающие на данном водном объекте;

5) наличие/отсутствие объектов отдыха на водном объекте (детских оздоровительных лагерей, баз отдыха и т. д.);

6) степень санитарной надежности водных объектов (по данным санитарной службы).

В результате в перечень исследуемых водных объектов были включены крупные реки Неман (в районе Столбцов), Березина (Борисов), Птичь, Случь (Солигорск), средние и мелкие реки Ислочь, Ольшанка (Воложин), Бобр, Шать (Пуховичи), а также водохранилища в черте г. Минска (Заславское, Комсомольское, Цнянское, Дрозды, Вяча) и на территории Минской области (Смолевичское, Солигорское, Тимковичское, Краснослободское).

Объектами исследования в 2013 г. являлись водные объекты на территории Минской области и г. Минска. Были проведены экспедиционные выезды и обследования водоемов: Смолевичского, Заславского, Цнянского водохранилищ, Вячи, Дрозды, Комсомольского озера и Минского моря. Отобраны пробы воды для микробиологического анализа, отбор проводился в разгар купального сезона (июнь) в местах для купания и выше места купания. Проведены микробиологические исследования 21 пробы воды.

Исследования проводили в лаборатории микробиологии Республиканского научно-практического центра гигиены в соответствии с гигиеническими требованиями [1–3]. При проведении испытаний использовали стандартное оборудование для микробиологических лабораторий.

В работе использовали следующие реактивы и питательные среды: агар микробиологический, бромтимоловый синий, глюкоза, калия гидроксид, мясо-пептонный агар, мясо-пептонный бульон, набор реактивов для окраски по Граму, α-нафтол, пептон сухой ферментативный для бактериологических целей, системы индикаторные бумажные СИБ-глюкоза, СИБ-оксидаза, фуксин-сульфитная среда Эндо, фенилендиаминовые соединения (тетраметил-парафенилендиамин гидрохлорид или диметил-парафенилендиамин солянокислый), агар Клиглера, агар Эндо, агар Плоскирева.

Исследования проводили по следующим показателям [4, 5]: определение термотолерантных колиформных бактерий в 100 мл; определение общих колиформных бактерий в 100 мл.

К общим колиформным бактериям относили грамотрицательные, оксидазоотрицательные, не образующие спор палочки, способные расти на дифференциальных лактозных средах, ферментирующие лактозу до кислоты и газа при температуре 37±1°С в течение 24–48 ч.

К термотолерантным колиформным относили бактерии, обладающие признаками общих колиформных бактерий, способные ферментировать лактозу до кислоты и газа при температуре 44±0,5°С в течение 24±2 ч.

Метод основан на фильтрации установленного объема воды через мембранные фильтры с последующим культивированием на селективной среде, с идентификацией и учетом выросших бактерий.

Принадлежность изолятов к общим и термотолерантным колиформным бактериям определяли по отсутствию оксидазной активности, отношению к окраске по Граму, подтверждение способности ферментировать лактозу до кислоты и газа при температуре 37±1°С в течение 24–48 ч и 44±0,5°С в течение 24±2 ч. ТКБ, продуцирующие индол из триптофана при 44±0,5°С, относили к Escherichia coli.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований показали, что во всех образцах выявлены общие колиформные бактерии, в 15 из 21 образца — термотолерантные колиформные бактерии в количестве более 300 КОЕ/100 мл, при этом из них в 14 образцах выявлена Escherichia coli.

Далее проводили идентификацию колоний, выросших на дифференциально-диагностических средах и отнесенных к общим и термотолерантным колифирмным бактериям. Изолированные колонии пересевали на чашки с недифференцированным питательным агаром МПА для получения суточной монокультуры бактерий и инкубировали при температуре 37±1°С в течение 24±2 ч. После микроскопии окрашенных по Граму мазков проводили идентификацию бактерий с использованием микробиологического биохимического анализатора VITEK (Biomerieux). Были выявлены представители родов *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*.

Заключение. Полученные результаты используются для оценки индикаторных микробиологических показателей безопасности в динамике рекреационного периода, их репрезентативности, в т. ч. в зависимости от типа используемых водоемов и нагрузки на водоем.

Литература

1. СанПиН 2.1.2.12-33-2005. Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнений: утв. постановлением МЗ РБ от 28.11.2005, № 198.

2. СанПиН. Гигиенические требования к содержанию и эксплуатации водных объектов при использовании их в рекреационных целях: утв. постановлением МЗ РБ от 30.12.2009, № 238.

3. Инструкция по применению № 139-1207. Критерии безопасности для населения водных объектов Республики Беларусь, используемых в рекреационных целях: утв. Гл. гос. сан. врачом РБ от 21.01.2008.

4. Инструкция по применению № 037-0409. Санитарно-бактериологический, санитарно-вирусологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водоемов: утв. Гл. гос. сан. врачом РБ от 08.05.2009.

5. Инструкция по применению № 025-0309. Методы обнаружения возбудителей кишечных инфекций бактериальной природы в воде питьевой, открытых водоемов, бассейнов и в сточных водах: утв. Гл. гос. сан. врачом РБ от 19.03.2010.

MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF RECREATIONAL WATERS

Drozdova E.V., Dudchik N.V., Buraya V.V., Kozlova T.O.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The paper presents actuality of development of recreational water monitoring system based on microbiological risk assessment for the Republic of Belarus. Results of microbiological assessment of recreational waters provided here.

Keywords: monitoring, water bodies, recreational zones, risk assessment, methodology of risk assessment, microbiological risks, health risks, indicator microorganisms, safety.

Поступила 29.07.2013

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА В ОТНОШЕНИИ МИКРОБНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ

Дроздова Е.В., Дудчик Н.В., Бурая В.В., Малиновская С.К.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Разработаны методические подходы к оценке эффективности опытных образцов наноструктурированных материалов на основе диоксида титана в отношении микробного и химического загрязнения воды в условиях модельного эксперимента с фотоактивацией нанопластинок ультрафиолетовым излучением и без него. Представлены результаты изучения потенциальных дезинфицирующих свойств опытных образцов в отношении грамотрицательной микрофлоры, эффективности в отношении органического загрязнения; интегральной токсичности питьевой воды после экспонирования опытными образцами.

Ключевые слова: наноструктурированные материалы, фотоактивация, эффективность, модельный эксперимент, антимикробная активность, тест-штаммы микроорганизмов, органическое загрязнение, интегральная токсичность.

Введение. Активная производственная деятельность человека неизбежно приводит к загрязнению окружающей среды, в том числе и водных объектов. В связи с этим обеспечение населения качественной и безопасной водой в условиях постоянного наращивания масштабов и расширения видов промышленного производства и хозяйственной деятельности представляет собой важнейшую задачу.

Поскольку естественная очистка воды источников ограничена, одним из направлений, позволяющих обеспечить надлежащее качество питьевой воды, подаваемой населению, является использование искусственных систем очистки воды. Перечень материалов и методов, используемых для очистки воды, чрезвычайно разнообразен. Современные системы очистки воды позволяют не только удалить загрязнения естественного и антропогенного происхождения, но и улучшить потребительские свойства воды: снизить жесткость, скорректировать состав воды по содержанию основных элементов и прочее.

В последние годы получило распространение использование наноструктурированных материалов в устройствах, предназначенных для использования для доочистки воды в местах водоразбора. Наноструктурированные материалы имеют ряд преимуществ по сравнению с известными микроструктурированными материалами для очистки воды, в том числе большую активную площадь. Использование наноструктурированных материалов создает благоприятные предпосылки для эффективного решения задач по очистке воды от органических загрязнителей и микроорганизмов [1–3]. Наиболее часто с целью фотокаталитической очистки применяют соединения диоксида титана. Так, немецкая компания Nadico (http://www.nadico.de) выпускает антимикробное покрытие TitanShield с фотокаталитически активными наночастицами диоксида титана. При контакте со светом на его поверхности образуются радикалы кислорода, которые убивают до 99,9% бактерий и вирусов. Разработчики утверждают, что при контакте с обработанной поверхностью погибают даже такие агрессивные воз-

будители, как вирусы атипичной пневмонии и птичьего гриппа. Известны аналогичные покрытия на основе оксидов других тугоплавких металлов.

Работы по созданию таких материалов и методов проводятся и в Республике Беларусь. В Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники уже созданы опытные образцы наноструктурированных оксидов титана. Однако в настоящее время научная и технологическая проработанность этих направлений недостаточна и выдача рекомендаций для использования разработок в конкретных целях (например, для очистки питьевой воды) и, соответственно, промышленного освоения и использования в народном хозяйстве, не представляется возможным.

Вышеизложенное определяет актуальность научно-исследовательской работы, выполняемой в Республиканском научно-практическом центре гигиены в рамках задания 3.2.04. «Разработка научных основ и технологии создания устройств на основе наноструктурированных материалов для фотокаталитической очистки воды» ГПНИ «Конвергенция» в 2012–2013 гг. Основной целью данной НИР является оценка эффективности очистки воды и изменения ее качественных показателей при использовании в водоподготовке новых наноструктурированных фотокаталитически активных материалов на основе оксида титана (НСМ) и разработка рекомендаций по их использованию в хозяйственно-питьевом водоснабжении. В настоящей статье представлены результаты изучения в модельном эксперименте потенциальных свойств по очистке воды 11 опытных образцов новых НСМ.

Материал и методы. Объектами исследования являлись 11 опытных образцов новых НСМ на основе диоксида титана (TiO_2), разработанных Белорусским государственным университетом информатики и радиоэлектроники. Экспериментальные образцы отличались способами получения и природой подложки:

образец № 1 (К 144, К 145): диоксид титана на титановой фольге, 50 μTifoil, 0,3% NH_4F_2vol.%H_2O в этиленгликоле, U=50 В, Tср≈6°С, отжиг 60 мин при 450°С;

образец № 2 (К 175): диоксид титана на меди 5 слоев TiO_2/200°С/5 мин, отжиг 450°С в течение 10 мин;

образец № 3 (К 176): диоксид титана (5 слоев) на меди 250°С/10мин/5 слоев TiO_2/200°С/5 мин, отжиг 450°С в течение 10 мин;

образец № 4 (S_3): диоксид титана на меди и медной сетке;

образец № 5 (1412): диоксид титана на алюминиевой фольге (3 слоя);

образец № 6 (1312): диоксид титана на алюминиевой фольге (1 слой);

образец № 7: диоксид титана на титановой фольге;

образец № 8: диоксид титана на алюминиевой фольге (3 слоя);

образец № 9 (НД6): диоксид титана на медной фольге 0,2 мм;

образец № 10 (SA16): диоксид титана на медной сетке;

образец № 11 (КН6): диоксид титана на стекле.

Проанализировали подходы к оценке эффективности очистки и изменения качественных характеристик воды при использовании наноструктурированных фотокаталитически активных материалов (НСМ) по данным научной литературы и технических нормативных правовых актов, включая международные подходы и подходы отдельных стран (РФ и др.), на основании проведенного анализа разработали схему проведения экспериментальных исследований опытных образцов НСМ.

В модельном эксперименте изучали потенциальные дезинфицирующие свойства опытных образцов НСМ в отношении грамотрицательной микрофлоры, их эффективность в отношении органического загрязнения по индикаторному показателю «перманганатная окисляемость»; оценили методом биотестирования интегральной токсичности питьевой воды после экспонирования образцами наноматериалов.

Эксперименты выполняли в соответствии с принципами наилучшей лабораторной практики с использованием стандартизованных методов исследований. Исследования проводили в условиях фотоактивации НСМ ультрафиолетовым излучением (УФИ) и без фотоактивации. Для моделирования экспериментов с фотоактивацией использовали 2 ультрафиолетовые лампы: дуговая разрядная ртутная лампа ДРТ 400 (для фотоактивации образцов № 1–6) и ультрафиолетовая лампа 3UV-38 UVLampP/N 95-0343-02 производства Upland, CA, USA Cambridge (для фотоактивации образцов № 7–11). При этом облучение происходило УФИ с длиной волны 230 нм (образцы № 1–6) и 302 нм (образцы № 7–11). Рабочая поверхность образцов составляла 3,5×3,5 $см^2$.

Дизайн экспериментальных исследований по оценке изменений физико-химических параметров и микробного загрязнения исходных и получаемых в результате водоподготовки вод в модельных условиях включал 3 этапа:

– разработка и обоснование условий проведения эксперимента. Искусственно контаминировали воду кишечной палочкой, облучали УФИ и в течение различных периодов времени наблюдали динамику загрязнения. По результатам эксперимента устанавливали минимальную экспозицию, в течение которой проявляется значимый эффект УФИ;

– экспериментальные исследования по изучению эффективности образцов в отношении микробного и химического загрязнения воды в модельном эксперименте с фотоактивацией УФИ и без фотоактивации с длительностью экспозиции, установленной на 1 этапе;

– оценка методом биотестирования интегральной токсичности питьевой воды после ее экспонирования образцами наноматериалов, проявившими максимальный эффект.

Для изучения антимикробной активности НСМ разработали методические подходы, позволяющие получать воспроизводимые результаты опытов, а также обосновали параметры оценки эффективности дезинфицирующего воздействия НСМ. В качестве тест-культур предложено использовать музейные штаммы бактерий. При этом действие целесообразно изучать на суточных культурах, полученных как в жидких питательных средах, так и на поверхности агаризованных питательных сред при оптимальных режимах культивирования тест-штамма.

В работе использовали штамм *Esherichia coli* ATCC 8739 (E. coli ATCC 8739), обладающий характерными морфологическими, культуральными и физиолого-биохимическими признаками, а также хорошими ростовыми свойствами. Выбор культуры E. coli в качестве тест-организма обусловлен тем, что кишечная палочка проявляет самую низкую чувствительность среди энтеробактерий к негативным воздействиям внешней среды, а потому считается наиболее релевантной тест-моделью для оценки санитарно-эпидемиологической безопасности.

E. coli АТСС 8739 выращивали на скошенном мясопептонном агаре в течение 18 ч, смывали стерильным физиологическим раствором и готовили ряд разведений по оптическому стандарту мутности Фарланда до рабочей концентрации клеток 10^4–10^6 КОЕ/мл. Применяли следующие питательные среды: среда Эндо (НПО «Питательные среды», Россия), мясопептонный агар и физиологический раствор (НПО «Диалек», Республика Беларусь). Среды готовили и автоклавировали согласно рекомендациям производителя.

В 1-й серии эксперимента оптимизировали параметры проведения оценки биологического действия испытуемых НСМ на тест-модель *E. Coli* АТСС 8739: плотность клеточной суспензии рабочей культуры, объем инокулята при проведении культивирования после воздействия, способ посева при проведении культивирования. Достоверные результаты получили при плотности рабочей культуры *E. Col*i АТСС 8739 10^4 КОЕ/мл.

Далее приготовленную описанным способом рабочую культуру плотностью 10^4 КОЕ/мл облучали УФИ в течение различных периодов времени (от 30 с до 2 ч) и наблюдали динамику загрязнения. По результатам эксперимента установлена минимальная экспозиция, в течение которой проявляется значимый эффект ультрафиолета: 30 с для лампы 3UV-38 UVLampP/N 95-0343-02 и 3 мин для лампы ДРТ 400. Высота источника УФИ от образца — 9,5 см.

Во 2-й серии эксперимента изучали непосредственно антимикробную активность НСМ в отношении грамотрицательных микроорганизмов. При этом 30 мл рабочей культуры *E. Coli* АТСС 8739 с плотностью 10^4 КОЕ/мл помещали в стерильную чашку Петри, подвергали воздействию путем погружения нанопластины с одновременным УФ-облучением и без облучения в течение 3 мин. Численность микроорганизмов определяли методом прямого посева на поверхность или в толщу соответствующей дифференциально-диагностической питательной среды с последующим культивированием посевов при режимах, указанных для 1-й серии экспериментов.

Контролями служили:

$К_1$ — рабочая культура *E. Coli* АТСС 8739 с плотностью 10^4 КОЕ/мл без погруженной нанопластины (т.е. не подвергавшаяся воздействию);

$К_2$ — рабочая культура *E. Coli* АТСС 8739 с плотностью 10^4 КОЕ/мл без погруженной нанопластины (т.е. подвергавшаяся воздействию УФИ в течение 30 с и 3 мин соответственно для образцов № 1–6 и № 7–11).

Все эксперименты проводили в 3 повторностях. Результаты учитывали по количеству выросших колоний микроорганизмов с последующим пересчетом колониеобразующих единиц на 1 мл (КОЕ/мл).

По результатам исследований образцов № 7–11 провели дополнительную оптимизацию параметров проведения исследований. Изучили следующие плотности бактериальных суспензий *E. Coli* АТСС 8739: 10^4, 10^5, 10^6 КОЕ/мл. Показано, что эффективность воздействия НСМ, в т.ч. при активировании УФ-излучением, не зависит от плотности суспензии в изученных диапазонах клеточной плотности как для грамотрицательных, так и для грамположительных микроорганизмов. Поэтому далее для изучения образцов № 7–11 использовали суспензию клеток плотностью 10^5 КОЕ/мл, которую помещали в стерильный лабораторный стакан, подвергали воздействию УФ-облучения с длиной волны λ = 302 нм в течение 5–30 с, а высота ультрафиолетового источника от суспензии составляла 9,5 см.

Изучение эффективности образцов наноматериалов в отношении органического загрязнения воды проводили по обобщенному показателю «перманганатная окисляемость». Пластинку с рабочей поверхностью площадью 3,5×3,5 $см^2$, покрытую с одной стороны исследуемым материалом, погружали в 125 мл модельного раствора (смесь речной и дистиллированной воды в соотношении 1:1), закрывали чашкой Петри и выдерживали при комнатной температуре в течение 30 мин, 1 ч, 2 ч, 3 ч на рассеянном свету с воздействием и без воздействия УФИ. Величину перманганатной окисляемости модельных растворов определяли согласно [4]. Исходная величина перманганатной окисляемости модельных растворов составляла 2,5 мг/л и 2,7 мг/л для 1 и 2 циклов эксперимента соответственно.

Экспериментальные исследования по оценке интегральной токсичности питьевой воды после экспонирования образцами наноматериалов проводили методом биотестирования в соответствии с основным принципом практического лабораторного биотестирования — на батарее чувствительных биотестов из тест-объектов, представляющих основные трофические уровни водной экосистемы. Батарея тестов разработана в РНПЦ гигиены и состоит из ракообразных (D. magna, *C. vidua* и *H. incongruens*) и водорослей — *Chlorellavulgaris* (стандартной методикой и методикой с применением флюориметра «ФОТОН 10»). Для проведения исследований использовали музейные штаммы из коллекции РНПЦ гигиены: синхронизированные одновозрастные лабораторные культуры ракообразных D. magna ЦГ-1, C. Vidua ЦГ-2, H. incongruens ЦГ-3 и лабораторные культуры водорослей Chlorellavulgarisи Chlorellaspp. из рабочей коллекции ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси». Использовали стандартизованные методики исследований и методики, разработанные в РНПЦ гигиены по результатам НИР. Эксперименты проводили в 2 повторностях, при этом в водопроводную питьевую воду погружали испытуемые образцы нанопластин, проявившие максимальный эффект, и выдерживали их в течение различных периодов экспозиции в условиях фотоактивации НСМ УФИ и без его воздействия; высота источника УФИ от образца составляла 9,5 см. Полученные образцы воды тестировали на острую интегральную токсичность согласно [5–7].

Результаты и их обсуждение. Разработанные методические подходы позволили получать воспроизводимые результаты и оценивать параметры эффективности воздействия нанопластинок на референс-штаммы микроорганизмов. В условиях модельного эксперимента с клетками чистых культур получили кривые выживаемости для санитарно-показательных бактерий *E. coli.* Результаты исследований воздействия нанопластинок на тест-культуру *E. Coli* АТСС 8739 свидетельствуют, что численность рабочей культуры *E.coli* АТСС 8739 после нановоздействия опытных образцов № 1–10 не изменялась. После нановоздействия с одновременным УФ-облучением в период экспозиции численность культуры резко уменьшалась, составляя единичные клетки. Степень антимикробного эффекта и динамика процесса, полученные при изучении воздействия нанопластинок одновременно с ультрафиолетом, практически полностью повторяют результаты, полученные при оценке одного УФ-облучения (без присутствия нанопластины). Наиболее выражено обеззараживающее действие при обработке УФИ с длиной волны λ = 230 нм в течение 3 мин и λ = 302 нм в течение 30 с.

При оценке антимикробного действия нанопластины № 11 (диоксид титана на стеклянной подложке) в условиях модельных экспериментов были получены результаты, значительно отличающиеся от полученных для пластин № 1–10 (рисунки 1, 2). Не активированная УФ-лучами пластина № 11 показала выраженное антимикробное воздействие на тест-культуру

уже при экспозиции 5 с. Активирование пластины УФ-лучами привело к полному ингибированию антимикробного эффекта пластины № 5, которое отмечалось при экспозиции 5–30 с (рисунок 1).

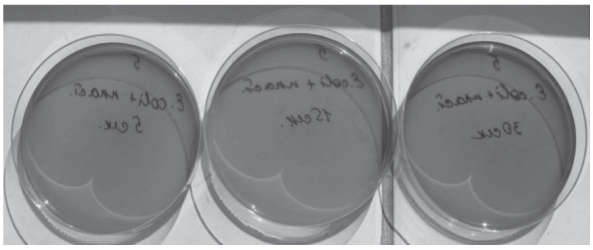


Рисунок 1 — Динамика антимикробного воздействия нанопластины № 11 на тест-культуру *E. Coli* АТСС 8739

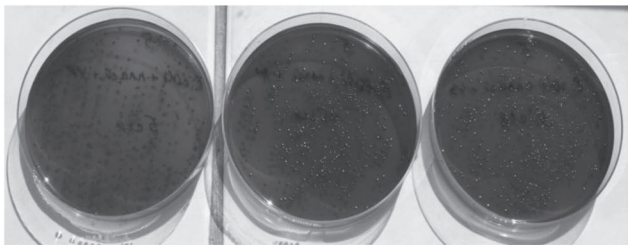


Рисунок 2 — Динамика антимикробного воздействия нанопластины № 11 и УФИ на тест-культуру *E. Coli* АТСС 8739

Результаты исследований не позволили сделать однозначные выводы об эффективности представленных на исследование образцов в отношении химического органического загрязнения. Достоверные эффекты как в условиях с фотоактивацией УФИ, так и без него, выявлены не были.

Поскольку в предварительно проведенных исследованиях по изучению потенциального дезинфицирующего эффекта НСМ и их эффективности в отношении химического загрязнения достоверные эффекты выявлены не были, исследования по оценке интегральной токсичности выполняли для всех 11 образцов НСМ: исследовали питьевую воду после экспонирования НСМ в течение 30 мин, 1 ч, 2 ч, 3 ч и 5 ч в условиях фотоактивации УФИ и без фотоактивации. Результаты экспериментальных исследований не позволили установить выраженные закономерности в токсическом действии, однако следует отметить, что в целом в заданных условиях образцы не проявили токсического эффекта в остром эксперименте.

Заключение. В качестве тест-культур для оценки дезинфицирующего действия НСМ целесообразно использовать музейные штаммы грамотрицательных бактерий *Esherichia coli*. Разработанные методические подходы по оценке антимикробной активности позволили получать воспроизводимые результаты, а также оценивать параметры эффективности воздействия НСМ на референс-штаммы микроорганизмов в условиях модельного эксперимента.

Антимикробный эффект опытных образцов НСМ № 1–10 проявляется только в случае активирования их УФИ, достоверных зависимостей их антимикробного действия не выявлено.

Опытный образец НСМ № 11(диоксид титана на стеклянной подложке) проявлял антимикробный эффект в отношении грамотрицательной микрофлоры без активации УФИ, при этом активация УФИ приводила к полному ингибированию эффекта в условиях модельного эксперимента.

Достоверных эффектов опытных образцов НСМ в отношении химического органического загрязнения по показателю «перманганатная окисляемость» как в условиях с фотоактивацией, так и без нее, а также интегральной токсичности питьевой воды после обработки НСМ в модельных условиях не выявлено.

Выявленные эффекты синергического и антагонистического воздействия нанопластин и УФ-облучения требуют дальнейшего более детального изучения.

Литература

1. Antimicrobial activities of commercial nanoparticles against an environmental soil microbe, Pseudomonas putida KT2440 / P. Gajjar [et al.] // J. Biol Eng. – 2009. – Vol. 26. – P. 3–9.

2. Chong, M.N. Recent developments in photocatalytic water treatment technology : a review / M.N. Chong [et al.] // Water Research. – 2010. – Vol. 44, Is. 10. – P. 2997–3027.

3. Removal of contaminants of concern in water using advanced oxidation techniques / H.M. Coleman [et al.] // Water Sci Technol. – 2007. – Vol. 55, № 12. – P. 301–306.

4. СТБ ИСО 8467-2009. Качество воды. Определение перманганатной окисляемости.

5. ИСО 6341:1996. Качество воды. Определение иммобилизации Daphniamagna Straus (Cladocera, Crustacea). Оценка острой токсичности.

6. ИСО 8692:2004. Качество воды. Испытание на подавление роста пресноводных водорослей с применением одноклеточных зеленых водорослей.

7. Инструкция по применению № 021-1112. Оценка интегральной токсичности объектов окружающей среды методами биотестирования: утв. Постановлением Гл. гос. сан. врача МЗ РБ 12.12.2012.

ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF TITANATE NANOMATERIALS PILOT SAMPLES AGAINST MICROBIAL AND ORGANIC POLLUTION OF DRINKING WATER

Drozdova E.V., Dudchik N.V., Buraya V.V., Malinovskaya S.K.

Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

Methodological approaches for the effectiveness assessment of titanium dioxide nanomaterials pilot samples against microbial and organic pollution of water have been worked out. Potential antimicrobial properties of pilot samples against gram-negative microorganisms, efficiency against organic pollution and integrated toxicity estimation of water after exposure by pilot samples were studied in the modeling experiments and results presented in the article. Modeling experiments were carried out in the conditions of photoactivation of nanoplates by ultraviolet radiation and without photoactivation by ultraviolet.

Keywords: nanostructured materials, photoactivation, efficiency, modeling experiment, antimicrobial activity, the test-strains of microorganisms, organic pollution, integrated toxicity assessment.

Поступила 26.07.2013

ОЦЕНКА МИКРОБНОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ ВОЗДУХА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Дудчик Н.В.[1], Коломиец Н.Д.[2], Нежвинская О.Е.[1], Тонко О.В.[2],

Ханенко О.Н.[2], Левшина Н.Н.[3], Жуковский В.В.[4], Гавриленко В.В.[4]

[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;

[2]Белорусская медицинская академия последипломного образования;

[3]Минский городской центр гигиены и эпидемиологии;

[4]Центр гигиены и эпидемиологии Ленинского района, Минск, Беларусь

Реферат. Приведены результаты микробиологических исследований проб воздуха производственных помещений, отобранных на предприятиях пищевой промышленности. Изучен количественный состав микробиоты воздуха производственных помещений. Определена таксономическая принадлежность эмерджентных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в воздухе производственных помещений на предприятиях пищевой промышленности.

Ключевые слова: пищевые производства, воздух производственных помещений, микробиологический анализ.

Введение. Качество пищевых продуктов определяется комплексом органолептических, физико-химических и микробиологических показателей в соответствии с требованиями действующей нормативной документации. Пути контаминации сырья, полупродуктов и готовой продукции микроорганизмами чрезвычайно разнообразны. Основные источники микробной контаминации пищевых продуктов продовольственного сырья — почва, вода, воздух, человек и животные. Контаминация может происходить и в условиях выращивания сырья, на всех этапах его переработки, а также при хранении, транспортировке и реализации готового продукта. Причинами контаминации продуктов микроорганизмами могут быть несоблюдение санитарно-гигиенических правил и норм технологических процессов, инвентарь, оборудование, руки обслуживающего персонала предприятия, насекомые и грызуны. Опасность возникновения инфекционного заболевания или пищевого отравления при употреблении контаминированных продуктов зависит от вирулентности конкретного микроорганизма и интенсивности обсеменения продукта [1].

Воздух не является благоприятной средой для жизнедеятельности микроорганизмов. Однако, попадая в воздух, многие микроорганизмы способны какое-то время находиться в жизнеспособном состоянии. Среди них большая группа патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Человек, болеющий инфекциями верхних дыхательных путей, выделяет микроорганизмы при разговоре, чихании, кашле и т.д. К инфекциям дыхательных путей с воздушно-капельным и воздушно-пылевым механизмами передачи относятся грипп, корь, коклюш, скарлатина, дифтерия, натуральная оспа, легочная форма чумы, менингит, туберкулез, ветряная оспа, паротит и др.

На предприятиях пищевой промышленности, в производственных цехах и в местах хранения продуктов уровень микробной обсемененности воздуха зависит от способа очистки помещения, организации производственного процесса, применения и эффективности работы вентиляции и других условий [2]. Задачами санитарно-микробиологического исследования воздуха являются гигиеническая и эпидемиологическая оценка воздушной среды, и, как следствие, разработка комплекса мероприятий, направленных на профилактику аэрогенной передачи возбудителей инфекционных болезней.

Источниками патогенных микробов и вирусов в воздухе помещений являются больные инфекционными заболеваниями, а также вирусоносители и бактерионосители. Кроме того, патогенные и условно-патогенные микроорганизмы могут переноситься с обувью и одеждой обслуживающего персонала [3].

Время жизни и устойчивость к факторам внешней среды у микроорганизмов значительно варьирует и зависит как от вида бактерий или грибов, так и от температуры, влажности воздуха и др. условий. При повышении температуры воздуха от 0 до 10°С содержание бактерий в воздухе помещения возрастает в 2–3 раза. При более высоких температурах (10–25°С) число микроорганизмов увеличивается в 5 раз и более. Чем выше влажность воздуха, тем лучше сохраняется способность бактерий к размножению. В сухом (40–60% относительная влажность) воздухе часть микроорганизмов гибнет или их развитие угнетается.

При оценке санитарного состояния воздуха закрытых помещений в зависимости от задач исследования определяли общую бактериальную обсемененность (общее микробное число), присутствие санитарно-показательных микроорганизмов (стафилококки и гемолитические стрептококки), а также непосредственно патогенных микроорганизмов (в зависимости от характера помещений — микобактерий туберкулеза, коринебактерий дифтерии, дрожжей и мицелиальных грибов и пр.) [4]. При исследовании воздуха на предприятиях пищевого профиля, общественного питания, помимо показателя общей обсемененности определяли те группы микроорганизмов, которые являются характерными возбудителями порчи данных видов продукции или могут встречаться в данном производственном помещении (дрожжи и грибы — в холодильниках, стафилококки — в цехе производства мороженого и т.п.). Высокий уровень обсемененности воздуха рабочей зоны плесневыми грибами является эпидемическим маркером микробной контаминации [3].

Материал и методы. Для оценки уровней обсемененности и изучения состава микробиоты пищевых производств провели микробиологические исследования проб воздуха на предприятиях производства пищевых продуктов.

Изучение микробиологической контаминации воздуха производственных помещений проводили по следующим параметрам:

– общее количество микроорганизмов в 1 м^3 воздуха;

– количество плесневых грибов и дрожжей в 1 м^3 воздуха;

– количество бактерий рода Staphylococcus в 1 м^3 воздуха;

– количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП) в 1 м^3 воздуха.

Для отбора проб воздуха использовали вакуумный аспиратор воздуха SAS Super 100 (PBI International). Принцип работы приборов-аспираторов заключается в том, что воздух всасывается с фиксированной скоростью за различные промежутки времени через насадку с серией маленьких отверстий. Отверстия в насадке позволяют направить ламинарный поток воздуха на поверхность агаризованной питательной среды в контактной чашке, соответствующей типу проводимого микробиологического исследования. При подготовке прибора к работе проводили дезинфекцию внутренней поверхности аспирационной насадки прибора. Помещали подписанную чашку Петри с соответствующей питательной средой в насадку

и проводили отбор проб воздуха согласно инструкции к аспиратору. После завершения отбора пробы воздуха чашку Петри закрывали и помещали в термостат для инкубирования. Режимы инкубации посевов и используемые питательные среды приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Условия культивирования посевов при исследовании проб воздуха по микробиологическим показателям

№	Исследуемый показатель	Объем воздуха, л	Питательная среда	Температура инкубации чашек, °С	Время инкубации чашек, ч
1	Общее количество микроорганизмов в 1 м^3 воздуха	50	МПА (мясопептонный агар)	30±1	24–48
2	Количество плесневых грибов и дрожжей 1 м^3 воздуха	50	Агар Сабуро с хлорамфениколом	24±1	72–120
3	Количество бактерий рода *Staphylococcus* в 1 м^3 воздуха	100	Байрд-Паркера агар	37±1	24–48
4	Количество БГКП в 1 м^3 воздуха	100	Агар Эндо	37±1	24–48

Для определения общего количества микроорганизмов в 1 м^3 воздуха и количества плесневых грибов и дрожжей в 1 м^3 воздуха, выросших на чашках колоний микроорганизмов, использовали формулу расчета индекса загрязнения воздуха (1):

$$x = \frac{P\text{x}1000}{V},$$

где V — объем отобранного воздуха;

P — число выросших на чашке колоний с учетом положительной коррекции;

X — КОЕ в 1 м^3 воздуха.

Также проводили идентификацию типичных колоний, выросших на средах Байрд-Паркера и Эндо, и выборочную идентификацию микроорганизмов, выросших на МПА. Изолированные колонии пересевали на чашки с недифференцированным питательным агаром МПА для получения суточной монокультуры бактерий и инкубировали при температуре 37±1°С в течение 24±2 ч. После микроскопии окрашенных по Граму мазков проводили идентификацию бактерий с использованием микробиологического биохимического анализатора VITEK (Biomerieux).

Результаты и их обсуждение. При изучении количественного состава и таксономической принадлежности микробиоты воздуха пищевых производств провели микробиологические исследования проб воздуха, отобранных в различных кулинарных цехах магазинов крупной торговой сети. Микрофлора воздуха производственных цехов на исследованных предприятиях пищевой промышленности была довольно разнообразна и отличалась по количественному и качественному составу в зависимости от места отбора проб (рисунок 1).

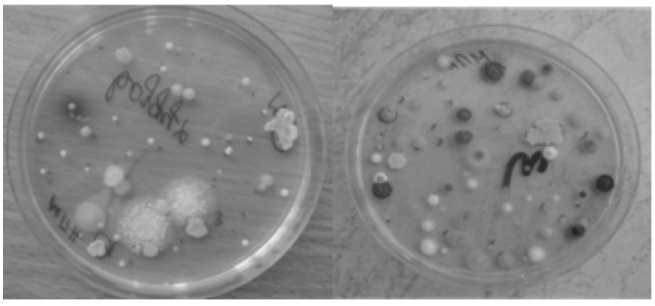


Рисунок 1 — Микрофлора воздуха производственных помещений на предприятиях пищевой промышленности

Для оценки микробной обсемененности воздушной среды производственных цехов магазинов крупной торговой сети (магазин № 1, магазин № 2) аспирационным методом отбирали пробы воздуха в цехах на различных этапах их функционирования. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Результаты исследования образцов воздуха на пищевых производствах крупных торговых сетей — магазинов №№ 1 и 2

Место взятия пробы	Питательная среда	Объем воздуха, л	Количество микроорганизмов		Идентифицированные бактерии
			КОЕ/чашку	КОЕ/м^3	
Магазин № 1					
Цех готовой продукции	МПА	50	31	620	*Micrococcus luteus, Sphingomonas paucimobilis, Staphylococcus spp.,* плесневые грибы
	Сабуро	50	38	760	
	Эндо	100	Нет роста	-	
	Байрд–Паркера	100	Единичные	-	
Вытяжка	Сабуро	50	31	620	плесневые грибы

Окончание таблицы 2

Место взятия пробы	Питательная среда	Объем воздуха, л	Количество микроорганизмов		Идентифицированные бактерии
			КОЕ/чашку	КОЕ/м^3	
Кондитерский цех	МПА	50	100	2000	*Escherichia coli, Micrococcus luteus, Sphingomonas paucimobilis*
	Сабуро	50	112	2240	
	Эндо	100	Единичные	-	
	Байрд–Паркера	100	Единичные	-	*Staphylococcus epidermidis, Staphylococcus xylosus, Staphylococcus saprophyticus,* плесневые грибы
Мясной цех	МПА	50	53	1060	*Sphingomonas paucimobilis, Staphylococcus saprophyticus, Staphylococcus hom. hominis,* плесневые грибы
	Сабуро	50	91	1820	
	Эндо	100	Единичные	-	
	Байрд–Паркера	100	Рост	-	
Магазин № 2					
Мясной цех	МПА	50	14	280	*Staphylococcus epidermidis, Staphylococcus aureus, Moraxella group,* плесневые грибы
	Сабуро	50	71	1420	
	Эндо	100	Единичные	-	
	Байрд–Паркера	100	Рост	-	
Вытяжка	Сабуро	50	40	800	плесневые грибы
Готовая продукция	МПА	50	3	60	*Micrococcus luteus, Sphingomonas paucimobilis, Staphylococcus epidermidis,* плесневые грибы
	Сабуро	50	15	300	
	Эндо	100	Единичные	-	
	Байрд–Паркера	100	Единичные	-	
Холодное отделение	МПА	50	45	900	*Micrococcus luteus, Staphylococcus saprophyticus,* плесневые грибы
	Сабуро	50	99	1980	
Кондитерский цех	МПА	50	26	520	*Staphylococcus spp., Kocuria kristinae, Staphylococcus haemolyticus, Staphylococcus saprophyticus,* плесневые грибы
	Сабуро	50	72	1440	
	Эндо	100	Единичные	-	
	Байрд–Паркера	100	Рост	-	
Отделка кондитерских изделий	МПА	50	46	920	*Staphylococcus saprophyticus, Staphylococcus spp., Kocuria kristinae,* плесневые грибы
	Сабуро	50	79	1580	

В результате исследования установлено, что показатели общего количества микроорганизмов в 1 м^3 воздуха, отобранного в разных помещениях магазина № 1 во время проводимых там работ, колебались от 620 КОЕ/м^3 в цехе готовой продукции до 2000 КОЕ/м^3 в кондитерском цехе. В магазине № 2 общая обсемененность воздуха колебалась от 60 КОЕ/м^3 в цехе готовой продукции до 920 КОЕ/м^3 в цехе отделки кондитерских изделий.

Из 10 образцов воздуха, отобранных на среду Сабуро, колонии плесневых грибов определялись в 10 (100%) аспиратах. Количество плесневых грибов в воздухе цехов магазина № 1 колебалось от 620 КОЕ/м^3 в вытяжке до 2240 КОЕ/м^3 в кондитерском цехе. В магазине № 2 содержание плесневых грибов в 1 м^3 воздуха было от 800 КОЕ/м^3 в вытяжке до 1980 КОЕ/м^3 в холодном отделении.

В магазине № 1 из 3 образцов воздуха, отобранных на агар Байрд–Паркера, выделено 6 штаммов коагулазоотрицательных стафилококков, штаммы золотистого стафилококка не обнаружены. Из 3 образцов воздуха, отобранных на среду Эндо, в 1 случае выделены БГКП — *E. coli*. Состав микроорганизмов, выделенных из образцов воздуха производственных цехов магазина № 1, отображен на рисунке 2.

При исследовании микробиоты окружающей среды на пищевом производстве магазина № 2 из 3 образцов воздуха, отобранных на агар Байрд-Паркера, было выделено 5 штаммов стафилококков, в 1 случае — золотистый стафилококк. Частота выделения идентифицированных микроорганизмов представлена на рисунке 3.

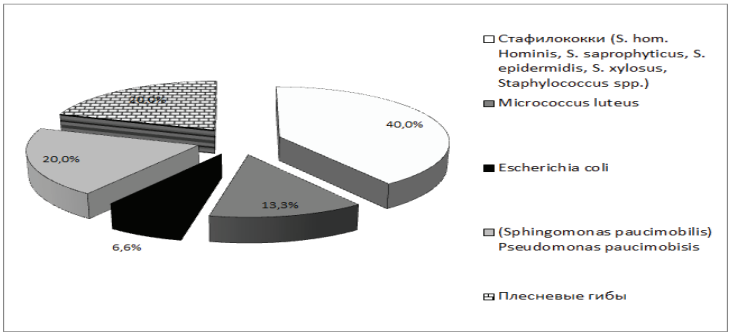


Рисунок 2 — Частота встречаемости различных микроорганизмов в воздухе производственных цехов магазина № 1

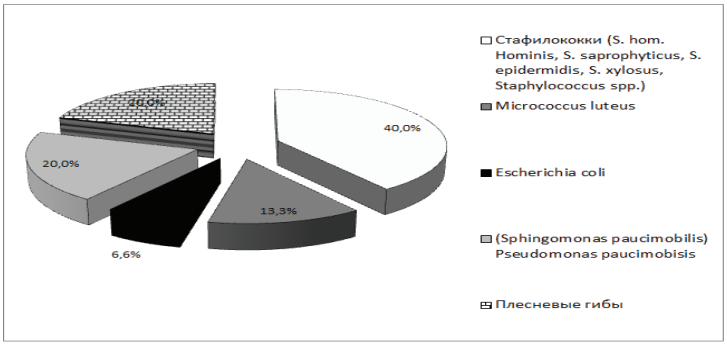


Рисунок 3 — Частота встречаемости различных микроорганизмов в воздухе производственных цехов магазина № 2

Заключение. Общий уровень обсемененности микроорганизмами воздуха исследованных производственных помещений магазинов крупных торговых сетей составлял 60–2000 микроорганизмов в 1 м^3 воздуха, уровень плесневых грибов — 620–2240 КОЕ/м^3 воздуха. Основными представителями микрофлоры воздуха производственных помещений являлись плесневые грибы и бактерии рода Staphylococcus, отличающиеся высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям внешней среды. Уровень обсемененности воздушной среды бактериями и плесневыми грибами, а также обнаружение в воздухе производственных помещений условно-патогенных микроорганизмов свидетельствуют о высоком риске вторичной контаминации производимой пищевой продукции.

Литература

1. Микробиологические аспекты производства продуктов питания, в том числе специального назначения и общественного питания : науч.-информ. материал / М.В. Бирюкова [и др.]. – М., 2010. – 34 с.

2. Микробиология пищевых производств / Н.Г. Ильяшенко [и др.]. – М.: КолосС, 2008. – 412 с.

3. Ayotunde, A.S. Identification and Characterization of Bacteria Air Pathogens from Homesin Zaria Metropolis / A.S. Ayotunde [et al.] // Int. J. of Scienceand Technology. – 2012. – Vol. 2, № 7. – P. 443–447.

4. Микроорганизмы и окружающая среда: науч.-информ. материал / М.В. Бирюкова [и др.]. – М., 2010. – 15 с.

ESTIMATION OF MICROBIAL CONTENT OF AIR AT FOOD-INDUSTRY ENTERPRISES

Dudchik N.V.[1], Kolomiets N.D.[2], Nezhvinskaya O.E.[1], Tonko O.V.[2], Hanenko O.N.[2], Levshina N.N.[3], Zhukovskaya V.V.[4], Gavrilenko V.V.[4]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[2]Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education;

[3]Minsk City Center for Hygiene and Epidemiology;

[4]Centre of Hygiene and Epidemiology of Leninsky district of Minsk, Minsk, Belarus

The results of microbiological researches air of food-industry enterprises are presented in this paper. The quantitative structure of the microbiota of air in industrial facilities has been studied. Taxonomic an accessory emergent pathogenic and is conditional-pathogenic microorganisms in air of industrial premises at the food-industry enterprises is defined.

Keywords: food manufactures, air of food-industrial enterprises, microbiological analysis.

Поступила 24.06.2013

ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭНТЕРОГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ E. COLI

Дудчик Н.В.[1], Канашкова Т.А.[2], Трешкова Т.С.[1], Ушкова Л.Л.[1], Грищенкова Т.В.[1]

[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;

[2]Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Реферат. В работе представлены основные результаты сравнительных исследований ускоренных методов идентификации энтерогеморрагической *E. coli* (ИФА, ПЦР) с традиционными стандартизованными методами анализа. Данные, полученные при исследовании методов ПЦР, ИФА и традиционных культуральных методов для выделения энтерогеморрагической E. coli показывают, что применение комбинированного подхода к идентификации энтерогеморрагической E. coli позволяет сократить время проведения анализа и более точно идентифицировать бактериальные культуры.

Ключевые слова: пищевые продукты, патогенные микроорганизмы, эмерджентные пищевые инфекции, энтерогеморрагическая *E. coli*, методы идентификации.

Введение. Чтобы обнаружить наличие в пищевых продуктах или пробах из окружающей среды продуцирующий шигатоксин штамм *E. coli* 0157 (STEC), необходимы особо чувствительные методы, т.к. этот патогенный микроорганизм может присутствовать только в небольшом количестве наряду с высокой концентрацией конкурирующих микроорганизмов. Выявление маленьких количеств STEC в пищевых продуктах особенно важно для гарантии их безопасности, поскольку считается, что его инфицирующая доза составляет менее 10 бактерий.

Селективное обогащение перед посевом на чашки с селективной средой для выделения является общепринятой частью большинства методов обнаружения *E. coli* 0157. К селективным агентам обычно относят новобиоцин или акрифлавин (для ингибирования роста грамотрицательных микроорганизмов) и сочетание ванкомицина, цефсулодина и цефиксима (для торможения роста *Aeromonas* и *Proteus spp.*). Вместе с тем некоторые селективные агенты могут ингибировать рост поврежденных клеток. Так, пробы пищевых продуктов с *E. coli* 0157, поврежденных при замораживании, перед селективным обогащением рекомендуется выдерживать при комнатной температуре в течение 3 ч. Кроме того, для выявления клеток испытавших тепловой, холодовой, кислотный или солевой стресс, может понадобиться предварительное обогащение в неселективном бульоне типа BPW или универсальном бульоне.

Наиболее чувствительным и экономически эффективным методом выделения *E. coli* 0157 из пищевого сырья является, по всей видимости, иммуномагнитная сепарация (ИМС) после селективного обогащения с последующим поверхностным посевом концентрированных клеток-мишеней на чашки с селективной средой. Метод разделения на основе иммунозахвата и концентрации включает иммунологическое связывание (захват) с последующим физическим отделением микроорганизмов-мишеней от смешанной обогатительной культуры, после чего происходит повышение концентрации клеток. Чувствительность ИМС можно повысить путем увеличения концентрации *E. coli* 0157 относительно фоновых микроорганизмов, которые могут маскировать или покрывать целевые клетки на твердой селективной среде. Отличительными признаками данного штамма *E. coli* по сравнению с другими являются отсутствие сбраживания сорбитола в течение 24 ч и отсутствие β-глюкуронидазной (GUD-) активности. Обнаружение этого микроорганизма значительно упростилось с использованием агара Мак-Конки с сорбитолом (SMAC-агара), причем селективность SMAC-агара была повышена путем добавления цефиксима и теллурита (CT-SMAC-агар). Сорбитол-отрицательные колонии, свидетельствующие о наличии типичных штаммов *E. coli* 0157, на этой среде бесцветны. Поскольку некоторые штаммы чувствительны к теллуриту и/или сбраживают сорбитол, рекомендуется использовать вторую среду для выделения — например, одну из современных хромогенных сред. Такие среды основаны на характерном отсутствии GUD-активности почти у всех штаммов серогруппы 0157.

Основным недостатком традиционных культуральных методов является то, что они занимают много времени (для получения результатов требуется несколько суток), поэтому в ускоренных методах обнаружения патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах существует огромная потребность. Данные методы делятся на две основные категории: иммунологические и молекулярные (или генетические) методы. Благодаря повышенной чувствительности широко распространены ДНК-методы со стадией амплификации (образование множественных копий определенной нуклеотидной последовательности). Наиболее используемым методом амплификации является полимеразная цепная реакция. С помощью ПЦР можно быстро и с высокой степенью чувствительности обнаруживать пищевые патогены.

Следует отметить, что потенциальной проблемой методов ПЦР является присутствие в некоторых пищевых продуктах ингибиторов реакции, что может дать ложноотрицательные результаты. Степень ингибирования существенно зависит от типа пищевого продукта. Описано множество способов приготовления образцов, включая фильтрацию, центрифугирование, ферментную обработку, разведение, иммуномагнитное разделение и флотацию. Поскольку различных пищевых матриц очень много, довольно трудно предложить универсальный метод экстракции нуклеиновых кислот, который подходил бы для всех типов пищевых продуктов. Еще одним потенциальным ограничением применения ПЦР-методов является возможность обнаружения генетического материала, принадлежащего нежизнеспособным микроорганизмам. Обогащение пищевых образцов перед ПЦР-амплификацией значительно снижает вероятность их обнаружения и, кроме того, увеличивает численность живых целевых микроорганизмов, одновременно уменьшая ингибирующее воздействие пищевого матрикса.

Цель работы — разработать методические подходы, позволяющие проводить ускоренную идентификацию патогенных микроорганизмов в различных видах пищевых продуктов с использованием высокоспецифичных комбинированных схем бактериологического и молекулярно-генетического анализа.

Для достижения поставленной цели были проведены сравнительные исследования иммуноферментного и ПЦР-методов для выделения энтерогеморрагической *E. coli* с традиционными стандартизованными методами анализа.

Материал и методы. Объектами исследования явились образцы сырья и пищевых продуктов, а также смывы с объектов среды технологического окружения пищевых и иммунохимических производств. Выделение и идентификацию эмерджентных патогенов проводили с использованием стандартных методов микробиологических исследований. Для оценки эффективности выявления энтерогеморрагических *E. coli* (O157:H7) в пищевых продуктах проводили контаминацию проб обезжиренного сухого молока следующими коллекционными штаммами:

E. coli (O157:H7) NCTC 12900 (5×10^8)
E. coli K-12 RS 5064 ВКПМВ-4310 (5×10^8)
Salmonella paratyphi ATCC 9150 (5×10^8)
Shigella flexnery ATCC 12022 (5×10^8)
Готовили рабочие смеси, содержащие разные виды микроорганизмов.
Рабочая смесь 1: 1,0 мл *E. coli* (O157:H7), 0,333 мл *E. coli* K-12, 0,333 *Salmonella paratyphi*, 0,333 мл *Shigella flexnery*.
Рабочая смесь 2: 1,0 мл *E. coli* (O157:H7).
Рабочая смесь 3: 0,333 мкл *Escherichia coli* K-12, 0,333 мкл *Salmonella paratyphi*, 0,333 мкл *Shigella flexnery*.

Для выполнения экспериментального определения бактерий *E. coli* (O157:H7) готовили десятикратные разведения каждой смеси микроорганизмов. Рабочие десятикратные разведения вносили в восстановленное сухое обезжиренное молоко, не содержащие *E. coli* (O157:H7). Контаминированные пробы тщательно перемешивали. После чего 25 мл каждой пробы переносили в среды накопления в соответствии с указанными ниже методическими рекомендациями для каждого способа определения. После чего проводили идентификацию микроорганизмов.

Для выявления бактерий *E. coli* (O157:H7) в продуктах питания использовали культуральные, иммуноферментные и молекулярно-генетические (ПЦР) методы.

Выявление бактерий *E. coli* (O157:H7) с применением культуральных методов проводили в соответствии с протоколами исследования по ГОСТ 30726-2001. «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий вида *E. coli»*, ИСО 16649-1. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод подсчета β-глюкуронидаза-положительных *E. coli* (кишечная палочка)». Часть 1. ИСО 16649 —2:2001. «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод подсчета β-глюкуронидаза-положительных *E. coli* (кишечная палочка)». Часть 2. Иммуноферментное определение бактерий *E. coli* (O157:H7) проводили в соответствии с инструкцией по применению к набору реагентов «*E. coli* (O157:H7) ELISA» (BioScientific).

Детекция ДНК *E. coli* (O157:H7) в продуктах питания методом ПЦР с гибридизационно-флюоресцентной детекцией включала три этапа: экстракция (выделение) ДНК из исследуемых образцов, ПЦР-амплификация участка ДНК данного микроорганизма и гибридизационно-флюоресцентная детекция непосредственно в ходе ПЦР.

Экстракцию ДНК из исследуемого материала проводили в присутствии внутреннего контрольного образца, который позволил контролировать выполнение процедуры исследования для каждого образца. Пробы ДНК использовали для амплификации участка ДНК перечисленных выше возбудителей при помощи специфичных к этому участку ДНК праймеров и фермента Taq-полимеразы. В составе реакционной смеси присутствовали флюоресцентно-меченные олигонуклеотидные зонды, которые гибридизировались с комплементарным участком амплифицируемой ДНК-мишени, в результате чего происходило нарастание интенсивности флюоресценции. Это позволяло регистрировать накопление специфичного продукта амплификации путем измерения интенсивности флуоресцентного сигнала, детекцию которого осуществляли непосредственно в ходе ПЦР с помощью амплификатора с системой детекции результатов в режиме «реального времени» (RotorGene 6000, CorbettResearch).

Исследования выполняли в соответствии с инструкцией по применению набора реагентов для выявления ДНК *E. coli* (O157:H7*)* в продуктах питания методом ПЦР с гибридизационно-флюоресцентной детекцией «АмплиСенс® EHEC-FL».

Для сравнительных испытаний методов ПЦР, ИФА и традиционных культуральных методов использовали отрицательный контрольный образец — не содержащее бактерии E. coli восстановленное сухое молоко — ОКО, и положительный (сухое молоко, содержащее *E. coli* NCTC 12900 в концентрациях 5×10^8 КОЕ/мл соответственно) контрольный образец — ПКО.

Результаты и их обсуждение. Результаты определения энтерогеморрагической *E. coli* представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты определения бактерий энтерогеморрагической *E. coli* в контрольных образцах

КОЕ/25 г	Культуральный метод (ГОСТ 30726-2001)	Культуральный метод (ISO 16649-1; 16649-2:2001)	ИФА (ELISA)	ПЦР-детекция в режиме реального времени
ОКО	0/6	0/6	0/6	0/6
ПКО	6/6	6/6	6/6	6/6
П	6	6	6	6
КОЕ/25 г	Культуральный метод (ГОСТ 30726-2001)	Культуральный метод (ISO 16649-1; 16649-2:2001)	ИФА (ELISA)	ПЦР-детекция в режиме реального времени
О	6	6	6	6
ЛП	0	0	0	0
ЛО	0	0	0	0
Точность	1,0	1,0	1,0	1,0
Чувствительность	1,0	1,0	1,0	1,0
Специфичность	1,0	1,0	1,0	1,0
Примечание (здесь и в таблицах 2–4) — П — положительные; О — отрицательные; ЛП — ложноположительные; ЛО — ложноотрицательные.				

Полученные данные свидетельствуют, что используемые методы обладают одинаковой высокой точностью, чувствительностью и специфичностью в отношении контрольных образцов.

При оценке чувствительности методов с использованием референс-штамма энтерогеморрагической *E. coli* (NCTC 12900) показано, что достоверная детекция возбудителя (до уровня единичных колоний) достигается при использовании ИФА и ПЦР с гибридизационно-флюоресцентной детекцией в режиме реального времени (ПЦР-FRT). Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Идентификация бактерий энтерогеморрагической *E. coli* в смешанной культуре микроорганизмов (рабочая смесь 2)

КОЕ/25 г	Культуральный метод (ГОСТ 30726-2001)	Культуральный метод (ISO 16649-1; 16649-2:2001)	ИФА (ELISA)	ПЦР-детекция в режиме реального времени
0	0/6	0/6	0/6	0/6
Контроль	6/6	6/6	6/6	6/6
500000000	6/6	6/6	6/6	6/6
50000000	6/6	6/6	6/6	6/6
5000000	6/6	6/6	6/6	6/6
500000	5/6	6/6	6/6	6/6
50000	4/6	5/6	6/6	6/6
5000	3/6	4/6	5/6	6/6
500	2/6	3/6	5/6	6/6
50	1/6	2/6	5/6	6/6
5	0/6	0/6	3/6	5/6
Единичные колонии	0/6	0/6	2/6	5/6
П	39	44	56	64
О	6	6	6	6
ЛП	0	0	0	0
ЛО	27	22	10	2
Точность	0,63	0,69	0,86	0,97
Чувствительность	0,59	0,67	0,85	0,97

Для оценки чувствительности и специфичности сравниваемых методов проведены исследования по идентификации энтерогеморрагической *E. coli* с использованием референсного штамма как в монокультуре, так и смесях различных представителей микроорганизмов других родов. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Идентификация энтерогеморрагической *E. coli* в смешанной культуре микроорганизмов (рабочая смесь 1)

КОЕ/25 г	Культуральный метод (ГОСТ 30726-2001)	Культуральный метод (ISO 16649-1; 16649-2:2001)	ИФА (ELISA)	ПЦР-детекция в режиме реального времени
0	0/6	0/6	0/6	0/6
Контроль	6/6	6/6	6/6	6/6
500000000	6/6	6/6	6/6	6/6
50000000	6/6	6/6	6/6	6/6
5000000	6/6	6/6	6/6	6/6
500000	6/6	6/6	6/6	6/6
50000	6/6	6/6	6/6	6/6
5000	4/6	4/6	5/6	6/6
500	3/6	3/6	4/6	6/6
50	1/6	2/6	3/6	6/6
5	0/6	0/6	2/6	5/6
Единичные колонии	0/6	0/6	2/6	5/6
П	44	45	52	64
О	6	6	6	6
ЛП	0	0	0	0
ЛО	22	21	14	2
Точность	0,69	0,71	0,81	0,97
Чувствительность	0,67	0,68	0,90	0,97

Результаты показали высокую специфичность (100%) и наибольшую чувствительность в отношении полимеразной цепной реакции с гибридизационно-флюоресцентной детекцией в режиме реального времени (ПЦР-FRT) в отношении единичных клеток внесенных штаммов энтерогеморрагической E. coli.

Для оценки специфичности сравниваемых методов в отношении получения ложноположительных результатов использовали следующие штаммы микроорганизмов: *E. coli* K-12, S*almonella paratyphi*, *Shigella flexnery*. Полученные результаты показали перекрестную реакцию ложноположительного определения *E. coli* K-12, *Salmonella paratyphi*, *Shigella flexnery* как энтерогеморрагической *E. coli* для культуральных методов. Для иммуноферментного метода и метода полимеразной цепной реакции с гибридизационно-флюоресцентной детекцией в режиме реального времени (ПЦР-FRT) неспецифических реакций не было выявлено. Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 — Результаты оценки специфичности сравниваемых методов в отношении штаммов *E. coli* К-12*, Salmonella paratyphi*, *Shigella flexnery* (рабочая смесь 3)

КОЕ/25 г	Культуральный метод (ГОСТ 30726-2001)	Культуральный метод (ISO 16649-1; 16649-2:2001)	ИФА (ELISA)	ПЦР-детекция в режиме реального времени
0	0/6	0/6	0/6	0/6
Контроль	6/6	6/6	0/6	0/6
500000000	6/6	6/6	1/6	0/6
50000000	6/6	6/6	0/6	0/6
5000000	5/6	5/6	0/6	0/6
500000	4/6	5/6	0/6	0/6
50000	3/6	4/6	0/6	0/6
5000	2/6	3/6	0/6	0/6
500	2/6	2/6	0/6	0/6
50	1/6	1/6	0/6	0/6
5	0/6	0/6	0/6	0/6
Единичные колонии	0/6	0/6	0/6	0/6
П	0	0	0	0
О	72	72	72	72
ЛП	35	0	1	0
ЛО	0	0	0	0
Специфичность	0,67	0,64	0,98	1,0

Полученные данные показывают, что применение комбинированного подхода к идентификации энтерогеморрагической *E. coli* на основе ПЦР-анализа и ИФА позволило сократить число культур, изначально признанных как энтерогеморрагическая *E. coli* по комплексу биохимических признаков.

Литература

1. Ефимочкина, Н.Р. Эмерджентные бактериальные патогены в пищевой микробиологии / Н.Р. Ефимочкина. – М.: Издательство РАМН, 2008. – 256 с.

2. О санитарно-эпидемической обстановке в Республике Беларусь в 2009 г.: гос. доклад. – Минск, 2010.

3. Blackburn, C. De W. Modifications to methods for the enumeration and detection of injured *Escherichia coli* O157:H7 in foods / C. De W. Blackburn, J.D. Mccarthy. // Intern. J. Of Food Microbiology. – 2000. – № 55. – P. 285–290.

CHARACTERISTICS OF MOLECULAR GENETIC METHODS OF ENTEROHAEMORRHAGIC E. COLI IDENTIFICATION

Dudchik N.V.[1], Kanashkova T.A.[2], Treshkova T.S.[1], Uskova L.L.[1], Grishchenkova T.V.[1]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[2]Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

The objectives of this study are to compare different methods (culture, ELISA, real-time PCR-based) for detection of *E. coli* with respect to sensitivity, precision and accuracy. The performances of different *E. coli* detection methods were evaluated. The PCR assay is proved to be a highly specific and sensitive method for *E. coli* detecting and the incorporation of a routine PCR test in conjunction with standard culture techniques could be effective in providing a more accurate profile of the prevalence of this pathogen.

Keywords*:* food pathogens, emergent food borne infections, *E. coli*, detection methods.

Поступила 18.06.2013

САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

Дудчик Н.В., Трейлиб В.В., Будкина Е.А., Козлова Т.О., Ушкова Л.Л., Науменко С.А.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Проведен анализ образцов дерматологических средств индивидуальной защиты (кремы, гели, мази, аэрозоли) по следующим показателям: определение мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов; выявление бактерий группы кишечных палочек методом мембранных фильтров и титрационным методами; выявление бактерий Pseudomonas aeruginosa; выявление бактерий рода *Salmonella*; определение дрожжей и плесневых грибов.

Ключевые слова: минеральные воды, мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы, бактерии группы кишечных палочек, *Pseudomonas aeruginosa, Salmonella*.

Введение. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» принят в целях обеспечения на территории Таможенного союза защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружаю-

щей среды, а также предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей. Требования Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» разработаны с целью установления на единой таможенной территории Таможенного союза единых обязательных для применения и исполнения требований к средствам индивидуальной защиты, обеспечения свободного перемещения средств индивидуальной защиты, выпускаемых в обращение на единой таможенной территории Таможенного союза [1, 2].

Для выполнения требований ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» в части микробиологических показателей, регламентирующих безопасность дерматологических средств индивидуальной защиты, специалистами Государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр гигиены» в инициативном порядке разработана Инструкция по применению № 006-0712 «Методы определения и оценки микробиологических показателей безопасности и безвредности для человека товаров народного потребления, бумаги и картона, контактирующих с пищевыми продуктами».

Материал и методы. Использовали стандартное оборудование для микробиологических лабораторий, а также следующие реактивы и питательные среды: агар микробиологический, бромтимоловый синий, глюкоза, калия гидроксид, мясопептонный агар, набор реактивов для окраски по Граму, α-нафтол, пептон сухой ферментативный для бактериологических целей, системы индикаторные бумажные СИБ-глюкоза, СИБ-оксидаза, фуксин-сульфитная среда Эндо, фенилендиаминовые соединения (тетраметил-парафенилендиамингидрохлорид или диметил-парафенилендиамин солянокислый).

Исследования проводили в лаборатории микробиологии ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены». Исследованы образцы 12 дерматологических средств индивидуальной защиты (кремы, гели, мази, аэрозоли) отечественных и зарубежных производителей.

Образцы дерматологических средств индивидуальной защиты исследовали по следующим показателям: количественное определение мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, дрожжей, дрожжеподобных и плесневых грибов; выявление бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, патогенные микроорганизмы, в т. ч. *Salmonella*.

Результаты и их обсуждение. Метод определения мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, общего количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАнМ) основан на выявлении и количественном подсчете всех выросших колоний микроорганизмов при культивировании посевов в аэробных условиях при температуре (30±1) °С в течение (72±3) ч и в последующем пересчете их количества на 1 г исследуемого образца.

Оценивали те разведения, при посеве которых на чашке выросло от 30 до 300 колоний. При посеве 1 мл неразведенной пробы учитывали любое количество колоний, не превышающее 300. Результат выражали в числе колоний в 1 мл исходного образца с учетом разведений. Выполняли посевы в 3 повторностях, после чего находили среднее арифметическое значение. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты определения мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в исследованных образцах

№ п/п	КОЕ в 1 г			$x_{среднее} \pm \sigma$
	1 повторность	2 повторность	3 повторность	
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	3	3	2	2,7±0,23
12	4	7	7	6,3±0,89

Определение дрожжей, дрожжеподобных и плесневых грибов основано на выявлении и количественном подсчете всех выросших колоний микроорганизмов, типичных по макро- и (или) микроскопической морфологии, на селективной агаризованной питательной среде Сабуро при культивировании посевов при температуре (24±1) °С в течение (120±3) ч и в последующем пересчете их количества на 1 г исследуемого образца (таблица 2).

Рост дрожжей на агаризованных средах сопровождался образованием крупных, выпуклых, блестящих, сероватобелых колоний с гладкой поверхностью и ровным краем. Развитие плесневых грибов на питательных средах сопровождалось появлением мицелия различной окраски.

Для разделения колоний дрожжей и плесневых грибов проводили микроскопические исследования. Для каждого из отдельных колоний готовили препараты методом раздавленной капли. На предметное стекло наносили каплю стерильной дистиллированной воды. Затем в эту каплю прокаленной петлей вносили часть колонии. Полученную суспензию покрывали покровным стеклом.

Таблица 2 — Результаты определения количества дрожжей, дрожжеподобных и плесневых грибов

№ п/п	Плесени				Дрожжи			
	1 повторность	2 повторность	3 повторность	$x_{среднее} \pm \sigma$	1 повторность	2 повторность	3 повторность	$x_{среднее} \pm \sigma$
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0

Таким образом, предлагаемый метод позволяет провести количественное определение дрожжей, дрожжеподобных и плесневых грибов в образцах продукции.

Выявление бактерий семейства *Enterobacteriaceae* осуществляли с использованием накопительных и селективных питательных сред с дальнейшей их идентификацией по специфическим биохимическим тестам.

К семейству *Enterobacteriaceae* относятся грамотрицательные неспорообразующие палочки, которые дают отрицательную оксидазную реакцию, ферментируют глюкозу с образованием кислоты и восстанавливают нитраты в нитриты.

Для апробации методики выявления бактерий семейства *Enterobacteriaceae* в исследованные образцы № 3 (средства индивидуальной защиты) вносили чистую культуру *E. coli* АТСС 25922 в концентрации 10^1 КОЕ/мл, являющуюся типовым представителем данной группы микроорганизмов и проявляющую типовые культурально-морфологические и биохимические свойства. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Результаты определения бактерий семейства Enterobacteriaceae в исследуемых образцах

№ п/п	Выявление бактерий семейства *Enterobacteriaceae*		
	1 повторность	2 повторность	3 повторность
1	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
2	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
3	Выявлены	Выявлены	Выявлены
4	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
5	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
6	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
7	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
8	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
9	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
10	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
11	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
12	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены

Полученные результаты свидетельствуют, что предлагаемый метод обладает достаточной чувствительностью и специфичностью для выделения и идентификации бактерий семейства *Enterobacteriaceae*.

Определение бактерий вида *Pseudomonas aeruginosa* проводили с использованием накопительных и селективных питательных сред с последующей идентификацией выявленных бактерий по нижеследующим биохимическим тестам.

Бактерии вида *Pseudomonas aeruginosa* представляют собой грамотрицательные неспорообразующие палочки, которые дают положительную оксидазную реакцию, образуют проникающий в субстрат пигмент феназинового ряда, имеющий буроватый оттенок с вариантами от сине-зеленого (пиоцианин) до коричнево-красного, и способны к росту при температуре 42±1 °С.

Для апробации методики выявления бактерий *Pseudomonas aeruginosa* в определенном объеме воды в исследованные образцы в исследованные образцы № 3 вносили чистую культуру *Pseudomonas aeruginosa* АТСС 9027 в концентрации 10^1 КОЕ/мл, являющуюся типовым представителем данной группы микроорганизмов и проявляющую типовые культурально-морфологические и биохимические свойства.

Таблица 4 — Результаты выявления *Pseudomonas aeruginosa* в исследуемых образцах

№ №	Выявление Pseudomonas aeruginosa		
	1 повторность	2 повторность	3 повторность
1	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
2	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
3	Выявлены	Выявлены	Выявлены
4	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
5	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
6	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
7	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
8	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
9	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
10	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
11	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
12	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены

Полученные результаты показывают, что предлагаемый метод обладает достаточной чувствительностью и специфичностью для выделения и идентификации бактерий вида *Pseudomonas aeruginosa*.

Бактерии вида *Staphylococcus* aureus определяли с использованием накопительных и селективных питательных сред с дальнейшей идентификацией выявленных бактерий по нижеследующим биохимическим тестам.

Бактерии вида *Staphylococcus aureus* представляют собой грамположительные кокки, обладающие лецитиназной активностью, сбраживающие маннит в аэробных и анаэробных условиях или мальтозу в анаэробных условиях и дающие положительную реакцию плазмокоагуляции.

Для апробации методики выявления бактерий *Staphylococcus aureus* в определенном объеме воды в исследованные образцы № 3 вносили чистую культуру *Staphylococcus aureus* АТСС 6538 в концентрации 10^1 КОЕ/мл, являющуюся типовым представителем данной группы микроорганизмов и проявляющую типовые культурально-морфологические и биохимические свойства (таблица 5).

Таблица 5 — Результаты выявления *Staphylococcus aureus* в образцах продукции

№ №	Выявление *Staphylococcus aureus*		
	1 повторность	2 повторность	3 повторность
1	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
2	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
3	Выявлены	Выявлены	Выявлены
4	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
5	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
6	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
7	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
8	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
9	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
10	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
11	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
12	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены

Бактерии рода *Salmonella* выделяли с помощью посева на среды обогащения. Предварительное обогащение может способствовать выявлению ослабленных сальмонелл. Для этого подготовленный образец в количестве 10 $см^3$ (или в соответствии с требованиями нормативного документа) вносили стерильной пипеткой в 20–100 мл забуференной пептонной воды. Посевы инкубировали 16–20 ч при 37°С. Пробу после предварительного обогащения засевали в две среды для селективного обогащения в отношении 1:10 (например, к 100 мл среды обогащения прибавляли 10 мл пробы после предварительного обогащения). Использовали две среды: магниевую и тетратионатную среды или селенитовую и тетратионатную среды. Посевы инкубировали в течение 24–48 ч на магниевой и селенитовой средах при температуре 36±1°С, на тетратионатной — при температуре 43±1°С.

Для выделения и идентификация культур на агаризованных дифференциально-диагностических средах культуры через 24 и 48 ч инкубирования пересевали на три агаризованные среды: висмут-сульфит агар, среду Плоскирева и среду Эндо (или среду Левина). Посевы инкубировали при температуре 36±1°С в течение 24–48 ч.

После инкубирования отмечали на дифференциально-диагностических средах рост колоний, характерных для бактерий рода *Salmonella*:

— на висмут-сульфит агаре колонии черные с характерным металлическим блеском, а также зеленоватые с темно-зеленым ободком и с пигментированием среды под колониями;

— на среде Плоскирева колонии бесцветные прозрачные, но более плотные, чем на среде Эндо;

— на среде Эндо колонии круглые бесцветные или слегка розоватые, прозрачные;

— на среде Левина колонии прозрачные, слабо-розовые или розовато-фиолетовые.

При отсутствии в посевах на дифференциально-диагностических средах характерных для бактерий рода *Salmonella* колоний делали заключение об их отсутствии в анализируемом объеме продукта (таблица 6). При наличии хотя бы на одной дифференциально-диагностической среде характерных для бактерий рода *Salmonella* колоний проводили их дальнейшее изучение.

Для апробации методики выявления бактерий рода *Salmonella* в исследованные образцы № 3 (средства личной гигиены) и № 1 (средства для мытья посуды), № 1 (бумага), № 3 (средства индивидуальной защиты) вносили чистую культуру *Salmonella* АТСС 1223 в концентрации 10^2 КОЕ/мл, являющуюся типовым представителем данной группы микроорганизмов и проявляющую типовые культурально-морфологические и биохимические свойства.

Таблица 6 — Результаты выявления *Salmonella* в образцах исследуемой продукции

№ п/п	Выявление *Salmonella*		
	1 повторность	2 повторность	3 повторность
1	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
2	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
3	Выявлены	Выявлены	Выявлены
4	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
5	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
6	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
7	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
8	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
9	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
10	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
11	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
12	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены

Полученные результаты свидетельствуют о том, что предлагаемый метод обладает достаточной чувствительностью и специфичностью для выделения и идентификации бактерий вида рода *Salmonella*.

Заключение. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о целесообразности использования предложенной Инструкции по применению для проведения санитарно-микробиологических исследований дерматологических средств индивидуальной защиты.

Литература

1. Гигиена труда: учебник / Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 592 с.
2. Технический регламент Таможенного Союза 019/2011. О безопасности средств индивидуальной защиты.

SANITARY-MICROBIOLOGICAL RESEARCHES OF INDIVIDUAL PROTECTION MEANS

Dudchik N.V., Treylib V.V., Budkina E.A., Kozlova T.O., Ushkova L.L., Naumenko S.A.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The analysis of samples of individual protection means on following indicators is carried out: definition mesophilic aerobic and facultatively-anaerobnic microorganisms; revealing of bacteria of *Escherichia coli* group; revealing of bacteria *Pseudomonas aeruginosa*; revealing of bacteria of genus Salmonella; definition of yeast and moulds.

Keywords*:* individual protection means, mesophilic aerobic and facultativ-anaerobnic microorganisms, coliform bacteria, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella*.

Поступила 10.07.2013

КРАТКОСРОЧНЫЕ ТЕСТЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ОСНОВАННЫЕ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИИ SOS-ОТВЕТА

Дудчик Н.В., Ушкова Л.Л., Грищенкова Т.В.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Проведено изучение представителей микрофлоры как перспективных тест-моделей при биотестировании. Экспериментально обоснована возможность применения предложенных методов для определения ДНК повреждающего действия химических соединений.

Ключевые слова: генотоксичность, ДНК, SOS-система, тест-штаммы.

Введение. В настоящее время пристальное внимание ученых гигиенистов и экологов привлекает проблема возрастающего поступления токсичных веществ в окружающую среду и последствия их воздействий на организм. Некоторые химические агенты, присутствующие в окружающей среде, классифицируются как генотоксиканты, они обладают способностью взаимодействовать с молекулами ДНК, индуцируя повреждения в структуре, которые приводят к дезорганизации клеточных процессов и нарушению функционирования биологической системы [2].

SOS-система является защитной системой, включающейся в клетке в ответ на повреждения ДНК, при котором нарушается клеточной цикл и запускается репарация ДНК и мутагенез. SOS-ответ играет центральную роль при генотоксическом

действии, т.к. он является реакцией на широкий спектр химических веществ. Запуск данной системы является ранним сигналом повреждения ДНК [3]. Поскольку SOS-ответ является общей реакцией на генотоксическое поражение, одного штамма с соответствующей конструкцией гена-репортера достаточно для определения всех классов бактериальных генотоксинов.

SOS-хромотест является биологическим методом определения генотоксического потенциала химических соединений. Тест является колориметрическим анализом, при котором измеряется экспрессия генов, индуцированная генотоксическими агентами в *E. coli* путем слияния со структурным геном β-галактозидазы. Тест выполняется в течение нескольких часов в стрипах 96-луночного планшета с увеличивающейся концентрацией образцов.

У кишечной палочки SOS-репарацию могут вызвать различные повреждающие ДНК агенты. Используя преимущество активации лактозного оперона (ответственного за выработку β-галаксидазы, фермента, расщепляющего лактозу) под контролем SOS-связанного белка, можно провести данный анализ. В бактериальную клетку вводится аналог лактозы, который потом разлагается бета-галаксидазой, в результате чего образуется окрашенное соединение, количество которого можно измерить при помощи спектрофотомерии. Степень окрашенности является косвенным признаком количества выделенной β-галаксидазы, а она, в свою очередь, напрямую связана со степенью поврежденности ДНК.

Еще одним тестом для определения генотоксичности является UMU-хромотест. Данный метод был разработан У. Ода и соавт. и является биологическим анализом для оценки генотоксического потенциала химических соединений [1]. Он основывается на способности ДНК-повреждающих агентов индуцировать экспрессию UMU-оперона. Данный оперон в связи с вызывающими повреждение генами recA, lexA и umuD, umuC участвует в бактериальном мутагенезе через SOS-ответ.

Как и при других бактериальных анализах на генотоксичность и мутагенность, соединения, требующие метаболической активации могут быть исследованы с добавлением S9 экстракта микросом печени крыс.

Цель работы — апробировать и оценить методические характеристики разных способов определения генотоксического действия известных мутагенов.

Материал и методы. При проведении SOS-теста применяли штамм *E. coli* PQ37, в котором промоторная область SOS-гена связана с геном β gal, кодирующим фермент β-галактозидазу. При этом степень восстановления поврежденной ДНК с помощью репарационного комплекса SOS-гена непосредственно связана с производством β-галактозидазы, что может быть измерено количественно при помощи ферментативной реакции с голубым хромогеном.

Проведение SOS-хромотеста заключается в инкубировании *E. coli* с возрастающими концентрациями тестируемого химического вещества. По окончании времени, необходимого для синтеза белка изучается β-галактозидазная активность с помощью колориметрического измерения. В качестве показателя используется легко наблюдаемое визуально или количественно изменение цвета, происходящее благодаря добавлению аналога лактозы, который дает окрашенное соединение при деградации.

Этот тест позволяет проводить как качественное (видимое наблюдение цветового градиента) для скрининговых исследований, так и количественное изучение (спектрофотометрия) для расчета общепринятых показателей.

Тест имеет несколько преимуществ перед тестами на генные мутации. Например, размер мишени при этом (если летальные мутации не репарируются) значительно больше, чем отдельный мутантный локус и, возможно, мишень включает большее число премутационных изменений. Наблюдается немедленное фенотипическое проявление летальности и для постановки опыта необходимо лишь несколько сотен клеток.

Как только детектируется повреждение генетического материала, индуцируется UMU-промотор для транскрипции SOS-гена. Данный механизм является основой специфичности и чувствительности UMU-хромотеста. Даже небольшое повреждение генетического материала может быть выявлено до того, как начнет функционировать система репарации.

UMU-хромотест является колориметрическим методом и проводится с помощью добавления аналога лактозы, который разлагается под действием β-галактозидазы, образуя окрашенное соединение, которое может быть измерено количественно посредством спектрофотометрии. Степень образования окраски является косвенной характеристикой производства β-галактозидазы, которая сама по себе напрямую связана с количеством поврежденной ДНК.

Для проведения теста бактерии *Salmonella typhimurium* TA 1535 подвергают воздействию потенциально генотоксических соединений в 96-луночных микропланшетах. Если в бактериальном геноме происходит генотоксическое повреждение, UMU-C-ген индуцируется как часть общего SOS-ответа. Индукция UMU-C-гена, таким образом, является мерой генотоксического потенциала исследуемого вещества.

Результаты и их обсуждение. Для исследований использовали набор EBPISOS-CHROMOTEST, который предназначен для определения генотоксического потенциала таких материалов как вода, воздух, химические вещества, продукты питания, косметика и биологические жидкости.

SOS-хромотест считается наиболее простым и быстрым краткосрочным тестом на генотоксичность. Он может быть проведен за несколько часов и позволяет проводить как качественное, так и количественное исследование для расчета общепринятых показателей.

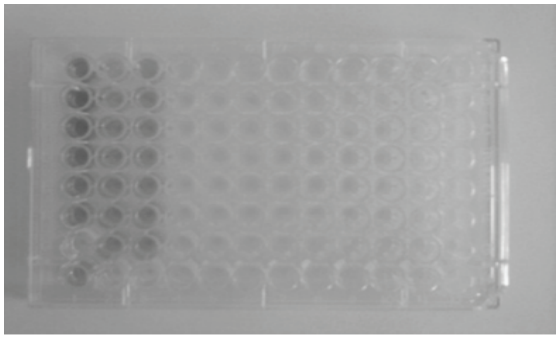


Рисунок 1 — Планшет после проведенного SOS-теста По окончании инкубации

В данном тесте применяется штамм *E. coli* PQ37, в котором промоторная область SOS-гена связана с геном β gal, кодирующим фермент β-галактозидаза. Степень восстановления поврежденной ДНК с помощью репарационного комплекса SOS-гена непосредственно связана с производством β-галактозидазы. Это может быть измерено количественно при помощи ферментативной реакции с голубым хромогеном (рисунок 1).

Оценивая эффективность UMU-хромотеста следует отметить ряд преимуществ данного метода:

– собственная репарационная система штамма была подвергнута серии мутаций, так что незначительное повреждение ДНК не вызывает запуск данной системы;

– наружная клеточная мембрана модифицирована для улучшения проницаемости большинства веществ;

– UMU-промотор не активирует UMU-систему. Вместо этого он индуцирует синтез фермента, который при взаимодействии с хромогенным субстратом катализирует образование цвета. Интенсивность цвета является мерой повреждения ДНК бактериального штамма;

– эксперимент можно провести в неспециализированной лаборатории;

– анализ результатов осуществляется визуально либо с использованием фотометра.

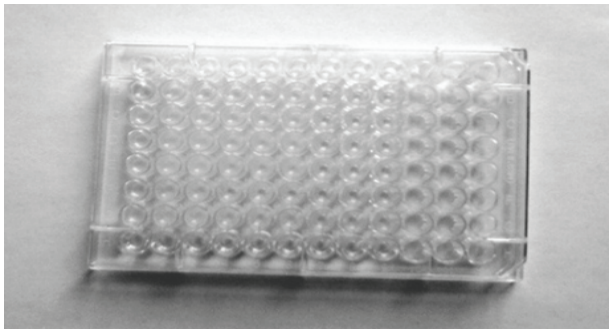


Рисунок 2 — Планшет после проведенного UMU-теста по окончании инкубации

Для анализа полученных результатов необходимо определить наличие желтого окрашивания в лунках с исследуемым материалом. Высокие концентрации не могут вызывать положительной реакции из-за эффекта острой токсичности. Такое действие может быть бактерицидным. При постепенном разведении материала токсическое действие уменьшается и наблюдается положительная реакция, проявляющаяся желтым окрашиванием (рисунок 2). Такая реакция характеризует хроническую генотоксичность.

Заключение. Описанные в статье методы оценки генотоксического действия химических веществ можно использовать для выявления процессов первичного повреждения генетического материала как отдельными химическими соединениями, так и комплексными загрязнителями окружающей среды. Данные методы могут быть включены в схему генотоксического тестирования.

Литература

1. Evaluation of the new system (umu-test) for the detection of environmental mutagens and carcinogens / Y. Oda [et al.] // Mutat Res. – 1985. – Vol. 147, № 5. – P. 219–229.

2. Медико-биологические основы оценки опасности экотоксикантов / Е.А. Софронов. [и др.]. – СПб., 1999. – 47 с.

3. Bioassays for evaluating the water-extractable genotoxic and toxic potential of soils polluted by metal smelters / T. Vidic [et al.] // Environ Toxicol. – 2009. – Vol. 24, № 5. – P. 472–483.

SHORT-TERM TESTS ON GENOTOXICITY OF CHEMICAL SUBSTANCES BASED ON SOS-RESPONSE FUNCTIONING

Dudchik N.V., Ushkova L.L, Grischenkova T.V.

Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The study of representatives of the microflora as test-models for bioassay has been conducted. A possibility of application of suggested methods for determination of DNA-damaging effect of chemical substances was experimentally justified.

Keywords: genotoxicity, DNA, test-strains, SOS system.

Поступила 18.06.2013

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ И МАКСИМАЛЬНОЙ ДНК-ПОВРЕЖДАЮЩЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В КРАТКОСРОЧНОМ ТЕСТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Дудчик Н.В., Ушкова Л.Л., Грищенкова Т.В.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Предложен инструментальный метод определения минимальной и максимальной ДНК-повреждающей концентрации химических веществ в краткосрочном тесте с использованием бактериальной системы. Метод основан на

использовании импедиметрического принципа детекции развития популяции тест-штаммов *E. coli* B/r WP2 (дикий тип по репарации ДНК), *E. coli* WP67 (polA) в периодической системе в присутствии исследуемого вещества в последовательно возрастающих концентрациях. Проведена валидация разработанного метода с использованием известного мутагена — этидиума бромида в диапазоне концентраций 1–1000 мкг/мл.

Ключевые слова: ДНК-повреждающая концентрация, краткосрочные тесты, бактериальные системы, валидация, этидиума бромид.

Введение. Анализ генетических изменений тест-организмов широко используется для оценки состояния и характеристики потенциальной мутагенной активности химических веществ. В лабораторной практике в настоящее время используют батареи «краткосрочных тестов». Важное место среди них занимают методы тестирования на основе про- и эукариотических микроорганизмов, направленные на выявление повреждений ДНК, генных мутаций, хромосомных аберраций и др. При этом последовательность испытаний предполагает движение от простых к сложным и от кратких экспериментов к более длительным. Обязательным требованием является то, что отбираемые в батарею тесты должны быть надежно верифицированы на соединениях с известной мутагенной активностью. По степени верификации различают рутинные «укоренившиеся» тесты, на которых было испытано не менее 1000 соединений, «развитые» — не менее 100 и «развивающиеся» — до 100. Эти тесты, при приемлемой стоимости и достаточной разработанности, должны быть высокочувствительными, специфичными и обладать большой пропускной способностью. Поскольку действующим началом большинства известных канцерогенов являются высокоактивные метаболиты, необходимым компонентом ряда батарей является система адекватной метаболической активации испытуемых препаратов, которая может быть представлена в полном и неполном вариантах [1–7].

Последние тенденции в развитии генетической токсикологии сфокусированы на систему стандартизации оценки данных батарей тестов.

Основные тестирования на мутагенность большого числа химических соединений, которые в той или иной форме введены в окружающую среду или будут введены в результате возрастающего химического синтеза, были сформулированы еще в начале 70-х гг. Бриджесом и Фламмом. Эти принципы основаны на идее поэтапного тестирования, когда каждый из этапов является просеивающим по отношению к последующему этапу, т.е. тестирование химического соединения на следующем этапе проводится только в случае, если оно проявило мутагенную активность на предыдущем этапе. Такое тестирование предполагает создание набора или батареи тестов, в котором первый этап состоит из простых и высокочувствительных методов, а последующие — из методов по возрастающей сложности проведения и филогенетической близости к человеку.

Принятые в различных странах схемы тестирования, и, соответственно, набор методов, последовательность тестирования и правила принятия решения о прекращении или продолжении испытаний, несколько различаются. Эти различия сложились исторически в 70–80-х гг. XX в., в период бурного развития работ по апробации и валидизации тест-систем и их батарей. В настоящее время эти различия являются препятствием на пути к унификации схем тестирования в период необходимости формирования общих требований к химической безопасности, в том числе и к генетической.

Разработка инструментальных методов проведения тестов является актуальной и обоснованной задачей для экспериментального изучения потенциальной генотоксической активности химических соединений. Необходимость оценки операционных характеристик методик выполнения измерений при внедрении их в практику работы аккредитованных лабораторий определяется требованиями надлежащей лабораторной практики (Good Laboratory Practice).

Репарационный тест, выполненный в своем классическом варианте, имеет ряд недостатков [1]. Визуальный принцип детекции репарационного теста, основанный на учете мутности суспензии и изменения цвета индикатора, затрудняет анализ темноокрашенных химических веществ и их смесей, а также ограничивает проведение анализа химических веществ, имеющих сильный кислотно-щелочной потенциал, т.к. в этом случае маскируются изменения окраски применяемого индикатора. Кроме того, этот способ обладает низкой чувствительностью, что приводит к необходимости длительного, до 18 ч, времени проведения испытаний. Отсутствуют также четкие количественные характеристики оценки ДНК-повреждающего действия химических веществ и их смесей. Оценка результатов проводится визуально по мутности и изменению цвета индикатора. Позитивные результаты в этом тесте указывают на то, что тестируемое соединение индуцирует повреждения ДНК у данного микроорганизма, негативные — в данных условиях тестируемое соединение не индуцирует повреждения ДНК у *E. coli*.

Опыт работы по проведению токсикологических исследований на тест-штаммах микроорганизмов с использованием импедансных технологий позволил нам обосновать методологию, основанную на учете особенностей роста и развития популяции микроорганизмов в условиях периодической культуры, для оценки степени генотоксического воздействия на тест-штаммы. Принимая во внимание, что скорость роста тест-микроорганизмов на начальных этапах их развития в периодической культуре является следствием прямой зависимости численной характеристики популяции, для оценки генотоксичности целесообразно определить продолжительность лаг-фазы кривой развития тест-штамма микроорганизма дикого типа и мутантного по генам репарации. Изменение этого периода роста указывает на генотоксический эффект изучаемого вещества, выражающийся в увеличении времени лаг-фазы.

Материал и методы. В качестве тестерных организмов используют штаммы *E. coli* B/r WP2 (дикий тип по репарации ДНК), *E. coli* WP67 (polA). Штаммы получены из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов.

Компоненты питательных сред: агар, глюкоза, L-триптофан для микробиологических исследований (Россия), аммоний хлористый, калий фосфорнокислый однозамещенный, натрий фосфорнокислый двузамещенный, натрий хлористый — х.ч. В работе использовали микробиологический анализатор «BacTrac 4300» (SY-LAB GeräteGmbh) и стандартное оборудование микробиологических лабораторий.

В качестве питательной среды при проведении исследования использовали среду М 9 следующего состава (на 1000,0 мл дистиллированной воды): аммоний хлористый — 1,0 г, калий фосфорнокислый однозамещенный — 3,0 г, натрий фосфорнокислый двузамещенный — 6,0, натрий хлористый — 0,5 г, pH 7,2 — 7,4. Стерилизация при 121 °C в течение 30 мин. После стерилизации добавляли 10 мл 20% раствора глюкозы, 5 мл раствора триптофана с концентрацией 4 мг/мл и 10 мл раствора кальция хлористого с концентрацией 1%.

Для приготовления ночных культур бактерий культуры со скошенного мясопептонного агара петлей высевали в среду М 9. Перед опытом готовили инокулят, для чего ночную культуру разводили примерно в 100 раз средой М 9, доводя титр

бактерий до 5,0–7,5×10^6 кл./мл. Конечную концентрацию клеток в суспензии подтверждали, используя оптический стандарт мутности на 5 единиц.

Результаты и их обсуждение. Репарационный тест на *E. coli* является бактериальной тест-системой для учета дифференциальной выживаемости бактерий при действии химических соединений и/или их метаболитов, индуцирующих в геноме этого организма повреждения ДНК, репарируемые в ходе эксцизионной и пострепликативной репарации. Данный метод предназначен для выявления способности химических веществ или их метаболитов индуцировать повреждения ДНК у индикаторных штаммов *E. coli* [1, 3–5].

Репарационный тест на E. coli основан на регистрации дифференциальной выживаемости бактерий дикого типа и мутантных бактерий, дефектных по определенным этапам репарации ДНК. Бактерии обрабатываются тестируемым соединением с системой метаболической активации или без нее в жидкой среде. После инкубации в течение определенного периода времени регистрируется наличие бактериального роста у разных тестерных штаммов при одних и тех же концентрациях тестируемого соединения. При наличии у него ДНК-повреждающего действия бактериальный рост наблюдается только у штамма дикого типа.

Максимальная концентрация тестируемого соединения определяется его токсичностью и растворимостью. Токсичность тестируемого соединения может изменяться при использовании экзогенной метаболической активации. Для нетоксичных хорошо растворимых соединений максимальная концентрация может быть в пределах 1000 —5000 мкг/мл. Для тестируемых соединений с бактерицидной активностью максимальная концентрация должна подавлять рост как бактерий дикого типа, так и мутантных. В любом случае должно проверяться не менее 4 различных концентраций тестируемого соединения, различающихся, как правило, в 10 раз. При отсутствии эффекта рекомендуется повторить тест с использованием более дробных концентраций [7].

Контролем служили ячейки модуля, в которых внесена культуральная среда, не содержащая исследуемое химическое вещество и инокулированная 0,1 мл рабочей суспензии тест-штамма. Исследования проводили не менее чем в двух повторностях для каждой концентрации отходов.

Приготовленную среду М 9 разливали в ячейки анализатора, параллельно инокулировали штаммом *E. coli* B/rWP2, а также штаммом *E. coli* WP67 (polA)., вносили исследуемые образцы химических веществ в возрастающих концентрациях и инкубировали в термоинкубаторе при 37 °С в течение 3 —10 ч. Определяли показатель DT для штамма *E. coli* B/rWP2 и для штамма *E. coli* WP67 (pol A), после чего определяли минимальную концентрацию вещества, которые вызывают ДНК-повреждающий эффект, если внесение этой концентрации приводит к наименьшему увеличению показателя DT для штамма *E. coli* WP67 (pol A), по сравнению с показателем DT для штамма *E. coli* B/rWP2, и максимальную концентрацию вещества, которые вызывают ДНК-повреждающий эффект, если внесение этой концентрации приводит к наибольшему увеличению показателя DT для штамма *E. coli* WP67 (polA) по сравнению с показателем DT для штамма *E. coli* B/rWP2.

Важным аспектом при разработке метода является его валидация, в частности, с применением известных мутагенов, имеющих хорошо изученную зависимость доза-эффект. Такая валидация необходима для характеристики метода как стандартизованного и воспроизводимого.

Для валидации предложенного метода исследовали ДНК-повреждающее действие известного мутагена — этидиума бромида в конечных концентрациях 1–1000 мкг/мл. Полученные данные представлены в таблице.

Таблица — Результаты валидации экспресс-метода оценки ДНК-повреждающего действия этидиума бромида

Концентрация этидиума бромида, мкг/мл	Время детекции штамма 1, ч*	Время детекции штамма 2, ч*
1	3,0±0,10	3,0±0,07
2,5	3,0±0,10	3,5±0,10
5	3,0±0,10	4,3±0,09
7,5	3,0±0,07	5±0,07
10	3,0±0,05	5,2±0,06
25	3,0±0,07	6,1±0,07
50	3,0±0,07	7,3±0,10
75	3,0±0,05	8,5±0,07
100	3,0±0,05	9±0,07
250	3,0±0,05	9,0±0,09
500	3,0±0,05	9,0±0,01
750	3,0±0,05	9,0±0,09
1000	3,0±0,07	9,0±0,09
Примечание — * Приведены средние значения не менее чем 3 повторностей.		

Из данных таблицы видно, что этидиума бромид в концентрации 1 мкг/мл не вызывает ДНК-повреждающего эффекта. Концентрация 10 мкг/мл является минимальной ДНК-повреждающей концентрацией, а концентрация 100 мкг/мл — максимальной ДНК-повреждающей концентрацией, тогда как увеличение его концентрации до 1000 мкг/мл не приводит к увеличению ДНК-повреждающего эффекта, что хорошо коррелирует с данными литературы [5, 7].

Заключение. Предложен инструментальный метод определения минимальной и максимальной ДНК-повреждающей концентрации химических веществ в краткосрочном тесте с использованием бактериальных систем, основанный на использовании импедиметрического принципа детекции роста тест-штаммов *E. coli* B/r WP2 (дикий тип по репарации ДНК), *E. coli* WP67 (polA) в присутствии исследуемого вещества в последовательно возрастающих концентрациях. Проведена валидация разработанного метода с использованием известного мутагена — этидиума бромида в диапазоне концентраций 1 —1000 мкг/мл.

Литература

1. Методы первичного выявления генетической активности загрязнителей среды с помощью бактериальных тест-систем: метод. указания. – М., 1985. – 35 с.

2. Xuming, J. Compromised DNA Repair Enhances Sensitivity of the Yeast RNR3-lacZ Genotoxicity Testing System / J. Xuming // Toxicol. Sciences. – 2003. – № 75. – P. 82–88.

3. Siekel, P. A enotoxicological study of the new local anesthetic carbamate derivatives Carbisocaine, heptacaine and pentacaine / P. Siekel // J. Applied Toxicology. – 2006. – Vol. 10, № 5. – P. 239–243.

4. Akerele, J. Studies on genotoxic and mutagenic potential of mefloquine / J. Akerele // Tropical J. of Pharmaceutical Res. – 2002. – № 2. – P. 91–98.

5. Obaseiki-Ebor, E.E. Quinine induced Escherichia coli DNA base-pair substitution mutation / E.E. Obaseiki-Ebor // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. – 2005. – Vol. 38, № 3. – P. 422–425.

6. Dean, B.J. The mutagenic effects of organophosphorus pesticides on micro-organisms / B.J. Dean // Arc. Toxycology. – 1972. – Vol. 30, № 1. – P. 67–74.

7. Genotoxicity study of a new tetraalkylammonium derivative of 6-methyluracil (agent No. 547) / N.S. Karamova [et al.] // Arc. Toxycology. – 2002. – Vol. 76, № 2. – P. 122–126.

INSTRUMENTAL METHOD OF DETERMINING THE MINIMUM AND MAXIMUM DNA- DAMAGING CONCENTRATIONS OF CHEMICAL SUBSTANCES IN THE SHORT TEST WITH THE USE OF BACTERIAL

Dudchik N.V., Ushkova L.L, Grischenkova T.V.

Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The instrumental method for determining the minimum and maximum concentrations of DNA-damaging chemicals in the short test with the use of a bacterial system is proposed. The method is based on impedimetric detecting principle of test strains *Escherichia coli* B / r WP 2 (wild type for DNA reparation), *Escherichia coli* WP 67 (pol A)populationsgrowthin the periodic system in the presence of an analyte with successively increasing concentrations. The validation of the method was held using ethidium bromide concentration range 1–1000 mg/ml.

Keywords: DNA-damaging concentration, short-term tests, bacterial systems, validation, ethidium bromide.

Поступила 05.06.2013

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВНУТРИЖИЛИЩНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Зинченко Н.А.

Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева Академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Реферат. Исследовали уровень загрязнения воздуха жилых помещений канцерогенными веществами общими для различных источников (атмосферный воздух и внутренние источники (сжигание бытового газа на кухне, курение). Отбор проб проводили одновременно на улице (наружный воздух) и в жилых помещениях. Во время отбора проб в жилых помещениях учитывали работу газовой плиты и процессы курения. Для идентификации использовали газохроматографический, спектрально-люминесцентный и фотоэлектроколориметрический методы.

По результатам исследований установлено, что воздушная среда закрытых помещений характеризуется стабильным загрязнением канцерогенами 3 классов (полициклические ароматические углеводороды, нитрозамины и тяжелые металлы). Кроме того, отмечается наличие формальдегида и бензола. При этом загрязнение жилых помещений зависит от уровня загрязнения атмосферного воздуха, условий эксплуатации газовой плиты и курения. Общее загрязнение характеризуется пространственным распространением химических канцерогенов по всей квартире.

Ключевые слова: загрязнение воздушной среды, жилые помещения, канцерогены.

Введение. Проблема онкологической заболеваемости населения продолжает тревожить мировую общественность. По предварительным расчетам к 2030 г. количество новых случаев рака во всем мире достигнет 26 млн в год, а количество смертей от этой патологии — 17 млн человек [1].

В результате анализа факторов, способствующих такому явлению, все больше утверждается роль канцерогенных факторов окружающей среды и быта. При этом особого внимания заслуживают канцерогены, поступающие в организм ингаляционным путем, оценка которых до последнего времени ограничивалась идентификацией их в атмосферном воздухе населенных мест.

Вместе с тем наблюдения последних лет, среди которых выделяются фундаментальные исследования Ю.Д. Губернского и его учеников, указывают на то, что загрязненный воздух жилых помещений оказывает более значительное воздействие на организм и соответственно способствует развитию патологических изменений, в т. ч. онкологической патологии у человека [2].

Во-первых, человек проводит большую часть времени именно в жилых и общественных помещениях. В зависимости от возраста, условий работы, состояния здоровья и индивидуальных особенностей жизнедеятельности продолжительность пребывания человека в помещениях колеблется от 12 до 24 ч, в среднем 16 –18 ч в сут. Поэтому закономерно, что обеспечение высокого гигиенического качества жилых помещений в целом и воздушной среды в частности, является очень важной социальной и медицинской проблемой [2–4].

Во-вторых, здесь присутствуют дополнительные источники загрязнения воздуха. Это бытовая техника (газовые плиты, камины и др.), использование средств бытовой химии (в первую, очередь репеллентов и инсектицидов), мебель, отделка стен и пола (обои, линолеум и др.), краски, в некоторых помещениях — процессы курения [3–4].

В таблице 1 представлены возможные источники поступления приоритетных канцерогенных веществ в воздушную среду закрытых помещений.

Таблица 1 — Источники поступления приоритетных канцерогенных веществ в воздушную среду жилых и общественных помещений

Вещество	Источник поступления вещества в воздушную среду помещения
БП	Наружный воздух, газовые плиты, курение
Нитрозодиметиламин	Наружный воздух, отделочные материалы, косметика, игрушки, курение, предшественники*
Нитрозодиэтиламин	Наружный воздух, отделочные материалы, косметика, игрушки, курение, предшественники*
Нафталин	Наружный воздух, курение
Бензол	Наружный воздух, строительные и отделочные материалы, бытовая химия
Формальдегид	Строительные и отделочные материалы
Кадмий	Наружный воздух, отделочные материалы, косметика, игрушки, курение
Никель	Наружный воздух
Хром	Наружный воздух, строительные материалы,
Асбест	Строительные и отделочные материалы
Радон	Почва, строительные материалы
Примечание — *Амины, амиды, азотсодержащие соединения.	

Несмотря на значительный список канцерогенных веществ, приведенных в таблице 1, важно подчеркнуть, что он является далеко не полным и ограничен возможностями аналитической базы. Данное положение хорошо иллюстрируется результатами исследования специалистов ГУ «Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.М. Сысина РАМН», отмечавших в конце 90-х годов прошлого столетия наличие в воздухе жилых помещений около 300 летучих соединений, число которых уже в 2000-х годах, после обновления аналитической базы, возросло до более чем 1000 веществ [5]. При этом следует учитывать, что широкий спектр канцерогенных веществ в закрытых помещениях определяется также наличием разнообразных источников их образования и поступления в воздушную среду.

Цель работы заключалась в исследовании уровня загрязнения воздуха жилых помещений приоритетными канцерогенными веществами, общими для различных источников и сред.

Материал и методы. Для изучения выбраны такие источники, выбросы которых включают известные канцерогенные вещества: бензопирен (БП), нитрозамины (нитрозодиметиламин (НДМА), нитрозодиэтиламин (НДЭА)), бензол, формальдегид и тяжелые металлы (кадмий, никель, хром). Прежде всего, это наружный атмосферный воздух, процессы бытовой эксплуатации газовой плиты и такое распространенное социальное явление, как курение. Все вышеперечисленные вещества являются наиболее распространенными и по классификации экспертов Международного агентства по изучению рака (МАИР) расцениваются для человека как канцерогеноопасные. К тому же большинство из этих соединений определены экспертами ВОЗ как критериальные показатели качества воздушной среды жилых помещений. Прежде всего, это БП, формальдегид, бензол. Сюда же относятся окислы азота, которые, в свою очередь, являются предшественниками нитрозаминов.

Исследования выполняли в жилых помещениях г. Киева, размещенных в разных административных районах. Отбор проб проводили до работы газовой плиты или до начала курения и после. Во время отбора проб воздушной среды в жилых помещениях жители квартир были дома и занимались ежедневными делами, условия воздухообмена были постоянными и обычными с использованием природной и приточно-вытяжной вентиляции. Во время отбора проб в жилых помещениях параллельно проводили отбор наружного атмосферного воздуха. Для идентификации концентраций использовали общепринятые методы физико-химического анализа: спектрально-люминесцентный, газохроматографический, фотоэлектроколориметрический. Данные подвергались статистической обработке с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. В работе наблюдали только за теми химическими канцерогенами, которые являются общими для воздуха населенных мест и для жилых помещений, с учетом имеющихся источников их образования.

Проведенные исследования позволили определить некоторые особенности характера загрязнения воздушной среды жилых помещений, обусловленных жизнедеятельностью человека. Во-первых, было подтверждено, что концентрация исследуемых канцерогенов зависит от их уровня в атмосферном воздухе (таблица 2).

Таблица 2 — Взаимосвязь уровня загрязнения жилых помещений с уровнем загрязнения атмосферного воздуха

Вещество	Улица	Кухня	Общая комната
БП, нг/м^3	1,00–8,93 3,65±0,21	1,00–5,72 2,65±0,15	0,60–8,59 3,03±0,20
НДМА, нг/м^3	11,00–16,45 12,88±0,16	11,10–20,00 13,12±0,19	11,19–17,30 12,41±0,13
НДЕА, нг/м^3	1,00–5,78 3, 15±0,11	1,20–11,02 5,10±0,27	1,21–10,40 4,31±0,18
Формальдегид, мг/м^3	0,006–0,05 0,024±0,0012	0,007–0,096** 0,043±0,0015	0,009–0,099 * 0,046±0,0016
Кадмий, мкг/м^3	0,08–0,3 0,17±0,009	0,1–0,36 0,22±0,001	0,1–0,36 0,22±0,001
Никель, мкг/м^3	0,06–0,6 0,28±0,02	0,08–0,78 0,36±0,03	0,08–0,78 0,36±0,03
Хром, мкг/м^3	0,06–0,8 0,30±0,02	0,08–1,0 0,39±0,03	0,08–1,0 0,39±0,03
* — $p \leq 0,05$; ** — $p \leq 0,01$.			

Вместе с тем, из данных таблицы 2 видно, что только концентрация формальдегида статистически достоверно выше в помещениях, чем на улице. Этот факт объясняется тем, что в помещениях имеется большое количество источников формальдегида (мебель, ковры, отделочные и строительные материалы). Концентрация остальных канцерогенов идентична концентрации в наружном воздухе или незначительно превышает ее. Это объясняется тем, что в закрытых помещениях бытовая пыль служит сорбентом для химических веществ. Однако следует обратить внимание на то, что поступающие с атмосферным воздухом канцерогены распространяются по всей территории квартиры, причем в комнате общего назначения и даже спальнях проявляется тенденция к более интенсивному загрязнению, чем в кухнях, загрязнение которых рассматривается как естественное.

Во-вторых, концентрация указанных веществ увеличивается в воздухе жилых помещений после приготовления пищи, достигая статистически значимых результатов (таблица 3).

Таблица 3 — Уровень загрязнения воздуха жилых помещений канцерогенными веществами при условии эксплуатации газовой плиты

Канцерогенные вещества	До эксплуатации газовой плиты				После эксплуатации газовой плиты			
	кухня		общая комната		кухня		общая комната	
	$\frac{\grave{I}_{min} - M_{max}}{M_{\varphi} \pm m}$	% прев. ГДК	$\frac{\grave{I}_{min} - M_{max}}{M_{\varphi} \pm m}$	% прев. ГДК	$\frac{\grave{I}_{min} - M_{max}}{M_{\varphi} \pm m}$	% прев. ГДК	$\frac{\grave{I}_{min} - M_{max}}{M_{\varphi} \pm m}$	% прев. ГДК
БП, нг/м^3	0,9–2,2 1,52±0,3	94,0	0,7–2,4 1,90±0,4	90,0	1,4–2,75 2,3±0,2	100,0	1,2–3,4 2,75±0,6	100,0
НДМА, нг/м^3	14,0–58,0 37,0±6,0	18,0	25,0–70,0 37,0±6,0	44,0	22,0–84,0** 37,0±6,0	76,0	24,0–88,0** 37,0±6,0	70,0
НДЭА*, нг/м^3	6,0–15,0 11,0±2,0	36,0	8,0–12,0 9,0±1,1	12,0	8,0–36,0** 17,0±2,4	96,0	18,0–32,0** 19,0±3,4	92,0
Формальдегид, мг/м^3	0,003–0,005 0,0038±0,0006	98,0	0,003–0,007 0,0042±0,0008	100,0	0,003–0,012 0,007±0,001	86,0	0,002–0,008 0,005±0,001	100,0
Бензол, мг/м^3	0,2–0,36 0,28±0,04	100,0	0,08–0,24 0,12±0,002	82,0	0,12–0,36 0,28±0,08	100,0	0,04–0,22 0,18±0,08	88,0
Примечание. Здесь и в таблицах 4, 5 * — Расчетная ГДК (0,01 мкг/м^3); ** — $p \leq 0,05–0,01$.								

В-третьих, можно утверждать о пространственном распространении канцерогенов по жилым помещениям различного функционального назначения, что создает условия, когда все без исключения жильцы подвергаются воздействию вредных веществ, которые образуются во время сгорания газа. Помимо этого, концентрация канцерогенных веществ в жилой комнате (т.е. помещении, удаленном от кухни) в некоторых случаях значительно превышает их концентрацию в кухне. Это указывает на недостаточность природной приточно-вытяжной вентиляции.

Такие же закономерности по увеличению концентрации канцерогенов и ее пространственному распространению наблюдаются в помещениях, где курят, как в жилых, так и в офисных (таблицы 4–5).

Таблица 4 — Уровень загрязнения жилых помещений канцерогенными веществами при условии курения в быту (кухонные помещения)

Канцерогенные вещества	До курения		После курения	
	$\frac{\grave{I}_{min} - M_{max}}{M_{\varphi} \pm m}$	% прев. ГДК	$\frac{\grave{I}_{min} - M_{max}}{M_{\varphi} \pm m}$	% прев. ГДК
БП, нг/м^3	1,4–2,9 2,17±0,6	100,0	2,3–7,3** 4,5±1,75	100,0
НДМА, нг/м^3	14,3–34,0 23,9±4,6	0,0	40,6–59,3** 51,7±4,7	60,0
НДЭА*, нг/м^3	10,7–21,3 15,4±4,7	100,0	24,0–38,0** 30,7±5,8	100,0
Формальдегид, мг/м^3	0,001–0,004 0,032±0,001	80,0	0,004–0,01** 0,007±0,0016	100,0
Бензол, мг/м^3	0,1–0,8 0,34±0,09	80,0	0,25–1,2** 0,6±0,18	100,0

Таблица 5 — Уровень загрязнения офисных помещений канцерогенными веществами при условии курения в них

Канцерогенные вещества	До курения				После курения			
	офисное помещение		коридор		офисное помещение		коридор	
	$\frac{\grave{I}_{min} - M_{max}}{M_{\varphi} \pm m}$	% прев. ГДК	$\frac{\grave{I}_{min} - M_{max}}{M_{\varphi} \pm m}$	% прев. ГДК	$\frac{\grave{I}_{min} - M_{max}}{M_{\varphi} \pm m}$	% прев. ГДК	$\frac{\grave{I}_{min} - M_{max}}{M_{\varphi} \pm m}$	% прев. ГДК
БП, нг/м^3	1,6–2,4 1,9±0,1	100,0	1,8–2,4 2,1±0,1	100,0	3,9–4,5** 4,2±0,1	100,0	3,9–4,5** 4,2±0,1	100,0
НДМА, нг/м^3	15,8–26,5 16,1±0,1	0,0	10,8–16,5 14,2±0,18	0,0	38,7–59,4** 49,0±0,2	76,0	29,7–49,4** 39,0±0,24	70,0
НДЭА*нг/м^3	2,5–3,1 2,8±0,1	0,0	2,5–13,1 8,8±0,24	0,0	10,0–14,3** 13,1±0,1	100,0	24,0–29,3** 26,1±0,1	100,0
Формальдегид, мг/м^3	0,003–0,005 0,0037±0,0005	100,0	0,002–0,004 0,0034±0,0005	100,0	0,004–0,01 0,0057±0,0005	100,0	0,003–0,007 0,0047±0,0005	100,0
Бензол, мг/м^3	0,15–0,35 0,29±0,02	100,0	0,25–0,38 0,30±0,02	100,0	0,28–0,34 0,31±0,02	100,0	0,18–0,35 0,26±0,02	100,0

Резюмируя вышеизложенный материал, можно утверждать о необходимости разработки новых подходов к решению медицинских задач в области первичной профилактики рака, которая должна проводиться на двух уровнях: государственной и индивидуальной. На государственном уровне необходимо провести разработку новых требований к санитарно-гигиеническому мониторингу за состоянием воздуха в жилых помещениях. Первым этапом по улучшению качества воздушной среды жилища является разработка и внедрение новых подходов к системам вентиляции — необходимыми являются устройство и повышение эффективности принудительной централизованной системы вентиляции в домах. Во-вторых, по возможности, необходимо решать задачу по замене газовых плит на электрические. В-третьих, проводить постоянную санитарно-просветительскую работу о вреде курения. Индивидуальный уровень профилактики заключается в отказе от вредных привычек и соблюдении условий номинальной эксплуатации бытовых газовых плит.

Заключение. Полученные результаты позволяют утверждать следующее. В жилых помещениях концентрация химических канцерогенов зачастую выше, чем в наружном воздухе. Отсюда, учитывая временные параметры пребывания человека в замкнутых помещениях, можно утверждать, что основная аэрогенная доза канцерогенов формируется за счет воздушной среды жилых и общественных помещений. При этом она будет определяться не только более продолжительным периодом нахождения человека в этих помещениях, но и более высоким уровнем концентраций, которые превышают уровни содержания их в атмосферном воздухе от 1,3 до 2,2 раза. Естественно, легко предположить, что такое положение существенно отразится на величине канцерогенного риска, показатели которых будут разработаны и освещены в следующих публикациях.

При этом уровень загрязнения жилых помещений зависит от концентраций химических канцерогенов в атмосферном воздухе, от характера эксплуатации газовой плиты и интенсивности курения. А пространственное распределение канцерогенов обусловлено недостаточностью природной вентиляции, которая обеспечивается лишь наличием вентиляционных выходов в помещении кухни.

Литература

1. The global burden of cancer: priorities for prevention / M.J. Thun [et al.] // Carcinogenesis. – 2010. – Vol. 31, № 1. – P. 100–110.

2. Ильницкий, А.П. Канцерогенные фактора жилища (экологические аспекты) / А.П. Ильницкий. – М., 1995. – 240 с.

3. Основні напрямки гігієнічної регламентації полімерних матеріалів, які використовуються в будівництві та побуті / О.І. Волощенко [та ін.] // Гигиена населенных мест: сб. науч. тр. – Киев, 2001. – Вып. 38. – С. 368–377.

4. Губернский, Ю.Д. Оценка риска воздействия на здоровье населения химических веществ, загрязняющих воздух жилой среды / Ю.Д. Губернский // Гигиена и санитария. – 2006. – № 6. – С. 27–37.

5. Малышева, А.Г. Летучие органические соединения в воздушной среде помещений жилых и общественных зданий / А.Г. Малышева // Гигиена и санитария. – 1999. – № 1. – С. 43–44.

FEATURES OF INDOOR AIR POLLUTION

Zinchenko N.A.

A.N. Marzeyev Institute for Hygiene and Medical Ecology, Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The level of indoor air pollution by carcinogens which are common to the various sources (air and internal sources (burning cooking gas in the kitchen, smoking)) has been estimated. The sampling was carried out at the same time on the street (outdoor air) and in premises. Gas chromatography, spectral-luminescent and photo-electro-colorimetric methods were used for the identification.

According to the research results: indoor air is characterized by the stable pollution by carcinogens of 3 classes (polycyclic aromatic hydrocarbons, nitrozamines, and heavy metals). There are formaldehyde and benzene too. The level of indoor air pollution depends on the level of outdoor air pollution, gas stove using and smoking. There is a special distribution of chemical carcinogens over the dwelling.

Keywords: air pollution, indoor, carcinogen.

Поступила 15.05.2013

ДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ СВИНЦА НА ФОНЕ УПОТРЕБЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ С СОДЕРЖАНИЕМ СТЕАРАТОВ НАТРИЯ И КАЛИЯ НА ОРГАНИЗМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ

Кондратюк В.А., Федорив О.Е., Лотоцкая Е.В.

Тернопольский государственный медицинский университет им. И.Я. Горбачевского, Тернополь, Украина

Реферат. В результате проведенных исследований установлено, что введение подопытным крысам наночастиц свинца в субтоксических дозах (1/10 $ЛД_{50}$) на фоне употребления питьевой воды с содержанием стеаратов натрия и калия сопровождалось достоверным увеличением продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), в частности, диеновых конъюгатов (ДК) и малонового диальдегида (МДА) в организме животных. Данные показатели определяли в сыворотке крови, тканях печени и почек. Более высокие концентрации продуктов ПОЛ наблюдались в группе животных, употребляющих воду со стеаратом калия.

Ключевые слова: наночастицы свинца, питьевая вода, стеарат натрия, стеарат калия, перекисное окисление липидов.

Введение. Проблемы загрязнения окружающей среды и влияния вредных химических соединений, поступающих в организм водным путем, на здоровье человека, остаются в центре внимания современной медицинской науки во всем мире. По данным ВОЗ, 80% известных заболеваний напрямую связаны с качеством питьевой воды, а жизнь 25% населения — с риском заболеть в связи с употреблением некачественной воды. Эта проблема актуальна и в Украине. Практически уже нет чистых поверхностных вод, соответствующих требованиям стандартов на источники питьевого водоснабжения [1].

Одними из основных загрязнителей окружающей среды, в том числе поверхностных и подземных вод, считаются тяжелые металлы (ТМ) и поверхностно-активные вещества (ПАВ). Все ТМ обладают выраженными мембранотоксическими свойствами, влияют на активность ферментов и протекание биохимических процессов, способны к кумуляции в тканях и при длительном воздействии вызывают отдаленные негативные эффекты. Одним из таких металлов является свинец и его производные. Известно, что отравление свинцом может вызвать изменения в эндокринной, иммунной, пищеварительной, мочевыделительной и дыхательной системах. Даже при низком уровне в крови он обуславливает серьезные нарушения в организме [2]. Особенно остро этот вопрос стоит сейчас, когда происходит интенсивное развитие нанотехнологий. Особенности наночастиц, обусловливающие их токсичность, прежде всего, зависят от химической и каталитической активности их поверхности, количества самого вещества, путей проникновения в органы и ткани человека. Наночастицы по размеру сходны с рецепторами клеток к молекулам, осуществляющим сигнальную функцию. Данных о влиянии наночастиц свинца на организм подопытных животных при поступлении его с питьевой водой в доступной литературе нет.

В современных условиях в различных источниках воды хозяйственного, питьевого и культурно-бытового водопользования в значительных количествах находятся ПАВ, к которым относятся стеараты натрия и калия. Зная об их негативном действии их на функцию печени, почек, обменные процессы в организме подопытных животных [3] интересно было изучить действие на организм подопытных животных наночастиц свинца в субтоксических дозах на фоне употребления питьевой воды с содержанием стеаратов, а именно на процессы ПОЛ.

Исследованиями последних лет показали, что окислительно-восстановительные процессы и, главным образом, процессы свободнорадикального окисления во многом определяют стабильность гомеостаза живого организма. Согласно современным представлениям, основным патогенетическим фактором многих заболеваний и патологических состояний, сопровождающихся нарушением биологических барьеров клеточных мембран, является активация свободнорадикальных окислительных реакций. Изменение активности этого процесса приводит к нарушению функции клетки и, как следствие, к развитию патологии [4].

Целью работы было изучить характер сочетанного действия стеаратов натрия и калия и наноформ свинца на процессы перекисного окисления липидов в сыворотке крови, гомогенатах печени и почек белых крыс [5].

Материал и методы. Опыты проводили на 4 группах белых крыс-самках массой тела 150–200 г, по 7 животных в каждой. Отбор животных осуществляли методом рандомизации. Эксперименты проводили в соответствии с Конвенцией Совета Европы о защите позвоночных животных, которых используют в научных целях, и норм биомедицинской этики и «Общих этических принципов экспериментов на животных», принятых Первым национальным конгрессом по биоэтике (Киев, 2001). Животные находились на общепринятом рационе вивария в одинаковых условиях и отличались только по качеству употребляемой питьевой воды. Ее брали из Тернопольского городского водопровода, который питается из аллювиального горизонта, расположенного на глубине 28–32 м. По химическому составу вода относится к гидрокарбонатно-кальциевому классу и отвечает требованиям ГосСанПиНа Украины № 2.2.4-171-10 «Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком» [6]. В дехлорированную воду добавляли стеараты натрия и калия.

Животные 1-й группы (контрольная) употребляли только воду из водопровода. Крысы 3-й группы употребляли ту же воду, но с добавкой стеарата натрия в дозе 1/250 $ЛД_{50}$, и 4-й — стеарата калия в той же дозе. Через 40 суток всем подопытным животным, кроме контроля, вводили внутрижелудочно суспензию наночастиц свинца в дозе 1/10 от $ЛД_{50}$ (7 мг/кг). Через трое суток животных выводили из эксперимента путем кровопускания под тиопенталнатриевым наркозом. Уровни биомаркеров ПОЛ, а именно ДК и МДА в сыворотке крови, гомогенатах печени и почек определяли биохимическими методами [7].

Результаты и их обсуждение. ПОЛ представляет собой процесс непосредственного переноса кислорода на субстрат с образованием перекисей, кетонов, альдегидов и других соединений. Для оценки интенсивности этих процессов в биосубстратах используют методы определения ряда его продуктов. К первичным продуктам ПОЛ относят диеновые конъюгаты, к вторичным — кислородсодержащие соединения, такие как спирты, альдегиды и диальдегид, эпоксиды и другие вещества, которые образуются в результате распада липидных перекисей.

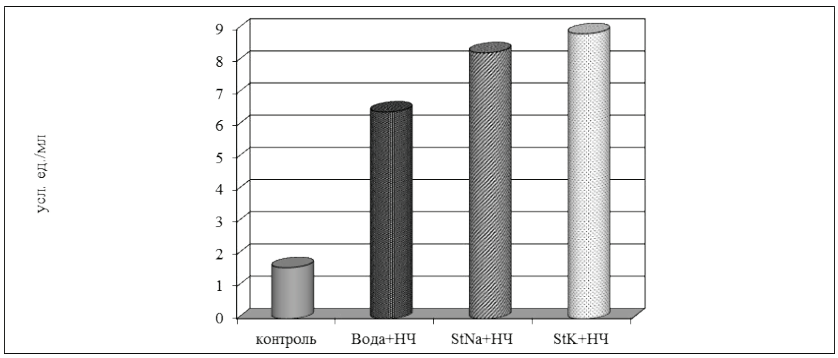


Рисунок 1 — Концентрации ДК в сыворотке крови белых крыс при сочетанном действии стеаратов натрия и калия с наночастицами свинца

Как видно из рисунка 1, у животных 2-й группы, употреблявших водопроводную воду с последующим пероральным введением наночастиц свинца, отмечается увеличение концентрации ДК почти в 4,2 раза по сравнению с интактными животными и составляет 6,43 усл. ед./мл ($p<0,001$). В контрольной группе — 1,6 усл. ед./мл. У животных 3-й группы, которые пили воду с содержанием стеарата натрия с последующим введением наночастиц, содержание ДК было в 5,4 раза выше контрольных величин и равнялось 8,27 усл. ед./мл ($p<0,001$). У крыс 4-й группы показатели ДК статистически достоверно в 5,8 раза превышали таковые в контрольной группе и равнялись 8,86 усл.ед./мл. У животных 3-й и 4-й группы они были выше, чем у животных 2-й группы, употреблявших воду без стеаратов, соответственно в 1,3 и 1,4 раза. Наблюдалась разница и между животными, которые употребляли воду со стеаратами натрия и калия. Влияние наночастиц свинца на фоне употребления воды с содержанием стеарата калия в дозе 1/250 $ЛД_{50}$ было на 7,2% больше, чем при употреблении воды с содержанием стеарата натрия.

Динамика изменений МДА носила тот же характер. Как видно из рисунка 2, при сочетанном действии питьевой воды со стеаратами и последующим пероральным введением наночастиц свинца, отмечается увеличение концентрации МДА в сыворотке крови по сравнению с показателями в контрольной группе.

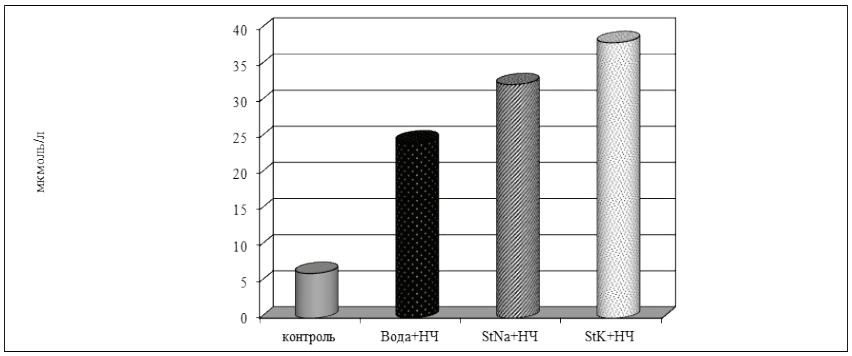


Рисунок 2 — Концентрация МДА в сыворотке крови белых крыс при сочетанном действии стеаратов натрия и калия с наночастицами свинца

Так, при употреблении воды с стеаратом калия количество МДА в сыворотке крови возросло в 6,1 раза и составило 38,15 мкмоль/л ($p<0,001$). При употреблении воды с стеаратом натрия оно увеличилось в 5,2 раза и равнялось 32,35 мкмоль/л ($p<0,001$). При употреблении водопроводной дехлорированной воды без стеаратов рост показателя МДА составил 3,9 раза, или 24,42 мкмоль/л ($p<0,001$). У животных 3-й и 4-й группы количество МДА было выше, чем у животных 2-й группы, соответственно в 1,3 и 1,5 раза. Отмечалась разница и между животными, которые употребляли воду со стеаратом натрия и калия. Сочетанное действие наночастиц свинца на фоне употребления воды с содержанием стеарата калия в дозе 1/250 $ЛД_{50}$ было на 17,9% больше, чем при употреблении воды с содержанием стеарата натрия.

При исследовании гомогената почек наблюдались изменения концентрации ДК под воздействием воды с различным составом в сочетании с наночастицами свинца.

Отмечалось статистически достоверное увеличение концентрации ДК во 2-й, 3-й и 4-й группах по сравнению с контрольной в 1,3, 1,4 и в 1,5 раза соответственно (рисунок 3).

Динамика изменений МДА в гомогенате почек животных носила тот же характер, что и в сыворотке крови. Как видно из рисунка 4, у животных 2-й группы, употреблявших обычную питьевую воду с последующим введением наночастиц свинца, концентрация МДА была в 1,2 раза выше по сравнению с животными контрольной группы ($p<0,01$). Наличие в питьевой воде стеарата калия с последующим введением субтоксических концентраций наночастиц свинца приводит к росту содержания МДА в почках белых крыс — в 2 раза по сравнению с контрольной группой (0,67 и 1,38 мкмоль/л соответственно ($p<0,001$)). У животных 3-й группы, употреблявших воду с содержанием стеарата натрия, концентрация МДА была в 1,7 раза выше, чем у животных контрольной группы (1,17 и 0,67 мкмоль/л соответственно ($p<0,001$)). Таким образом, стеараты усиливали токсичность наночастиц свинца.

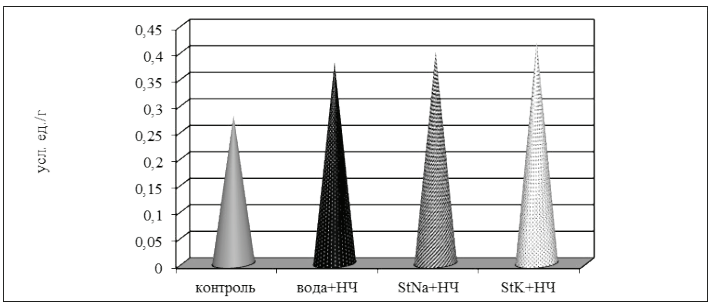


Рисунок 3 — Концентрация ДК в почках белых крыс при сочетанном действии стеаратов натрия и калия с наночастицами свинца

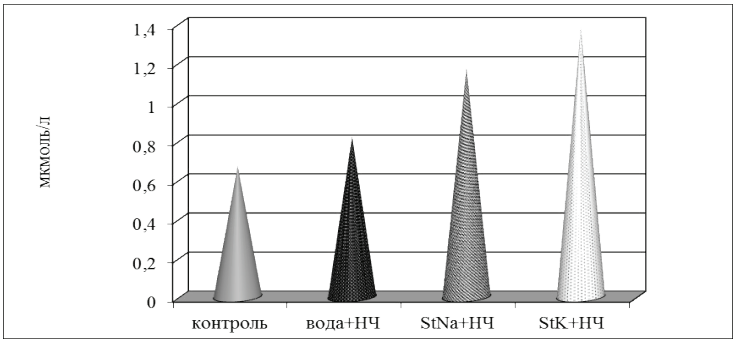


Рисунок 4 — Концентрация МДА в гомогенате почек белых крыс при сочетанном действии стеаратов натрия и калия и наночастиц свинца

Отмечена разница и между животными 3-й и 4-й групп. Сочетанное действие наночастиц свинца на фоне употребления воды с содержанием стеарата калия в дозе 1/250 $ЛД_{50}$ была на 7,2% больше, чем стеарата натрия.

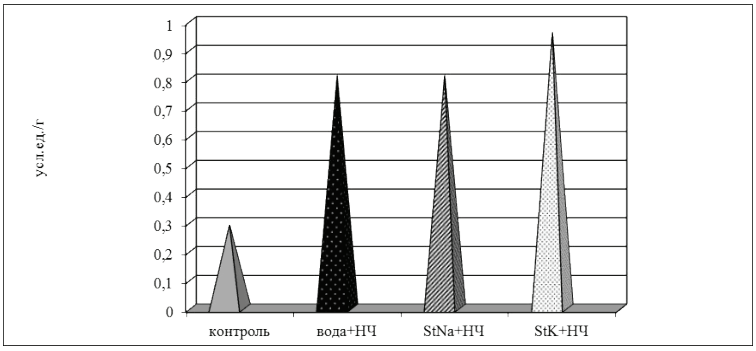


Рисунок 5 — Динамика концентрации ДК в гомогенате печени белых крыс при сочетанном действии стеаратов натрия и калия и наночастиц свинца

Как видно из рисунка 5, стеараты натрия и калия проявляли выраженное действие на токсичность наночастиц свинца. Так, у животных 4-й группы, употреблявших питьевую воду со стеаратом калия, концентрация ДК в 3,3 раза ($p<0,001$) превышала этот же показатель у животных контрольной группы (0,96 и 0,29 усл.ед./мл соответственно). У животных 2-й и 3-групп, концентрация ДК соответственно составила 0,81 усл.ед./мл , что в 2,7 раза выше, чем у животных контрольной группы ($p<0,001$). При сравнении данного показателя у крыс 3-й и 4-й групп, отмечалось незначительное увеличение его в последней, употреблявших воду со стеаратом калия.

Как видно из рисунока 6, действие различных видов воды на токсичность наночастиц свинца в гомогенате печени животных имело ту же тенденцию, что и в предыдущих группах. Так, концентрация МДА у животных 2-й группы, употреблявших обычную питьевую воду, в 1,49 раза ($p<0,01$) превышала его концентрацию у животных контрольной группы (1,08 и 0,72 усл.ед/мл соответственно).

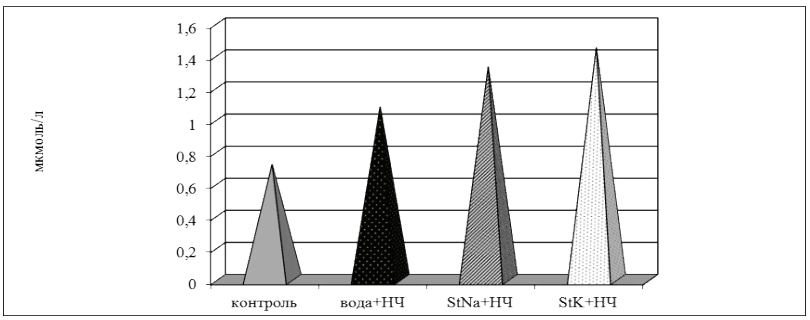


Рисунок 6 — Концентрация МДА в гомогенате печени белых крыс при сочетанном действии стеаратов натрия и калия и наночастиц свинца

У животных 3-й и 4-групп, которые употребляли воду со стеаратом натрия и калия соответственно, концентрация МДА составляла 1,33 и 1,45 усл.ед./мл, что в 1,8 и 2,0 раза выше, чем у животных контрольной группы ($p<0,001$). У животных 2-й группы содержание МДА было соответственно в 1,2 и 1,3 раза ниже ($p<0,01$) по сравнению с животными 3-й и 4-й групп, употреблявших воду со стеаратами натрия и калия. Есть разница и между биохимическими показателями животных, которые употребляли воду со стеаратами натрия и калия. Сочетанное действие наночастиц свинца на фоне употребления воды с содержанием стеарата калия в дозе 1/250 $ЛД_{50}$ была больше, чем стеарата натрия.

Заключение. Результаты исследований показали, что при пероральном введении наночастиц свинца на фоне употребления питьевой воды из городского водопровода с содержанием стеаратов натрия и калия в субтоксических дозах отмечается повышение таких показателей перекисного окисления липидов, как диеновые конъюгаты и малоновый диальдегид по сравнению с контрольной группой.

Химический состав питьевой воды значительно влияет на токсичность свинца в виде наноформы. Более выраженные изменения продуктов ПОЛ наблюдались на фоне употребления воды с субтоксическими дозами стеаратов калия, меньшие — натрия и еще меньшие — при употреблении воды из городского водопровода.

Установленные результаты исследования требуют дальнейшего изучения.

Литература

1. Сердюк, А.М. Гігієнічні проблеми України на рубежі століть / А.М. Сердюк // Гігієнічна наука і практика на рубежі століть: XIV з'їзд гігієністів України: матеріали / під ред. Ю.І. Кундієва [та ін.]. — Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2004. – С. 30–33.

2. Супотницкий, М.В. Токсичность наночастиц / М.В. Супотницкий, Д.Л. Поклонский, С.А. Паныгина // Актуальные проблемы биологической защиты войск и населения: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию филиала ФГУ «48 ЦНИИ Минобороны России — ЦВТП БЗ». – Екатеринбург, 2009. – С. 41–44.

3. Экология человека, гигиена и медицина окружающей среды на рубеже веков: состояние и перспектива развития / Ю.А. Рахманин [и др.]. – М., 2006. – С. 127–134.

4. Горожанская, Э.Г. Свободнорадикальное окисление и механизмы антиоксидантной защиты в нормальной клетке и при опухолевых заболеваниях / Э.Г. Горожанская // Клин. лаб. диагностика. – 2010. – № 6. – С. 28–41.

5. Лазаренко, І.А. Порівняння біохімічних показників крові щурів за отруєння їхсвинцем в макродисперсній та наноформі / І.А. Лазаренко, Н.М. Мельникова // Укр. біохім. журн. – 2012. – Т. 84, № 1. – С. 85–89.

6. Державні санітарні норми та правила України ДСанПіНУ 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.

7. Камышников, В.С. Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике / В.С. Камышников. – Минск, 2000. – Т. 1. – 495 с.

COMBINED EFFECT OF LEAD NANOPARTICLES IN THE BACKGROUND OF POTABLE WATER USAGE WITH POTASSIUM AND SODIUM STEARATES CONTENT

Kondratiuk V.A., Fedoriv O.Ye., Lototska O.V.

I.Horbachevsky Ternopil State Medical University, Ternopil, Ukraine

It has been found that the insertion of the lead nanoparticles in subtoxic doses (1/10 from LD_{50} (lethal dose)) in the background of potable water usage, water with potassium and sodium stearates into experimental rats was accompanied by a trustworthy increase of products of lipid peroxidation (LP) in particular, diene conjugates (DC) and malondialdehyde (MDA) in animals' bodies. These parameters were determined in blood serum, liver and kidney tissues. The higher concentrations of products of lipid peroxidation (LP) were observed in the group of animals that consumed water with potassium stearate.

Keywords: lead nanoparticles, potable water, potassium and sodium stearates, lipid peroxidation.

Поступила 31.05.2013

ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ГРУНТАХ НА ТЕРРИТОРИИ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Липницкий Л.В., Нечай С.В., Бездникова С.В.

Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Могилев, Беларусь

Реферат. Дана оценка удельной активности природных радионуклидов ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}Kв грунтах геологического разреза. Определена связь между плотностью потока радона-222 на поверхности почвы и удельной активностью радия — 226.

Определена зависимость удельной активности природных радионуклидов в зависимости от типа почвы и глубины слоя грунта.

Проанализированы особенности геологического строения территорий области, влияющие на выход радона из почвы. Установлены закономерности распределения радия-226 и других природных радионуклидов на территории Могилевской области. Определены значения удельной активности радия-226, которые требуют дополнительной оценки радиационной обстановки для ситуаций, когда ППР на земельном участке не превышает критерий 80 мБк/м^2×с для устройства противорадоновой защиты в жилых зданиях.

Ключевые слова: естественные радионуклиды, удельная активность радия-226, тория-232, калия-40, плотность потока радона, пески, суглинки, глина, мергели, лессовые породы, потенциальная радоноопасность территории, противорадоновые мероприятия.

Введение. Для установления степени радоноопасности территории требуется определение плотности потока радона на поверхности грунтов с оценкой соответствия установленному критерию проведения радонозащитных мероприятий (80 мБк/м^2×с). Плотность потока радона величина очень изменчивая. При одинаковых геологических, гидрогеологических и метеорологических условиях значения плотности потока радона на участке может резко различаться и в пространстве, и во времени. В ряде случаев при соблюдении критерия ППР≤80 мБк/м^2×с на земельном участке требуется дополнительный анализ параметров радиационной обстановки для повышения надежности оценки радоноопасности территории. Согласно ОСП-2002 при ППР менее 80 мБк/м^2×с необходимость защитных мероприятий определяется в каждом отдельном случае. Для повышения надежности полученных оценок радоноопасности участка рекомендуется использовать данные о содержании природных радионуклидов в грунтах на различных глубинах с проведением расчетов ППР на основе характеристик грунтов (коэффициент эманирования радона, плотность и пористость грунтов, коэффициент диффузии).

Проведенный комплекс радиологических исследований на участках под застройку может служить научной основой для проектных решений при строительстве новых зданий и сооружений с учетом особенностей локального природного радиационного фона на местах застройки.

Данные по распределению естественных радионуклидов в грунтах могут быть использованы для картирования радоноопасности территории Могилевской области.

Материал и методы. В работе использованы результаты обследований земельных участков под строительство жилых домов и общественных зданий. Всего за период с 2005 по 2012 гг. проведено 500 комплексных радиационно-гигиенических обследований земельных участков под застройку. С различных глубин геологического разреза было отобрано 4020 проб грунтов, в которых проведены измерения содержания природных радионуклидов (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K) с расчетами удельной эффективной активности ($A_{эфф}$). Измерения радия-226 выполнены на гамма-спектрометрах: МКС — АТ 1315, «Прогресс», «Припять». Удельная эффективная активность естественных радионуклидов определялась по формуле, с оценкой неопределенности измерений. Одновременно на земельном участке по контуру здания проводилась установка на поверхности почвы, с заглублением 10–15 см, накопительных камер радона и их экспозицией в течение не менее 4 ч. Измерение объемной активности радона и определение плотности потока проводилось в лабораторных условиях с применением гамма-спектрометра «Прогресс» и шестикристального гамма-спектрометра «Припять». Всего в контрольных точках выполнено 1135 измерений ППР. Плотность потока радона является непрерывно изменяющейся случайной величиной. Учитывая влияние множественных факторов (геологических, влияния атмосферы, свойств приповерхностного почвенного слоя) на выделение радона из почвы, при оценке средних значений радона на земельном участке был использован вероятностный подход. При этом проводилась статистическая обработка результатов измерений в контрольных точках с оценкой диапазона варьирования, коэффициента вариации значений ППР, относительного среднеквадратичного отклонения и проведением расчетов среднего (1+1,3ύ) и максимального значения ($ППР_{i(max)}+\Delta_{кi}$). По результатам радиационно-гигиенического обследования земельных участков создана база данных показателей характеризующих радоноопасность территории. Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программ STATISTICA 6.0.

Результаты и их обсуждение. Анализ удельной активности радионуклидов проведен с учетом классификации СТБ 943-2007 «Грунты. Классификация» [5]. По результатам анализа удельной активности природных радионуклидов можно выделить следующие группы грунтов с учетом их литологического состава (таблица 1).

Таблица 1 — Удельная активность природных радионуклидов в грунтах

Тип грунта	Количество исследованных проб	Удельная активность, мин.-макс./среднее (СКО), Бк/кг		
		Ra-226	Th-232	к-40
Мергель	41	7–150/22 (17,3)	10–45/ (7,5)	162–580/387 (89,7)
Глина	4	11–70/28(26,5)	18–46/30 (16,4)	542–623/530 (51)
Суглинок	919	3–105/21 (11,1)	3–49/20 (9,5)	478–624/582 (30)
Супесь	1253	3–55/17(9,5)	3–59/23 (6,9)	449–601/544 (32)
Песок	1571	3–66/13 (5,5)	3–32/13 (7,4)	251–549/465 (37)
Торф	7	3–11/7(2,7)	3–14/8(6,7)	104–218/146 (39)

В дисперсных обломочных грунтах величины средних значений удельной активности расположены в следующем порядке возрастания: пески, супеси, суглинки, глина. В глинистых грунтах содержание радия-226 связано с количеством глинистых частиц увеличивающихся от супеси к суглинку и глине. Структура глинистых грунтов, водонепроницаемость (глины) или слабая водопроницаемость (суглинки, супеси), определяет их повышенные по отношению к пескам сорбционные свойства. Глинистые материалы обладают высокой адсорбционной способностью по отношению к катионам урана, тория и калия и поэтому в глинистых материалах обычно отмечается высокое содержание естественных радионуклидов. Пески, особенно мелкозернистые, имеют низкое содержание радионуклидов, потому что в основном состоят из кварца и шпата. Кроме

того, радионуклиды в песках обладают большей подвижностью. Соотношение $^{232}Th/^{226}Ra$ в дисперсных грунтах остается примерно постоянным: 1,1–1,3 (рисунок). Это обстоятельство свидетельствует об общем источнике материала и механизме их образования.

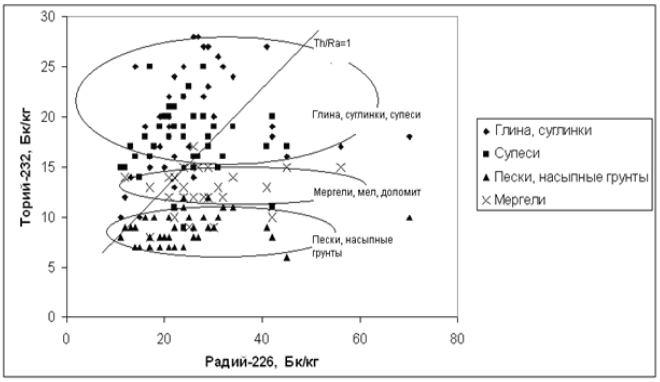


Рисунок — Отношение $^{232}Th/^{226}Ra$ в грунтах Могилевской области

В осадочных карбонатных грунтах (мел, мергель, твердый мергель, глинистый мергель, известковая глина, известняк, доломит) удельная активность радионуклидов имеет существенные различия. Наибольшие значения удельной активности радия-226 характерны для мергелей, в которых колеблется в широком диапазоне значений от 7 до 150 Бк/кг, что связано с соотношением карбонатной и глинистой составляющей различных видов мергелей. По составу карбонатная часть мергельно-меловых отложений состоит преимущественно из органогенного кальцита, представленного органическими остатками и продуктами их разложения, некарбонатная часть представлена глинистыми минералами группы монтмориллонита, что обусловливает наличие повышенных значений радия-226. Мергельно-меловые отложения представлены в Могилевской области в ее восточной части в виде мергельно-меловых отложений верхнемелового периода (в основном бассейн р. Сож), где мергельно-меловые отложения залегают на небольших глубинах в пределах речных долин и участками выходят на дневную поверхность. Мергельно-меловые отложения четвертичного периода распространены по всей территории области («отторженцы», болотно-озерные), толщина их колеблется от 1 до 30 м, на разных глубинах в межледниковых отложениях. Мергельно-меловые отложения в основном представлены текстурой с наличием в породе ходов илоедных животных. Мергели отличает высокий коэффициент пористости, который составляет от 4,0 до 1,8 для четвертичного и от 0,7 до 1,25 для мергеля мелового периода, что создает условия для повышенной эманации радона [2]. Аномально высокая удельная активность радия-226 в мергелях было установлена на участке г. Бобруйска, где геологами грунты были идентифицированы как суглинки, мергель, супесь известковая. Активность ^{226}Ra в слоях разреза на различных глубинах достигает 164 Бк/кг, отношение значений активности составила $^{232}Th/^{226}Ra$ 0,3–0,4, что, вероятно, обусловлено выпадением карбонатных органогенных осадков непосредственно из морской воды.

Возможно это «отторженец» коренных пород небольшого размера перенесенных ледником из Скандинавии [4]. Плотность потока радона на поверхности почвы земельного участка достигает в некоторых точках земельного участка 470 мБк/м^2×с. Проведенные измерения ППР на территории рядом расположенного участка детского сада находятся в пределах средних значений по г. Бобруйску.

Удельная активность радия-232 в глинистых грунтах (суглинки, супеси) и песках мало зависит от глубины разреза, что объясняется общим механизмом формирования четвертичных отложений и поведением радионуклидов в грунтах. Суглинки, супеси, пески на глубине до 2 м содержат меньшее количество тория-232 (таблица 2).

Таблица 2 — Удельная активность природных радионуклидов на различных глубинах

Глубина скважины	Удельная активность Ra-226/Th-232, Бк/кг				
	глина	суглинки	супеси	пески	мергели
2 м	11/22	22,2/19	16,2/18,7	6,7/7,5	11,2/18
4 м	17/24	16/21,7	24,1/28,3	7,9/11,2	34/38,8
6 м	25/28,8	16,8/23,4	21,5/24,3	9,8/10,4	33/36,5
8 м	30/34	20,1/27,4	18,2/20,2	8,7/13,6	28/39,2

Удельная активность радионуклидов в грунтах глины по глубинам не анализировалась по причине недостаточного количества наблюдений. Мергельно-меловые отложения по генезису четвертичного и верхнемелового периодов имеют различное соотношение составляющих, в том числе и по содержанию естественных радионуклидов, отражающих специфику их формирования. Глубина залегания отложений верхнемелового времени обычно изменяется от нескольких десятков сантиметров до нескольких десятков метров. Мергельно-меловые отложения четвертичного периода также расположены на разных глубинах в межледниковых отложениях.

Анализ данных показывает, что вариации плотности потока ^{222}Rn и плотности потока ^{220}Rn на земельных участках сравнимы с вариациями удельной активности ^{226}Ra и ^{232}Th в грунтах. Согласно известного уравнения, плотность потока радона прямо пропорционально удельной активности радия-222, скорости эманирования радона, плотности грунта, скорости диффузии и обратно пропорционально пористости грунта.

Таким образом, поступление радона и торона на поверхность будет определяться типом грунтов и удельной активностью радия-226, тория-232 в грунтах. Между значениями удельной активности радия-226 и плотностью потока радона в

песках и глинах существует статистически значимое различие. В песках плотность потока радона ниже, чем в глинистых почвах, что связано с более высоким содержанием радия-226 в глинах. При этом структура глинистых грунтов обусловливает более высокую эманацию радона в поровое пространство. Более плотные глинистые и суглинистые почвообразующие грунты могут препятствовать поступлению радона из подстилающих слоев, которые они перекрывают. Однако, как показывают результаты обследований, и при одинаковом составе грунтов ППР на земельном участке может изменяться в десятки раз, что связано с влиянием метеорологических факторов, влажности почв, поведением радона в почвенном профиле. Показано, что поток радона при определяющей роли диффузионного механизма распространения радона формируется в приповерхностном «активном» слое почвы мощностью 1,5–3,5 м [7].

В ходе исследования была проведена оценка корреляции (тесноты связи) между удельной активностью радия-226 в грунтах и плотностью потока радона-222 на поверхности почвы. Коэффициент корреляции составил 0,4 (показатель умеренной тесноты связи). Таким образом, с вероятностью p=0,95 (уровень значимости 0,05) можно утверждать, что существует прямая зависимость между ППР и удельной активностью радона.

Более высокие средние значения плотности потока радона и амплитуда колебаний ППР характерны для глинисто-карбонатных пород (мергели, известняк, доломиты). В данных породах возможен не только диффузионный перенос, но и конвективный перенос радона с глубинных слоев грунтов по макропорам и трещинам. Скорость переноса радона будет зависеть от структуры глинисто-карбонатых пород, которая может иметь значительные различия, а также от площади и длины макропор.

Анализ средних и максимальных значений ППР и удельной активности радия-226 в грунтах показывает, что критерий плотности потока радона 80 мБк/м^2×с, установленный ОСП-2002, может быть превышен в диапазоне удельной активности радия-22622÷55 Бк/кг и зависит от типа грунтов (таблица 3).

На основе проведенных исследований был выполнен анализ распределения удельной активности радия-226 в грунтах на территории Могилевской области, который показывает, что радий-226 равномерно распределен в грунтах на территории области. Вместе с тем при наличии большого массива данных по удельной активности естественных радионуклидов в грунтах и плотности потока на поверхности почвы часть территории области изучена недостаточно. При этом на данных территориях можно выделить населенные пункты с более высоким содержанием радона в эксплуатирующихся жилых и общественных зданиях. Характерная особенность территории области — широкое распространение лессовых и лессовидных пород [8].

Таблица 3 — Средние и максимальные значения удельной активности радия-226 и плотности потока радона

Тип грунта	Удельная активность Ra-226, Бк/кг		ППР, мБк/(м^{2}с)	
	среднее	максимальное	среднее	максимальное
Глина	21	29	35	90
Суглинки	19	25	28	82
Супеси	20	23	26	80
Пески	8	11	20	27
Мергели	27	33	62	111

Можно предположить, что повышенное содержание радона в жилых домах по отношению к другим территориям в некоторых населенных пунктах Горецкого и других районов связаны, прежде всего, с особенностями формирования потока радона и выхода на поверхность земли в силу специфических свойств лессовых пород.

Лессы характеризуются присутствием всех типов пор: макропор, межзерновых, межагрегатных и внутриагрегатных микропор. Количество макропор в лессах различно: от 1–3 на 1 см^2 до 8–10 на 1 см^2. Расположены они субвертикально, длина от долей сантиметров до нескольких десятков сантиметров. Они могут являться своеобразными магистральными каналами для конвективного переноса радона в приповерхностных слоях грунта мощностью 2,5–3 м.

По результатам анализа выявлено хорошее совпадение оцененных и фактических значений МЭД γ-излучения на территории области, не загрязненной от аварии на ЧАЭС. По данным НКДАР среднее значение МЭД в воздухе на высоте 1 м над поверхностью почвы составляет 0,051 мкГр/ч [1]. Мощность дозы излучения от радионуклидов радия-226, тория-232 и калия-40 в грунтах, рассчитанная на основе дозовых коэффициентов, составила на территории области 0,044 мкГр/ч (среднее значение), 0,091 мкГр/ч (максимальное значение). Значение мощности дозы γ-излучения, создаваемое природными радионуклидами, содержащимися в грунте, рассчитано по формуле [3]:

$$МД(2\pi) = 0{,}52 \times A_{эфф} \cdot \times 10^{-9}, Гр/ч$$

Таблица 4 — Измеренные и расчетные значения мощности дозы γ-излучения на территории области

Тип грунта	$A_{эфф}$, Бк/кг (макс. $УА_{Ra\text{-}226,\ Th\text{-}232,\ K\text{-}40}$)	МД, мкГр/ч, (макс. расчет$А_{эфф}$)	МД, мкГр/ч, макс.измеренные	$A_{эфф}$, Бк/кг (ср. $УА_{Ra\text{-}226,\ Th\text{-}232,\ K\text{-}40}$)	МД, мкГр/ч, (расчет ср. $A_{эфф}$)	МД, мкГр/ч, ср.измеренные
Глина	196	0,101	0,113	125	0,065	0,085
Суглинок	235	0,120	0,120	110	0,057	0,077
Мергель	192	0,099	0,120	98	0,051	0,090
Песок	174	0,090	0,088	82	0,043	0,076
Супесь	207	0,107	0,120	111	0,057	0,077
Торф	62	0,032	0,074	39	0,028	0,068
Примечание — $A_{эфф}$ — эффективная удельная активность естественных радионуклидов в пробах почвы и грунта.						

Имеются незначительные различия средних значений МД, полученных по результатам дозиметрических измерений, что связано с наличием в поверхностных слоях радионуклидов цезия-137 (таблица 6). Дозиметрические приборы регистрируют γ-излучение в диапазоне энергий от 0,05 до 3 МэВ.

Таким образом, в пределах территории Могилевской области, пространственное распределение МД гамма-излучения от естественных радионуклидов определяется типом грунта и уровнями радиоактивного загрязнения территории от аварии на ЧАЭС.

Заключение. Удельная активность радионуклидов в дисперсных осадочных породах увеличивается в ряду песок – супесь – суглинок – глина, что определяется их сорбционной способностью. Породы мергелей четвертичного периода (отторженцы) могут иметь аномально высокое содержание радия-226.

Радиоактивность дисперсных грунтов не зависит от глубины расположения слоя (в пределах геологического разреза до 10 м), за исключением более низкого содержания тория-232 в породах на глубине 2 м. Существует прямая зависимость между удельной активностью радионуклидов в грунте и ППР на поверхности земли, что согласуется с литературными данными. Наиболее высокие значения ППР установлены для мергельных пород (мергель, глинистый мергель, твердый мергель), что зависит от структуры мергелей с возможностью диффузионно-конвективного переноса радона в проницаемом слое грунта.

Характерная особенность территории области — широкое распространение лессовых и лессовидных пород. Специфическое строение лессовых пород способствует формированию повышенных потоков радона на поверхности земли, что подтверждается наличием зданий в некоторых населенных пунктах на территориях с данным типом почв, в которых ЭРОА радона-222 и радона-220 составляет 100–200 Бк/м^3. Имеется необходимость детального изучения удельной активности радионуклидов и плотности потока радона на данных участках территорий области.

Определено пространственное распределение мощности дозы γ-излучения на территории Могилевской области, формируемого естественными радионуклидами, содержащимися в грунте. Средние значения мощности дозы, рассчитанные по результатам измерений эффективной удельной активности грунтов сопоставимы с результатами измерений МЭД инструментальным методом.

Полученные оценки естественного радиационного фона на территории области по результатам измерений удельной активности естественных радионуклидов (калий-40, радий-226, торий-232) могут быть использованы для снижения оценки неопределенности при расчетах индивидуальных доз внешнего облучения населения и работников от радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на ЧАЭС.

Литература

1. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации: доклад НКДАР ООН за 2000 год с прил.: в 2-х т. – Пер. с англ. – М. ; Мир, 2002.

2. Некоторые результаты исследования физико-механических характеристик мергельно-меловых отложений Беларуси / В.Е. Сеськов [и др.]. – Минск, 2007.

3. Крисюк, Э.М. Радиационный фон помещений / Э.М. Крисюк. – М.: Энергоиздат, 1989.

4. Махнач, А.А. Введение в геологию Беларуси / А.А. Махнач; Ин-т геолог. наук НАН Беларуси, 2004. – Минск, 2004.

5. СТБ 943–2007. Грунты. Классификация.

6. Проблемы оценки радоновой опасности участков под строительство жилых и общественных зданий / И.В. Гаевский [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч.тр. / ГУ «Респ. науч.-практ. центр гигиены». – Минск, 2009. – Вып. 7.

7. Гаевский, И.В. Механизмы формирования потока радона с поверхности почв и подходы к оценке радоноопасности селитебных территорий АНРИ / И.В. Гаевский. – М., 2007.

8. Горкунов, В.В. Почвообразующие породы Могилевской области / В.В. Горкунов // Могилевский меридиан. – 2003. — Т. 3, № 1. – С. 2–15.

NATURAL RADIONUCLIDES IN SOIL OF MOGILEV REGION

Lipnitsky L.V.,Nechay C.V., Bezdnicova C.V.

Mogilev Region Center of Hygiene and Epidemiology, Mogilev, Belarus

The estimation of the specific activity of natural radionuclides 226Ra, 232Th, 40K in the soil of the geological section has been done. The relation between the density of the flow of radon-222 on the surface of the soil and the specific activity of radium — 226 has been defined. The dependence of the specific activity of natural radionuclides depending on soil type and depth of the soil layer is defined. There is a necessity of development the methodical base for designing and constructions of Radon's safety buildings.

Keywords: natural radionuclides, specific activity of radium-226, thorium-232, potassium-40, radon fluxdensity, sand, loam, clay, marl, loess material, Radonpotential areas, anti-radon measures.

Поступила 03.06.2013

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НА ГРАНИЦЕ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ И ЖИЛОЙ ЗОНЫ

Науменко Т.Е.[1], Соколов С.М.[1], Першин И.Г.[2]

[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;

[2]Центр гигиены и эпидемиологии Заводского района, Минск, Беларусь

Реферат. Проведена оценка системы производственного (ведомственного) контроля, локального мониторинга в Республике Казахстан, Украине, Российской Федерации, Республике Беларусь; рассчитан класс опасности объектов по диффе-

ренцированной шкале; проведено сопоставление выбросов с приземными концентрациями; разработаны критерии выбора для контроля в атмосферном воздухе приоритетных загрязняющих веществ, обусловленных выбросами объектов.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, мониторинг, оценка риска, критерии

Введение. В последнее время в мировой общественно-политической и научной сфере активно продвигается концепция «зеленой» или «экологичной» экономики. «Зеленая» экономика повышает благосостояние людей и обеспечивает социальную справедливость, при этом существенно снижает риски для окружающей среды и ее обеднения. Конференция ООН, проведенная в Рио-де-Жанейро в 2012 г. (Рио+20), расширила модель устойчивого развития с соблюдением разумного баланса: энергичный экономический рост в сочетании с сохранением наиболее ценных ресурсов нашей планеты — земли, воздуха, воды. Профилактика многокомпонентных воздействий на здоровье человека основывается на соблюдении гигиенических нормативов и приемлемом риске для здоровья населения качества атмосферного воздуха. Экологическая безопасность и устойчивое развитие возможны лишь при наличии действенного контроля за состоянием окружающей среды.

Материал и методы. Исследования по оценке риска воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, обусловленных выбросами объектов различного профиля, проводили для установления оптимальной достаточности размеров санитарно-защитной зоны (СЗЗ) объекта по расчетным максимальным приземным концентрациям, результаты лабораторно-аналитического контроля оценивали в единичных случаях.

Проведен сравнительный анализ системы мониторинга качества атмосферного воздуха в Республике Беларусь, Российской Федерации, Украине, Республике Казахстан, Европейском регионе.

Согласно инвентаризации выбросов, представленных в проектах СЗЗ объектов, устанавливали перечень источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и компонентный состав выбросов для расчета относительного показателя опасности объекта.

Относительный показатель опасности предприятия (ОП) рассчитывали по формуле:

$$ОП = \sum_{1}^{n} \frac{V_1}{ПДК_{СГ}},$$

где ОП — относительный показатель опасности предприятия;

Vi — объем или масса выброса каждого компонента или i-того вещества (тонн в год);

n — количество загрязняющих веществ, входящих в состав выбросов предприятия;

$ПДК_{СГ}$ — среднегодовая предельно допустимая концентрация i-того вещества (мкг/м^3).

Соответствующий интервал значения относительного показателя (ОП) определяет степень ОП и дискретный размер СЗЗ согласно таблице 1.

Проведен сопоставительный анализ выбросов загрязняющих веществ с их приземными концентрациями по полям рассеивания ряда реконструируемых молочно-товарных ферм для выбора критериев лабораторно-аналитического контроля.

Результаты и их обсуждение. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к организации СЗЗ предприятий, сооружений и иных объектов, являющихся объектами воздействия на здоровье человека и окружающую среду», утвержденные Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 11 от 10.02.2011 г., (санитарные правила) позволяют устанавливать дифференцированные размеры СЗЗ с разработкой соответствующего проекта СЗЗ и с учетом результатов аналитического (лабораторного) контроля качества атмосферного воздуха, уровней физического воздействия.

Таблица 1 — Дифференцированная шкала оценки класса ОП

Класс предприятия	Степень ОП	Суммарный объем выбросов в атмосферный воздух, тонн/год	Показатель ОП	Размеры СЗЗ, м
I	Чрезвычайно опасные	100000–500000	>1000,0	1000 и более
II	Высокоопасные	10000–<100000	>600,0–1000,0	901–1000
			>300,0–600,0	651–900
			>100,0–300,0	501–650
III	Опасные	100–<10000	>60,0–100,0	401–500
			>30,0–60,0	301–400
			>1,0–30,0	201–300
IV	Умеренно-опасные	0,5–<100	>0,60–1,0	151–200
			>0,30–0,60	101–150
			>0,01–0,30	51–100
V	Малоопасные	0,01–<0,5	>0,005–0,01	31–50
			0,001–0,005	11–30
			<0,001	0–10

Лабораторные (технологические) исследования и испытания на границе СЗЗ и в зоне влияния предприятия, на территории (производственной площадке), на рабочих местах с целью оценки влияния производства на среду обитания человека и его здоровье осуществляют согласно Санитарным правилам 1.1.8-24-2003 «Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических и профилактических мероприятий». Объект воздействия на атмосферный воздух организует проведение лабораторного контроля.

В Республике Беларусь действуют: ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов», Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к обе-

спечению качества атмосферного воздуха населенных пунктов и мест отдыха населения», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 77 от 30.06.2009 г., однако количество наблюдений в каждой точке исследований на границе СЗЗ и жилой зоны вообще не регламентировано [1–3].

В Российской Федерации, согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» было предусмотрено проведение «…систематических (годовых) натурных исследований и измерений загрязнения атмосферного воздуха (не менее пятидесяти исследований на каждый ингредиент в отдельной точке), уровней физического воздействия на атмосферный воздух для предприятий I и II класса опасности и тридцати исследований для предприятий III, IV, V классов опасности (пп.4.2. и 4.3.).

Далее в изменениях № 1 к СанПиН (СанПиН 2.2.1./2.1.1.2361-08) слово «исследований» заменено на слово «дней». В изменениях № 3 (СанПиН 2.2.1/2.1.1.2739-10, 12.10.2010 г.) отменены указанные выше пп. 4.2. и 4.3., а «подтверждением соблюдения гигиенических нормативов на границе СЗЗ, жилой застройки и других нормируемых территорий являются результаты натурных исследований атмосферного воздуха и измерений уровней физического воздействия на атмосферный воздух в рамках проведения надзорных мероприятий, а также данные производственного контроля».

В письме № 01/16400-0-32 Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 22.11.2010 «О разъяснении изменений № 3» указывается, что «для крупных химических комплексов, металлургических комбинатов» и «групп промпредприятий (промзон)» количество наблюдений ограничивается 20 исследованиями атмосферного воздуха в год, проводимых посезонно, и 8 инструментальными замерами физических факторов.

Однако это положение противоречит п. 3.3. РД 52.04.186-89 Руководства по контролю загрязнения атмосферы (1991), в котором указывается, что «…количество наблюдений за концентрацией каждой примеси независимо от количества точек наблюдений составляет не менее 200» [4].

Закон Украины «Об охране атмосферного воздуха» 2707-XII, Статья 32 гласит: мониторинг в области охраны атмосферного воздуха проводится с целью получения, сбора, обработки, хранения и анализа информации о выбросах загрязняющих веществ и уровнях загрязнения атмосферного воздуха, оценки и прогнозирования его изменений и степени опасности, разработка научно обоснованных рекомендаций для принятия решений в области охраны атмосферного воздуха.

Мониторинг в области охраны атмосферного воздуха является составной частью государственной системы мониторинга окружающей природной среды. Порядок организации и проведения мониторинга в области охраны атмосферного воздуха устанавливается Кабинетом Министров Украины.

В Украине действуют: ГСН 201-97 «Государственные санитарные правила охраны атмосферного воздуха населенных мест (от загрязнения химическими и биологическими веществами)»; РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»; МР 2.2.6-004-98 «Особенности ведения предупредительного и текущего санитарного надзора за разработкой и внедрением нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) биологических факторов в атмосферный воздух» (методические рекомендации).

В Украине по системе мониторинга существует только Постановление Кабинета Министров, ни законодательных, ни других руководящих документов не разработано. В Положении о Министерстве охраны окружающей природной среды определено, что оно «организует в пределах своих полномочий проведение мониторинга окружающей среды...». В то же время механизм правового регулирования мониторинга не определен: виды мониторинга, количество проб, расчетные точки, регламент проведения, что порождает проблемы с системой показателей и организацией контроля на границе СЗЗ и жилой зоной [4, 5].

В Республике Казахстан (РК) в соответствии с Экологическим кодексом физические и юридические лица, осуществляющие специальное природопользование, обязаны проводить производственный экологический контроль (ПЭК). В рамках этого контроля выполняются операционный мониторинг, мониторинг эмиссий в окружающую среду и мониторинг воздействия. При этом производственный мониторинг является элементом ПЭК для получения объективных данных с установленной периодичностью. Разработка проектов по обоснованию СЗЗ промышленных предприятий выполняется на основании Экологического кодекса РК, Постановления Правительства РК № 93 от 17.01.2012 г. «Об утверждении санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к зданиям и сооружениям производственного назначения» и «Санитарно-эпидемиологические требования по установлению санитарно-защитной зоны производственных объектов» [6, 7].

Обоснование размера СЗЗ выполняется на основе обследования предприятия на предмет выявления источников химического и физического воздействия; выявления жилых и производственных объектов на территории СЗЗ; выполнения моделирования уровня загрязнения атмосферного воздуха загрязняющими веществами; анализа результатов мониторинга загрязнения природной среды; оценки риска здоровью населения. Программа экологического производственного контроля составляется на основании организационно-распорядительных, нормативных документов с учетом технических и финансовых возможностей организации на основании гл. 14 Экологического кодекса РК.

В рамках осуществления ПЭК выполняются операционный мониторинг (мониторинг производственного процесса) и мониторинг эмиссий в окружающую среду (расчетным методом). Производственный экологический мониторинг воздействия включает: мониторинг состояния воздушного бассейна; мониторинг физических факторов (шум и вибрация).

В программе мониторинга воздействия отражена следующая информация: перечень параметров; периодичность проведения измерений; сведения об используемых методах проведения мониторинга; точки отбора проб и места проведения измерений.

Согласно Приказу Министра охраны окружающей среды РК № 123-п от 24.04.2007 г. «Об утверждении Правил согласования программ производственного экологического контроля и требований к отчетности по результатам производственного экологического контроля» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 25.08.2010 г.) программа производственного контроля, разработанная природопользователем, подлежит согласованию с территориальными органами в области охраны окружающей среды. Разработана форма отчета по ПЭК, включающая мониторинг эмиссий в атмосферный воздух и мониторинг воздействия.

Таким образом, анализ законодательств стран позволил установить, что механизм правового регулирования мониторинга на границе СЗЗ и жилой зоны однозначно не определен.

В Инструкции по применению «Гигиенические требования к составу проекта санитарно-защитной зоны», утвержденной заместителем министра — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь № 120/1210 24.12.2010 г. п. 9, указано, что в составе проекта СЗЗ предоставляется «программа производственного лабораторного контроля качества атмосферного воздуха на границе СЗЗ и на территории прилегающей жилой зоны для предприятий, имеющих СЗЗ более 300 метров».

Проведен сопоставительный анализ выбросов загрязняющих веществ с их приземными концентрациями по полям рассеивания ряда молочно-товарных ферм и установлено, что по дифференцированной шкале они относятся к умеренно-опасным объектам (ОП до 0,3; выбросы до100 тонн/год, размер СЗЗ 51 —100 м).

Базовые размеры СЗЗ для ферм крупного рогатого скота (молочно-товарные фермы/комплексы) менее 1200 голов составляют 300 м. Для изменения установленных размеров СЗЗ действующих объектов и при установлении расчетных размеров СЗЗ необходимы результаты аналитического (лабораторного) контроля качества атмосферного воздуха по химическим факторам. Так, например, согласно расчетам в таблице 1, объект «Реконструкция молочно-товарной фермы на 600 голов с пристройкой доильно-молочного блока. Существующие здания для содержания животных» является умеренноопасным с размером СЗЗ 51–100 м. Расчетные приземные концентрации загрязняющих веществ на границе СЗЗ и жилой зоны не превышали 0,1 ПДК; за исключением аммиака и пыли меховой — до 0,5 ПДК.

Таблица 2 — Относительный показатель опасности объекта и приземные концентрации в долях ПДК на границе СЗЗ и ЖЗ

№ п/п	Код	Наименование вещества	Выбросы, т/год	Vi / ПДКс.г.	Кратность ПДК на границе СЗЗ/ЖЗ
1.		Аммиак	6,7231	0,0336/200	0,26/0,18
2.		Метан	47,0055	$0{,}0094/5{,}0\times10^{3}$	0,02/0,0 только 2 вещества 1
3.		Азот (II) оксид (азота оксид)	0,4328	0,004328/100	0,07/0,07
4.		Сероводород	0,0077	0,0009625/8,0	0,01/0,0095
5.		Метиламин	0,0068	0,0136/0,5	0,03/0,02
6.		Фенол	0,0034	0,0011/3,0	0,0059/0,0041
7.		Метанол	0,0167	0,000167/100,0	0,000768/0,000768
8.		Пропион-альдегид	0,0085	0,00085/10,0*	0,01/0,01
9.		Гексановая кислота	0,0101	0,0101/1,0	0,02/0,01
10.		Диметил-сульфид	0,0131	0,000163/80,0	0,00079/0,00079
11.		Этилформиат	0,0259	0,001295/20,0*	0,02/0,02
12.		Пыль меховая*	0,2044	0,006813/30,0	0,13/0,08
				$ОП = \sum_{1}^{n} \frac{V_1}{ПДК_{сг}}$	
		Итого по объекту	54,4581	0,0847785	

Помимо этого, расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от отопительных котлов и автотранспорта включал следующие вещества: углерода оксид, азота оксид, серы диоксид, твердые частицы, бензопирен, тяжелые металлы (кадмий, медь, никель, свиней, хром, цинк), мышьяк, твердые частицы, ПХБ, ГХБ, ПАУ, СОЗ (диоксины/фураны). В отношении ряда веществ (бензопирен, тяжелые металлы, мышьяк) расчет приземных концентраций признан нецелесообразным (критерий целесообразности расчета Е3=0,01); твердые частицы — до 0,5 ПДК. Итого по всем веществам валовый выброс составлял 55,33 тонн/год.

Таким образом, программа производственного лабораторного контроля качества атмосферного воздуха на границе СЗЗ и на территории прилегающей жилой зоны для объекта с расчетными размерами СЗЗ до 100 м не подлежит разработке и контроль качества атмосферного воздуха на границе СЗЗ и ЖЗ не проводится.

Директива Европейского союза по оценке качества окружающей среды и управления им признает целесообразность использования широкого диапазона методов мониторинга, моделирования и объективного анализа качества атмосферного воздуха. Методические рекомендации по разработке стратегии мониторинга и выбору точек наблюдения для регистрации загрязняющих веществ включаются в серию различных «дочерних» директив. При планировании и осуществлении программы мониторинга необходимо оптимально использовать кадровые и материальные ресурсы. Для планирования сети не существует универсальных правил, в то же время европейские страны активно сотрудничают по всем аспектам атмосферного мониторинга с разработкой международных стандартов [8–10].

Заключение. Система мониторинга загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной и жилой зоны разрабатывается для объектов с базовыми размерами 300 м и более согласно инвентаризации выбросов, представленной в проектах СЗЗ объектов, в соответствии со следующим алгоритмом:

– устанавливается перечень источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, компонентный состав выбросов;

– проводится расчет относительного показателя опасности объекта и определяется дискретный (дифференцированный) размер СЗЗ;

– проводится сопоставительный анализ выбросов загрязняющих веществ с их максимальными приземными концентрациями по полям рассеивания;

– устанавливается перечень веществ, расчетные максимальные приземные концентрации которых составляют 0,5 ПДК и выше на границе СЗЗ и ЖЗ;

– количество наблюдений составляет 20 в год, проводимых посезонно на каждое вещество по репрезентативным расчетным точкам согласно трассировке границ СЗЗ по 8 румбам и в жилой зоне;

– проведение лабораторных исследований качества атмосферного воздуха проводится организацией, аккредитованной на использование методик выполнения измерений, утвержденных БелГИМ.

Литература

1. Науменко, Т.Е. Гигиеническое обеспечение охраны здоровья населения при планируемом виде деятельности в Республике Беларусь / Т.Е. Науменко [и др.] // Материалы XI Всерос. съезда гигиенистов и санитарных врачей: сб. ст.: в 2 т. / Под ред. Г.Г. Онищенко, А.И. Потапова. – М.; Ярославль: Канцлер, 2012. – Т. I : Итоги и перспективы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации. – С. 597–600.

2. Науменко, Т.Е. Гигиеническое обеспечение охраны здоровья населения в Республике Беларусь при проектировании объектов / Т.Е. Науменко [и др.] // Гигиена и санитария. – 2012. – № 5. – С. 22–24.

3. Пинигин, М.А. Мониторинг химического и физического загрязнения атмосферного воздуха при обосновании размера СЗЗ / М.А. Пинигин [и др.] // Материалы пленума научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды Российской Федерации «Актуализированные проблемы здоровья человека и среды его обитания и пути их решения» / Под ред. Ю.А. Рахманина. – М., 2011. – С. 318–322.

4. Об охране атмосферного воздуха: Закон Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kp. – Дата доступа: 22.03.2013 г.

5. Нормативные документы по санитарно-эпидемиологическому надзору [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://document.ua/normativnye-dokumenty-po-sanitarno-yepidemiologicheskomu-nad-cat09.html. – Дата доступа: 22.03.2013 г.

6. Об утверждении Правил согласования программ производственного экологического контроля и требований к отчетности по результатам производственного экологического контроля: приказ Министра охраны окруж. среды Респ. Казахстан № 123-п от 24.04.2007 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ecokomitet.kz/ekspert/doc/003.html. – Дата доступа: 22.03.2013 г.

7. Санитарно-эпидемиологические требования по установлению санитарно-защитной зоны производственных объектов: утв. Постановлением Правительства РК № 93 от 17.01.2012 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://saen.kz/eco_services. – Дата доступа: 22.03.2013 г.

8. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека : региональные публикации ВОЗ / Европейская сер. № 85, ВОЗ, Европейское региональное бюро. – Копенгаген, 2001. – С. 6.

9. Рекомендации по качеству воздуха в Европе. — 2-е изд.; опубл. от имени Европейского регионального бюро ВОЗ // М.: Весь Мир, 2004. – 302 с.

10. Руководство по контролю качества атмосферного воздуха в городах : региональные публикации ВОЗ / Европейская сер. № 1 / Под ред. М.Дж. Сьюэсса, С.Р. Крэксфорда. – Копенгаген: Медицина, 1980. – 264 с.

HYGIENIC SUBSTANTIATION OF MONITORING OF POLLUTANTS IN AMBIENT AIR ON THE BORDER SANITARY PROTECTION AND RESIDENTIAL AREA

Naumenko T.E.[1], Sokolov S.M.[1], Shevchuk L.M.[1], Pershin I.G.[2]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[2]Centre of Hygiene and Epidemiology of Zavodskoy district, Minsk, Belarus

The estimation of the manufacturing control system, local monitoring in the Republic of Kazakhstan, Ukraine, the Russian Federation, the Republic of Belarus have been done, the hazard class of facilities differentiated by the scale has been calculated, it has been done a comparison of emissions from ground level concentrations, the criteria for the selection of monitoring in the air of priority pollutants from the release sites have been developed.

Keywords: air, pollutants, monitoring, risk assessment, criteria.

Поступила 23.05.2013

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ВОКРУГ БЕЛОРУССКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Николаенко Е.В., Кенигсберг Я.Э., Куц Е.П., Кляус В.В.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В соответствии с требованиями Закона Республики Беларусь «Об использовании атомной энергии» для каждого объекта атомной промышленности и энергетики должна предусматриваться организация санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны наблюдения (ЗН). В связи со строительством в Республике Беларусь первой атомной электростанции возникла необходимость в разработке методов расчета и обоснования размеров СЗЗ для Белорусской АЭС. В данной статье представлены два возможных способа определения размера СЗЗ: ручной расчет и расчет с помощью международного программного пакета PCCREAM-08.

Ключевые слова: АЭС, санитарно-защитная зона, эффективная доза облучения.

Введение. В соответствии с законодательством Республики Беларусь вокруг АЭС устанавливаются СЗЗ и ЗН. СЗЗ — это территория вокруг источника ионизирующего излучения, на которой уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации данного источника может превысить установленный уровень дозы облучения для населения. По своему функциональному назначению СЗЗ является защитным барьером, обеспечивающим необходимую степень безопасности населения при нормальной эксплуатации радиационного объекта. В пределах СЗЗ запрещается размещение капитальных строений (здания, сооружения), не относящихся к функционированию ядерной установки и (или) пункта хранения, а также других объектов производственной, транспортной, инженерной инфраструктуры, не предусмотренных проектом на ядерную установку. Промышленная площадка АЭС является структурным элементом СЗЗ.

При строительстве АЭС выделяют следующие основные этапы строительства: планирование, подготовка проектной документации, строительство и ввод в эксплуатацию. Обоснование размера СЗЗ входит в состав проектной документации

АЭС. В связи со строительством в Республике Беларусь первой атомной электростанции возникла необходимость в разработке методов расчета и обоснования размеров СЗЗ для Белорусской АЭС.

Результаты и их обсуждение. Размер СЗЗ вокруг АЭС определяется с учетом возможных уровней внешнего и внутреннего облучения, а также величины и площадей возможного распространения радиоактивных выбросов в атмосферном воздухе при нормальной эксплуатации АЭС. Санитарными нормами и правилами «Требования к радиационной безопасности» и Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций», утвержденных постановлениями Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 213 от 28.12.2012 г. и № 39 от 30.03.2010 г. соответственно, установлена квота на облучение населения от выбросов и сбросов АЭС — 100 мкЗв в год [1, 2]. Данная квота устанавливается с учетом того, что сумма квот от различных источников ионизирующего излучения не должна превышать дозового предела техногенного облучения населения — 1 мЗв/год.

Значение квоты 100 мкЗв/год рассматривается как верхняя граница возможного облучения населения от радиоактивных выбросов и сбросов АЭС при оптимизации радиационной защиты населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС. Данная квота — это сумма квот на облучение населения от всех источников радиоактивных газо-аэрозольных выбросов в атмосферный воздух — 50 мкЗв/год и всех источников жидких сбросов в поверхностные воды — 50 мкЗв/год. В качестве нижней границы дозы облучения при оптимизации радиационной защиты населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС принимается минимально значимая доза, равная 10 мкЗв/год.

Критерием для определения размеров СЗЗ АЭС является непревышение на ее внешней границе установленной квоты предела годовой эффективной дозы облучения.

Проектирование СЗЗ должно основываться на расчетных или фактических уровнях воздействия АЭС на население за счет радиоактивных газоаэрозольных выбросов в атмосферу и сбросов существующих отдельных производств и зданий, входящих в состав радиационного объекта. При проектировании новых радиационных объектов должны быть предусмотрены технические системы безопасности, обеспечивающие ограничение СЗЗ размерами промплощадки.

При нормальной эксплуатации Белорусской АЭС наиболее значимым путем распространения радионуклидов в окружающей среде будет являться атмосферный путь. В проекте Белорусской АЭС предусматриваются современные средства для минимизации или предупреждения попадания жидких сбросов в окружающую среду, например, за счет использования градирен для охлаждения реактора вместо пруда-охладителя, или спецочистки радиоактивных технических смывов и стоков от спецпрачечной. Фактически загрязнение окружающей среды радионуклидами с жидкими сбросами может произойти только в случае аварии на станции. Поэтому при оценке доз облучения при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС с реактором ВВЭР для определения размера СЗЗ необходимо учитывать атмосферный путь распространения радионуклидов.

Выброс радиоактивных материалов в атмосферу может приводить к облучению населения по следующим путям:

– внешнее облучение за счет радионуклидов, находящихся в атмосферном воздухе и осажденных на поверхность земли;

– внутреннее облучение за счет ингаляции и поступления по пищевым цепям.

Вклад того или иного пути облучения в дозу зависит от величины выброса, радионуклидного состава, пути выброса, физико-химической формы выбрасываемых радионуклидов. При расчете дозы облучения возможно использование статической модели, в которой принимается равновесное накопление радионуклидов в объектах окружающей среды в условиях непрерывного их поступления в атмосферу с постоянной мощностью. Оценка эффективных доз облучения населения, проживающего вокруг АЭС, должна учитывать дозы облучения населения за год и за срок службы АЭС. Срок службы Белорусской АЭС — 50 лет. Дозы облучения должны оцениваться для следующих возрастных групп населения: дети 1–2 года, дети 7–12 лет, взрослые (старше 17 лет),для удобства принимая, что каждая из перечисленных групп населения считается достаточно однородной по основным факторам, влияющим на получаемые дозы от выбросов АЭС: время пребывания на открытой местности, защитные характеристики зданий и сооружений, физиологические и метаболические характеристики, возраст, рацион питания и т.д.

При расчете доз облучения населения для определения размера СЗЗ для Белорусской АЭС, как для проектируемой АЭС, необходимо использовать проектное значение годового выброса радионуклидов в атмосферу. Тем не менее допускается использование данных о выбросе радионуклидов в атмосферу от аналогичных эксплуатируемых АЭС с одинаковыми техническими характеристиками.

В связи с тем, что основной вклад (свыше 98%) в дозу облучения населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС с реакторами типа ВВЭР вносят инертные радиоактивные газы (аргон, криптон, ксенон), ^{131}I, ^{60}Co, ^{134}Cs, ^{137}Cs, а вклад в дозу облучения населения остальных радионуклидов, обнаруживаемых в выбросах АЭС, пренебрежимо мал, в первую очередь необходимо учитывать дозы облучения населения именно от этих радионуклидов. При этом выброс ^{131}I происходит в виде органических соединений (главным образом, метилйодида CH_3I), аэрозолей и элементарного йода (I_2), выброс долгоживущих радионуклидов ^{60}Co, $^{134}Csи$ ^{137}Cs — в виде аэрозолей. В условиях нормальной эксплуатации АЭС эффективный диаметр радиоаэрозолей в выбросе АЭС в атмосферу менее 1 мкм, поэтому их гравитационным осаждением из облака выбросов на подстилающую поверхность, по сравнению с сухим осаждением и вымыванием осадками, можно пренебречь.

При расчете доз внешнего облучения должны учитываться характеристики радиоактивного загрязнения окружающей среды, режимы поведения населения, а также защитные свойства зданий и сооружений от внешнего γ-излучения радиоактивного облака и выпадений.

Значения метеофакторов, необходимых для расчета доз облучения, могут быть получены от организаций и учреждений, подчиненных Департаменту по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

При оценке доз внутреннего облучения населения необходимо принимать во внимание уровни загрязнения радионуклидами атмосферного воздуха, продуктов, воды, потребление таких продуктов и воды, объем вдыхаемого воздуха. Для обеспечения объективности и повышения точности расчетов при оценке доз облучения, формируемых вследствие потребления загрязненных продуктов питания, должны использоваться официальные статистические данные о годовом потреблении

пищевых продуктов населением Республики Беларусь, полученных в результате выборочного обследования домашних хозяйств Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь. При расчетах, исходя из принципа консервативности, можно допустить, что основные потребляемые населением продукты питания производятся только в личных подсобных хозяйствах, а основным критическим путем загрязнения местной сельхозпродукции является загрязнение растительности и кормов по корневому пути.

Алгоритм обоснования размеров СЗЗ включает: оценку доз облучения населения от газоаэрозольных выбросов при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС на различном удалении от станции, определение максимальной годовой эффективной дозы облучения, определение размера СЗЗ вокруг АЭС. Оценка доз облучения населения может быть выполнена в ручном режиме с использованием формул 1–9.

Расчет годовой эффективной дозы облучения населения от выбросов АЭС проводится по формуле:

$$E = \max_{l} \sum_{s} E_s^l \,, \tag{1}$$

где E_s^l эффективная доза облучения по пути воздействия *s* для лиц из возрастной группы *l* (Зв/год) представляет сумму годовых эффективных доз: от радиоактивного облака E_A^l (формула 2), от выпадений радионуклидов на подстилающую поверхность E_S^l (формула 4), от ингаляционного пути E_I^l (формула 6), за счет перорального пути E_p^l (формула 7).

Расчет индивидуальной эффективной дозы облучения от радиоактивного облака для лиц из возрастной группы *l* проводится по формуле 2:

$$E_A^l(x, n_0) = \sum_r k_A^l \cdot Q_r \cdot R_A^r \cdot G_n^r(x) \,, \quad n_0 = n + \frac{N}{2} \cdot sign(\frac{N}{2} - n) \,, \quad n = \overline{1, N} \,, \tag{2}$$

где *x* — расстояние от источника, м;

n_0 — номер румба куда переносится выброс;

n — номер румба откуда дует ветер;

N — общее число румбов направлений ветра;

Q_r — проектное значение годового выброса радионуклида *r* в атмосферу, Бк/год;

$G_n^r(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления в приземном слое атмосферы для радионуклида *r* на расстоянии *x* от источника в направлении ветра румба *n* (индекс *n* указывает номер румба откуда дует ветер), с/м^3;

R_A^r — коэффициент— дозового преобразования при облучении человека от облака для радионуклида *r*, $\frac{Çâ \cdot ì^3}{ñ \cdot Áq}$;

k_A^l — коэффициент, учитывающий эффекты экранирования γ-излучения от радиоактивного облака зданиями и неполного пребывания лица из возрастной группы *l* на открытой местности.

Расчет коэффициента k_A^l проводится по формуле 3:

$$k_A^l = 1 + \sum_i (k_i^c - 1) \cdot \eta_i^l \,, \quad \sum_i \eta_i^l = \eta^l \,, \tag{3}$$

где k_i^c — средний коэффициент защиты от внешнего гамма-излучения радиоактивного облака для помещения типа *i*;

η_i^l — доля времени в течение года, когда лицо из возрастной группы *l* находится в помещении типа *i*;

η^l — доля времени в течение года, когда лицо из возрастной группы *l* находится в различных помещениях.

При определении коэффициента защиты для проектируемой АЭС возможно консервативное допущение, что все население находится на открытом воздухе.

Расчет индивидуальной эффективной дозы облучения от выпадений радионуклидов выброса АЭС на подстилающую поверхность E_S^l для лиц из возрастной группы *l* проводится по формуле 4.

$$E_S^l(x, n_0) = k_1 \cdot k_2 \cdot k_S^l \cdot \sum_r Q_r \cdot D_n^r(x) \cdot \frac{R_S^r}{\lambda_{ef}^r} \,, \; D_n^r(x) = D_{gn}^r(x) + D_{wn}^r(x) \,, \; \lambda_{ef}^r = \lambda^r + \lambda_b^r \,, \tag{4}$$

где k_1 — безразмерный коэффициент, учитывающий рельеф местности (k_1=0,7);

k_2 — коэффициент—, характеризующий среднегодовое влияние снежного покрова на дозу внешнего облучения;

k_S^l — коэффициент, учитывающий эффекты экранирования гамма-излучения зданиями от радиоактивных выпадений на почву и неполного пребывания лица из возрастной группы *l* на открытой местности;

$D^r_{gn}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор сухого осаждения радионуклида *r* на подстилающую поверхность на расстоянии *x* от источника в направлении ветра румба *n* (м$^{-2}$);

$D^r_{wn}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор влажного выведения радионуклида *r* на подстилающую поверхность на расстоянии *x* от источника в направлении ветра румба *n* (м$^{-2}$);

R^r_S — коэффициент дозового преобразования при облучении от радиоактивно загрязненной ровной поверхности без глубинного распределения для радионуклида *r*, $\frac{Çâ \cdot ì^2}{ñ \cdot Áq}$;

λ^r — постоянная радиоактивного распада нуклида *r* (с$^{-1}$);

λ^r_b — постоянная спада мощности дозы γ-излучения от загрязненной местности за счет экранирования верхними слоями почвы, диффузии в глубь и выведения радионуклида *r* из нее всеми процессами, кроме радиоактивного распада, с$^{-1}$ (принимается равной 1,27×10^{-9}×с$^{-1}$).

Расчет коэффициента k^l_S проводится по формуле 5:

$$k^l_S = 1 + \sum_i (k^g_i - 1) \cdot \eta^l_i \ , \tag{5}$$

где k^g_i — средний коэффициент защиты от внешнего гамма-излучения, обусловленного радиоактивно загрязненной территорией, для помещения типа *i*.

Расчет эффективной дозы облучения за счет ингаляционного пути поступления радионуклидов E^l_I для лица из возрастной группы *l* проводится по формуле 6.

$$E^l_I(x, n_0) = \sum_r Q_r \cdot U_l \cdot R^r_{Il} \cdot G^r_n(x) \ , \tag{6}$$

где U_l — среднегодовая скорость дыхания лица из возрастной группы *l* (м^3/с);

R^r_{Il} — коэффициент— дозового преобразования при ингаляции радионуклида *r* в организм лица из возрастной группы *l* (Зв/Бк).

Расчет эффективной дозы облучения за счет перорального пути E^l_P для лица из возрастной группы *l* проводится по формуле 7:

$$E^l_p(x, n_o) = \sum_r \sum_m Q_r \times I^l_m \times R^r_{lP} \times K^r_{s,m} \left[D^r_{gn}(x) + D^r_{wn}(x)\right], \tag{7}$$

где R^r_{lP} — коэффициент дозового преобразования при заглатывании радионуклида *r* в организм лица из возрастной группы *l*, Зв/Бк;

$K^r_{s,m}$ — коэффициент перехода радионуклидов в пищевые продукты при непрерывных выпадениях в течение года для корневого пути загрязнения, м^2/кг(л);

I^l_m — годовое потребление пищевого продукта *m* лицом из возрастной группы *l*, кг(л).

Максимальная годовая индивидуальная эффективная доза облучения на расстоянии *x* от АЭС в румбе с номером n_0 определяется следующим образом (формула 8):

$$E(x, n_0) = \max_l \sum_s E^l_s(x, n_0). \tag{8}$$

Оценить дозы облучения населения от выбросов при нормальной эксплуатации АЭС можно также с помощью международного программного пакета PC-CREAM-08, рекомендованного для этих целей Научным комитетом ООН по действию атомной радиации [3].

PC-CREAM-08 представляет собой сложную модель, разделенную на части: «Models» и «ASSESSOR». Раздел «Models» включает в себя ряд международных математических моделей («PLUME», «RESUS», «GRANIS», «FARMLAND»), которые предсказывают перенос радионуклидов в окружающей среде и позволяют оценить активность радионуклидов в различных объектах окружающей среды в результате выпадений при нормальной эксплуатации АЭС. Результаты, получаемые на выходе после применения этих моделей, затем используются моделью «ASSESSOR», посредством которой можно оценить дозы облучения населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС. При оценке используется ряд допущений и вводные данные, касающиеся площадки размещения АЭС, уровней выбросов радионуклидов, метеоусловий, местонахождения и возрастной структуры населения и др.

Международная модель «PLUME» — модель атмосферной дисперсии Гаусса для расчета средней концентрации радионуклидов в атмосфере, учитывает вклад дочерних продуктов распада радионуклидов в дозу облучения. Модель позво-

ляет рассчитать скорость осаждения радионуклидов и мощность дозы гамма-излучения от облака на заданных расстояниях, используя в качестве исходных данных для расчетов информацию о выбросе, а именно о типах радионуклидов и среднегодовых величинах их выброса. Модель «PLUME» учитывает процессы сухого и влажного осаждения радионуклидов, а также процессы вымывания радионуклидов с осадками. Для расчета доз внешнего гамма-облучения от осажденных на почву радионуклидов используют модели «ASSESSOR» и «GRANIS». Модель «RESUS» —модель ресуспензии для расчета средней годовой концентрации радионуклидов в воздухе вследствие ресуспензии ранее осажденных радионуклидов. С помощью международной динамической модели миграции радионуклидов по пищевым цепям в результате длительных выпадений из атмосферы —«FARMLAND» — рассчитывается концентрация радионуклидов в пищевых продуктах.

Для определения размера СЗЗ необходимо оценить, на каком расстоянии и в каком направлении от АЭС населением будут получены максимальные дозы облучения, а также не будет ли превышен установленный передел дозы облучения от газоаэрозольных выбросов — 50 мкЗв/год.

Расчет радиус-вектора СЗЗ вокруг АЭС $\boldsymbol{R_{СЗЗ}}$ $\{R_{ÑÇÇ}(n_0=1), R_{ÑÇÇ}(n_0=2),..., R_{ÑÇÇ}(n_0=N)\}$ проводится, исходя из следующих критериальных соотношений (формула 9):

$$Å(\tilde{o}=R_{ÑÇÇ}(n_0),n_0)=E_{\delta}\ ,\quad n_0=n+\frac{N}{2}\cdot sign(\frac{N}{2}-n)\ ,\quad n=\overline{1,N} \tag{9}$$

при условии, что $Å(\tilde{o},n_0)$ при $\tilde{o}>R_{ÑÇÇ}(n_0)$ является монотонно убывающей функцией аргумента.

В формуле 9 используются следующие обозначения:

x — расстояние от источника, м;

n_0 — номер румба, куда переносится выброс;

n — номер румба, откуда дует ветер;

N — общее число румбов направлений ветра;

$R_{СЗЗ}(n_0)$ — радиус-вектор СЗЗ в румбе с номером n_0, м;

$E(x, n_0)$ — годовая эффективная доза облучения репрезентативного лица, проживающего на расстоянии x от источника в румбе с номером n_0, мЗв/год;

E_d — квота на облучение населения от выбросов АЭС, мЗв/год.

Радиус-вектор СЗЗ в случае нескольких источников выброса радиоактивных веществ (например, две вентеляционные трубы энергоблоков) должен отсчитывается от их геометрического центра.

Если в режиме нормальной эксплуатации АЭС за пределами ее промплощадки годовая эффективная доза облучения репрезентативного лица превышает установленную квоту облучения населения от выбросов АЭС ($E>E_d$), то внешняя граница СЗЗ совпадает с изодозной кривой ($E=E_d$). Если в режиме нормальной эксплуатации АЭС за пределами ее промплощадки $E\leq E_d$, то в качестве границы СЗЗ можно принять границу промплощадки АЭС.

Результаты расчетов размеров СЗЗ вокруг АЭС должны представляться в табличном виде и по 16 рассчитанным румбам. В случае, если доза облучения населения от всех газоаэрозольных выбросов проектируемых блоков Белорусской АЭС за пределами промплощадки не превысит квоту облучения населения от газоаэрозольных выбросов при нормальной эксплуатации АЭС, то допускается установление границы СЗЗ по границе промплощадки.

Заключение. Определение размера СЗЗ вокруг Белорусской АЭС должно базироваться на результатах оценки доз облучения населения от выбросов радиоактивных веществ при нормальной эксплуатации станции. При оценке доз облучения населения проживающего вокруг АЭС, должна определяться суммарная годовая эффективная доза облучения населения и эффективная доза облучения за период эксплуатации реакторов АЭС. Внешняя граница СЗЗ должны совпадать с изодозной кривой, на границе которой годовая эффективная доза облучения репрезентативного лица будет равна установленной квоте облучения населения от АЭС. Если за пределами промплощадки годовая эффективная доза облучения репрезентативного лица меньше квоты облучения, то в качестве границы СЗЗ можно принять границу промплощадки.

Изложенные подходы по определению размера СЗЗ вокруг Белорусской АЭС были использованы при разработке Инструкции по применению «Методы расчета и обоснование размеров санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения вокруг атомных электростанций», утвержденной заместителем министра — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 25.02.2013 г., регистрационный номер 001-0113. В данной инструкции отражены основные этапы и методы расчета и обоснование размеров СЗЗ для АЭС с реакторами типа ВВЭР.

Литература

1. Санитарные нормы и правила. Требования к радиационной безопасности: утв. Постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь № 213 от 28.12.2012 г.

2. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы. Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь Респ. Беларусь № 39 от 31.03.2010 г.

3. Smith J. PC-CREAM-08 User Guide. RPD-EA-9-2009 / J. Smith [et al.] // Health Protection Agency. – Didcot, HPA, 2009. – 89 p.

EVALUATION OF THE SANITARY PROTECTION ZONE SIZE AROUND THE BELARUSIAN NUCLEAR POWER PLANT

Nikalayenka A.U., Kenigsberg J.E., Kouts K.P., Kliaus V.V.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

In accordance with the law of the Republic of Belarus «On the use of atomic energy» sanitary protective zone (SPZ) and monitoring zone should be established around all atomic industry facilities. Building of the first Belarusian Nuclear Power Plant led

to the necessity to develop methods of the sanitary protective zone size assessment and justification. There are two possible ways to determine the size of the SPZ: manual calculation and with the use of international software PC-CREAM-08.

Keywords: NPP, sanitary protective zone, effective dose.

Поступила 16.07.2013

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И ЙОДНАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

Николаенко Е.В.[1], Кенигсберг Я.Э.[1], Хмара И.М.[2], Петренко В.С.[3]

[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;

[2]Республиканский центр медицинской реабилитации и бальнеолечения;

[3]Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова, Минск, Беларусь

Реферат. В связи со строительством первой АЭС в Республике Беларусь возникла необходимость изучения фоновой заболеваемости населения, проживающего вокруг АЭС. В 2011–2012 гг. проведено скрининг-обследование детского населения, проживающего в 5 районах, территория которых входит в 30-километровую зону вокруг АЭС. В статье представлены данные о заболеваемости, распространенности тиреоидной патологии, а также йодной обеспеченности детского населения, проживающего в изучаемых районах.

Ключевые слова: АЭС, заболеваемость, щитовидная железа, йод.

Введение. В Республике Беларусь в Островецком районе Гродненской области планируется построить первую Белорусскую атомную электростанцию с двумя реакторами типа ВВЭР-1200, введение в действие первого энергоблока планируется в 2018 г. В 30-километровую зону вокруг Белорусской АЭС будут входить 5 районов Гродненской, Витебской и Минской областей. После вода в эксплуатацию первого блока АЭС, потребуется проводить оценку воздействия АЭС на здоровье населения, с этой целью необходимо до пуска первого энергоблока провести оценку так называемой «фоновой» заболеваемости населения, проживающего вокруг АЭС.

В рамках Государственной программы «Научное сопровождение развития атомной энергетики в Республике Беларусь на 2009–2010 гг. и на период до 2020 г.» в 2011–2012 гг. проведено скрининг-обследование 947 детей и подростков в возрасте 6–16 лет, постоянно проживавших в 5 районах, расположенных вокруг будущей Белорусской АЭС. По данным ежегодной статистической отчетности за период 2010–2011 гг. проведен анализ заболеваемости детского населения изучаемого региона. Полученные данные о заболеваемости детского населения будут являться «фоновыми» при оценке заболеваемости населения, проживающего вокруг Белорусской АЭС. Данные о йодной обеспеченности детского населения данного региона будут использоваться при изучении заболеваемости щитовидной железы, обусловленной йодной недостаточностью или выбросами радиоактивного йода в атмосферу в случае аварии на АЭС. Определение уровня йодной обеспеченности также позволит разработать профилактические мероприятия по коррекции йодной недостаточности среди населения изучаемого региона.

Цель работы — определить фоновый уровень заболеваемости и оценить йодную обеспеченность детского населения, проживающего в регионе воздействия Белорусской АЭС.

Материал и методы. В 2011–2012 гг. проведено скрининг-обследование в 5 районах, территория которых входит в 30-километровую зону вокруг будущей Белорусской АЭС: Островецком, Ошмянском, Сморгонском районах Гродненской области, Мядельском районе Минской области, Поставском районе Витебской области. Для проведения скрининг-обследования выбрано детское население, являющееся, по рекомендациям ВОЗ, наиболее значимой возрастной группой населения для установления наличия йодного дефицита, данная возрастная группа в будущем, после пуска первого блока АЭС, будет жить и работать в данном регионе.

Скрининг-обследование включало осмотр педиатра и эндокринолога, ультразвуковое исследование щитовидной железы, определение уровня экскреции йода с мочой, интервьюирование для оценки анамнеза, встречаемости болезней в семье, особенности проживания и питания, проведение йодной профилактики. Всего было обследовано 947 детей, из них 922 (90,5%) ребенка прошли клиническое обследование, 900 — эндокринологический осмотр, пройти интервьюирование согласилось только 890 (87,3%) человек. Средний возраст обследованных детей — 10,3±0,1 года, возрастная группа 6–9 лет составила 46,0% , 10–13 лет — 37,1% , 14–16 лет — 16,9%. Проведен анализ заболеваемости детского населения по данным статистических испытаний о медицинской деятельности за 2010–2011 гг. в исследуемых 5 районах.

Уровень экскреции йода определяли в утренних пробах мочи у 899 детей (88,2%), не принимавших препараты йода и не использовавших настойки йода в течение недели до обследования. Определение экскреции йода с мочой выполняли эталонным церий-арсенитным спектрофотометрическим методом с предшествующим озолением образцов хлорноватой кислотой (реакция Санделл–Кольтхофф).

Результаты и их обсуждение. По данным статистической отчетности, существенных различий в уровне и характере заболеваемости детского населения в 5 исследуемых районах не отмечено. Острые заболевания органов дыхания составили 79,8% от всех зарегистрированных случаев заболеваний, болезни глаза и его придаточного аппарата — 5,7%, органов пищеварения — 4,4%, кожи и подкожной клетчатки — 3,0%, врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения — 1,8%.

Среди новорожденных детей, родившихся от здоровых родителей, с нормально протекавшей беременностью и родами (оценка по шкале Апгар 8–9 баллов), не болевших в роддоме и у которых не были зарегистрированы пограничные состояния в ранний неонатальный период, повлиявшие на состояние их здоровья, 18,1% составили дети с I, 78,3% — II, 3,5% — III, 0,1% — IV группой здоровья.

За исследуемый период зарегистрировано 665 случаев (около 2%) эндокринной патологии среди детей и подростков (0–17 лет). Наиболее часто тиреоидная патология встречалась у детей в возрас-

те старше 10 лет, так, 42,5% эндокринной патологии зарегистрировано у детей 10–14 лет и 42,1% — 15–17-летних. Простой нетоксический зоб занимал первое место по распространенности среди детей — 53,3% , достаточно часто встречалось ожирение — 13,1%, аутоиммунный тиреоидит — 6,7%, сахарный диабет 1-го типа — 3,4%, узловой зоб — 3,3%, диффузный токсический зоб — 1,9%, гипотиреоз приобретенный — 0,4%, врожденный гипотиреоз — 1,1%, нарушения менструального цикла встречались у 14% девочек.

По состоянию на конец 2011 г. были признаны инвалидами 1,7% детей, проживающих в исследуемом регионе. Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения установили у 2% детей. За период с 2010 по 2011 г. инвалидность выросла с 0,04 до 0,3%. Наибольший ее прирост отмечался у детей до 1 года и в возрасте 5–14 лет, что обусловлено манифестацией аутоиммунных заболеваний различной этиологии и патогенеза. Наибольшего значения инвалидность достигала к возрасту 15–17 лет и составляет 2,4%.

В результате клинического осмотра при проведении скрининг-обследования детей, проживающих в 5 исследуемых районах, к I группе здоровья (практически здоров) были отнесены 25,8%, II группе — 65,2% и к III — 9% детей. Наиболее частыми нарушениями в состоянии здоровья обследованных детей являлись: кариес — 39,5%, нарушения осанки — 23,5%, нарушение зрения — 9,3% детей, гипертрофия небных миндалин I–II степени отмечалась у 17,6% обследованных. При этом 5,6% детей предъявляли жалобы на состояние здоровья (слабость, сонливость, быструю утомляемость и т.д.). При аускультации установлены функциональные шумы в области сердца (верхушка, V точка) у 4,6% детей, которым требовалось дополнительно провести эхокардиографию с консультацией кардиолога.

Эндокринологические заболевания выявлены у 34,3% обследованных детей (309 человек), изменения в щитовидной железе — у 19,2% (174 человека), из них у 124 (13,7%) детей поставлен диагноз простой нетоксический зоб (таблица 1).

У 0,9% детей выявлены аутоиммунные процессы в щитовидной железе и некоторым из них требовалось дополнительное обследование с целью уточнения диагноза. Диагнозы узловой и многоузловой зоб установлены у 0,4% детей. Признаки узлового зоба и аутоиммунных процессов с поражением тиреоидной ткани в 84% случаев диагностировали у детей старше 10 лет. Дополнительное гормональное обследование по поводу гипотиреоза на фоне гипоплазии щитовидной железы требовалось 50% детей в возрасте до 10 лет. Эхоструктурные нарушения тиреоидной ткани чаще всего диагностировались у детей Поставского района — 10,8% (рисунок 1). Частота встречаемости гиперплазии щитовидной железы среди обследованных детей не зависела от района проживания. Гормональные нарушения, требующие углубленного эндокринологического обследования, гипофизарно-надпочечниковой и/или гипофизарно-гонадальной осей впервые были выявлены у 1,6% , ожирение и избыток массы тела —у 2,9% и 9,5% детей соответственно, из них у 1 ребенка установлено нарушение толерантности к глюкозе. Ожирение среди мальчиков встречалось чаще, чем у девочек: 8 девочек (1,6%) и 18 мальчиков (4,5%) ($\chi^2 = 5,6$; p=0,02).

Таблица 1 — Результаты эндокринологического осмотра

Соматический признак	Число обследованных	
	абс.	%
Простой нетоксический зоб	124	13,8
Избыток массы тела	86	9,6
Ожирение	26	2,9
Простой нетоксический зоб. Аутоиммунный тиреоидит (?)	17	1,9
Гипоплазия ЩЖ. Гипотиреоз (?)	16	1,8
Аутоиммунный тиреоидит	8	0,9
Гипотиреоз	3	0,3
Многоузловой зоб	2	0,2
Узловой зоб	2	0,2
Аплазия доли ЩЖ. Гипотиреоз (?)	2	0,2
Другие заболевания	23	2,6
Итого:	309	34,3

Примечание — (?) Диагноз не уточнен и требуется дополнительное обследование.

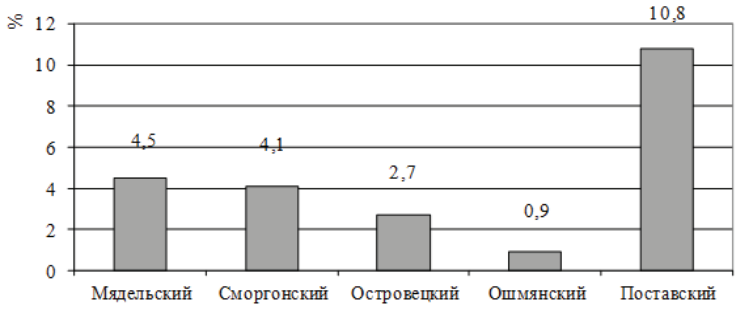


Рисунок 1 — Доля детей с эхоструктурными нарушениями, проживающих в исследуемых районах (% от всех обследованных детей данного района)

При возрастной оценке роста и веса у 80,5% обследованных определили гармоничное физическое развитие, из них: среднее — у 65,6%, выше среднего — у 10,4%, высокое — у 2,9% и ниже среднего — у 1,6% детей. Дисгармоничное физическое развитие установили у 19,5% детей, из них: среднее — у 15,9%, выше среднего — у 2,5%, высокое — у 0,3% и ниже среднего — у 0,8% детей.

Йодная обеспеченность. Средний уровень экскреции йода с мочой у обследованных детей, проживающих в 2011–2012 гг. в исследуемых районах, составил 226,12±7,79 мкг/л (медиана 188,3 [111,8; 287,5] мкг/л), что согласно критериям ВОЗ свидетельствует о достаточной обеспеченности данным микроэлементом детской популяции. Повышенные уровни экскреции йода определялись у детей всех возрастов: у 22,1% детей концентрация йода в моче превышала 300 мкг/л, у 5,6% уровень йода в моче был выше 500 мкг/л.

Небольшая группа обследованных детей (186, или 20,7%) имела дефицитарные уровни содержания йода в моче. Дефицит легкой степени выраженности отмечался в 74,2% случаев от всех выявленных йоддефицитных состояний, средняя концентрация йода в моче у таких детей составила 77,32±1,15 мкг/л. Йодный дефицит тяжелой и средней степени тяжести установлен у 25,8% (5,3% от общего числа обследованных) (таблица 2). Частота встречаемости йодурии, свидетельствовавшей о дефиците йода, у детей в возрастной группе 6–10 лет была выше на 10,3%, чем у 14–16 лет.

По мере снижения средних значений содержания йода в моче обследованные районы можно расположить в следующей очередности: Островецкий, Мядельский, Поставский, Ошмянский и Сморгонский. Наибольшее количество детей с дефицитарными уровнями йодурии выявлено в Сморгонском и Ошмянском районах: 36,9% и 31,9% соответственно (таблица 3, рисунок 2).

Таблица 2 — Выраженность йодного дефицита

Йодный дефицит	Диапазон значений, мкг/л			Число случаев	
				абс.	%
Тяжелый	средняя	<20	10,50±1,97	10	5,4
	медиана		18,00 [4,30; 14,50]		
Средней тяжести	средняя	20–49,9	36,18±1,34	38	20,4
	медиана		34 [31,00; 44,50]		
Легкий	средняя	50–99,9	77,32±1,15	138	74,2
	медиана		78,50 [65,80; 88,50]		
Всего	средняя	0–99,9	65,31±1,80	186	100,0
	медиана		70,15 [49,30; 86,00]		

Таблица 3 — Уровень йодурии у обследованных детей в зависимости от региона проживания

Район	Количество обследованных, n	Уровень экскреции йода с мочой, мкг/л		
		средняя	медиана	диапазон
Островецкий	338	286,4	229,5	4,3–5000,0
Мядельский	161	218,3	197,0	13,0–892,0
Поставский	170	201,4	153,2	36,0–825,0
Ошмянский	119	168,5	154,3	0–661,3
Сморгонский	111	161,9	128,2	0–690,0

Меньше всего йоддефицитных состояний зарегистрировано у детей, проживающих в Островецком районе (11,0%), при этом 81,6% из них имели йодный дефицит легкой степени тяжести, 13,1% — средней степени и 5,3% — тяжелой степени.

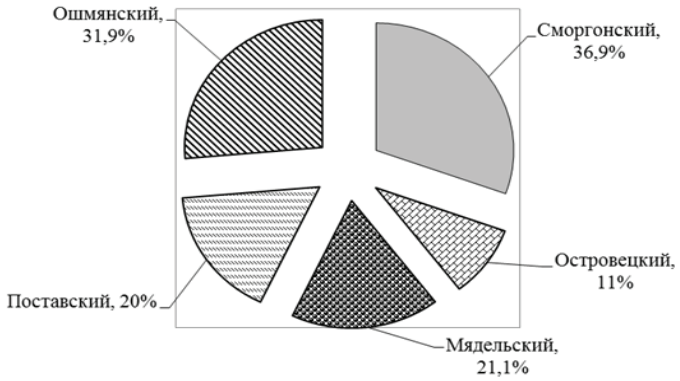


Рисунок 2 — Доля детей с уровнем экскреции йода на дефицитарном уровне

В результате анкетирования установлено, что основным источником йода для населения изучаемого региона являются йодированная соль и йодсодержащие добавки, а употребление морепродуктов и рыбы не оказывает существенное влияние на повышение уровня йодурии. У детей, постоянно употреблявших йодированную соль, у 75% уровни экскреции йода с

мочой выше124 мкг/л, у 36% — более 500 мкг/л, дефицитарные уровни йода в моче встречались только у 10,4% детей. Для сравнения, у детей, в семьях которых периодически использовали йодированную соль, йодный дефицит встречался в 19% случаев. У 25% детей 6–16 лет, не употреблявших обогащенную йодом соль, уровень экскреции йода был ниже на 87,0 мкг/л. При применении препаратов йода, содержание микроэлемента в моче в 75% случаев составляло более 198,8 мкг/л. Однако при повторном приеме в течение года поливитаминных препаратов отмечено снижение экскреции йода с мочой (Rs = -0,19, β = 0,16, при F = 18,2 и p = 0,00002), что возможно связано с другими микроэлементами, влияющими на включение йода в процессы метаболизма и снижающими его экскрецию.

Заключение. Структура общей заболеваемости у детей изучаемого региона не отличается от общереспубликанской, не отмечено различий и в структуре заболеваемости детей, проживающих в разных районах. По результатам скрининг-обследования 91% детей имеют состояние здоровья соответствующее I и II группам здоровья. В исследуемом регионе 79,8% зарегистрированных заболеваний составляли острые заболевания органов дыхания, 5,7% — болезни глаза и его придаточного аппарата, 4,4% — органов пищеварения, 3,0% — кожи и подкожной клетчатки, врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения — 1,75% , инвалидами признано 1,7% детей (по состоянию на 2011 г.).

Наиболее частыми нарушениями в состоянии здоровья обследованных детей являются: кариес, нарушения осанки, зрения, гипертрофия небных миндалин I–II степени. Заболевания эндокринной системы выявлены у 28,3% детей, из них наибольшую долю занимает патология щитовидной железы: зоб, аутоиммунный тиреоидит, узловой и диффузный токсический зоб и приобретенный гипотиреоз. Достаточно часто встречались избыток массы тела и ожирение, сахарный диабет 1-го типа.

В результате изучения йодной обеспеченности детей, проживающих вокруг Белорусской АЭС, установлено, что средний уровень экскреции йода с мочой составляет 226,12±7,79 мкг/л, что указывает на достаточную йодную обеспеченность детей и подростков. Уровни экскреции йода в моче более 300 мкг/л встречались у 22,1% обследованных детей, у 5,6% детей — выше 500 мкг/л. Дефицит йода встречался у 20,7% детей, при этом йодный дефицит тяжелой степени тяжести — у 1,1% детей (йодурия — менее 20 мкг/л). Йодный дефицит у детей Островецкого района встречался реже (11,0%), чем у детей из других районов. Основным источником йода для населения изучаемого региона являлись йодированная соль и йодсодержащие добавки.

Литература

1. Assessment of Iodine Deficiency Disorders and Monitoring their Elimination a guide for programme managers. – Second edition / World Health Organization. – Geneva, 2001.

2. Данн, Д. Практическое руководство По устранению йодной недостаточности : техн. пособие ВОЗ, ЮНИСЕФ и ICCIDD / Д. Данн, Ф.Ван дер Хаар. – 1994. — № 3. – 59 с.

3. Данилова, Л.И. Эндемический зоб: особенности диагностики, лечения и профилактики в различных возрастных группах населения : метод. рекомендации / Л.И. Данилова, Е.А. Холодова, А.Н. Стожаров. – Минск, 1996. – 30 с.

4. Йодный дефицит в Беларуси и методы его коррекции и профилактики : метод рекомендации / Т.В. Мохорт [и др.]. – Минск, 2001. – 22 с.

MORBIDITY AND IODINE STATUS OF THE CHILDREN FROM DISTRICTS AROUND THE BELARUSIAN NPP

Nikalayenka A.U.[1], Kenigsberg J.E.[1], Hmara I.M.[2], Petrenko V.S.[3]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[2]Republic Center for Medical Rehabilitation and Balneotherapy;

[3]International Sakharov Environmental University, Minsk, Belarus

In connection with the construction of the first nuclear power plant in Belarus there was the need to study the background incidence of disease of people living around the nuclear power plant. In 2011—2012 years there was conducted a screening survey of children from five districts which territory is situated in the 30-km zone around the NPP. There are findings about surveys morbidity, the thyroid diseases prevalence and iodine status of the children population of the study region in the article.

Keywords: NPP, morbidity, thyroid, iodine.

Поступила 28.06.2013

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИИ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН

Полька Н.С., Махнюк В.М.

Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева Национальной академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Реферат. Объектом исследования были материалы по государственной санитарно-эпидемиологической экспертизе, проекты строительства промышленных предприятий, новые нормативные документы санитарного и градостроительного законодательства.

Ключевые слова: новые нормативные документы санитарного и градостроительного законодательства, государственная санитарно-эпидемиологическая экспертиза, проекты строительства и реконструкции промышленных предприятий, санитарно-защитные зоны.

Введение. Современные процессы социально-экономических преобразований в Украине, особенно переход к рыночной экономике и установление стоимости земли, существенно влияют на формирование градостроительной политики в стране. В этих условиях обостряются существующие и возникают новые проблемы гигиены планировки и застройки населенных мест и практики осуществления государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

В 2010−2012 гг. в Украине с целью создания благоприятных условий для ведения бизнеса и развития строительных отраслей упрощены разрешительные и согласовательные процедуры для осуществления градостроительной деятельности. Для этого проведены реформы в целом ряде ведомств, в том числе и в здравоохранении Украины.

Новыми градостроительными законами 2010−2011 гг., в частности Законом Украины «О регулировании градостроительной деятельности» [1] упразднены функции государственной санитарно-эпидемиологической службы по осуществлению предупредительного госсанэпиднадзора в Украине на всех его этапах: при отводе земельного участка под строительство, проектировании, строительстве объектов и вводе их в эксплуатацию. Этими законами внесены соответствующие изменения в Закон Украины «Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения», а именно в статьи, касающиеся предупредительного госсанэпиднадзора в области градостроительства [2].

Цель работы — научное гигиеническое сопровождение проектов строительства и/или реконструкции промышленных предприятий и организации санитарно-защитных зон (СЗЗ) в условиях нового санитарного и градостроительного законодательства.

Материал и методы. В результате проведенных научных исследований изучены и проанализированы существующие нормативные документы санитарного и градостроительного законодательства, которые касаются проведения санитарно-эпидемиологической экспертизы строительства или реконструкции промышленных предприятий, организации СЗЗ.

Использованы методы санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов строительства промышленных предприятий, анализа существующего санитарного и градостроительного законодательства

Результаты и их обсуждение. В соответствии с Указом Президента Украины «О Положении о Государственной санитарно-эпидемиологической службе Украины» [3] государственная санитарно-эпидемиологическая служба Украины является отдельным органом центральной исполнительной власти с наделенными полномочиями по реализации государственной политики в сфере обеспечения санитарного и эпидемического благополучия населения страны.

Функции государственной санитарно-эпидемиологической службы по осуществлению предупредительного госсанэпиднадзора в Украине упразднены новыми градостроительными законами, и единственным элементом предупредительного госсанэпиднадзора на законодательном уровне является рассмотрение схем районной планировки и генпланов городов.

При рассмотрении генпланов крупных городов с промышленными центрами в ходе проведения санитарно-эпидемиологической экспертизы выявлены наиболее острые гигиенические проблемы планировки и застройки городов:

– планировка и застройка городов приобретает стихийный характер и зачастую проводится без соблюдения требований градостроительного и санитарного законодательства при реализации генпланов;

– нарушается функциональное зонирование территории, не осуществляется вынос жилой застройки из СЗЗ предприятий I–II классов опасности;

– наблюдается сверхнормативное загрязнение атмосферного воздуха, воды водоемов, почвы, крупномасштабное накопление неутилизированных промотходов;

– недостаточно развита система утилизации и обезвреживания твердых бытовых отходов и промотходов, отсутствуют мусороперерабатывающие заводы;

– централизованные системы водоснабжения, канализации в большинстве городов при увеличении плотности застройки не соответствуют современным потребностям (недостаточная мощность, изношенность сетей, недостаточная эффективность очистных сооружений и др.).

Одним из наиболее актуальных вопросов, связанных со строительством или реконструкцией промпредприятий, является определение СЗЗ.

При соответствующем обосновании в отдельных случаях предусматривается вынесение жилых и общественных зданий с прилегающих территорий, в противном случае расширенное производство переносится на другие площадки, более удаленные от селитебной зоны. По данным Института гигиены и медицинской экологии, в границах нормативных СЗЗ предприятий проживает в целом по Украине около 700 000 человек, наибольшее количество — в Донецкой, Луганской, Днепропетровской и Львовской областях.

Согласно новому генплану г. Донецка, например, в пределах нормативных СЗЗ предприятий I–III классов опасности проживает 33 000 человек.

Ситуация усложняется тем, что санитарное законодательство в части рассмотрения и согласования госуправлениями государственной санэпидслужбы Украины генпланов городов и схем районной планировки практически не выполняется и фактически эта работа осуществляется экспертами по вопросам санитарного и эпидемического благополучия населения в экспертных подразделениях Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины.

С целью решения вышеуказанных проблем и усовершенствования деятельности госсанэпидслужбы при рассмотрении вопросов размещения конкретных предприятий и производств на территории населенных мест, а также установления или изменения размеров СЗЗ для них по материалам соответствующего обоснования создана специальная Экспертная комиссия при Главном государственном санитарном враче Украины, в состав которой входят ведущие ученые и практики страны в области гигиены окружающей среды [4−5]. В компетенцию Экспертной комиссии входит решение вопросов установления и изменения размеров СЗЗ для предприятий и производств I–III класса опасности.

За период работы Экспертной комиссии (2010−2013 гг.) на 23 заседаниях было рассмотрено 400 проектных работ по установлению размеров СЗЗ для предприятий, из них — 35 асфальтобетонных заводов, 23 металлургические предприятия, 7 ветроэлектростанций, 5 объектов машиностроения и др.

При решении вопросов установления или изменения размеров СЗЗ для предприятий и производств I–III класса опасности на заседании Экспертной комиссии учитывались конкретные условия и материалы, представленные в проектах, а именно:

– соответствие целевого назначения земельного участка, который отводится под размещение предприятия;

– зонирование производственной территории с оптимальным удалением источников выбросов от ближайшей селитебной территории. Этот принцип предусматривает рациональное размещение на промплощадке производственных объектов и оборудования, являющихся источниками выбросов в окружающую среду вредных веществ, шума и других опасных факторов, обеспечивая оптимальное удаление этих объектов от жилой застройки. При этом должно быть учтено количество

и полнота состава организованных и неорганизованных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, возможность их суммации и обеспечения соответствующей высоты выбросов для эффективного рассеивания и предотвращения загрязнения атмосферного воздуха на прилегающей жилой застройке;

– соответствие принятой технологии производства современным наиболее экологобезопасным технологиям;

– использование современных безотходных и малоотходных технологий с автоматизацией и герметизацией процессов, высокоэффективных систем пылегазоочистки и пылеподавления, а также шумозащиты будет способствовать уменьшению негативного воздействия предприятия на окружающую среду, условия проживания и здоровье населения;

– обеспечение нормативных уровней вредных факторов (химические, физические, биологические), создаваемых предприятием в окружающей среде, на границе жилой застройки и приравненных к ней общественных объектов в соответствии с «Государственными санитарными правилами охраны атмосферного воздуха населенных мест (от загрязнения химическими и биологическими веществами). ДСП-201-97», «Санитарными нормами допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки. СН № 3077-84» [6, 7];

– организация озеленения СЗЗ предприятия для обеспечения уменьшения загрязнения атмосферы и снижения уровней шума, а также психогенного влияния на жителей прилегающей жилой застройки и приравненных к ней объектов;

– публичность, которая заключается в информировании населения ближайшей жилой застройки о планируемой деятельности предприятия, проводимых природоохранных мероприятиях и в последующем положительное решение общественных слушаний в соответствии с ДБН А.2.2-1-2003 «Состав и содержание материалов оценки воздействий на окружающую среду (ОВОС) при проектировании и строительстве предприятий и сооружений» [8].

Рассмотрено 18 проектов реконструкции предприятий цветной металлургии (из них алюминиевый комбинат в г. Первомайске Харьковской области, предприятие ООО «Донметсплав» в г. Славянске, ООО «ТПК Укрсплав», ООО «Донсплав», ООО «Скрап» в г. Донецке, ЗАО «Сплавы Украины» в с. Горенка Киевской области, ООО «Афалина» (г. Харьков), предприятие ООО «Запорожский завод цветных сплавов», КП «Запорожский титано-магниевый комбинат» в г. Запорожье, ОАО «Мегатекс» в г. Константиновке и др.)

Так, на последнем заседании экспертной комиссии (28.05.2013 г.) для Антрацитовского филиала ООО «Украинская алюминиевая компания «Солур» (с. Колпаково Антрацитовского района Луганской области) была рекомендована к утверждению сроком на 1 год СЗЗ размером 550 м в северно-восточном и 1000 м во всех остальных направлениях на основании внедрения современной технологии производства и природоохранных мероприятий, что обеспечит:

– уменьшение потерь металла на угар (до 2%) за счет автоматического управления составом воздушной среды печи;

– уменьшение количества используемого природного газа на 40−45% за счет рекуперации тепла отходящих газов и дожига органических компонентов, содержащихся в сырье;

– существенное уменьшение количества выбросов и шлаков за счет внедрения бесфлюсовой технологии выплавки вторичного алюминия;

– уменьшение на 40−50% количества дымовых газов за счет оптимизации процесса сжигания природного газа и уменьшения температуры выбросов до 160−250°С (увеличение эффективности улавливания выбросов на газоочистном оборудовании и рукавных фильтрах);

– использование в системе продувки аргона (система ALU-TREAT), что дает возможность уменьшить на 80% количество окислов и флюсов в сплаве алюминия и уменьшить соответственно выбросы этих компонентов в рабочую зону и окружающую среду.

Экспертной комиссией рекомендовано на протяжении 1 года после введения предприятия в эксплуатацию на проектную мощность провести мониторинг состояния загрязнения окружающей среды для подтверждения установленной СЗЗ.

По результатам проведенной научной санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов по установлению СЗЗ с необходимым обоснованием снижения неблагоприятного воздействия на окружающую среду, а, следовательно, и здоровье проживающего и работающего населения, предложены изменения размеров СЗЗ для предприятий цветной металлургии, которые учитывают мощность предприятий, подлежащих реконструкции и модернизации, при условии обеспечения гигиенических нормативов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и шума (по расчетным и натурным исследованиям) в таких размерах:

– для предприятий по производству алюминия, меди и сплавов с вторичного сырья мощностью более 15,0 тыс.т/год и для производства алюминия-сырца — 1000 м;

– для предприятий по производству алюминия, меди и сплавов из вторичного сырья мощностью до 15,0 тыс.т/год и для производства катодной меди электролизным способом мощностью более 500 т/год — 500 м;

– для производства титана и титаносодержащей продукции — 1000 м.

Обоснованы размеры СЗЗ для ветровых электростанций (ВЭС): мощностью до 20 мВт (с ветроэлектроустановками 100 кВт) — 400 м; мощностью до 300 мВт (с ветроэлектроустановками 2 мВт) — 700 м.

Разработаны и утверждены новые нормативные размеры СЗЗ для предприятий по добыче природного газа для объектов бурения газовых скважин:

– с использованием дизельных двигателей — 500 м;

– с использованием электроприводов — 300 м;

– для газовых скважин, введенных в эксплуатацию с подключением к газопроводу — 300 м.

За последние 5 лет в ГУ «ИГМЭ им. А.Н. Марзеева НАМНУ» разработаны и утверждены МЗ Украины нормативные документы:

1.Внесены изменения в «Государственные санитарные правила планирования и застройки населенных пунктов. ДСП № 173-96»:

1.1. Утверждены размеры СЗЗ для предприятий по добыче природного газа (приказ МЗ Украины № 362 от 02.07.2007 г.);

1.2. Утверждены нормативы озеленения придомовых территорий жилых кварталов и зеленых зон селитебных территорий(приказ МЗ Украины № 653 от 31.08.2009 г.).

2. Государственные санитарные нормы и правила:

2.1. «Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком. ДСанПиН 2.2.4-171-10»;

2.2. «Содержание территорий населенных мест» — приказ МЗ Украины № 145 от 17.03.2011 г.

Кроме этого, обоснованы и утверждены новые гигиенические нормативы для атмосферного воздуха населенных мест:

– диоксид азота — 0,2 мг/м³ (постановление Главного государственного санитарного врача Украины № 18 от 04.06.2010 г.)

– нафталин —0,007 мг/м³ (постановление Главного государственного санитарного врача Украины № 3 от 23.01.2008 г.).

3. Разработаны и находятся на утверждении:

– изменения к ДСанПиН 2.2.7.029-99 «Гигиенические требования к обращению с промышленными отходами и определение их класса опасности для здоровья населения», касающиеся определения классов опасности промышленных отходов с учетом химической, биологической и радиационной компоненты.

– Государственные санитарные нормы и правила «Санитарно-гигиенические требования к автозаправочным станциям (комплексам)».

Заключение. С целью усовершенствования эффективности государственного санитарно-эпидемиологического надзора главными управлениями Государственной санитарно-эпидемиологической службы Украины в области гигиены промышленного строительства основными перспективными направлениями деятельности ГУ «ИГМЭ им. А.Н. Марзеева НАМНУ» остаются:

– научное сопровождение деятельности Государственной санитарно-эпидемиологической службы Украины по вопросам осуществления государственного санитарно-эпидемиологического надзора за действующими промышленными предприятиями и организации СЗЗ для них;

– разработка современной методологии комплексной гигиенической оценки проектных решений планировки и застройки крупных промышленных городов;

– научное обоснование усовершенствования санитарной классификации промышленных предприятий (с учетом мощностей, внедрения современных технологий и природоохранных мероприятий);

– пересмотр классов опасности производств различных отраслей промышленности, в том числе широко распространенных металлургических предприятий по вторичной переработке цветных и черных металлов с дифференциацией по мощности и внедрению современных технологий, оборудования, пылегазоочистных систем и др.;

– проведение государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы проектных материалов по обоснованию установления СЗЗ для промышленных предприятий I–II класса опасности с оценкой риска для здоровья населения.

Литература

1. О регулировании градостроительной деятельности [Электронный ресурс]: Закон Украины № 3038-VI. от 17.02.2011 г. – Режим доступа: http://zakon1.rada.gov.ua/documents/3038-06=20110217. – Дата доступа: 20.04.2013.

2. Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения [Электронный ресурс]: Закон Украины № 4004-XII от 24.02.1994 г. – Режим доступа: http://zakon1.rada.gov.ua/documents/4004-12=19940224. – Дата доступа: 20.04.2013.

3. О Положении о Государственной санитарно-эпидемиологической службе Украины [Электронный ресурс]: Указ Президента Украины № 400/2011 от 6.04.2011 г. – Режим доступа: www.president.gov.ua/documents/400-2011_20110406. – Дата доступа: 20.04.2013.

4. Об утверждении Положения об экспертной комиссии по вопросам установления и изменения размеров санитарно-защитных зон при главном государственном санитарном враче Украины: Приказ МЗ Украины № 187 от 03.03.2010 г.

5. Об утверждении перечня и состава экспертных комиссий по проведению государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы в особенно сложных случаях: Приказ Гос. сан.-эпид. службы Украины № 144 от 03.12.2012 г.

6. Государственные санитарные правила охраны атмосферного воздуха населенных мест от загрязнения химическими и биологическими веществами: ДСП-201-97.

7. Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки: СН № 3077-84.

8. Состав и содержание материалов оценки воздействий на окружающую среду (ОВОС) при проектировании и строительстве предприятий и сооружений: ДБН А.2.2-1-2003.

HYGIENE ISSUES WHEN DESIGNING NEW AND RECONSTRUCTION OF EXISTING INDUSTRIAL ENTERPRISES AND ORGANIZATIONS OF SANITARY PROTECTION ZONES

Polka N.S., Makhniuk V.M.

A.N. Marzeyev Institute for Hygiene and Medical Ecology, Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The objects of research were the materials on the state sanitary-epidemiological expertise, projects, construction of industrial enterprises, the new regulations of health hand town planning legislation.

Keywords: new sanitary regulations and town planning legislation, the state sanitary-epidemiological expertise, construction and reconstruction of industrial enterprises, the protection zones.

Поступила 28.06.2013

РОЛЬ ХЛОРИРОВАННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В РАЗВИТИИ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ

Прокопов В.А., Гуленко С.В.

Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева Академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Реферат. В работе приводится анализ и оценка полученных авторами в течении последних лет данных относительно загрязнения водопроводной питьевой воды токсичными хлорорганическими соединениями (ХОС). Мониторинг хлорирован-

ной питьевой воды выявил превышение ПДК ХОС, в частности хлороформа, в 2–4 и более раз в случае получения воды из поверхностных водоисточников.

Онкоэпидемиологическим исследованием на популяционном уровне (г. Черкассы и г. Чернигов) установлены связи и количественные зависимости риска возникновения онкологической патологии, в частности рака ободочной кишки и мочевого пузыря, при длительном употреблении хлорированной питьевой воды.

Ключевые слова: хлорированная питьевая вода, побочные продукты дезинфекции, онкозаболеваемость, эпидемиологическое исследование

Введение. Последние несколько десятилетий характеризуются нарастающим негативным влиянием факторов природной среды на популяцию, которое приводит к ухудшению демографических показателей и состояния здоровья различных групп населения. В большинстве стран мира, в том числе и в Украине, за последние 100 лет уровень заболеваемости и смертности от онкопатологии переместился с десятого места на второе, уступая лишь болезням сердечно-сосудистой системы. По данным ВОЗ, каждый год вновь заболевают 10 млн человек, более 45 млн ежегодно погибают от злокачественных новообразований, более 7 млн находятся под наблюдением врачей по поводу данной патологии [1].

В Украине онкологическая заболеваемость имеет стабильную тенденцию к приросту на 2,6–3% в год и рак продолжает «молодеть». Украина занимает первое место в Европе по темпам распространения рака и второе место по числу жителей, скончавшихся от рака. Основными причинами смерти являются злокачественные новообразования в легких, желудке, прямой и ободочной кишке, предстательной железе (у мужчин), молочной железе, яичниках, шейке матки (у женщин). Рассматривая этиологические причины формирования повышенной онкологической заболеваемости населения, обусловленной огромной совокупностью факторов, прежде всего, следует отметить факторы окружающей среды (канцерогенные факторы). По оценке Международного агентства по исследованию рака (МАИР) о степени опасности для человека отдельных веществ, групп соединений или технологических процессов, факторы окружающей среды приводят к возникновению 80% от всех злокачественных опухолей у человека, при этом 70–80% из них обусловлены действием именно химических канцерогенов [2, 3].

Питьевая вода, не отвечающая нормативным требованиям, является значимым фактором риска, оказывающим существенное влияние на уровень здоровья людей. Роль водного фактора в развитии неинфекционных заболеваний связывают с показателями химического загрязнения питьевой воды, к числу которых относятся и ХОС, образующимся в процессе дезинфекции природной воды, особенно поверхностных водоисточников. Основными продуктами при дезинфекции природной воды хлором являются тригалогенметаны (ТГМ). По данным ВОЗ, указанная группа ХОС относится к II классу опасности, обладает высокими канцерогенными свойствами, проявляет токсичные, мутагенные эффекты и имеет высокую биопроницаемость. Результаты исследований МАИР показали, что данные вещества являются одними из приоритетных потенциальных канцерогенов, постоянно присутствующими в хлорированной питьевой воде из поверхностных водоисточников [4**,** 5].

В Украине 80% питьевой воды производится за счет поверхностных вод с применением в качестве дезинфектантов хлора или хлорсодержащих реагентов. Неудовлетворительное качество воды поверхностных водоисточников в связи с возрастающей на них антропогенной нагрузкой требует использования для очистки и обеззараживания повышенных доз хлора, что влечет за собой изменение химического состава водопроводной воды, в том числе и за счет образующихся побочных продуктов дезинфекции. Последние при традиционной технологии водоподготовки, что используется на водопроводных станциях страны, практически не удаляются и транзитом поступают в питьевую воду.

Присутствие токсичных ХОС в хлорированной питьевой воде в отдельных регионах Украины подвергает большие группы населения негативному влиянию этих веществ, классифицированных как канцерогенные или возможно канцерогенные для человека.

Общие и отдельные закономерности, а также региональные особенности формирования онкопатологии у населения в зависимости от вида водоснабжения и уровня содержания в питьевой воде ХОС на сегодняшний день практически не изучены.

Цель работы — дать гигиеническую оценку формирования онкологической патологии у населения, использующего хлорированную питьевую воду из разных источников водоснабжения и с разной степенью загрязнения ХОС, разработка мероприятий по ее профилактике. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи*:*

– оценка загрязнения хлорированной питьевой воды из подземного и поверхностного водоисточников ХОС (на примере хлороформа);

– определение особенностей формирования онкологической заболеваемости населения при употреблении питьевой воды, загрязненной хлороформом;

– установление связи общей онкозаболеваемости населения и по отдельным нозологиям и длительным употреблением питьевой воды со сверхнормативным содержанием хлороформа.

Материал и методы. Основанием для вывода по возможному развитию злокачественных новообразований и ранних предопухолевых изменений, в частности, от влияния побочных продуктов хлорирования питьевой воды являются аналитические эпидемиологические наблюдения. Данная работа была выполнена путем проведения ретроспективного когортного исследования на популяциях г. Чернигов и г. Черкассы. Исследуемые населенные пункты подбирали с учетом источников водоснабжения. В г. Черкассы население получает питьевую воду из р. Днепр, дважды обработанную хлором. В г. Чернигове водоснабжение осуществляется за счет подземных вод, которые хлорируются только при поступлении в водопроводную сеть. Оценка загрязнения питьевой воды ХОС проводилась по содержанию в ней хлороформа как индикатора большинства из известных побочных продуктов хлорирования [6]. За период 2004–2012 гг. было проанализировано более 2000 проб водопроводной воды.

С целью исключения вмешивающихся (модифицирующих) факторов при подборе исследуемых населенных пунктов было учтено максимальное приближение географических, социально-экономических и производственных условий проживания, уровень медицинского обеспечения, уровень загрязненности территорий, характер питания и т. д. Исследование проводили в соответствии с общепринятой методикой изучения и оценки эпидемиологических исследований [7]. Учитывая длительный латентный период, предшествующий клиническим проявлениям рака, в исследование включены

лица в возрасте старше 35 лет, сгруппированные по полу и возрасту. Определение связи между уровнем хлороформа в воде и онкозаболеваемостью населения проводилось на основании изучения средних многолетних показателей общей онкопатологии и по отдельным нозологическим единицам (рак органов пищеварения и мочевыделительной системы), основываясь на имеющихся в литературе достаточно спорных данных относительно наиболее подверженных влиянию побочных продуктов хлорирования органов-мишеней. Анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями проводился с учетом всех случаев с впервые установленным и гистологически верифицированным диагнозом рака с использованием как грубых, так и стандартизованных показателей. По рекомендациям МАИР, период мониторинга составил 10 лет (2001–2010 гг.), что обеспечило репрезентативность выборки и достоверность итоговых результатов.

Результаты и их обсуждение. Согласно многолетним результатам мониторинговых исследований, среднегодовые показатели загрязнения хлороформом водопроводной питьевой воды г. Черкассы регистрировали на уровне 2–4 ПДК, а их уровни колебались от 63,1±32,9 до 275,1±48,7 мкг/л. Среднемноголетняя концентрация хлороформа установлена на уровне 166,1±64,1 мкг/л, что в 2,5 раза превышает ПДК (60 мкг/л) (рисунок 1).

Концентрации хлороформа в питьевой воде г. Чернигов составили 5,4 ± 1,4 мкг/л (0,1 ПДК), что в десятки раз меньше, чем в воде из поверхностных водоисточников и не создает постоянной химической нагрузки на организм.

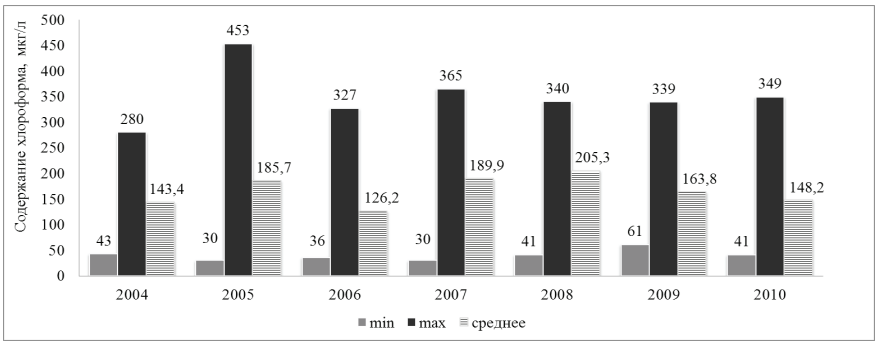


Рисунок 1 — Показатели содержания хлороформа в питьевой воде г. Черкассы относительно ПДК

В 2004–2010 гг. в г. Черкассы процент проб питьевой воды, не отвечающей требованиям гигиенического норматива по содержанию хлороформа, составил 92,5 , из них 77,1% — пробы с содержанием хлороформа на уровне 2–4 ПДК и 15,4% — с содержанием хлороформа на уровне 5 ПДК и более (рисунок 2).

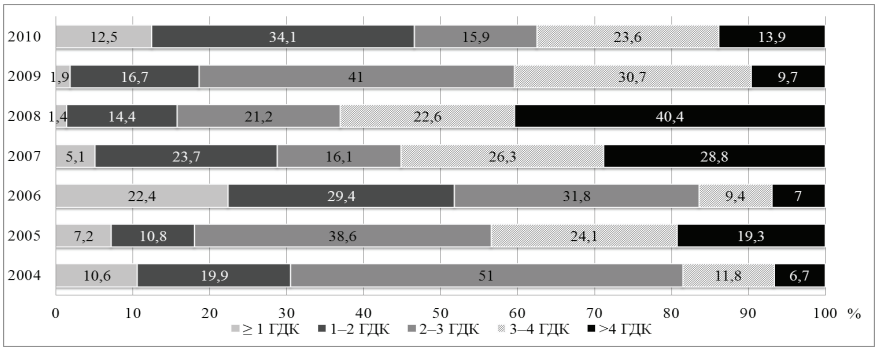


Рисунок 2 — Процент проб питьевой воды с разным содержанием хлороформа в г. Черкассы

Анализ многолетней динамики загрязнения питьевой воды хлороформом по результатам контроля за содержанием органического загрязнения исходной воды и дозами хлора при неизменной технологии водоподготовки позволяет утверждать, что фактические уровни его в воде за последние 30 лет не менялись. Из этого следует, что население г. Черкассы систематически получает питьевую воду, не отвечающую требованиям гигиенических нормативов по содержанию побочных продуктов хлорирования, что обусловливает риски неинфекционных, в том числе онкологических заболеваний.

Показатель общей онкологической заболеваемости в обследованных городах не имеет существенных отличий (таблица 1). В г. Черкассы он в 1,1 раза превышает аналогичный показатель по Украине и среднеобластной показатель по черкасской области и лишь в 1,2 раза выше по сравнению с Черниговом и Черниговской областью. При анализе структуры онкологической патологии по нозологическим единицам было установлено, что в г. Черкассы заболеваемость раком ободочной кишки и мочевого пузыря в 1,6 и 1,7 раза и в 1,1 и 1,2 раза выше среднеобластного и среднеукраинского показателя соответственно. Злокачественные новообразования ободочной кишки у людей, потребляющих питьевую воду со сверхнормативным содержанием хлороформа (г. Черкассы), встречаются в 2,5, а мочевого пузыря в 1,4 раза достоверно чаще, чем в населенном пункте, где водоснабжение осуществляется за счет подземных вод (г. Чернигов).

Таблица 1 — Среднемноголетняя онкозаболеваемость населения г. Черкассы и г. Чернигов (случаев на 100 тыс. населения)

Регион	Общая онкозаболеваемость	Онкопатология	
		ободочная кишка	мочевой пузырь
Украина	332,2	20,8	10,8
Черкасская обл.	339,4	22,5	12,3
Черкассы	368,8*	35,6	13,1
Черниговская обл.	304,1	14,9	9,9
Чернигов	300,6*	14,5	9,4
Примечание — *Различия недостоверны (p>0,05).			

Проведенная статистическая обработка данных показала наличие достоверной связи между употреблением хлорированной питьевой воды с содержанием хлороформа выше ПДК и повышенным риском развития злокачественных новообразований. Были установлены прямые сильные связи и количественные зависимости, описываемые коэффициентами корреляции, детерминации и показателями относительного риска, между питьевой водой с разным содержанием хлороформа и уровнями заболеваемости данной патологией (таблица 2). Так, «очень высокую» и «высокую» степень обусловленности имеют повышенный риск заболеваемости раком ободочной кишки и мочевого пузыря с достоверными показателями относительного риска от 2,2 до 4,1 и с этиологической долей 38% и 41% соответственно. Полученные данные свидетельствуют о значимом вкладе хлорированной питьевой воды, загрязненной побочными продуктами хлорирования, в формирование рака ободочной кишки и мочевого пузыря у лиц, употребляющих воду из поверхностного водоисточника.

Таблица 2 — Связь между показателями загрязнения питьевой воды хлороформом и онкозаболеваемостью

Нозологическая форма	Среднемноголетний уровень заболеваемости, случаев на 100 тыс. нас.		Коэффициент корреляции	Относительный риск	Этиологическая доля,%
Рак ободочной кишки	м.	29,7	0,5–0,7	2,2±0,05 (1,75 : 5,57)	38
	ж.	27,0			
Рак мочевого пузыря	м.	20,2	0,5–0,8	4,1±0,1 (2,8 : 8,3)	41
	ж.	3,9			
Примечание — p<0,01 для всех показателей.					

Выявлена достоверная связь с длительностью употребления хлорированной питьевой воды. Отмечено линейное повышение уровней относительного риска от 1,8 у лиц в возрасте 40–49 лет до 2,5 у лиц в возрасте 70 лет и старше для рака ободочной кишки и от 2,8 до 5,5 — для рака мочевого пузыря в этих же возрастных группах. Самые высокие значения коэффициентов корреляции установлены между раком ободочной кишки, мочевого пузыря и употреблением хлорированной питьевой воды в возрастных группах старше 55 лет (0,7 и 0,8 соответственно).

Достоверной разницы между заболеваемостью мужчин и женщин раком ободочной кишки в г. Черкассы не выявлено, раком мочевого пузыря мужчины болеют в 5,7 раза чаще женщин (p≤0,001). Не установлена связь употребления хлорированной питьевой воды с повышенной заболеваемостью раком почек, печени, поджелудочной железы, желудка и прямой кишки.

В г. Черкассы также отмечается устойчивая тенденция к увеличению заболеваемости раком ободочной кишки и мочевого пузыря. В 2001 г. заболеваемость составляла около 47,0 и 60,0 на 100 000 населения, максимальный прирост наблюдался в 2008–2009 гг. Средний ежегодный прирост составляет 0,4% и 1,4% для рака ободочной кишки и рака мочевого пузыря соответственно (рисунок 3).

Рисунок 3 — Заболеваемость раком ободочной кишки и мочевого пузыря в г. Черкассы за период наблюдения

Проведенный анализ зарубежной и отечественной литературы показал, что полученные данные в целом согласуются с результатами большинства исследователей в этой области и подтверждают наличие повышенного риска рака толстого кишечника и мочевого пузыря при длительном употреблении хлорированной питьевой воды.

Заключение. Эпидемиологическими исследованиями на популяционном уровне установлено, что степень загрязнения хлорированной питьевой воды ХОС (хлороформом) вносит весомый вклад в формирование повышенной онкозаболеваемости, в частности раком ободочной кишки и мочевого пузыря. Наиболее подверженными влиянию побочных продуктов хлорирования являются жители регионов с речными водопроводами.

Риск возникновения онкологической патологии достоверно возрастает при длительном употреблении хлорированной питьевой воды. Наиболее высокие показатели онкозаболеваемости отмечаются у лиц, потребляющих воду с повышенным содержанием ХОС более 40 лет.

Значительная часть отечественных нормативов химических соединений в воде установлена без учета отдаленных эффектов воздействия на организм и здоровье населения. Побочные продукты хлорирования питьевой воды рассматриваются как потенциально опасные вещества, способные индуцировать развитие опухолей. Поэтому для таких веществ проведение эпидемиологических медико-биологических исследований для подтверждения надежности нормативов содержания ХОС в воде, полученных в экспериментах на животных, должны стать обязательным этапом в схеме гигиенического нормирования.

Для регионов, питьевая вода которых загрязнена канцерогенными ХОС, в частности хлороформом, для снижения риска онкозаболеваний населения, обусловленного употреблением воды с высоким содержанием ХОС, требуется проведение мероприятий, направленных на минимизацию образования и поступления ХОС в питьевую воду. Такими мероприятиями могут быть замена в технологии водоподготовки агрессивного хлора на менее реакционно способные к образованию ХОС реагенты (например, хлораммиачную воду), применение доочистки водопроводной воды в местах непосредственного ее употребления, по данным ВОЗ, при правильном и целенаправленном проведении профилактических мероприятий можно предупредить до 33% всех потенциальных случаев рака.

Литература

1. Корчевский, А.А. Имитационная модель воздействия гигиенических факторов окружающей среды на смертность населения / А.А. Корчевский // Гигиена и санитария. – 2007. – № 4. – С. 15–17.

2. Бондарь, Г.В. Онкологическая помощь в Украине / Г.В. Бондарь, Л.Н. Кузнецова // Журн. НАМН України. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 26–29.

3. Комбінована дія канцерогенних та токсичних хімічних забруднень навколишнього середовища як фактор небезпеки збільшення канцерогенного ризику / І.О. Черниченко [та ін.] // Гігієна населених місць. – Київ, 2004. – Вип. 44. – С. 148–154.

4. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans : Preamble / IARC. – Lyon, 2006. – 25 p.

5. Guidelines for Drinking-water Quality: Recommendations. — 3rd Ed. Incorporating the First and Second Addenda. – Geneve: WHO, 2010. – Vol. 1. – 668 p.

6. Кузубова, Л.И. Химические методы подготовки воды (хлорирование, озонирование, фторирование): аналит. обзор / Л.И. Кузубова, В.Н. Кобрина. – Новосибирск, 1996. – Вып. 42. – 132 с.

7. Сторожаков, Г.И. Оценка методик проведения исследований / Г.И. Сторожаков, Е.А. Малышева // Качественная клин. практика. – 2001. – № 2. – С. 21–30.

ROLE OF CHLORINATED DRINKING WATER QUALITY IN CANCER PATHOLOGY DEVELOPMENT

Prokopov V.A., Gulenko S.V.

A.N. Marzeyev Institute for Hygiene and Medical Ecology Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

Some of numerous chemical species in drinking water supplies collectively called chlorinated disinfection by-products (DBPs) are known as having adverse health effects, including cancer, if administered in small doses. A number of national drinking water surveys performed in the Ukraine between 2002 and 2011 revealed that chloroform was detectable in a majority of systems using a surface water source. The average levels usually ranged from 63 to 275 mg/l.

A review of the epidemiological evidence for human health effects that may be with the chlorinated DBPs has been presented in this article. The epidemiologic study has been carried out by authors on human populations (Cherkassy and Chernigov) and established contacts and quantitative relationships risk of cancer diseases, particularly cancer of the colon and bladder, with an extended period of use of chlorinated drinking water.

Keywords: chlorinated drinking water, cancer diseases, epidemiologic study, disinfection by-products.

Поступила 31.05.2013

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СПОР ALTERNARIA В ВОЗДУХЕ ГОРОДОВ УКРАИНЫ

Родинкова В.В.[1], Белоус Е.С.[2]

[1]Винницкий национальный медицинский университет им. Н.И. Пирогова;

[2]Муниципальный центр первичной медико-санитарной помощи № 2, Винница, Украина

Реферат. Описываются особенности распространения спор Alternaria, известных своей аллергенностью, в воздухе густонаселенных украинских городов. Такого рода исследование для большинства представленных пунктов наблюдения впервые проводилось волюметрическим методом с использованием аппарата Буркард. Результаты исследования показали наличие стабильного периода споруляции альтернарии с мая по октябрь. Наиболее высокие концентрации спор регистрировали во всех городах с конца июня и в июле. Отмечена необходимость контроля симптомов сезонной аллергии в этот период, а также осенью, когда в атмосфере почти нет алергенной пыльцы, но споруляция микромицетов еще продолжается. Относительно небольшая продолжительность сезона и количество собранных спор в Симферополе, очевидно, связаны с сухим климатом степной части Крыма. Причины немногочисленной споруляции альтернарии в промышленно загрязненном Донецке требуют дальнейшего изучения.

Ключевые слова: микромицеты, Alternaria, сезонная аллергия.

Введение. Споры Alternaria являются обязательным объектом аэробиологического контроля большинства станций аэромониторинга в Европе и в Америке, в том числе, и как представители микромицетов, которые чаще всего регистриру-

ются в атмосфере. Кроме того, Alternaria — представитель воздушной микробиоты, характеризующийся значительной аллергенностью [1].

Сроки и интенсивность распространения спор в воздухе населенных пунктов Украины до настоящего времени изучены мало.

Цель работы — изучить интенсивность и периодизацию распространения спор Alternaria в атмосфере городов Украины. Полученные данные позволят прогнозировать и предотвращать возникновение у населения симптомов аллергии, связанной с чувствительностью к данным микромицетам.

Материал и методы. Для достижения поставленной цели изучили характер распространения спор грибов в городах степной и лесостепной зон Украины. Исследование проводили в двух городах лесостепи: Виннице и Полтаве; в четырех городах степи Украины: Донецке, Днепропетровске, Одессе и Симферополе с 1 марта по 20 октября 2010 г. Выбор пунктов наблюдения был обусловлен их расположением в природно-климатических зонах, покрывающих большую часть территории Украины, а также наибольшей плотностью городского населения лесостепи (Винница, Полтава) и степи (Донецк, Днепропетровск, Одесса) Украины [2].

Работа выполнена в лаборатории аэроаллергенних методов исследования Винницкого национального медицинского университета (ВНМУ) при поддержке фармацевтической компании «Merck Sharp and Doum» (MSD) и Иммунологического исследовательского института Новой Англии IRINE (США) в 2010 г.

Отбор образцов воздуха проводили стандартным волюметрическим методом [3] с помощью пробоотборников ударного типа «Буркард» (Burkard trap) в круглосуточном режиме. В каждом городе прибор устанавливали на крыше определенного лечебного учреждения в соответствии с требованиями Европейского аэробиологического общества [4].

Для Полтавы, Донецка, Днепропетровска и Одессы данный проект стал первым известным волюметрическим исследованием спорового контента атмосферного воздуха. Во всех пунктах наблюдения отобраны 34 еженедельных образца. Перед отбором образцов ленту «Мелинекс» покрывали липкой субстанцией, которая представляла собой раствор чистого силикона в четыреххлористом углероде. После отбора проб барабан с образцами в герметически закрытом металлическом боксе вместе с протоколом его замены, где отмечалась дата, время, особенности работы прибора, доставлялся службой курьерской доставки в Винницу из каждого города. В лаборатории аэроаллергенних методов исследования ВНМУ ленту, снятую с барабана, разделяли на 7 равных фрагментов, соответствующих 1 суткам наблюдения. Из каждого фрагмента изготавливали один микроскопический образец, который фиксировали на предметном стекле желатином и окрашивали основным фуксином.

Содержание спор грибов исследовали под микроскопом «Axioscop» (Zeiss, Германия). Для анализа и подсчета спор использовали увеличение в 400 и в 1000 раз. Подсчет спор проводили методом трех горизонтальных транссект.

При обработке данных о характере спорулляции использовали программный пакет STATISTICA 5.5 и мощности Европейской аэроаллергенной сети (European Aeroallergen Network, EAN), построенные на базе программного пакета SPSS. В программном пакете STATISTICA определялись минимальное, среднее и максимальное значения концентрации спор в течение сезона, а также стандартное отклонение (σ) в ряду данных.

Продолжительность основного периода спорулляции Alternaria определяли с помощью мощностей EAN методом «95%»: статистически вычисленный сезон спорулляции начинался в тот день, когда количество спор в воздухе составляло 1% от суммы, собранной в течение года. Окончанием сезона считался день, когда количество идентифицированных за сезон спор достигало 95%. Сезонным пиком считалось самое высокое значение концентрации спор в кубометре воздуха, зафиксированное для описываемой палинологической категории в течение периода наблюдения. Определялся только один пик спорулляции в течение сезона.

Поскольку споры регистрируются в воздухе в значительно больших, чем пыльца, абсолютных количествах [5], согласно литературным источникам умеренными для микромицетов считаются атмосферные концентрации, превышающие 900 спор/м^3, высокими — от 2500 спор/м^3 [6]. Исходя из этого, концентрация в 900 спор/м^3 была определена как пороговая при оценке риска возникновения симптомов сезонной аллергии.

Результаты и их обсуждение. Сравнение интенсивности распространения спор в пунктах аэронаблюдения показало различную продолжительность регистрации Alternaria в их атмосфере. Так, дольше всего описываемые споры идентифицировались в Виннице — в течение 228 дней. Кратчайший срок регистрации был зафиксирован для Симферополя — 164 дня. В атмосфере остальных пунктов наблюдения споры альтернарии находились в течение 166−190 дней (таблица).

Продолжительность статистически рассчитанного сезона для разных городов также варьировала: от 96 (Одесса) до 136 (Полтава) дней. Причем, Винница, имевшая самую интенсивную спорулляцию альтернарии с долей 24%, или 23976,0 собранных спор, показала среднюю продолжительность сезона спорулляции описываемого микромицета — 103 дня.

Похожую интенсивность спорулляции имела Полтава с долей 22% или 22 008,0 спор, занявшая второе после Виннице место. Третьим с долей 17% и с 16 986,0 собранными спорами был Днепропетровск. Этот город, как и Винница, относится к Центральной части (Восток Центра) Украины. В Одессе спор Alteranria было идентифицировано не намного меньше, чем в Днепропетровске — 15 706,0, или 15% от всеукраинской суммы. Симферополь занял следующую, пятую строчку с 13% и 12 954,0 идентифицированными спорами альтернарии. На последнем месте был Донецк с долей в 9% и 8 858,0 спор (таблица).

Несмотря на то, что в городах с активной (Винница, Полтава) спорулляцией собрано в 2,4−2,7 раза больше спор, чем в городах с наименьшим количеством Alternaria (Донецк), в каждом из городов выявлено постоянное и долговременное наличие определенного количества описываемых спор в атмосфере.

Даты начала статистически определенного сезона Alternaria были различными в разных городах. Самое раннее начало сезона (14 мая) зафиксировано для Полтавы. Очевидно, это связано с самой ранней среди украинских городов регистрацией именно 14 мая первого повышения концентрации спор альтернарии до 400 спор/м^3 (рисунок 1).

В остальных городах сезон начался в течение июня: в Симферополе — 10 июня, в Донецке, где было собрано меньше спор, активная спорулляция Alternaria была зафиксирована с 19 июня. В Виннице, которая характеризовалась наибольшим суммарным значением собранных спор, сезон стартовал 20 июня. В Одессе, имевшей четвертое значение интенсивности

сезона — 23 июня, в Днепропетровске (третий по количеству собранных спор пункт наблюдения) сезон начался позже всего — 25 июня (таблица).

Таблица — Характеристика сезона Alternaria в городах, где проводилось аэронаблюдение (2010 г.)

Город	Начало сезона, дата	Окончание сезона, дата	Продолжительность сезона, дни	Дата регистрации пик.концентрации	Пиковая конц., спор/м3	Сумма собранных спор		Средн. знач.±σ	Кол-во дней со спорами, атм	Дн.с конц. >900 сп./куб.м	Кол-во интервалов	Наибольший интервал
						Абс.	%					
Винница	20,06	01,10	103	20,07	1489,0	23976,0	24	97,1±9,6	228	1	11	3
Днепропетровск	25,06	13,10	110	17,07	676,0	16986,0	17	69,3±109,9	184	0	10	7
Донецк	19,06	02,10	105	30,06	689,0	8858,0	9	36,2±77,6	166	0	7	31
Одесса	23,06	27,09	96	30,06	987,0	15706,0	15	86,8±120,5	181	1	10	13
Полтава	14,05	27,09	136	29,07	575,0	22008,0	22	89,8±156,4	190	1	5	2
Симферополь	10,06	24,09	106	04,07	987,0	12954,0	13	52,9±84,4	164	0	8	11

Однако, несмотря на различную интенсивность сезона и даты его наступления в разных городах, пики споруляции Alternaria во всех населенных пунктах наблюдались в июле. Исключение составляли Одесса и Донецк, где максимальная концентрация спор альтернарии была зафиксирована 30 июня. Следующим за ними был Симферополь, где сезонный максимум наблюдался 4 июля. В Днепропетровске пик Alternaria наблюдался 17, в Виннице — 20, в Полтаве — 29 июля. Как видим, активная споруляция альтернарии наблюдалась в Украине в последние дни июня и в течение июля. На рисунке 1 также видно, что в большинстве городов концентрация спор в воздухе в конце сезона выше, чем в его начале. Так, на фоне сниженной концентрации пыльцы аллергенных растений в сентябре-октябре, споры могут стать этиологическим фактором сезонной аллергии. Но только три из зарегистрированных пиков — в Виннице, в Одессе и в Симферополе, превышали границу умеренной концентрации в 900 спор/м^3. Так, сезонный максимум в Виннице составил 1489 спор/м^3. Это 6,2% от собранных в этом городе спор за сезон. Значения годовых максимумов в Одессе и Симферополе совпали: по 987 спор/м^3 для каждого из названных городов (таблица). Максимумы составили 6,2 и 7,6% от общего количества собранных за сезон спор Alternaria для каждого из городов соответственно.

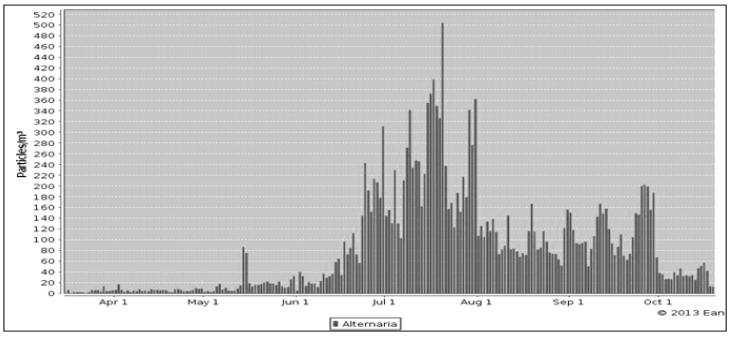


Рисунок 1 — Усредненный профиль смены концентрации спор Alternaria в воздухе исследуемых городов в течение сезона 2010 г.

В остальных трех пунктах аэронаблюдения пиковые значения концентраций спор альтернарии не превышали порог низкой концентрации. Высшим из этих трех был максимум, зафиксированный в Донецке — 689 спор/м^3. Он составил 7,8% от общегодовой суммы для этого города. Максимум Днепропетровска был пятым. Это был пик в 676 спор/м^3 и 4,0% от общей годовой суммы спор альтернарии, идентифицированных в названном городе. Последним по высоте был полтавский пик в 575,0 спор/м^3. На фоне массивной, второй в Украине, споруляции, зафиксированной в Полтаве, этот пик составил всего 2,6% от общего количества собранных спор. При среднем значении собранных спор (89,8) Полтава также характеризовалась наибольшим стандартным отклонением (156,4). Наименьшее зарегистрировано для Винницы: при среднем значении в 97,1 стандартное отклонение составило 9,58 (таблица).

На примере Полтавы, как и в целом по Украине, высота описываемых максимумов не всегда коррелировала с массивностью сезона Alternaria в пунктах аэронаблюдения. Прямая положительная корреляция наблюдалась в Виннице, в которой были зарегистрированы как наивысший для Украины пик, так и наибольшая сумма собранных спор.

Днепропетровск, занявший третье место по массивности сезона после Полтавы, показал только пятый по высоте пик. Донецк, который был четвертым по высоте пика, имел последний результат по сумме собранных спор. Симферополь и

Одесса, которые поделили второе место по максимальному значение собранных спор альтернарии, характеризовались соответственно пятым и четвертым значениями массивности споруляции (таблица).

Как было указано выше, только пиковые значения концентрации Alternaria в Виннице, Одессе и Симферополе превысили предел низкой концентрации спор в открытом воздухе и могли бы быть клинически значимыми. Однако симптомы у пациентов могут возникать и на фоне мало интенсивной, но длительной регистрации описываемого типа воздушного контента в пунктах аэронаблюдения [7]. Поэтому проанализировали соотношение времени общей регистрации альтернарии в атмосфере с продолжительностью статистически вычисленного по методу 95% сезона ее споруляции в городах Украины (рисунок 2).

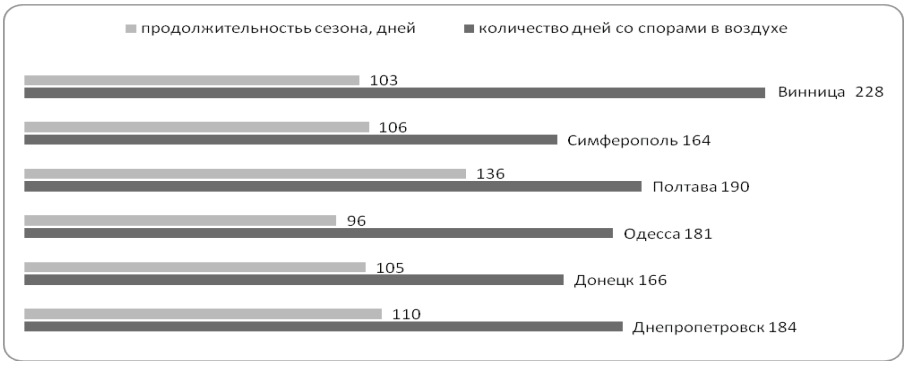


Рисунок 2 — Соотношение продолжительности сезона и количества дней регистрации Alternaria в атмосфере исследуемых городов, 2010 г.

Однако и здесь не найдена четкая корреляционная зависимость между продолжительностью сезона и общим количеством дней со спорами Alternaria в воздухе. Так, Винница, которая характеризовалась наибольшим числом дней, для которых было установлено наличие спор альтернарии — 228, имела второй по продолжительности сезон в 103 дня (см. рисунок 2). Количество интервалов при регистрации спор составила 11, самый большой из которых длился 3 дня, то есть, сезон был достаточно плотным (таблица).

Кратчайший период споруляции был статистически определен для Одессы — 96 дней. При этом споры Alternaria регистрировали в воздухе этого города 181 день. Это был третий по продолжительности результат для Украины (рисунок 2). При этом было зафиксировано 10 интервалов без спор в воздухе, самый большой из которых составлял 13 дней. Это свидетельствует об умеренной плотность сезона в описываемом городе.

Самым продолжительным — 136 дней, был второй по массивности среди исследуемых городов сезон споруляции в Полтаве. Это единственный город, где продолжительность регистрации *Alternaria* коррелировала с интенсивностью сезона: споры здесь регистрировали в течение 190 дней, это также второй результат для пунктов аэронаблюдения. Во время этого периода было зафиксировано 5 интервалов без спор в воздухе, самый большой из которых составлял 2 дня, что указывает на высокую плотность описываемого сезона.

Наименьшее число дней со спорами Alternaria в воздухе зафиксировано в Симферополе — 164. При пятой в Украине общей длительности регистрации спор сезон длился 106 дней. Это четвертая позиция по показателю продолжительности сезона всех пунктов аэронаблюдения (рисунок 2). Интервалов без спор в воздухе в столице Крыма было зафиксировано 8. Самый большой из них составлял 11 дней, что говорит об умеренной плотности сезона споруляции альтернарии в Симферополе.

Последний по интенсивности сезон в Донецке характеризовался вторым по длительности временем регистрации спор среди городов, где проводилось исследование — 166 дней. Продолжительность статистически определенного сезона споруляции Alternaria составляла 105 дней, что является третьим результатом для Украины. Плотность сезона в городе на Днепре была низшей среди исследуемых городов: было зарегистрировано 7 интервалов без спор Alternaria в воздухе, самый большой из которых составлял 31 день.

Днепропетровск характеризовался как средними значениями продолжительности сезона — 110 дней, это пятый результат для Украины, так и невысоким значением общего количества дней с описываемыми спорами в воздухе — 184, это четвертая ступень. Плотность сезона также была умеренной — 10 интервалов, самый большой из которых составлял 7 дней.

Однако при сравнении продолжительности общего времени регистрации спор альтернарии в воздухе и массивности сезона, найдена четкая положительная корреляция между этими параметрами. Наибольшее количество дней со спорами в воздухе и самое большое количество спор зарегистрированы в Виннице. На втором месте и по сумме, и по продолжительности регистрации Alternaria в воздухе была Полтава. Днепропетровск и Одесса занимали третью и четвертую строчки соответственно.

В Донецке и Симферополе зафиксированы кратчайшие периоды регистрации спор альтернарии в воздухе (166 и 164 дня), а также самые маленькие суммы собранных за сезон спор.

Таким образом, массовый характер споруляции Alternaria наблюдался в городах Северо-Востока (Полтава) и Центра Украины (Винница, Днепропетровск). Очевидно, это связано с благоприятным для образования и распространения спор режимом температуры и влажности в Центральной и Северной Украине.

Заключение. Интенсивный период распространения спор альтернарии приходился на последние дни июня и июль. Однако, дни, когда содержание описываемых спор в воздухе превышали порог низкой концентрации, были единичными.

Корреляция между соотношением суммы собранных спор и высотой сезонного максимума не обнаружена. Утверждение о прямо пропорциональной зависимости было верным только для Винницы, где наблюдались и наибольшая интенсивность регистрации описываемого типа спор микромицетов, и самый высокий среди всех городов пик.

Определена четкая прямо пропорциональная зависимость между продолжительностью регистрации спор альтернарии и массивностью ее споруляции. Относительно небольшая продолжительность сезона и количество собранных спор в Симферополе, очевидно, связаны с сухим климатом степной части Крыма.

Причины немногочисленной споруляции альтернарии в промышленно загрязненном Донецке требуют дальнейшего изучения.

Литература

1. Руденко, С.М. Гіперчутливість до найпоширеніших аероалергенів у дітей раннього віку з повторними епізодами бронхообструкції на тлі лікування Н1-антигістамінним препаратом ІІІ покоління дезлоратадином / С.М. Руденко, Т.І. Гавриленко, О.М. Охотнікова // Современная педиатрия. – 2011. – № 5 (39). – С. 204–206.
2. Україна. Навчальний атлас / гол. Ред. атласу Зузук Ф.В. – Київ: Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів, 1998. – С. 32–33.
3. Spanish Aerobiology Network (REA): Management and Quality Manual / C.S. Galán [et. al.]. – Spain.: SERVICIODE PUBLICACION ESDELA UNIVERSIDADDE CÓRDOBA, 2007. – 27 p.
4. Minimum requirements to manage aerobiological monitoring stations included in a national network involved in the EAN / C.S. Galán [et. al.]; International Aerobiology Newsletter. – 2011. – № 71. – P. 1–2.
5. Титова, Н.Д. Особенности грибковой бронхиальной астмы у детей / Н.Д. Титова // Успехи мед. микологии: материалы 4-го Всерос. конгр. по мед. микологии / Под ред. Ю.В. Сергеева. – М.: Нац. акад. микологии, 2006. - Т. VII, Гл. 3. - С. 84–86.
6. Frenz, D.A. Making Sense of the Numbers: What to do with a pollen count once you have one / D.A. Frenz // A The Pollen Monitor: Newsletter of Multidata Inc. – 1995. – 1.11. – P. 3.
7. Білоус, О.С. Зв'язок між сезонними коливаннями концентрації спор алергенних грибів у атмосфері та симптомами пацієнтів / О.С. Білоус, В.В. Родінкова // Матеріали ІІІ міжнарод. наук.-практ. конф. молодих вчених, Вінниця, 17–18.04.2012. – Вінниця, 2012. – С. 10–11.

DISTRIBUTION PATTERNS OF ALTERNARIA SPORES IN THE AIR OF UKRAINIAN CITIES

Rodinkova V.V.[1], Belous E.S.[2]

[1]Vinnitsa State Pirogov Memorial Medical University;

[2]Municipal Center № 2 of the Primary Healthcare, Vinnitsa, Ukraine

This paper deals with the distribution patterns of Alternaria spores, known for their seasonal allergies in the air of densely populated Ukrainian cities. Such studies were carried out by the volumetric method using the Burkard traps. The study results showed a stable period of Alternaria sporulation from May to October in all cities. The highest concentrations of spores were recorded in all the cities in late June and July. The symptoms of seasonal allergies must be controlled at that time and in autumn, when there isn't much allergenic pollen in the atmosphere but sporulation of micromicetes continues. A relatively small number of spores and short Alternaria season seen in Simferopol might be caused by the dry climate of the Steppe Crimea. Reasons of non-intensive sporulation of Alternaria in industrial polluted Donetsk city require further study.

Keywords: micromicetes, Alternaria, seasonal allergies.

Поступила 17.05.2013

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Соколов С.М., Шевчук Л.М., Науменко Т.Е.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Разработка методов оценки характера комбинированного действия атмосферных загрязнений по их влиянию на показатели состояния здоровья людей в условиях населенных мест является актуальной проблемой. Предложенный метод оценки использован для решения весьма важной гигиенической задачи — определения характера комбинированного действия многокомпонентного состава выбросов предприятий теплоэнергетики на здоровье населения.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, мониторинг, комбинированное действие, здоровье.

Введение. Концепция национальной стратегии развития Республики Беларусь декларирует важнейшую составляющую прогресса — охрану и укрепление здоровья людей, снижение риска, связанного с вредным воздействием загрязнений окружающей среды.

Предотвратить угрозу здоровью людей со стороны многообразных неблагоприятных физических, химических и биологических факторов среды обитания становится возможным лишь благодаря разработке научно обоснованных эколого-гигиенических стандартов качества окружающей среды, гигиенических требований и рекомендаций, высокоэффективных технологий профилактической направленности.

Цель работы — получение математических адекватных моделей, отражающих зависимость результативного признака (у) — заболеваемости населения от факторных признаков (х) — загрязнения атмосферного воздуха.

Материал и методы. Для определения характера комбинированного действия проведена гигиеническая оценка источников загрязнения атмосферы поселков энергетиков. Для выяснения возможного отрицательного влияния атмосферы на состояние здоровья населения указанных поселков проведен ретроспективный эпидемиологический анализ заболеваемости острыми инфекциями верхних дыхательных путей путем выкопировки из медицинских карт сведений о заболеваемости с дальнейшей разработкой показателя распространенности.

В настоящей работе математическая статистика использована на первом этапе исследовании — планировании.

При определении характера комбинированного действия основных компонентов сгорания топлива в реальных условиях использован методический подход, основанный на подборе коэффициента комбинированного действия.

Результаты и их обсуждение. Увеличение неинфекционной заболеваемости обусловливает необходимость обоснования целевых программ по борьбе с сердечно-сосудистыми и хроническими респираторными заболеваниями, болезнями обмена веществ и т.д. Поскольку для неинфекционной патологии характерна многофакторная этиология, следует воздействовать одновременно на возможно большее число факторов риска, в том числе и на комплекс вредных факторов окружающей среды.

В современных условиях воздух населенных мест загрязняется одновременно выбросами различных промышленных предприятий, автотранспорта, что обусловливает необходимость изучения комбинированного действия атмосферных загрязнений.

Гигиеническая оценка комбинированного действия (КД) атмосферных загрязнений сложна и трудоемка. При этом количественная оценка характера КД осуществляется на основе определения его коэффициента.

Экспериментальные исследования показывают, что комбинированное влияние на организм атмосферных загрязнений может проявляться по типу суммации, усиления, ослабления или независимого действия. Оценка характера комбинированного действия в условиях эксперимента предполагает его проверку в реальных условиях. Однако методические приемы, используемые для оценки характера комбинированного действия в условиях эксперимента, не применимы для его оценки в реальных условиях, так как при этом отсутствует возможность непосредственного определения тех данных, которые нужны для расчета КД, в частности, изоэффективных уровней веществ при их изолированном действии.

В связи с отмеченным, представляется весьма актуальной разработка метода оценки характера комбинированного действия атмосферных загрязнений по их влиянию на показатели состояния здоровья людей в условиях населенных мест.

По нашему мнению, одним из важнейших путей решения данной задачи может быть обратный ход оценки комбинированного действия, когда вместо поиска суммарной концентрации смеси, изоэффективной изолированному действию веществ, по реальному составу смеси подбирается такой коэффициент, при котором расчетный нормативный уровень смеси позволяет получить показатели состояния здоровья людей, соответствующие норме.

Суть подбора коэффициента комбинированного действия состоит, прежде всего, в том, что одно и то же реальное загрязнение атмосферного воздуха можно представить разными комплексными показателями в зависимости от того, какой характер комбинированного действия заложен в основу их построения. При этом концентрации (Ci) веществ, составляющих реальное суммарное загрязнение (P), выражаются в виде нормированных по ПДК концентраций (Ki), т. е. долей от соответствующих ПДК, которые являются биологически эквивалентными уровнями.

Если комбинированное действие проявляется по типу суммации, то комплексный показатель загрязнения (P сум.) равен сумме нормированных концентраций веществ, входящих в смесь (Pсум.= ∑Ki). При независимом действии комплексный показатель (Pнд.) представляет собой сумму нормированных концентраций, деленную на число (n) веществ в смеси:

$$P_{нд.} = \frac{K_i}{n}$$

Однако при этом реально действующим веществом следует считать то, нормированная концентрация которого является наибольшей. При ослаблении комбинированного действия по типу корня квадратного из числа веществ в смеси ($\sqrt{n}$) комплексный показатель (Pк.к.) равен корню квадратному из суммы квадратов нормированных концентраций ($P_{к.к.}=\sqrt{\sum Ki^2}$). В случае усиления комбинированного действия комплексный показатель (Pус.) будет равен сумме нормированных концентраций, умноженной на коэффициент усиления: $P_{ус.}=\sum KiK_{ус}$.

Весьма важным условием для оценки характера комбинированного действия предлагаемым методом является представление о нормированном уровне указанных комплексных показателей. Суммарное загрязнение на уровне указанных предельно-допустимых величин не должно вызывать неблагоприятных эффектов и, следовательно, при этом различные физиологические, биохимические и другие показатели состояния здоровья людей должны быть на уровне нормы, а показатели заболеваемости — на уровне таковых населения контрольного района. Однако на практике подобрать контрольный район, суммарное загрязнение которого при прочих равных условиях оказалось бы на уровне нормированного, очень сложно. В связи с этим «норму» показателей состояния здоровья можно определить расчетным путем на основе установления количественной зависимости этих показателей от суммарного загрязнения.

В соответствии с результатами исследований последних лет зависимость показателей состояния здоровья от суммарного загрязнения атмосферного воздуха может выражаться линейно или в виде степенной функции. В любом случае, эта зависимость может быть аппроксимирована прямой, например, в первом случае — на сетке с равномерными шкалами, во втором — на сетке с полулогарифмическим масштабом.

Возможность выражения зависимости показателей состояния здоровья от уровня суммарного загрязнения в виде прямой позволяет путем ее экстраполяции прогнозировать размер изучаемого показателя при нормативном значении того или иного комплексного показателя загрязнения: в случае суммации и независимого действия — при единице, а в случае ослабления — по типу $\sqrt{n}$ — само значение корня.

Если прогнозируемое значение изучаемого показателя при нормированном уровне комплексного показателя равно физиологической, биохимической или другой норме, можно утверждать, что характер комбинированного действия, используемый для построения данного комплексного показателя, соответствует характеру действия суммарного загрязнения. Если же при нормированном значении комплексного показателя прогнозируемый уровень изучаемого эффекта оказывается больше или меньше его физиологической, биохимической, или иной нормы, можно считать, что данный комплексный показатель, вернее, отраженный в нем характер комбинированного действия, не соответствует характеру комбинированного действия суммарного загрязнения.

Предложенный нами метод оценки характера комбинированного действия использован для решения весьма актуальной гигиенической задачи — определения характера комбинированного действия многокомпонентного состава выбросов предприятий теплоэнергетики на здоровье населения. С этой целью проведена гигиеническая оценка источников загрязнения атмосферы поселков энергетиков Электринай, Белоозерск, Новолукомль и Лепель (контрольный район). Для выяснения возможного отрицательного влияния атмосферы на состояние здоровья населения в указанных поселках энергетиков был

проведен ретроспективный эпидемиологический анализ заболеваемости острыми инфекциями верхних дыхательных путей путем выкопировки из медицинских карт сведений о заболеваемости с дальнейшей разработкой показателя распространенности.

Учитывая, что характер комбинированного действия может проявляться по типу суммации, независимого действия или неполной суммации, рассчитано 3 комплексных показателя:

1. Суммация — комплексный показатель (Рсум.) равен сумме нормированных концентраций веществ, входящих в смесь.

2. Независимое действие — комплексный показатель (Рн.д.) представляет собой сумму нормированных концентраций, деленную на число (n) веществ в смеси, при этом реально действующим веществом считали то, что нормированная концентрация которого является наибольшей;

3. Неполная суммация — комплексный показатель (Рк.к.) равен корню квадратному из суммы квадратов нормированных концентраций.

Зависимость показателей состояния здоровья населения от суммарного загрязнения атмосферы, выраженного различными комплексными показателями, представляли в виде уравнений регрессии y=a+bx и y=a+ lgbx и аппроксимировали соответственно на сетках с равномерным и полулогарифмическим масштабом, где y — заболеваемость, относительные единицы; x — суммарное загрязнение атмосферы; a и в — коэффициенты регрессии.

Полученную зависимость показателей состояния здоровья населения от уровней суммарного загрязнения атмосферы экстраполировали до нормативного значения того или иного комплексного показателя. В случае суммации и независимого действия нормированное значение комплексного показателя принимали за единицу, а в случае ослабления комбинированного действия по типу $\sqrt{n}$ — само значение корня. Определяя характер комбинированного действия, исходим из следующего: если прогнозируемое значение изучаемых показателей здоровья населения при нормативном уровне комплексного показателя близко или равно уровню в контрольном районе, то характер комбинированного действия, используемый при построении комплексного показателя, соответствует характеру действия суммарного загрязнения.

Поскольку одна из задач исследований состояла в выявлении связи между уравнениями заболеваемости населения и загрязнением атмосферного воздуха, диапазон статистического наблюдения был ограничен отдельными формами болезней, адекватных повреждающему фактору и обеспечивающих достаточную репрезентативность. Среди болезней, наиболее связанных с атмосферными загрязнениями, выделяются бронхит и острые неспецифические заболевания верхних дыхательных путей.

Как показали проведенные исследования, заболеваемость детского населения острыми инфекциями верхних дыхательных путей множественной и не уточненной локализации существенно варьировала в различных населенных пунктах и колебалась от 335,5 случаев на 1000 человек в пос. Лепель до 978,5 случаев в пос. Электринай. Зависимость заболеваемости острыми инфекциями верхних дыхательных путей от уровней загрязнения атмосферы представлена на рисунке 1.

Указанная зависимость аппроксимирована в виде прямых на сетке с равномерными шкалами в соответствии с уравнением регрессии y=a+bx. (таблица 1, рисунок 2).

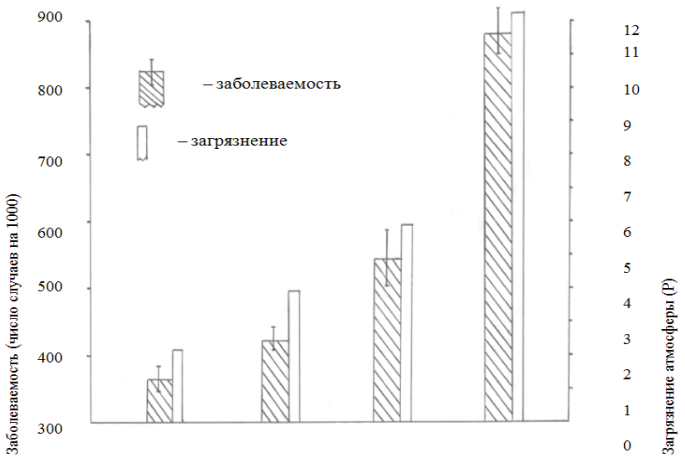


Рисунок 1 — Заболеваемость детского населения острыми инфекциями верхних дыхательных путей множественной и не уточненной локализации в районах размещения предприятий теплоэнергетики

Таблица 1 — Уравнения регрессии, описывающие зависимость «заболеваемость — уровни загрязнения атмосферы» выраженные различными комплексными показателями «Р»

Суммарный показатель	y= a+bx	m	r	t
Рсум.	У=274,84+25,35х	13,7	0,96	13,7
Рн.д.	У=233,07+73,43х	17,7	0,93	10,28
Рк.к.	У=274,44+47,47х	13,1	0,96	14,4

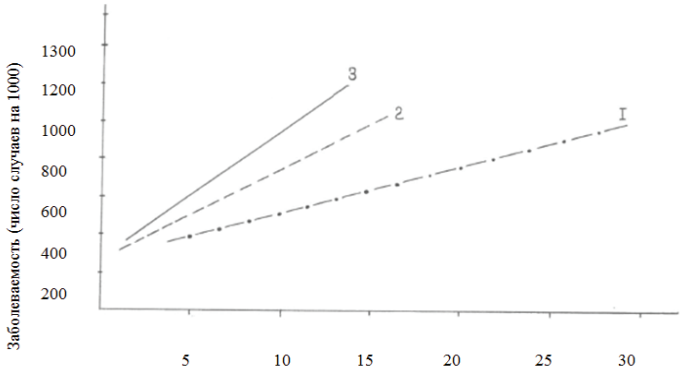


Рисунок 2 — Зависимость заболеваемости детского населения острыми инфекциями верхних дыхательных путей множественной и не уточненной локализации от степени загрязнения атмосферного воздуха, выраженного различными комплексными показателями: 1 — $P_{сум}$; 2 — $P_{к.к.}$; 3 — $P_{н.д.}$

С целью определения характера комбинированного действия зависимость «заболеваемость – уровни загрязнения» аппроксимирована на сетке с полулогарифмическим масштабом (рисунок 3). Экстраполировав указанные прямые до нормативного значения комплексного показателя, определили характер комбинированного действия.

Как следует из рисунка 3, характер комбинированного действия в реальных условиях проявляется как неполная суммация по типу √n, ибо прогнозируемое значение изучаемого показателя близко к нормативному значению заболеваемости в контрольном районе (358,96 + 11,37%). Вместе с тем прогнозируемый уровень изучаемого эффекта при нормативном значении других комплексных показателей оказался значительно ниже (менее 150 случаев на 1000).

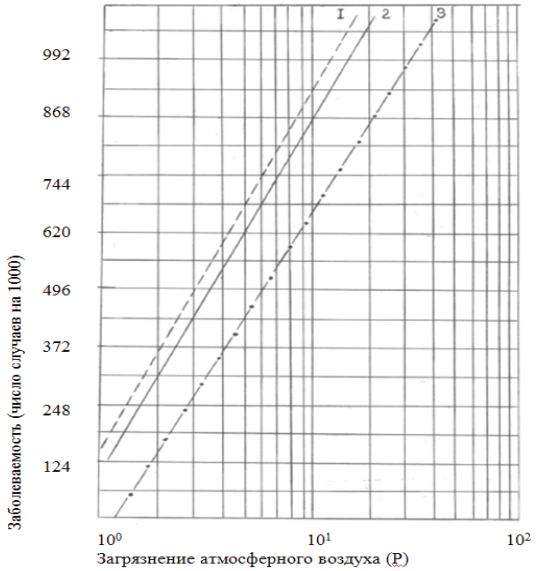


Рисунок 3 — Зависимость заболеваемости детей от уровней загрязнения атмосферы, выраженного различными комплексными показателями Р: P_1 — суммация; P_2 — неполная суммация; P_3 — независимое действие

Таким образом, характер комбинированного действия многокомпонентного загрязнения воздуха в реальных условиях проявляется как неполная суммация по типу √n, , следовательно, комплексный показатель Рк.к. необходимо использовать в качестве критерия при оценке многокомпонентного загрязнения атмосферы.

В соответствии с планом исследования влияния загрязнения атмосферы на заболеваемость детского населения построены математические модели, отражающие зависимость заболеваемости (yi) от загрязнения атмосферного воздуха (xi), выраженного комплексным показателем Рк.к. в каждом конкретном пункте наблюдения. Зависимость «заболеваемость — уровни загрязнения» аппроксимирована в виде прямых на сетке с равномерными шкалами в соответствии с уравнением регрессии y= a+вx. (таблица 2, рисунок 4).

Таблица 2 — Уравнения регрессии, описывающие зависимость «заболеваемость – уровни загрязнения атмосферы» в поселках энергетиков

Район наблюдения	y= a+вx	m	r	t
Электринай	У=703,73+13,5512x	1,56	0,99	19,57
Белозерск	У=333,45+40,0071x	14,35	0,85	2,85
Новолукомль	У=205,36+59,4722x	4,33	0,84	4,36
Лепель	У=213,59+65,0600x	6,37	0,82	2,56

Согласно полученным данным, при росте суммарного загрязнения на 1 «Р» прогнозируемое увеличение показателя заболеваемости различно и зависит от исходного уровня фактического загрязнения атмосферы. Так, в пос. Электринай, где уровни загрязнения варьировали от «умеренного» до «сильного», прогнозируемая заболеваемость будет возрастать на 13,5 случая на 1000, а в контрольном — на 65,0 соответственно.

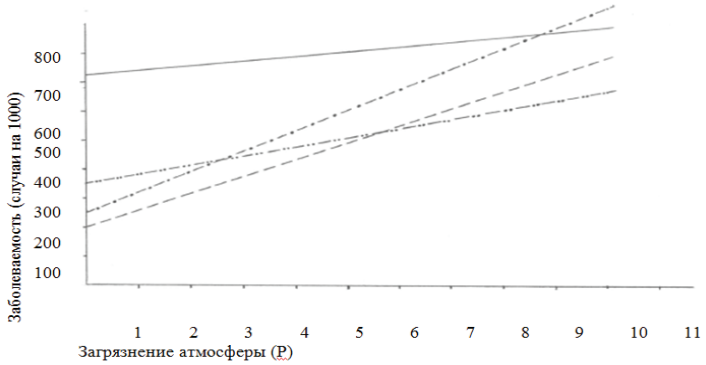


Рисунок 4 — Зависимость заболеваемости детского населения острыми инфекциями верхних дыхательных путей множественной и не уточненной локализации от степени загрязнения атмосферного воздуха

——————— пос. Электринай;
- - - - - - - - - пос. Новолукомль;
- · - · - · - · - · - пос. Лепель;
— · · — · · — · · пос. Белоозерск

Факторный анализ показал, что ведущая роль в формировании заболеваемости детей ОРИ принадлежит диоксиду серы 31,9% (r=0,9), NO_2 — 30,4% (r=0,9), NO — 17,4% (r=0,89); CO — 18,8% (r=0,72).

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о неблагоприятном влиянии продуктов сгорания топлива на здоровье детского населения. При этом зависимость заболеваемости детей ОРИ от уровней загрязнения атмосферного воздуха может быть аппроксимирована на сетках с равномерным масштабом, что позволяет определять прогноз состояния здоровья в случае изменения уровней загрязнения воздуха и с учетом этого целенаправленно проводить комплекс воздухоохранных мероприятий.

Заключение. Характер комбинированного действия многокомпонентного загрязнения воздуха в реальных условиях проявляется как неполная суммация по типу √n, следовательно, комплексный показатель Рк.к. необходимо использовать в качестве критерия при оценке многокомпонентного загрязнения атмосферы.

HYGIENE PRINCIPLES OF IMPROVEMENT OF AIR POLLUTANT REGULATION

Sokolov S.M., Shevchuk L.M., Naumenko T.E.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The development of a method assessing the nature of the combined effect of air pollution for their impact on the people health status in residential areas is a topical issue. The propose devaluation method is used for solving a very important hygienic problems-determining the nature of the combined action of a multi-component thermal power plant emissions on the health of the population.

Keywords: air, pollutants, monitoring, combined action, health.

Поступила 04.06.2013

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЛЫХ РЕК ЗАВОЛЖЬЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Спирин В.Ф., Орлов А.А., Мосияш С.А., Ковалева Е.В.
ФБУН Саратовский НИИСГ Роспотребнадзора, Саратов, Российская Федерация

Реферат. Определены гигиенические закономерности водоснабжения сельского населения из малых рек Заволжья. Установлены пространственные и временные особенности формирования качества воды в местах водозаборов сельских водопроводов; определены основные факторы воздействия на водоисточники, а также ведущие показатели качества воды, характеризующие эколого-гигиеническое состояние поверхностных водоемов Нижней Волги. Даны рекомендации по очистке и кондиционированию малых рек при использовании их для сельского водоснабжения.

Ключевые слова: малые реки Заволжья, источники загрязнения, факторы воздействия, питьевое водопользование сел.

Введение. Обеспечение населения доброкачественной питьевой водой является одним из важнейших условий успешного развития сельского социума, сохранения здоровья и экологического благополучия жителей сел. В то же время социально-экономические изменения в нашей стране в 80–90 гг. прошлого века негативно сказались на условиях проживания сельского населения. В 30% сел, составляющих 45 000 мелких населенных пунктов, наполняемость не превышает 10 человек. В таких селах жители для питьевых и бытовых целей, как правило, используют не централизованные системы, а колодцы, родники и поверхностные водоемы.

В отличие от городского сельское население тесно связано с личным приусадебным хозяйством. В связи с этим потребность в воде для бытовых и хозяйственных нужд в сельской местности намного выше, чем в городе. При наличии водопровода в селе вода из него используется жителями не только для питьевых нужд, но и для поения скота и полива огорода. Согласно нормам расходов потребителей систем сельскохозяйственного водоснабжения (ВНТП-Н-97) на одного человека в зависимости от степени благоустройства жилья может расходоваться от 25 л (использование водоразборных колонок) до 250 л (при наличии ванны, душа, канализации). Для водопоя животных, находящихся на сельском подворье, и ухода за ними может расходоваться до 150 л воды, а для полива приусадебного участка — 1000 л воды.

Нижнее Поволжье относится к регионам с неблагоприятными условиями для сельского водоснабжения. Это обусловлено комплексом природных и антропогенных факторов. Положение усугубляется тем, что в течение десятилетий недостаточно контролировалось загрязнение водоисточников сточными водами от оросительных систем, животноводческих и птицеводческих комплексов, предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции.

Саратовская область по своему географическому положению, климатическим условиям, уровню развития социально-экономических отношений, особенностям сельскохозяйственного производства в значительной мере отражает региональные особенности Нижнего Поволжья и может служить моделью для принятия управленческих решений по улучшению гигиенических условий водоснабжения в сельской местности [1].

Значительная часть подземных вод Саратовского Заволжья имеет повышенную минерализацию, жесткость, содержание железа и марганца и не может быть использована без дополнительного кондиционирования. Отсутствие пресных подземных вод вынуждает местное население использовать загрязненную воду поверхностных водоемов. В то же время известно, что среди причин, влияющих на социально-гигиенические условия жизни и здоровье населения, существенную роль играет наличие или отсутствие доброкачественной питьевой воды [2–4].

В этих условиях особое значение приобретает гигиеническое обоснование условий использования для питьевых и бытовых нужд сельского населения водохранилищ, малых рек, оросительно-обводнительных систем — объектов наиболее подверженных антропогенному воздействию [5].

Большинство малых рек Заволжья имеют небольшой расход и водообеспеченность, низкую скорость течения и малую глубину, что определяет неблагоприятные условия для самоочищения и смешения [1]. Высокий уровень зарегулированности малых рек превращает их в цепь слабопроточных водохранилищ, а высокая летняя температура способствует эвтрофированию водоемов. Традиционное расположение сельских населенных пунктов в береговой зоне, широкое использование рек для орошения и рекреации, низкое качество очистки сточных вод усугубляют неблагоприятную санитарную ситуацию на малых реках [1].

Малые и средние реки Нижней Волги, являющиеся притоками волжских водохранилищ, находятся в подпоре от них. Дальность проникновения водохранилищных вод определяется принадлежностью к левобережью или правобережью. Так, если дальность проникновения волжской воды в паводковый период в правобережные реки составляет 2–5 км, то в левобережные притоки она проникает на десятки километров.

Учитывая, что более половины сельского населения Саратовской области потребляют некачественную воду, для объективной оценки ситуации и принятия адекватных решений по оптимизации водоснабжения важную роль играет изучение отношения сельских жителей к условиям водопользования и качеству потребляемой воды.

Цель работы — дать гигиеническую оценку малых рек Заволжья, используемых для питьевых и бытовых нужд сельского населения.

Материал и методы. Для решения поставленных задач в 2010–2013 гг. проводили комплексные натурные исследования поверхностных источников водоснабжения сельских поселений Нижней Волги. Учитывая, что в наиболее неблагоприятном состоянии находятся поверхностные водоемы в аридных и полуаридных районах, объектами изучения являлись малые реки Саратовского Заволжья — Малый и Большой Узень, Малый и Большой Караман с притоками Мечетка и Нахой, Еруслан. В качестве модельных рек использована река Большой Караман с притоком Нахой. Основанием для выбора указанных объектов явилось их широкое использование для питьевых, хозяйственно-бытовых и рекреационных целей сельским населением. Створы для наблюдения выбирались с учетом существующих или проектируемых водозаборов. Исследования качества воды в реках осуществлялись в соответствии с ГОСТом 2761-84. «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», как правило, в весенне-летние месяцы — период наиболее интенсивного потребления воды населением. Пробы воды трехкратно отбирались с глубины 0,2–0,5 м.

Результаты и их обсуждение. Анализ качества воды в р. Нахой позволил установить достоверное возрастание значения мутности (4–8 ПДК) в паводковый и летний периоды (2–3 ПДК) в створах ниже населенных пунктов. Высокие значения перманганатной окисляемости (ПО) (4–5 ПДК) были характерны для весеннего периода в створах ниже сельских населенных пунктов (рисунок 1).

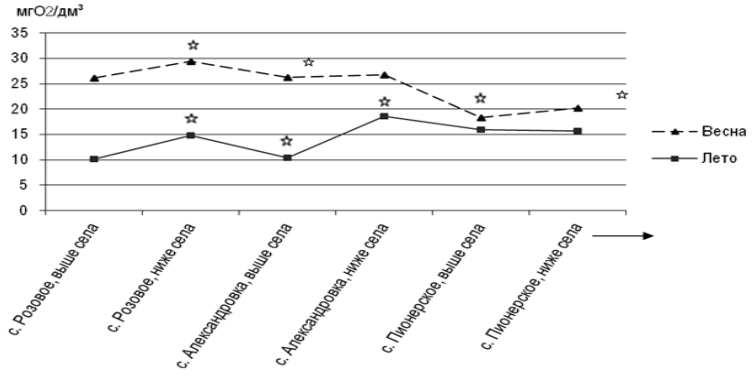


Рисунок 1 — Показатели перманганатной окисляемости в р. Нахой, звездочкой обозначена достоверность различий по сравнению с вышерасположенным створом ($p<0,05$)

В летний период величина ПО существенно снижалась (2–3 ПДК), тем не менее отмеченная закономерность неблагоприятного воздействия селитебных территории на качество воды сохранялась до устьевой части реки с. Пионерское. Отсутствие эффекта воздействия данного села на качество речной воды, очевидно, объясняется близостью р. Нахой к более полноводной реке Б. Караману.

Содержание азота аммиака (0,72–1,5 мг/дм³) свидетельствует о высоком уровне загрязнении рек сточными водами от предприятий по переработке сельхозпродукции, животноводческих комплексов и летних лагерей выпаса скота, которые находились либо на территории поселков, либо в непосредственной близости к ним. Наличие в воде всех форм азота позволяет говорить о сравнительно свежем загрязнении ее органическими соединениями и дает основание предположить, что процессы самоочищения в реке не закончены.

В течение паводкового периода на р. Б. Караман отмечалось повышение мутности воды. В то же время ее величина была существенно ниже, чем в р. Нахой. Характерным было существенное снижение величины мутности паводковой воды по мере приближения к устьевой части реки.

Анализ динамики величины перманганатной окисляемости воды из р. Б. Караман позволил установить достоверное увеличение ее в паводковый период в зоне воздействия сельских населенных пунктов (рисунок 2).

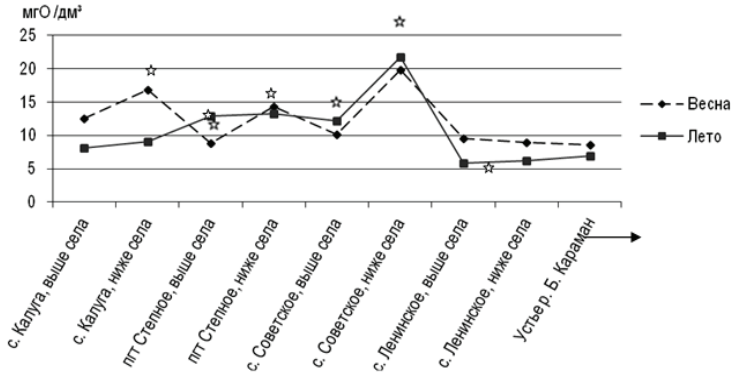


Рисунок 2 — Показатели перманганатной окисляемости в р. Б. Караман, звездочкой обозначена достоверность различий по сравнению с вышерасположенным створом ($p<0,05$)

Высокое содержание концентраций аммиака (до 1,2 мг/дм³) в воде из р. Б. Караман и постоянное обнаружение нефтепродуктов, ПАВ и пестицидов также позволяет говорить о загрязнении ее органическими соединениями и незавершенности процессов самоочищения в водотоке.

Установлено, что качество воды заволжских рек, а, следовательно, и уровень безопасности питьевого водопользования местного населения в значительной степени зависит от объема весеннего стока (рисунок 3). Так, в связи с резким снижением объема паводковых вод в 2007–2008 гг. по сравнению с 2005 г. в верхней части р. Б. Караман в 2–3 раза возросло содержание в воде сухого остатка (коэффициент корреляции — 0,983, $p<0,01$).

До значений в 0,2–0,5 мг/дм³ (2–5 ПДК) увеличилось содержание в воде марганца, что в 5–10 раз выше по сравнению с его содержанием в р. Б. Караман в 2005 г. В то же время показатели органического загрязнения находились на среднемноголетнем уровне, что можно объяснить снижением поступления поллютантов с водосборной территории в весенний период.

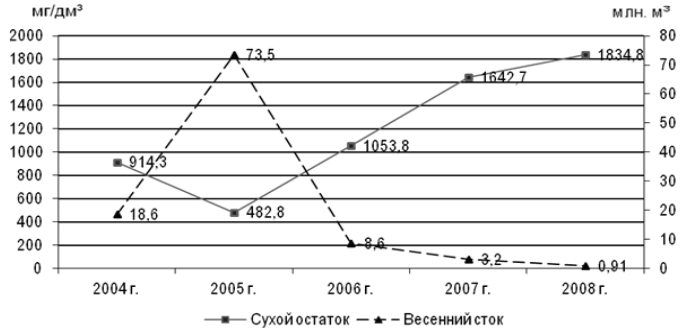


Рисунок 3 — Динамика величины сухого остатка в р. Б. Караман в створе у с. Калуга в летний период в зависимости от объема весеннего стока

Величина индекса загрязненности (ИЗ) воды р. Нахой, включающего в себя изменение таких показателей, как ПО, O_2, БПК, жесткость, сухой остаток, хлориды и сульфаты, дали основание характеризовать ее как водоток с высоким уровнем загрязнения и неблагоприятными условиями для водоснабжения сельского населения. Подпитка р. Б. Караман волжской водой позволяет увеличить водность реки на расстояние до 30–50 км. Значение ИЗ воды р. Б. Караман снижается по мере приближения реки к Волге и в ее устьевой части уровень загрязненности оценивается как «допустимый». На рисунке 4 представлено изменение санитарно-химического состояния качества воды от истока р. Нахой до впадения в Б. Караман и далее — до впадения р. Б. Караман в Волгу.

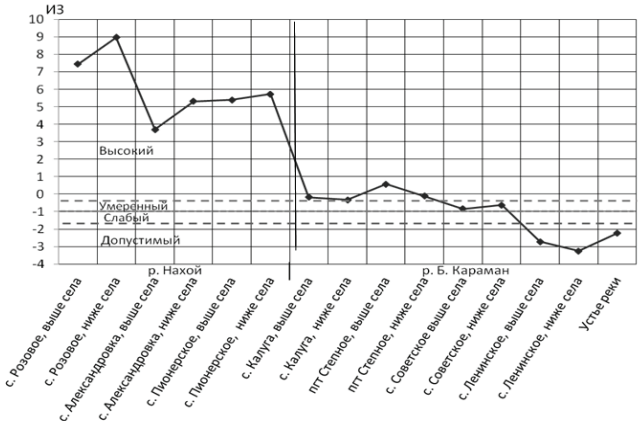


Рисунок 4 — Динамика ИЗ рек Нахой и Б. Караман

Заключение. Нахождение малых рек на аридных и полуаридных территориях Заволжья аггравирует неблагоприятные условия формирования в них качества воды и затрудняет возможность использования для бытовых и питьевых нужд сельского населения. Большинство малых рек Заволжья может быть отнесено к водоисточникам с высоким и умеренным уровнями загрязнения. В маловодные годы доминирующим фактором воздействия на качество воды малых рек является солевой состав. Наиболее резко изменение минерализации воды выражено в верхнем течении реки. Поступление значительных масс волжской воды в паводковый период на расстоянии до 50 км в левобережные притоки позволяет увеличить объем речного стока и снизить уровень солесодержания воды, создавая тем самым благоприятные условия для разбавления загрязняющих веществ. Одновременно с уменьшением минерализации отмечается улучшение органолептических и санитарно-химических показателей, что отражается на уровне загрязненности воды.

Установлено, что неблагоприятными факторами воздействия на качество воды малых рек Заволжья являются сточные воды селитебных территорий, животноводческих ферм и птицефабрик. Загрязнение малых рек взвешенными веществами связано с разрушением многочисленных земляных плотин; нефтепродуктами — проездом автотранспорта вброд, эксплуатацией насосных станций полей орошения и садоводческих кооперативов. Реальную опасность для формирования качества воды в местах водозаборов сельских водопроводов представляет выпас скота в прибрежной зоне малых рек. Учитывая, что количество летних ферм в прибрежной зоне велико, масштабы загрязнения малых рек отходами животноводства приобретают неконтролируемый характер.

При использовании малых рек Заволжья для бытовых и питьевых нужд сельского населения целесообразным является применение дуплексных систем водоснабжения с раздельными водоводами для хозяйственных и питьевых целей. Для очистки и кондиционирования воды малых рек рекомендуется использовать системы локальной очистки питьевой воды, которые показали их высокую эффективность при работе в условиях сельских населенных мест Саратовской области.

Литература

1. Спирин, В.Ф. Гигиенические проблемы сельского водоснабжения и пути их решения / В.Ф. Спирин., А.А. Орлов // Гигиена и санитария. – 2003. – № 6. – С. 16–17.

2. Онищенко, Г.Г. О состоянии и мерах по обеспечению безопасности хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Российской Федерации / Г.Г. Онищенко // Гигиена и санитария. – 2010. – № 3. – С. 4–7.

3. Чубирко, М.И. О риске воздействии загрязненной нитратами питьевой воды на здоровье населения / М.И. Чубирко, Н.М. Пичужкина, В.И. Русин // Социально-гигиенический мониторинг здоровья населения / Под ред. В.Г. Макаровой и В.А. Кирюшина. – Рязань, 2002. – С. 57–58.

4. Сергеева, Е.С. Гидрохимические и биологические показатели санитарного состояния рек Саратовской области / Е.С. Сергеева // Материалы X Всерос. съезда гигиенистов и санитарных врачей. – М., 2007. – Кн. 2. – С. 451–455.

5. Сергеева, Е.С. Комплексная санитарно-гигиеническая оценка рек питьевого назначения / Е.С. Сергеева, Ю.Ю. Елисеев // Саратовский науч.-мед. журн. – 2008. − № 4 (22) – С. 18–21.

HYGIENE PROBLEMS OF SMALL RIVERS OF ZAVOLZHJA FOR RURAL WATER SUPPLY

Spirin V.F., Orlov A.A., Mosijash S.A., Kovaleva E.V.

FBUN the Saratov scientific research institute of rural hygiene, Saratov, Russia

Hygiene regularities of rural water supply of the Volga small rivers have been defined. The spatial and temporal features of forming water quality in the field of rural water supply were established, the main impacts on water sources were identified, as well as leading indicators of water quality indicators characterizing ecological-hygienic state of surface water bodies of the Lower Volga. The recommendations for cleaning and conditioning of small rivers when using for rural water supply.

Keywords: the Volga small rivers, sources of pollution, influence factors, rural drinking water use.

Поступила 04.07.2013

ОСОБЕННОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ И ВЫВЕДЕНИЯ ЦЕЗИЯ-137 У ЛОШАДЕЙ, ВЫРАЩИВАЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Телицына Н.В.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Представлены данные по оценке методов получения конины в соответствии с существующими нормативами по радиационному фактору. Рассматриваются закономерности поступления и выведения цезия-137 при использовании в кормлении рационов с разной удельной активностью. Обсуждается вопрос эффективности применения сорбента ферроцина с целью ускорения выведения цезия-137 из организма лошадей разного возраста.

Ключевые слова: лошадь, цезий-137, мышечная ткань, удельная активность, ферроцин.

Введение. По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, на начало 2012 г. в стране насчитывалось 100 000 голов лошадей в хозяйствах всех категорий, из которых 52 600 — в Брестской, Гомельской и Могилевской областях [1].

Биологическая и пищевая ценность конского мяса связана не только с его химическим составом, но и с соотношением полноценных и неполноценных белков, составом жира, содержанием витаминов, макро- и микроэлементов. В конине в зависимости от возраста, пола и упитанности животных содержание белка колеблется от 18% до 23%; жира — от 1–2% (при нестандартной упитанности) до 18–20% (в тушах лошадей I категории упитанности). Химический состав мяса лошадей конюшенного содержания в среднем составляет: воды — 74,2%, белка — 21,6%, жира — 2,5% и золы — 1%; мясо казахских лошадей (табунного содержания) средней упитанности: воды — 70%, белка — 24,6%, жира — 4,7% и золы — 0,93%. В конском мясе содержание витамина А достигает 20 мг% (в жире), тиамина — 0,07 мг%, рибофлавина — 0,1 мг%, никотинамида — 4,2 мг%. В конине по сравнению с говядиной более высокое содержание миоглобина. В отличие от мяса других видов животных конина содержит мало холестерина, что придает ей диетическую ценность. Конские жиры легкоплавки, богаты жирными кислотами и витамином А, особенно жиры конской печени (в 1 г печени башкирских лошадей после нагула содержится 88,4 МЕ) [2, 3].

В ряде стран мира конское мясо успешно конкурирует с мясом животных других видов. Конина является хорошим экспортным товаром в Россию и страны Европейского союза. В Республике Беларусь конина также используется в пищевых целях. Многие перерабатывающие предприятия, такие как Оршанский мясоконсервный комбинат, Слонимский мясокомбинат, Калинковичский мясокомбинат используют конину в качестве сырья и выпускают колбасы «Кубанская», «Степная», консервы «Конина тушеная», а также детское питание «Пюре из говядины с кониной» и др.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС загрязнение территории Беларуси цезием-137 с плотностью свыше 37 кБк/м^2 составило 23% от всей площади республики, поэтому проблема получения качественной конины остается актуальной.

До аварии на Чернобыльской АЭС не существовало нормативов содержания радионуклидов в продуктах питания. В настоящее время в соответствии с гигиеническим нормативом (ГН 10-117-99) «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде» (РДУ-99) допустимое содержание цезия-137 в конине не должно превышать — 370 Бк/кг, в соответствии с техническим регламентом таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) — 200 Бк/кг.

В соответствии с «Рекомендациями по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 гг.» в системе мероприятий по снижению концентрации радионуклидов в продукции животноводства применяют следующие приемы: использование наименее загрязненных кормов на заключительной стадии откорма животных, а также введение в рацион специальных добавок, снижающих переход радионуклидов в продукты животноводства [4].

Цель работы — оценка методов получения конины в соответствии с существующими нормативами по радиологическому фактору.

Материал и методы. Исследования проводили на лошадях русской тяжеловозной породы в СПК «Чемерисский» Брагинского района Гомельской области. Животных экспериментальных групп разделили с учетом пола, возраста, живой массы, физиологического состояния. Основу рациона составлял сенаж из многолетних злаковых трав, также в состав основного рациона (ОР) лошадей входило сено злаково-разнотравное и солома ячменная. Зернофураж (70% овса, 35% ячменя, 5% ржи) скармливали животным в размолотом виде. Рационы сбалансировали по основным питательным веществам в соответствии с нормами.

Первый эксперимент проводили на животных 2 групп (n=24 в каждой): I группа — кобылы в возрасте 60 месяцев и II — 12-месячные жеребчики. Активность цезия-137 в рационах обеих групп составляла 60 200 Бк/сутки.

Второй эксперимент проводили на животных 4 групп (n=12 в каждой): I группа — кобылы в возрасте 62 месяцев, II — 12-месячные жеребчики, III — кобылы в возрасте 62 месяцев и IV — жеребчики 14 месяцев. Активность цезия-137 рационов всех групп была 4460 Бк/сутки. Животные получали основной рацион, но в дополнение к нему животные III и IV групп получали по 0,5 кг комбикорма, в состав которого входило 3 г ферроцина.

Пробы кормов для определения содержания цезия-137 отбирали каждую декаду. Содержание цезия-137 в образцах определяли на γ-спектрометрических комплексах «Canberra» и «Oxford». Аппаратная ошибка измерений не превышала 15%.

Удельную активность цезия-137 в мышечной ткани лошадей определяли до начала постановки животных под опыт и через каждые последующие 5 суток. Измерения проводили на месте расположения объектов исследования без отбора проб радиометрическим методом, основанном на измерениях интенсивности фонового γ-излучения на контрольной площадке и интенсивности в контрольной области на теле особи (энергетический интервал пика поглощения 662 кэВ, сопровождающий радиоактивный распад цезия-137). Для выполнения измерений применяли радиометр-дозиметр МКС-01 «Советник» по методике выполнения измерений МВИ. МН 1861-2003 и в соответствии с рекомендациями по применению радиометра-дозиметра МКС-01 «Советник» — ТИМ-01-03 [5].

Анализ полученных данных проводили стандартными методами биологической статистики при помощи компьютерных программ приложений Excel и STATISTICA 6.0. Для показателей, полученных при многократных повторениях одного и

того же измерения, вычисляли средние значения и ошибку репрезентативности ($\overline{M} = M \pm tm\overline{M} = M \pm tm$, где $\overline{M}$ $\overline{M}$ — генеральная средняя, MM — выборочная средняя, m — ошибка репрезентативности, t-критерий Стьюдента. Доверительные интервалы определяли с вероятностью 99%.

Результаты и их обсуждение. До начала эксперимента удельная активность мышечной ткани животных I опытной группы равнялась 120±7,9 Бк/кг, II — 90±6,7 Бк/кг ($p<0,01$). При поступлении с кормом цезия-137 постоянно увеличивалась удельная активность мышечной ткани животных обеих групп (рисунок 1). Наиболее интенсивно аккумуляция цезия-137 происходила у лошадей II группы и уже к 30-м суткам эксперимента удельная активность мышечной ткани достигла 2780±28,9 Бк/кг. У лошадей I группы процесс всасывания цезия-137 был более медленным и на 40-е сутки эксперимента показатели прижизненной дозиметрии составили 2050±29,2 Бк/кг. Полученные данные согласуются с результатами опубликованных научных исследований: для молодых животных свойственно более интенсивное всасывание и депонирование радионуклидов в тканях [6]. После 30 суток во II группе и после 40 суток в I, несмотря на продолжающееся постоянное поступление цезия-137 с кормом, колебания удельной активности мышечной ткани не превышали 5%, что говорит о наступлении плато, когда устанавливается динамическое равновесие между поступлением и выведением цезия-137 из организма животных.

Величины удельной активности мышечной ткани лошадей после кормления их рационом с активностью 60 200 Бк/сутки превышают действующие допустимые уровни содержания цезия-137 в 10–15 раз, поэтому такое мясо является непригодным для использования в пищу. В «Рекомендациях по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 гг.» рекомендуется использовать менее загрязненные корма на заключительной стадии откорма животных перед убоем.

Во втором эксперименте для выведения цезия-137 из организма лошадям I и II групп давали рацион со значительно более низкой активностью — 4460 Бк/сутки. Результатом такого кормления стало экспонентное уменьшение содержания цезия-137 у лошадей, которое описывается уравнениями $y=2523,9e^{-0.109x}$ ($R^2=0,9735$) и $y=3608,9e^{-0.117x}$ ($R^2=0,9361$) в I и II группах соответственно (рисунок 2), что свидетельствует о высоком уровне достоверности полученных данных. Продолжительность эксперимента позволила оценить эффективные периоды полувыведения цезия-137 из мышечной ткани лошадей ($T_{эф}$), т.е. когда исходное количество радионуклидов в организме уменьшается вдвое в результате радиоактивного распада и биологического выделения. Для лошадей I группы $T_{эф}$ составила приблизительно 35 суток, II группы — порядка 45 суток. На 70-е сутки эксперимента удельная активность мышечной ткани лошадей I группы составила 419±13,7 Бк/кг, II — 524±59,2 Бк/кг. Однако, несмотря на такое кормление, за 70 суток эксперимента не удалось достичь значений, соответствующих нормативам по содержанию цезия-137, т.е. такое мясо нельзя использовать для пищевых целей. Выведение цезия-137 из организма лошадей путем скармливания кормов с низким содержанием цезия-137 требует более длительного времени, что не всегда возможно на территориях радиоактивного загрязнения.

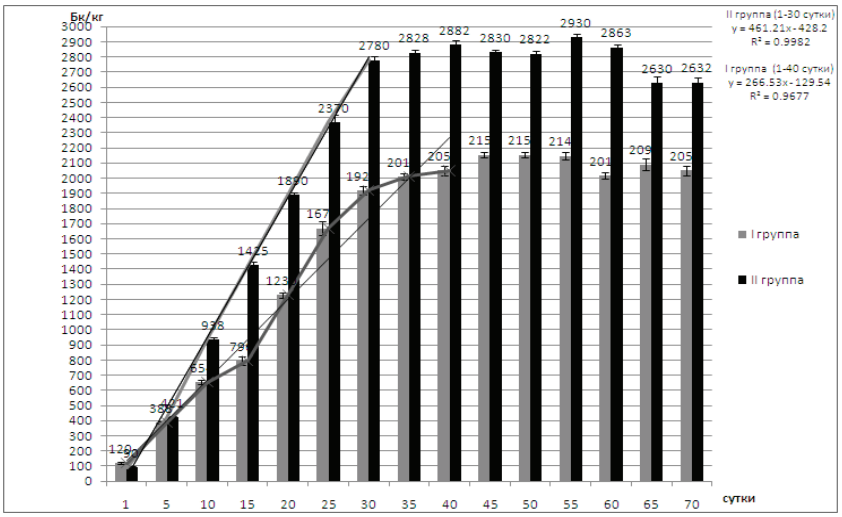


Рисунок 1 — Динамика удельной активности мышечной ткани лошадей в первом эксперименте

С целью ускорения выведения цезия-137 животным III и IV групп дополнительно к основному рациону давали 3 г ферроцина в составе комбикорма. Ферроцианиды (их еще называют «берлинской лазурью») являются высокоэффективным сорбентом, который избирательно связывает радионуклиды цезия-137 и препятствует его всасыванию в пищеварительном тракте. Попадая в желудочно-кишечный тракт животных, ферроцин образует коллоидную систему из наночастиц, обладающих огромной поверхностью и сорбционной активностью. Коллоиды содержащих ферроцин препаратов формируют прочные комплексы с токсичными микроэлементами, которые не способны проникнуть через слизистую оболочку пищеварительного канала.

Результатом такого кормления стало достоверное уменьшение содержания цезия-137 в организме лошадей обеих групп. Снижение концентрации радионуклида происходило экспонентно и описывается формулами $y=3048,5e^{-0,216x}$ ($R^2=0,9879$) и $y=4914,5e^{-0,258x}$ ($R^2=0,9432$) для III и IV групп соответственно (рисунок 3). Примерно через 55 суток содержание цезия-137 в мышечной ткани животных обеих групп достигло значений 200 Бк/кг (ТР ТС 021/2011), что позволяет использовать в пищевых целях полученное таким способом мясо и свидетельствует о высокой эффективности применения данного сорбента для выведения цезия-137 из организма лошадей.

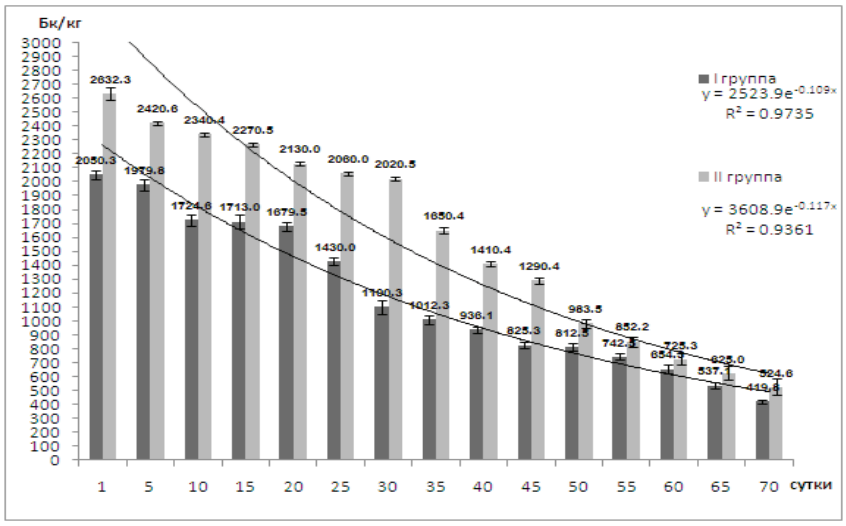


Рисунок 2 — Динамика удельной активности мышечной ткани лошадей I и II групп во втором эксперименте

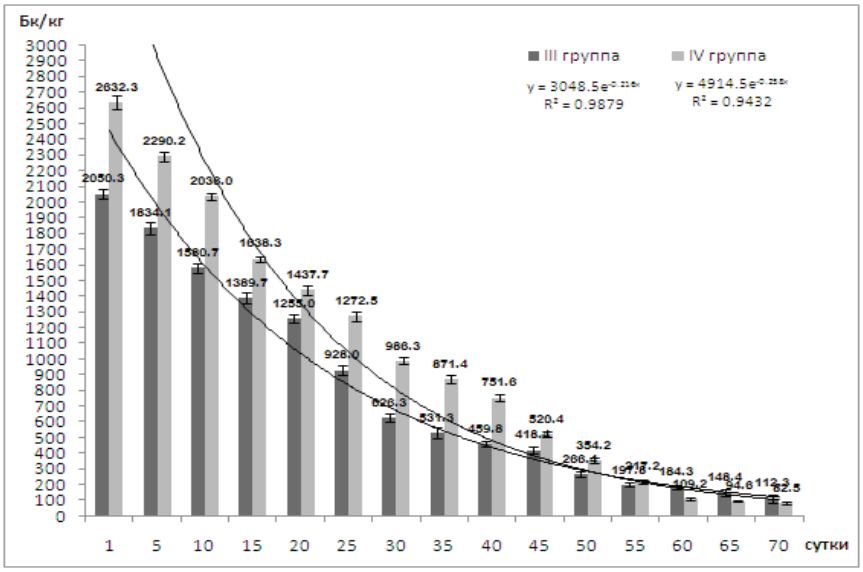


Рисунок 3 — Динамика удельной активности мышечной ткани лошадей во втором эксперименте

Заключение. Содержание лошадей на рационе с удельной активностью 60 200 Бк/сутки приводит к интенсивному увеличению содержания цезия-137 в мышечной ткани, после чего через 30 суток у молодых животных и через 40 суток у взрослых наступает динамическое равновесие между поступлением и выведением цезия-137 из организма. При переводе животных на кормление с низким содержанием цезия-137, удельная активность которого составляет 4460 Бк/сутки, за 70 суток не удается получить конину, соответствующую нормативам по содержанию цезия-137. Применение ферроцина при кормлении лошадей дает возможность уже через 55 суток получить конину, соответствующую гигиеническим нормативам по содержанию цезия-137.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь; [редкол.: И.А. Костевич и др.]. – Минск: Нац. стат. комитет Респ. Беларусь, 2012. – 353 с.

2. Основы зоотехнии: учеб. пособие / В.И. Шляхтунов [и др.], под ред. В.И. Шляхтунова. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 323 с.

3. Гладенко, В.К. Коневодство Белоруссии / В.К. Гладенко. – Минск: Ураджай, 1985. – 75 с.

4. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 гг. / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, М-во сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь; [подготовили: Н.Н. Цыбулько [и др.]]. – Минск: Институт радиологии, 2012. – 121 с.

5. Измерения удельной активности цезия-137 в мышечной ткани животных без отбора проб: рекомендация по применению радиометра-дозиметра МКС-01 «Советник». ТИМ-01-03. – Минск, 2006. – 26 с.

6. Радиационные аварии и ликвидация их последствий в агросфере / Б.Н. Анненков, А.В. Егоров, Р.Г. Ильязов; под ред. Б.Н. Анненкова; Акад. наук. Респ. Татарстан. – Казань: Фэн, 2004. – 407 с.

FEATURES OF INTAKE AND EXCRETION OF CAESIUM-137 IN THE HORSES FARMED ON THE RADIOACTIVE CONTAMINATED LAND

Tsialitsyna N.V.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The data on the evaluation of methods for the preparation of horse meat in accordance with existing regulations on radiation factor are presented in the paper. The regularities of income and excretion of cesium-137 when used in feeding diets with different specific activity are analyzed. The question of efficiency of sorbent ferrocene use to accelerate the elimination of cesium-137 from the body of horses of different ages is under discussion.

Keywords: horse, caesium-137, muscle, specific activity, ferrocene.

Поступила 15.07.2013

ОБНАРУЖЕНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ БАКТЕРИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тонко О.В.[1], Коломиец Н.Д.[1], Дудчик Н.В.[2], Нежвинская О.Е.[2], Ханенко О.Н.[1], Левшина Н.Н.[3], Жуковский В.В.[4], Гавриленко В.В.[4]
[1]Белорусская медицинская академия последипломного образования;
[2]Республиканский научно-практический центр гигиены;
[3]Минский городской центр гигиены и эпидемиологии;
[4]Центр гигиены и эпидемиологии Ленинского района, Минск, Беларусь

Реферат. Определены группы индикаторных бактерий на поверхностях технологического оборудования, контактирующих с пищевыми продуктами. Наиболее высокая бактериальная обсемененность окружающей среды обнаружена в цехе готовой продукции — общее микробное число составило в среднем $\log_{10}$ 3,00/см^3.

Ключевые слова: гигиеническое состояние объекта, уровень микробной обсемененности, аэробный подсчет колоний, состав микробиоты, смывы.

Введение. Прогнозируемый прирост вновь возникающих инфекций за счет «пищевых» требует пересмотра существующих принципов обеспечения микробиологической безопасности пищи, в первую очередь, обоснованности критериев ее оценки и установленных гигиенических требований, придания гибкости нормативно-методической базе контроля. Последняя должна постоянно и своевременно совершенствоваться, опираясь на надлежащие знания о реальных и потенциальных рисках, неизбежно возникающих по ходу цепи получения продукции [1].

В качестве специфического показателя является наличие *Staphylococcus aureus* в пищевых продуктах (например, в печеных булочках с кремом). Так, в исследовании выявлено, что 37,7% из 1438 работников, участвующих в изготовлении хлебобулочных изделий в 4 разных странах, являются носителями этих микроорганизмов. В 11 случаях вспышек массовых стафилококковых отравлений, зарегистрированных в 8 странах, уровень содержания бактерий *Staphylococcus aureus* в машинах, перевозящих продукцию пекарен, зарегистрирован пределах от 10^6 до 10^9 КОЕ/г. Показано, что большинство этих бактерий, выявленных в 9 из 11 случаев массовых стафилококковых отравлений, продуцировали стафилококковый энтеротоксин А (SEA), в тех случаях, в которых определяли этот тип токсина. В одном из случаев вспышек массовых стафилококковых отравлений заболевания вызваны стафилококковым энтеротоксином D (SED), приблизительно 40% из 536 работников, участвующих в изготовлении пищевых продуктов, являются носителями энтеротоксигенных штаммов бактерий *Staphylococcus aureus*.

Концепция, согласно которой следует установить лимиты по содержанию микроорганизмов, по крайней мере, для некоторых видов пищевых продуктов для определения степени их безопасности и качества, выдвинута еще в 1903 г. (предложено установить лимит по содержанию микроорганизмов для гамбургеров, определяемый методом аэробного подсчета колоний и равный 10^6 КОЕ/г) [2, 3].

Санитарно-бактериологический контроль является важнейшим инструментом объективной оценки качества гигиенических мероприятий, проводимых на пищевых предприятиях. Применение унифицированных методов исследования позволяет получать и обобщать данные для отдельных цехов/участков или всего (нескольких) предприятия. По результатам санитарно-бактериологических исследований можно судить о соблюдении программы производственного контроля, возможном нарушении технологии приготовления пищи или условий хранения продуктов, соблюдении правил личной гигиены персоналом, эпидемиологической безопасности готовой продукции и др. Критерием высокого качества санитарной обработки оборудования, посуды, инвентаря и др., наличия хорошей гигиенической практики на производстве служит отсутствие на поверхностях обработанных предметов патогенных и санитарно-показательных микроорганизмов [4].

Цель работы — изучить и оценить количественных составов микробиоты окружающей среды (объекты технологического окружения, воздух производственных помещений, инвентарь и др.) мелкого пищевого предприятия, выпускающего полуфабрикаты и готовые к употреблению разнообразные пищевые продукты, оценить гигиеническое состояние объекта.

Материал и методы. Исследовали смывы с поверхностей оборудования, инвентаря, посуды, вспомогательных средств на разных стадиях и этапах производства. Отбор проб проводили в соответствии со стандартом ISO 18593:2004 [5]. В работе использовали следующие питательные среды: жидкая среда Мак-Конки, солевой бульон, мясо-пептонный агар (МПА), желточно-солевой и энтерококковый агар, Байрд–Паркер агар, среда Эндо, а также подложки «RIDA®COUNT» в соответствии с инструкцией по применению [6]. Для определения общей микробной обсемененности в пробирку со смывной жидкостью добавляли 5 мл стерильного физиологического раствора. Затем проводили посев 1 мл суспензии поверхностным методом в чашку Петри с МПА. Чашку инкубировали в аэробных условиях при температуре 37±1°С в течение 48–72 ч. Проводили аэробный подсчет колоний и определяли общую микробную нагрузку на различных поверхностях окружающей среды, выраженную в КОЕ/см^3 и пересчитанную в $\log_{10}$/см^3.

Для отбора проб воздуха использовали вакуумный аспиратор воздуха «SASSuper 100» (PBI International). Микробиологическую контаминацию воздуха производственных помещений изучали по следующим параметрам:

– общее количество микроорганизмов в 1 м^3 воздуха;

– количество плесневых грибов и дрожжей 1 м^3 воздуха;

– содержание бактерий рода *Staphylococcus* в 1 м^3 воздуха;

– количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП) в 1 м^3 воздуха.

Видовую идентификацию микроорганизмов осуществляли по общепринятым микробиологическим методикам мануально и с помощью биохимического микробиологического анализатора «VITEK» (BioMerieux).

Параллельно исследовали смывы методом ПЦР на патогенные пищевые микроорганизмы: *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, энтероинвазивная и энтерогеморрагическая *Escherichia coli*, *Enterobacter sakazakii*, *Campylobacter spp.* Для обнаружения в пробах *Salmonella spp.* и *Listeria monocytogenes* дополнительно исследовали смывы методом ИФА с использованием иммунофлюоресцентного экспресс-анализатора «mini Vidas» (BioMerieux).

Для статистической обработки цифрового материала с целью определения удельного веса и структуры первичных данных с достоверностью $p<0,05$ использовали программу «EPI INFO».

Результаты и их обсуждение. С целью оценки уровней обсемененности и изучения состава микробиоты мелкого пищевого производства исследовали смывы с технологического оборудования, рук персонала и спецодежды (таблица 1).

Таблица 1 — Результаты бактериологического исследования смывов с поверхностей окружающей среды на пищевом производстве

Место взятия смыва	Микробиота
Мясорубка	*Staphylococcus aureus, Enterococcus faecalis, Citrobacter freundii, Escherichia coli*
Кран умывальника	*Enterococcus faecalis, Staphylococcus aureus, Enterobacter cloacae, Staphylococcus epidermidis*
Ручка пароконвенционной печи	*Enterococcus faecalis, Enterobacter cloacae, Staphylococcus saprophyticus, Hafnia alvei*
Разделочная доска «мясо отварное»	*Enterococcus faecalis, Hafnia alvei, Enterobacter cloacae*
Стена возле стола для разделки теста	*Enterococcus faecalis, Enterococcus faecium, Bacillus spp.*
Стеллаж для хранения чистой посуды	*Enterococcus faecalis, Enterobacter cloacae, Escherichia coli, Bacillus spp.*
Кухонный комбайн (до работы)	*Enterococcus faecalis, Enterococcus casseliflavus, Citrobacter koseri, Escherichia coli, Bacillus spp.*
Руки работника	*Enterococcus faecalis, Staphylococcus aureus, H. alvei*
Руки работника	*Enterococcus faecalis, Enterobacter cloacae, Staphylococcus epidermidis*
Руки работника	*Enterococcus gallinarum*
Кран умывальника	*Enterobacter spp., Escherichia coli, Staphylococcus epidermidis*
Дверная ручка	*Enterococcus faecalis, Enterobacter cloacae, Staphylococcus saprophyticus*
Фартук работника	*Staphylococcus saprophyticus*
Плитка возле раковины	*Enterococcus faecalis, Hafnia alvei, Enterobacter cloacae*
Кран умывальника	Нет роста
Руки работника	Нет роста
Нож разделочный «мясо сырое»	Нет роста
Внутренняя сторона мойки 1	*Enterococcus faecalis, Enterobacter cloacae, Escherichia coli, Bacillus spp.*
Внутренняя сторона мойки 2	*Enterococcus faecalis*, грамотрицательная палочка, *Escherichia coli, Staphylococcus epidermidis*
Внутренняя сторона умывальника для рук работников	*Enterobacter cloacae, Escherichia coli*

Установлено, что 17 (85%) исследуемых смывов из 20 исследуемых поверхностей были обсеменены микроорганизмами. При этом в пробах одновременно обнаружено до 5 различных родов и видов эмерджентных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Частота встречаемости выделенных и идентифицированных микроорганизмов представлена в таблице 2.

Таким образом, превалирующей группой микроорганизмов на предприятии являются БГКП, которые составили 42,3% от всех выделенных штаммов бактерий. Staphylococcus aureus изолирован из смывов в 5,8% случаев. Энтерококки присутствовали в большинстве проб: в 25% смывов — *Enterococcus faecalis*, в 5,8% — остальные виды энтерококков.

Исследовали смывы (8 проб) методом ПЦР на патогенные пищевые микроорганизмы: *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, энтероинвазивная и энтерогеморрагическая *Escherichia coli*, *Enterobacter sakazakii*, *Campylobacter spp*. Во всех образцах патогены не выявлены. Параллельно исследовали смывы с поверхностей технологического оборудования (8 проб) методом ИФА: *Salmonella spp.* и *Listeria monocytogenes* не выявлены.

Провели аэробный подсчет колоний, выросших на МПА, и определили общую микробную нагрузку на различных поверхностях окружающей среды, выраженную в КОЕ/см^3 и пересчитанную для удобства сравнения поверхностей объектов в $\log_{10}$/см^3 (таблица 3).

Установлено, что наименее обсемененными поверхностями на пищевом предприятии были столы и лоток для готовой продукции в кондитерском цехе и стеллаж для чистой посуды — АПК: $\log_{10} \leq 1{,}00/см^3$. Наиболее высокая бактериальная обсемененность выявлена на поверхности стола у варочной плиты в цехе готовой продукции — АПК: $\log_{10} 3{,}00/см^3$.

Для оценки микробной обсемененности воздушной среды аспирационным методом отобрали 13 проб в 3 цехах на различных этапах их функционирования. Установлено, что показатели общего количества микроорганизмов в 1 $м^3$ воздуха, отобранного в разных помещениях пищевого производства во время проводимых работ, колебались от 620 КОЕ/$м^3$ в цехе готовой продукции до 2000 КОЕ/$м^3$ в кондитерском цехе.

Таблица 2 — Частота встречаемости различных родов и видов бактерий на поверхностях окружающей среды на пищевом производстве

Микробиота	Частота выделения	
	абс.	%
Staphylococcus aureus	3	5,8
Staphylococcus epidermidis	4	7,7
Staphylococcus saprophyticus	3	5,8
Всего стафилококков	10	19,2
Enterococcus faecalis	13	25
Enterococcus casseliflavus	1	1,9
Enterococcus faecium	1	1,9
Enterococcus gallinarum	1	1,9
Всего энтерококков	16	30,8
Hafnia alvei	3	5,8
Citrobacter freundii	1	1,9
Citrobacter koseri	1	1,9
Escherichia coli	7	13,5
Enterobacter spp.	1	1,9
Enterobacter cloacae	9	17,3
Всего БГКП	22	42,3
Bacillus spp.	4	7,7
Всего штаммов микроорганизмов	52	100

Таблица 3 — Общая микробная нагрузка на различных поверхностях на пищевом производстве

Наименование предмета	Аэробный подсчет колоний	
	КОЕ/$см^3$	$\log_{10}/см^3$
Цех готовой продукции		
Стол	100	2,00
Стол с мясорубкой	15	1,17
Стол у варочной плиты	1000	3,00
Моечная		
Стеллаж для чистой посуды	7	0,85
Кондитерский цех		
Весы	15	1,17
Стол фасовки готовой продукции	3	0,48
Лоток (обратная сторона)	4	0,60
Доска разделочная «панировочная»	—	—
Плитка возле раковины	20	1,30
Стол с готовой продукцией (рядом голубцы)	3	0,48
Среднее арифметическое	117	2,06

Из 4 образцов воздуха, отобранных на среду Сабуро, колонии плесневых грибов определены в 4 (100%) аспиратах: от 620 КОЕ/$м^3$ в вытяжке до 2240 КОЕ/$м^3$ в кондитерском цехе. Из 3 образцов воздуха, отобранных на Байрд–Паркер агар, выделено 6 штаммов коагулазоотрицательных стафилококков, штаммы золотистого стафилококка не обнаружены. Из 3 образцов воздуха, отобранных на среду Эндо, в 1 случае выделили *Escherichia coli* (таблица 4).

Заключение. Превалирующей группой индикаторных бактерий окружающей среды (объекты технологического окружения, воздух производственных помещений, инвентарь и др.) мелкого пищевого предприятия, выпускающего полуфабрикаты и готовые к употреблению разнообразные пищевые продукты, являются бактерии группы кишечной палочки (42,3%). *Staphylococcus aureus* изолирован в 5,8% случаев. Энтерококки присутствовали в большинстве исследуемых проб (от 5,8 до 25% в зависимости от вида бактерий). Обнаружение этих групп условно-патогенных и санитарно-показательных микроорганизмов на объектах окружающей среды пищевого предприятия свидетельствует о нарушениях гигиенических практик, недостаточной эффективности дезинфекционных мероприятий и может приводить к попаданию эмерджентных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в пищевые продукты.

Таблица 4 — Частота обнаружения бактерий из образцов воздуха на пищевом производстве

Микробиота	Частота выделения	
	абс.	%
S. hominis	1	6,6
Staphylococcus saprophyticus	2	13,3
Staphylococcus epidermidis	1	6,6
S. xylosus	1	6,6
Staphylococcus spp.	1	6,6
Всего стафилококки	6	40
Micrococcus luteus	2	13,3
Escherichia coli	1	6,6
(Sphingomonas paucimobilis) Pseudomonas paucimobilis	3	20
Плесневые грибы	3	20
Всего штаммов МО	15	100

Литература

1. Male-specific coliphages as an additional fecal contamination indicator for screening fresh carrots / S. Endley [et al.] // J. Food Protect. – 2003. – Vol. 66. – P. 88–93.

2. Stewart, C. Managing the risk of staphylococcal food poisoning from cream-filled baked goods to meet a food safety objective /C.M. Stewart, M.B. Cole, D.W. Schaffher // J. Food Protect. – 2003. – Vol. 66. – P. 1310–1325.

3. Джей, Д.М. Современная пищевая микробиология / Д.М. Джей, М.Д. Лесснер, Д.А. Гольден; пер. англ. изд. — М.: БИНОМ, 2012.

4. Санитарная микробиология : справочник / В.П. Иванов [и др.]. – СПб., 2001. – 147 с.

5. ISO 18593:2004. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальные методы отбора проб с поверхностей помощью контактных пластинок и тампонов.

6. Коломиец, Н.Д. Оптимизированные методы количественного выявления санитарно-показательных и патогенных микроорганизмов : Инструкция по применению / Н.Д. Коломиец: утв. № 074-0210. – Минск: БелМАПО, 2010.

DETECTION OF INDICATOR BACTERIA ON THE SURFACES OF PROCESS EQUIPMENT

Tonko O.V.[1], Kolomiets N.D.[1], Dudchik N.V.[2],
Hanenko O.N.[1], Levshina N.N.[3], Zhukovsky V.V.[4], Gavrilenko V.V.[4]
[1]Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education;
[2]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;
[3]Minsk City Center for Hygiene and Epidemiology;
[4]Centre of Hygiene and Epidemiology of Leninsky district of Minsk, Belarus

The groups of indicator bacteria on the surfaces of process equipment in contact with food have been identified. It was found that the highest bacterial contamination of the environment was detected in the workshop of finished product — the total microbial number was $\log_{10}$ 3,00/cm^3 in average.

Keywords: hygiene condition of the facility, the level of microbial contamination, aerobic colony counts, the composition of microbiota, washings.

Поступила 10.06.2013

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В РЕГИОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

Тотанов Ж.С., Черепанова Л.Ю., Зинуллин У.З., Калмуханова А.К.
Научный центр гигиены и эпидемиологии им. Х. Жуматова, Алматы, Республика Казахстан

Реферат. Рассмотрены основные гигиенические аспекты негативного воздействия предприятий нефтегазовой отрасли на основные объекты окружающей среды и здоровье населения.

Ключевые слова: объекты окружающей среды, нефтегазовая отрасль, загрязнение, население, здоровье.

Введение. Нефтегазовая отрасль, занимая базовое положение в экономике страны, одновременно относится к числу производств, оказывающих наиболее сильное воздействие на окружающую среду [1]. В последние годы в Атырауской области нефтегазодобывающая промышленность интенсивно развивается, осваиваются новые и наращивают мощности разведанные нефтегазовые месторождения, вводят в эксплуатацию новые предприятия по переработке нефти и газа. Широкомасштабное освоение нефтяного Прикаспийского региона оказывает отрицательное воздействие на качество основных объектов окружающей и производственной среды. В последние годы экологическая обстановка в регионе считается чрезвычайно напряженной. Наращивание оборотов добычи нефти и газа, высокая агрессивность извлекаемого сырья влияют на процессы интенсивного загрязнения атмосферы [2, 3].

В процессе эксплуатации нефтепромыслов в атмосферный воздух выделяются твердые частицы, сернистый ангидрид, окись углерода, оксиды азота и углеводороды, что отрицательно влияет на экологическую ситуацию региона. Установлено, что выбросы загрязняющих веществ от деятельности нефтяных предприятий составляют практически 80% от всех выбросов в атмосферу. Особую роль при этом играет сжигание газа на факелах в местах нефтедобычи.

Неблагоприятная экологическая обстановка в области усугубилась с ростом объемов нефтедобычи на одном из самых крупных нефтегазовых месторождений (Тенгизское месторождение, расположенное на территории Жылыойского района Атырауской области). В связи с освоением и развитием нефтедобычи в прибрежных районах северо-восточной части Каспийского моря, месторождений Тенгиз и Прорва, экосистема наиболее подвержена загрязнению серой и серосодержащими соединениями, которыми очень богата казахстанская нефть. При эксплуатации подсолевых месторождений, расположенных в Прикаспии, в воздушный бассейн, кроме перечисленных выше загрязняющих веществ, выбрасываются сероводород и меркаптаны [4].

Известно, что длительное загрязнение среды обитания химическими веществами, даже в незначительных концентрациях, может вызвать у человека ряд острых патологических процессов, обострение хронических заболеваний, усугубляя тяжесть и длительность их течения. Территориальные особенности среды обитания связаны также с действием на здоровье населения таких социальных факторов, как урбанизация, включая особенности промышленной специализации, тенденции изменения социального состава общества, демографических сдвигов, миграционных процессов и условий жизни [5].

Необходимость данной работы обусловлена тем, что в проведенных ранее исследованиях в данном регионе не оценивали реальную химическую нагрузку на атмосферный воздух селитебных территорий региона и население, также не была изучена структура заболеваемости населения в зависимости от района проживания и уровня ингаляционных химических нагрузок на организм.

Цель работы — оценить неблагоприятное влияние выбросов предприятий нефтегазодобывающего комплекса на состояние здоровья работающих и населения, разработать систему оздоровительных мероприятий.

Материал и методы. Объектом исследования выбран Жылыойский район Атырауской области как наиболее экологически нестабильный регион в результате воздействия нефтегазодобывающего отрасли. Экологическая ситуация здесь формируется под влиянием природных и антропогенных факторов, важнейшими из которых являются подъем уровня Каспийского моря и бурное развитие нефтегазового комплекса. Более углубленному исследованию подвергли следующие селитебные территории Жылыойского района: г. Кульсары, сельские округа Косчагыл, Жана-Каратон, Аккизтогай, где функционируют предприятия нефтегазовой промышленности. В качестве контрольного объекта выбрали п. Тургызба, расположенный в 215 км с северо-восточной стороны от месторождения, территория которого не подвергается постоянному влиянию ветров.

Загрязнение атмосферного воздуха изучали в зависимости от удаленности населенного пункта от основных источников выбросов в атмосферу. В атмосферном воздухе определяли содержание двуокиси серы, сероводорода, двуокиси азота, пыли, углеводородов. Исследования проводили во все сезоны года. Ретроспективные данные за период 2000–2009 гг. о состоянии загрязнения объектов окружающей среды собирали и анализировали по материалам Гидрометеослужбы, областного и районного Департамента государственного санэпиднадзора, Атырауского областного управления экологии и биоресурсов.

Для оценки загрязнения атмосферного воздуха по комплексному показателю рассчитывали сумму кратности превышения концентрации каждого химического вещества значения ПДК.

$$К_{сум}=С_1/ПДК_1 + С_2/ПДК_2 + С_3/ПДК,$$

где С1, 2, 3,….Cn — концентрация вещества в атмосферном воздухе;

ПДК — предельно допустимая концентрация вещества в атмосферном воздухе.

Реальная ингаляционная химическая нагрузка на организм определялась путем умножения интегрального показателя загрязнения атмосферного воздуха ($К_{сум}$) на время пребывания человека в данных условиях.

Медико-демографические показатели изучали сплошным методом за период 1996–2009 гг. по действующим информационным системам. Заболеваемость населения изучали по данным обращаемости в медицинские организации за 2005–2009 гг. (форма 12/у).

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показали, что в настоящее время из общего объема выбросов в атмосферу, основную долю загрязнения вносят предприятия нефтегазодобывающей и перерабатывающей отраслей промышленности.

Выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу наиболее крупных предприятий региона характеризуются следующими ингредиентами: пыль, непредельные углеводороды (нефть), меркаптаны, сероводород, серы диоксид, CO_2, бензопирен, фенол, бензол, азота диоксид, свинец и сажа (элементарный углерод). По ингредиентному составу в выбросах газообразующих фракций от стационарных источников преобладают сернистый ангидрид (от 7,3 до 32,5%), окись углерода (от 18,2 до 47%), углеводород (от 13 до 44%) и азота диоксид (от 5,6 до 18,8%). Прочие соединения варьируют в пределах от 5,6 до 18,3%. При этом показатели по сероводороду весьма стабильны и размах среднегодовых концентраций составляет 0,01–0,05 тыс. тонн (0,17–0,18%).

Выбросы в атмосферу в нефтегазовом регионе способны распространяться на большие расстояния. В связи с этим для оценки уровня и закономерности распространения вредных веществ в селитебной местности изучаемого региона проанализировали скорость и направление ветров, температуру и атмосферное давление, имеющие существенное значение в рассеивании вредных выбросов нефтегазовых предприятий.

Исследования показали, что ветер на территории месторождения почти постоянен, количество дней со штилем не превышает 3–5% в году. Чаще всего (около 70%) скорость ветра составляет 5–6 м/с. Более сильные ветры (свыше 12 м/с) бывают довольно редко — менее чем в 6,5–7,5%. Отличительной особенностью климата этого района является резкое изменение температуры воздуха в течение суток. Территория весьма засушлива (аридна), здесь выпадает очень мало осадков (от 100 до 170 мм). Близость пустынь к восточному побережью Каспия способствует высушиванию воздуха над этим районом. Летом здесь почти повсеместно относительная влажность воздуха колеблется в пределах 55–60%. Отмечается большой годовой размах величин атмосферного давления. Следовательно, климатические условия месторождения и прилегающих территорий могут обеспечить достаточную чистоту воздушного бассейна при рациональном размещении источников загрязнения и строгом нормировании выбросов.

В регионе Тенгизского месторождения очаги загрязнения воздушного бассейна селитебных территорий можно отнести в основном к населенным пунктам, расположенным вблизи мест освоения нефтегазовых месторождений: г. Куль-

сары, поселки Жана-Каратон, Тенгиз, Косчагыл, Сарыкамыс и Аккизтогай. Как показали исследования, среднегодовые концентрации сероводорода, сернистого ангидрида и диоксида азота в пробах атмосферного воздуха, отобранного на стационарных постах населенных пунктов в период 2005–2009 гг., находились в пределах ПДК, за исключением поселков Тенгиз и Сарыкамыс, которые находятся на границе санитарно-защитной зоны месторождения (таблица).

Таблица — Среднегодовая концентрация токсичных примесей в воздухе в регионе Тенгизского нефтегазового месторождения за период 2005–2009 гг.

Населенный пункт	H_2S, мг/м^3	SO_2, мг/м^3	NO_2, мг/м^3
Кульсары	0,004±0,0005	0,04±0,005	0,02±0,0005
Косчагыл	0,004±0,0008	0,04±0,003	0,02±0,004
Жана-Каратон	0,006±0,0015	0,03±0,008	0,01±0,0017
Аккизтогай	0,006±0,0006	0,045±0,002	0,01±0,002
Сарыкамыс	0,010±0,0005	0,053±0,0016	0,161±0,009
Тенгиз	0,010±0,0012	0,058±0,0009	0,108±0,0014
ПДК $_{с.с.}$	0,008	0,05	0,085

В атмосферном воздухе всех изученных населенных пунктов имели место единичные превышения среднесуточных ПДК с.с по H_2S летом, по SO_2 и NO_2 в осенне-зимний период, что может быть связано с сезонным направлением господствующих ветров. Однако среднемесячные концентрации данных химических загрязнителей были ниже ПДК. Только в поселках Тенгиз и Сарыкамыс среднегодовая концентрация H_2S, SO_2 и NO_2 превышала ПДК с.г. в 1,1–1,9 раза.

Подфакельный мониторинг приземного слоя атмосферы наиболее полно характеризует максимально возможное химическое загрязнение в зоне активного техногенного воздействия на атмосферу со стороны объектов Тенгизского нефтедобывающего комплекса. Анализ результатов подфакельного мониторинга в сравнении с модельными данными показывает, что концентрации сероводорода (H_2S) по мониторингу и моделированию находятся в пределах нормативных величин и теоретически согласуются между собой. При увеличении расстояния от факела и по мере приближения к границам санитарно-защитной зоны (СЗЗ) качество атмосферного воздуха по H_2S вполне удовлетворяет нормативному уровню загрязнения даже для жилых зон. Такое снижение концентрации сероводорода связано с более эффективным улавливанием сероводорода в 2008 г. в связи с вводом новых технологий. Отмечены случаи превышения ПДК в 1,25 раза уровня сероводорода в воздухе поселка Каратон весной и в августе 2007 г. Поскольку сероводород имеет в основном биогенное происхождение, определенную роль в поступлении этого соединения в атмосферный воздух могут играть и природные источники. Так, в поселке Каратон источником сероводородного загрязнения воздуха могут служить находящиеся вблизи побережья массы гниющего камыша, который оказался затопленным из-за поднятия уровня моря.

Среднесуточные концентрации диоксида серы в изучаемых населенных пунктах ниже ПДК с.с. (0,05) в 1,47–2,0 раза. Лишь в поселке Жана-Каратон в 2008 г. концентрация диоксида серы превысила ПДК с.с. в 1,22 раза. Максимальные концентрации двуокиси азота при мониторинговых исследованиях определяются на уровне ПДК и ниже на расстоянии от месторождения более 10 км, что подтверждается моделируемыми концентрациями (рисунок 1).

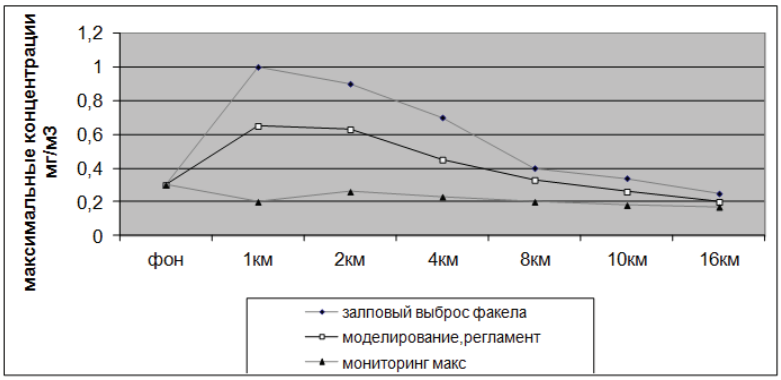


Рисунок 1 — Подфакельные максимальные и модельные концентрации NO_2

Таким образом, атмосферный воздух региона Тенгизского нефтегазового месторождения загрязняется пылегазовыми выбросами предприятий по добыче и переработке нефти и газа, в структуре которых преобладают серы диоксид, углерода оксид, азота диоксид и сероводород. В атмосферном воздухе селитебных территорий г. Кулсары и поселков Каратон, Косчагыл и Аккизтогай среднегодовая концентрация всех химических загрязнителей за исследованный период находилась ниже или в пределах ПДК. В поселках Тенгиз и ТШО, Сарыкамыс среднегодовая концентрация H_2S, SO_2 и NO_2 превышала ПДК с.г. в 1,1–1,9 раза. Имели место единичные превышения среднесуточных ПДК с.с. по H_2S летом, по SO_2 и NO_2 в осенне-зимний период, что может быть связано с сезонным направлением господствующих ветров.

Медико-демографические показатели здоровья населения региона Тенгизского нефтегазового месторождения изучены за период 2005–2009 гг. За изученный период население Жылыойского района увеличилось на 8,6%, такая же тенденция отмечена и в других населенных пунктах за исключением поселка Аккизтогай, численность которого уменьшилась на 58,4%, что обусловлено внутренней миграцией. В контрольном поселке Тургызба прирост населения составил 11,1%.

Показатели рождаемости за последние 5 лет как в отдельных населенных пунктах Жылыойского района, так и по области в целом, характеризуются вариабельностью, при этом отмечена некоторая тенденция к повышению уровня рождаемости. Так, коэффициент рождаемости по Жылыойскому району составил 31,54 случая на 1000 населения в 2009 г. (28,95 ‰ — в 2005 г.), что превышает аналогичный показатель по Атырауской области на 13,2%, по Республике Казахстан — на 27,9%.

За 2005–2009 гг. уровень смертности населения в изучаемом регионе имеет тенденцию к снижению и стабилизации на уровне 6,43 на 1000 населения, что ниже среднего областного показателя по Атырауской области на 20,0% (рисунок 2).

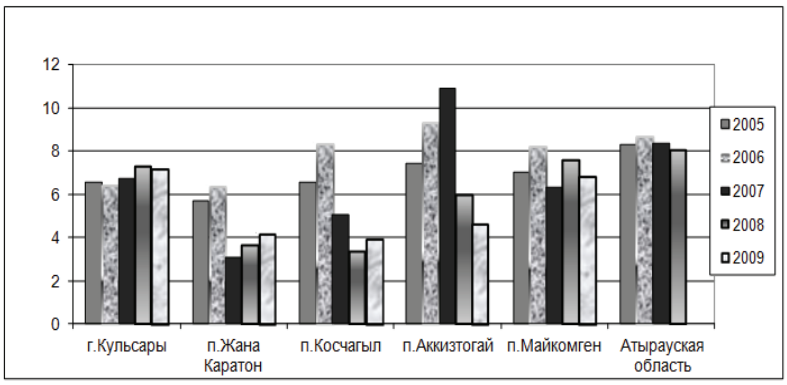


Рисунок 2 — Уровень общей смертности населения Тенгизского нефтегазового месторождения за 2005–2009 гг. (на 1000 населения)

Однако материнская и младенческая смертность остается на высоком уровне, а резкие колебания ее уровня в динамике с 7,33 в 2005 г. до 19,48 в 2009 г. могут быть связаны с недостатками в организации медицинской помощи женщинам и детям в регионе.

В структуре причин смертности населения Тенгизского месторождения болезни системы кровообращения стабильно занимают ведущее место. Так, в 2007 г. среди всех причин смертности сердечно-сосудистые заболевания составили 43,71%; второе место занимали травмы и отравления (12,26%); третье — злокачественные новообразования (6,92%); четвертое — болезни органов дыхания (4,4%), пятое — болезни органов пищеварения (2,80%). В 2008 г. ранговые места ведущих классов болезней не изменились, однако наблюдался рост смертности от травм и злокачественных новообразований. Так, болезни органов кровообращения составили 42,86% от числа всех причин смерти, второе место — травмы и отравления (18,00%), третье — злокачественные новообразования (10,9%), четвертое — болезни органов дыхания (4,57%) и пятое — болезни органов пищеварения (3,71%).

Весьма серьезным является то обстоятельство, что среди населения региона очень высок удельный вес смертности лиц молодого возраста. Так, за исследуемый период 13,9% всех смертей приходится на лиц 21–40 лет, 13,2% — 41–50 лет, повозрастной коэффициент смертности в этих группах составил 2,2‰ и 7,9‰ соответственно. В целом на возрастные группы от 21 до 50 лет приходится 27,1% всех случаев смерти. Выявлен высокий уровень смертности населения от болезней системы кровообращения в возрастных группах 41–50 и 51–60 лет, которые составляют 11,33% и 16,66%. В регионе наблюдается очень высокая смертность лиц молодого работоспособного возраста (21–50 лет) от туберкулеза, на долю этих возрастных групп приходится 73,3%.

Изучение материалов заболеваемости по данным трехлетней обращаемости за медицинской помощью в период 2007–2009 гг. позволил выявить определенную закономерность и региональные особенности характера патологии населения в регионе освоения Тенгизского нефтегазового месторождения. Установлено, что за исследуемый период наметилась тенденция к росту заболеваемости населения, уровень которой составил в 2007 г. — 719,4 обращений на 1000 населения, в 2008 г. у — 729,0‰, в 2009 г. — 828,6‰. Уровень заболеваемости во всех изученных населенных пунктах превышает аналогичные показатели контрольного поселка Тургызба в 1,2–3,4 раза, как среди взрослого, так и детского населения.

В структуре причин обращаемости за медицинской помощью взрослого населения превалируют болезни органов дыхания — 147,6 (15,7%) случая на 1000 населения, болезни органов пищеварения — 94,1‰ (10,01%) и системы кровообращения — 80,6‰ (8,57%), болезни мочеполовых органов — 79,2‰ (8,42%) и нервной системы — 62,0‰ (6,59%). Наиболее высокие показатели заболеваемости выявлены в поселке Аккизтогай (1140,1‰ — у взрослых и 1604,8‰ — у детей), в формировании которых, по-видимому, наряду с экологическими факторами существенную роль играют и социально-экономические условия жизни, а также уровень и доступность оказания медицинской помощи населению. Показатели заболеваемости детей во всех населенных пунктах, включая контрольный, значительно превышают аналогичные показатели взрослых возрастных групп, при этом выявлен высокий уровень болезней крови и кроветворных органов, среди которых абсолютное большинство составляет железодефицитная анемия (91,2%).

Для установления взаимосвязи между величиной ингаляционной химической нагрузки и заболеваемостью взрослого и детского населения, проживающих в населенных пунктах, расположенных на различном расстоянии от действующих предприятий нефтегазового комплекса Тенгизшевроил все исследуемое население в зависимости от суммарной ингаляционной нагрузки ($S_{сум}$) распределили на 3 группы: в 1-ю группу вошло население, проживающее в условиях максимальной химической нагрузки ($S_{сум}$=12,15 ПДК/сутки), на расстоянии 5 км от факелов на границе санитарно-защитной зоны (поселок Сарыкамыс); во 2-ю — люди, проживающее в условиях средней химической нагрузки ($S_{сум}$= 8,5–10,8 ПДК/сутки), на расстоянии 8–10 км от факелов Тенгизшевроил (поселки Тенгиз, ТШО, Кен-Арал); в 3-ю — население, проживающее в условиях минимальной химической нагрузки ($S_{сум}$=1,2–2,6 ПДК/сутки), на расстоянии 16–60 км от факелов Тенгизшевроил (г. Кульсары, поселок Каратон).

Также учитывали ингаляционную химическую нагрузку во время пребывания человека в автотранспорте — S=0,6–0,8 ПДК/сутки.

Установлено, что в сильно загрязненном районе (на границе СЗЗ), где отмечена высокая максимальная химическая нагрузка на население, наблюдается более высокая частота обращений за медицинской помощью среди взрослых (53,5%) и детей (24,0%). В жилой зоне в 8–10 км от факелов со средней химической нагрузкой (более 8–10 ПДК/сутки) частота обращений снижается до 24,79% (взрослые) и 19,4% (дети). В жилой зоне в 16–60 км от факелов и наименьшей химической нагрузкой (более 2 ПДК/сутки) отмечается более низкая обращаемость 10,6% и 7,5% соответственно.

Установлена тесная корреляционная связь между заболеваемостью по обращаемости и ингаляционной химической нагрузкой на организм по коэффициенту регрессии (R=0,93–0,99) и коэффициенту корреляции (r=0,52–0,63) у взрослого населения с такими заболеваниями, как болезни крови и кроветворных органов, гипертоническая болезнь, хронический бронхит, хроническая ишемическая болезнь сердца, вегетососудистая дистония, аллергозы, дерматиты; у детей — с ростом респираторной заболеваемости.

Заключение. В атмосферном воздухе селитебных территорий г. Кулсары, поселков Каратон, Косчагыл и Аккизтогай среднегодовая концентрация всех химических загрязнителей выбросов нефтегазового комплекса за исследованный период находилась ниже или в пределах ПДК. В поселках Тенгиз и ТШО, Сарыкамыс среднегодовая концентрация H_2S, SO_2 и NO_2 превышала ПДК с.г. в 1,1–1,9 раза. Имели место единичные превышения среднесуточных ПДК с.с. во всех населенных пунктах по H_2S в летний период, по SO_2 и NO_2 — в осенне-зимний период, что может быть связано с сезонным направлением господствующих ветров.

Установлена суммарная ингаляционная нагрузка на население региона с учетом расстояния от факелов нефтегазового комплекса Тенгизшевроил: на расстоянии 5 км на границе санитарно-защитной зоны (поселок Сарыкамыс) — максимальная химическая нагрузка (S=12,15 ПДК/сутки); на расстоянии 8–10 км от факелов (поселки Тенгиз, ТШО, Кен-Арал) средняя химическая нагрузка (S=8,5–10,8 ПДК/сутки); на расстоянии 16–60 км от факелов Тенгизшевроил (г. Кульсары, поселок Каратон) — минимальная химическая нагрузка (S=1,2–2,6 ПДК/сутки).

Демографическая ситуация в регионе Тенгизского нефтегазового месторождения в целом характеризуется как прогрессивная с высокими темпами рождаемости и стабилизацией уровня смертности населения. Однако материнская и младенческая смертность остается на высоком уровне, а резкие колебания ее уровня в динамике могут быть связаны с недостатками в организации медицинской помощи в регионе. Отмечен высокий удельный вес смертности лиц 21–50 лет (27,10%), ведущими причинами которой являются болезни системы кровообращения, злокачественные новообразования и туберкулез.

Уровень заболеваемости населения по данным трехлетней обращаемости во всех изученных населенных пунктах превышает аналогичные показатели контрольного поселка Тургызба в 1,2–3,1 раза, как среди взрослого, так и детского населения. Наиболее высокие показатели заболеваемости выявлены в поселке Аккизтогай (1140,1‰ — у взрослых и 1604,8‰ — у детей). Ведущими классами являются болезни органов дыхания, пищеварения, системы кровообращения, мочеполовой системы, кожи и подкожной клетчатки. Во всех населенных пунктах региона, включая контрольный, отмечен высокий уровень болезней крови и кроветворных органов, среди которых абсолютное большинство составляет железодефицитная анемия (91,2%).

Методами многофакторного корреляционного и регрессионного анализа установлена тесная причинно-следственная связь (r=0,52–0,63, R=0,93–0,99) высокой суммарной ингаляционной нагрузки (более 12 ПДК/сутки) с заболеваемостью взрослого и детского населения такими нозологиями, как железодефицитная анемия, гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, хронический и астматический бронхит, пневмонии, вегетососудистая дистония, аллергозы и дерматиты.

Литература

1. Гигиеническая характеристика основных загрязнителей атмосферного воздуха Атырауской области / Б.Г. Тыныбаев [и др.] // Здоровье и болезнь. – 2006. – № 6. – С. 37–39.

2. Белоног, А.А. Гигиенические аспекты проблемы разработки нефтегазовых месторождений с высоким содержанием серы / А.А. Белоног, Г.А. Кулбыкаев, В.А. Узбеков // Гигиена труда и мед. экология. – 2004. – № 3 (4). – С. 3–8.

3. Сагын, Х. Медико-демографическая и экологическая ситуация в Атырауском нефтеносном регионе / Х. Сагын // Современные проблемы теоретической и клинической медицины: материалы III Междунар. конф. молодых ученых-медиков стран СНГ. – Алматы, 2001. – С. 68–69.

4. Состояние санитарно-экологической ситуации в Жылыойском районе Атырауской области / У.З. Зинуллин [и др.] // Вестн. Казахского Нац. ун-та им. Аль-Фараби. – Сер. Экология. – 2004. – № 2. – С. 19–29.

5. Омаркожаева, Г.Н. Экологические риски регионов нефтегазоконденсаторных месторождений / Г.Н. Омаркожаева // Проблемы социальной медицины и управления здравоохранением. – 2004. – № 33. – С. 71–74.

ENVIRONMENTAL, MEDICAL AND DEMOGRAPHIC ASPECTS OF POPULATION HEALTH IN THE OIL AND GASCOMPANIES LOCATION

Totanov G.S., Cherepanova L.Yu., Zinullin U.Z., Kalmukhanova A.K.

Scientific Centre of Hygiene and Epidemiology Named after Kh. Zhumatov, Almaty, Republic of Kazakhstan

The basic hygienic aspects of the negative impact of oil and gas companies on the main objects of the environment and public health have been considered in the paper.

Keywords: environmental objects, oil and gas industry, pollution, population, health.

Поступила 10.06.2013

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА (ПРИМЕР СОЛОМЕНСКОГО РАЙОНА Г. КИЕВА)

Турос Е.И., Ананьева О.В., Петросян А.А.

Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева Академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Реферат. Представлены результаты оценки риска для здоровья населения, обусловленного выбросами автомобильного транспорта, в Соломенском районе г. Киева. С целью определения уровней загрязнения проводили измерения концентраций оксида углерода, диоксида азота и сернистого ангидрида возле автодорог и перекрестков с высокой интенсивностью движения транспорта. Оценку риска выполняли на основании расчетных концентраций, полученных путем применения дисперсионных моделей. Выявлена положительная корреляционная связь между смоделированными усредненными концентрациями CO, NO_2, SO_2 и соответствующими измерениями. Установлено, что почти 90% населения проживает в зонах повышенного неканцерогенного риска (HQ>1 для всех изучаемых загрязняющих веществ). Отмечено, что наиболее неблагоприятными являются территории в радиусе 50–100 м от автодорог и перекрестков. На основании полученных результатов разработаны карты загрязнения, соответствующие карты риска, а также предложены мероприятия, ориентированные на снижение негативного влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье местного населения.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, автомобильный транспорт, экспозиция населения, неканцерогенный риск.

Введение. В условиях современного города качество атмосферного воздуха стало одним из основных факторов, отвечающих за формирование безопасной для проживания человека среды. Многочисленные эпидемиологические исследования последнего десятилетия свидетельствуют о наличии взаимосвязи между повышенными уровнями загрязнения атмосферного воздуха, в частности обусловленного выбросами автомобильного транспорта и состоянием здоровья населения [1]. Доказано, что проживание вблизи автодорог является фактором, повышающим риск развития заболеваний сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у разных групп населения [1–2]. Результаты проведенных ранее исследований в Германии показали, что распространенность бронхита, респираторных заболеваний и аллергического ринита была выше среди взрослого населения, проживающего вблизи автомагистралей [3]. Изучение влияния качества атмосферного воздуха на детское население Вологодской области России обнаружило достоверную корреляционную связь между выбросами автомобильного транспорта и общей заболеваемостью и болезненностью детей [4]. В одном из недавних исследований, проведенных в США, также отмечали связь между близостью проживания по отношению к автодорогам и снижением легочной функции [5].

Оценка экспозиции загрязненным атмосферным воздухом является ключевым моментом в исследованиях долговременного влияния качества воздуха на здоровье, поскольку посты мониторинга качества атмосферного воздуха не всегда могут предоставить достаточно значимую информацию о пространственной неоднородности распределения загрязнения и характеристиках экспозиции.

Цель работы — оценить риск для здоровья населения Соломенского района г. Киева от влияния загрязнения атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта.

Материал и методы. Инструментальные измерения загрязнения воздуха проводили в 2007–2009 гг. на основных автодорогах по 3 загрязняющим веществам: оксид углерода, диоксид азота, серный ангидрид. Отбор проб атмосферного воздуха и подсчет количества автотранспортных средств осуществляли в течение 4 последовательных недель в будние дни (с 8:00 до 11:00 и с 15:00 до 18:00) одновременно в 18 точках. Точки исследований выбирали с учетом предварительной оценки количества автотранспорта согласно геоинформационной карты Соломенского района, предоставленной Управлением охраны окружающей среды Киевской городской государственной администрации. Измерения концентраций загрязняющих веществ выполняли с помощью автотрассового газоанализатора ЭХ01М, предназначенного для мониторинга качества воздуха вдоль автомагистралей и транспортных развязок в городах. Данные фиксировали с интервалом в 20 мин. Общее количество полученных измерений — 8049. Определение количества транспорта, проходящего через точки измерения за 1 ч, осуществляли путем прямого подсчета транспортного потока по каждому из направлений движения.

Все точки измерений, а также геометрия прилегающих перекрестков были картографированы с помощью инструментов приложения «ArcMapArcGisDesktop». Население Соломенского района, которое составляло 339 700 чел., было геокодировано с помощью инструментов приложения «ArcMap» в соответствии с фактическими адресами проживания, предоставленными Соломенской РГА. На основании полученных значений концентраций путем интерполяции методом кригинга в среде «ArcMap» были построены карты пространственного распространения загрязнения. В работе применяли ординарный кригинг, который является наиболее распространенным инструментом для построения поверхностей при решении экологических задач.

Космический снимок высокого разрешения QuickBird-02 для территории исследования был предоставлен компанией ООО «ТВИС». Географическая привязка — WGS84, проекция UTM. Для построения цифровой модели рельефа использовали набор топографических данных Американской геологической службы (USGS) GTOPO 30.

Метеорологические данные с интервалом 30 мин для указанного периода исследований получали от метеорологической станции наблюдения аэропорта «Жуляны» (WMO id 33345) в формате кода FM-15-XII METAR.

Согласно требованиям методологии оценки риска, а также алгоритма расчета усредненных концентраций, разработанного лабораторией атмосферного воздуха и оценок риска ГУ «ИГМЭ им. А.Н. Марзеева НАМНУ», для каждого из исследуемых загрязняющих веществ в среде CAL3QHRC (CalRoadsView 5.2.0) была построена локальная модель, с целью количественной оценки ингаляционной нагрузки. Эта модель учитывала геометрию перекрестков, параметры проезжей части, интенсивность транспортных потоков, топографические характеристики территории и метеорологических данные (1 полный год метеорологических наблюдений). Расчет концентраций загрязняющих веществ проводили в рецепторных (расчетных) точках с шагом 500 м, расположенных на расстояниях 25, 50 и 100 м от картографированных перекрестков и отрезков проезжей части, а также в 18 контрольных точках, соответствующих местам проведения измерений. Общее количество рецепторных точек — 536.

Оценку риска для здоровья населения выполняли согласно подходам методологии оценки риска для здоровья населения, предложенной Американским агентством по охране окружающей среды (U.S. EPA). Значение референтных концентраций для исследуемых загрязняющих веществ взяты из интегрированной информационной системы Агентства США по охране окружающей среды (IRIS), публикаций Агентства, а также публикаций Всемирной организация здравоохранения.

Полученные результаты измерений проанализированы с помощью инструментов пакета статистической обработки данных SigmaPlot 10.

Результаты и их обсуждение. Соломенский район, площадь которого составляет 40,05 км^2, характеризуется достаточно развитой дорожно-транспортной уличной сетью: через территорию района проходит 5 автобусных маршрутов и 95 маршрутных такси. Общая длина улиц составляет 178 км. Численность населения района на момент исследований насчитывала 339 700 чел. (12% от населения г. Киева).

В период исследований на улицах Соломенского района г. Киева интенсивность транспортного потока составляла в среднем 4000 единиц транспортных средств/ч (3980±2115), на участках разветвления автомагистралей регистрировали от 5000 до 7000 единиц транспорта/ч (просп. Воздухофлотский, Победы, Краснозвездный, пл. Севастопольская). Анализ полученных концентраций оксида углерода, диоксида азота и сернистого ангидрида свидетельствует о неоднородности загрязнения в точках измерения и вариабельности концентраций загрязняющих веществ как во временном, так и в пространственном срезах (рисунок 1).

В течение периода исследований концентрации загрязняющих веществ находились в таких пределах: оксид углерода — от 2,20 до 14,70 мг/м^3 (7,678±2,309 мг/м^3), диоксид азота — от 0,02 до 0,59 мг/м^3 (0,202±0,137 мг/м^3) и сернистый ангидрид — от 0,04 до 1,90 мг/м^3 (0,611±0,299 мг/м^3) (рисунок 1). Усредненные по каждой из точек исследования концентрации колебались в следующих диапазонах: для оксида углерода от минимального значения 3,047 мг/м^3 (ул. Фучика, 2) до максимального 13,777 мг/м^3 (просп. Комарова, 2); для диоксида азота от 0,093 мг/м^3 (ул. Ереванская, 1) до 0,508 мг/м^3 (ул. В. Гетьмана, 34); для сернистого ангидрида от 0,101 мг/м^3 (просп. Комарова, 1) до 0,961 мг/м^3 (ул. Народная, 44/77). Средние значения концентраций по каждой из точек измерений, а также соответствующие коэффициенты вариации приведены в таблице 1.

Поскольку коэффициент вариации указывает на неоднородность загрязнения в течение периода наблюдения [6], отмечено, что диоксид азота характеризуется высоким показателем вариабельности, в то время как оксид углерода — низким (таблица). Подобный анализ данных динамики загрязнения атмосферного воздуха, проведенный учеными из разных стран, свидетельствует о похожих тенденциях при наблюдении за загрязнением воздуха соединениями азота, оксидом углерода, взвешенными частицами, сернистым ангидридом и озоном с трендом уменьшения вариабельности в следующем порядке: NO2<SO2<CO [6]. Обнаруженная неоднородность загрязнения атмосферного воздуха исследуемыми веществами может быть как результатом изменчивости погодных условий, так и качественных или количественных модификаций транспортного потока, который является источником выбросов.

При сравнении полученных значений концентраций загрязняющих веществ с действующими гигиеническими нормативами выявили превышение предельно допустимых концентраций на уровне максимально разовой концентрации (ПДК $_{м.р.}$) для всех загрязняющих веществ (таблица 1).

Так, для оксида углерода превышения наблюдались во всех точках исследования, за исключением ул. Фучика, 2, и составляли в среднем 1,54 ПДК. Концентрации диоксида азота находились на уровне 1,01 ПДК, а превышение гигиенического норматива характерно только для 7 (39%) точек измерений (бульв. И. Лепсе, 57; ул. В. Гетьмана, 34; просп. Краснозвездный, 2; пл. Севастопольская; просп. Победы, 45; просп. Воздухофлотский, 5; просп. Воздухофлотский, 48/2). Анализ полученных значений концентраций сернистого ангидрида показал превышение нормативного уровня ПДК в 12 (67%) точках со средним значением 1,22 ПДК (просп. Краснозвездный, 113; ул. Ереванская, 1; пл. Севастопольская; ул. В. Липковского, 8; проп. Победы, 45; ул. Ушинского, 4; ул. И. Лепсе, 35/2, ул. Народная, 44/77; просп. Воздухофлотский, 5; ул. Фучика, 2; просп. Воздухофлотский, 48/2, ул. Борщаговская, 174/32).

Согласно требованиям методологии оценки риска, предъявленным к количественной оценке ингаляционной нагрузки рассчитали усредненные значения концентраций, которые находились в пределах: от 0,010 до 6,640 мг/м^3 (1,10±0,899 мг/м^3) для оксида углерода, от 0,010 до 0,910 мг/м^3 (0,146±0,191 мг/м^3) для диоксида азота и от 0,010 до 1,090 мг/м^3 (1,158±0,2 мг/м^3) для сернистого ангидрида.

Определены коэффициенты корреляции между полученными расчетными значениями концентраций и результатами измерений. Достоверная корреляционная связь отмечена для концентраций диоксида азота (r_s=0,62, p<0,05), средняя для сернистого ангидрида (r_s=0,55, p<0,05) и умеренная для оксида углерода (r_s=0,34, p<0,05). Следует отметить, что в целом максимальные смоделированные значения концентраций были ниже, чем полученные при измерениях, поскольку первые являются усредненными, рассчитанными за определенный временной период, в соответствии с требованиями методологии оценки риска для случая оценки краткосрочных эффектов (8-часовой период осреднения) и, в отличие от данных измерений, не отражают максимальные концентрации, наблюдаемые в часы пик.

Полученные расчетные значения концентраций картографированы, что позволило идентифицировать территории с высокими уровнями загрязнения атмосферного воздуха. На рисунке 2 отражена адресная привязка населения, проживающего в исследуемом районе, и пространственное распространение оксида углерода, диоксида азота и сернистого ангидрида, поступающих в атмосферный воздух с выбросами автомобильного транспорта.

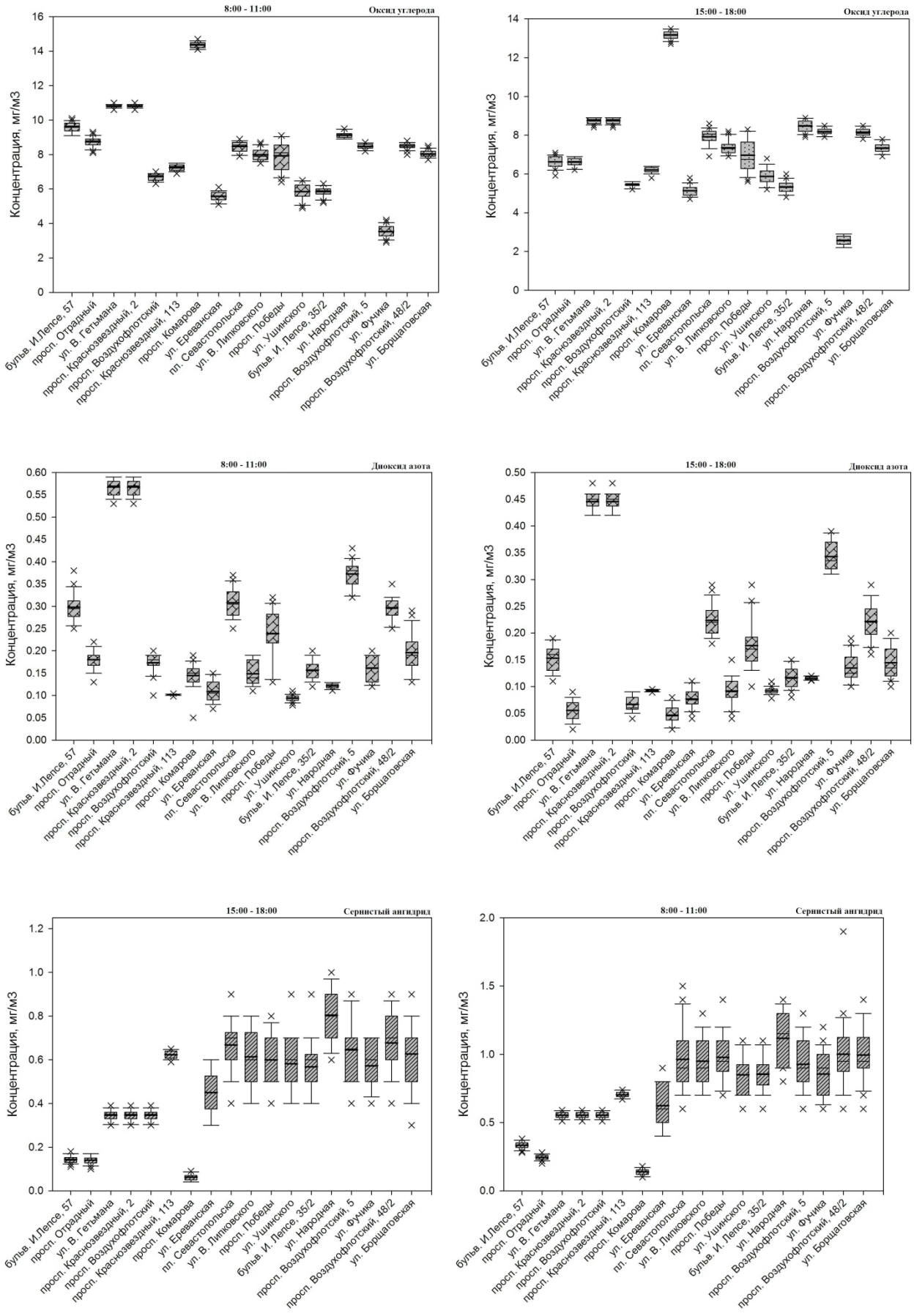


Рисунок 1 — Концентрации загрязняющих веществ в точках измерений

Таблица 1 — Концентрации загрязняющих веществ в 18 точках исследований

Точки измерений	Загрязняющие вещества					
	CO (ПДК м.р.=5,0)*		NO_2 (ПДК м.р.=0,2)*		SO_2 (ПДК м.р.=0,5)*	
	M, мг/м^3	CV, %	M, мг/м^3	CV, %	M, мг/м^3	CV, %
Бульв. И. Лепсе, 57	8,100	19,0	0,225	34,7	0,238	41,1
Просп. Отрадный, 24	7,675	14,4	0,930	56,3	0,192	29,5
Ул. В. Гетьмана, 34	9,780	10,8	0,508	12,6	0,450	24,0
Просп. Краснозвездный, 2	9,780	10,8	0,506	12,6	0,450	24,0
Просп. Воздухофлотский,18/2	6,070	10,9	0,110	47,4	0,450	24,0
Просп. Краснозвездный, 113	6,722	8,2	0,097	5,0	0,663	6,7
Просп. Комарова, 2	13,777	4,6	0,095	57,1	0,101	42,4
Ул. Ереванская, 1	5,357	6,5	0,093	28,8	0,536	29,8
Пл. Севастопольская	8,193	5,6	0,263	19,1	0,815	28,6
Ул. В. Липковского, 8	7,673	6,3	0,121	32,0	0,782	29,4
Просп. Победы, 45	7,443	12,9	0,208	28,3	0,789	30,2
Ул. Ушинского, 4	5,856	7,5	0,093	7,5	0,716	26,1
Бульв. И. Лепсе, 35/2	5,586	6,9	0,137	20,7	0,711	27,2
Ул. Народная, 44/73	8,800	4,7	0,118	4,6	0,961	22,7
Просп. Воздухофлотский, 5	8,323	2,6	0,358	8,9	0,786	27,2
Ул. Фучика, 2	3,047	18,8	0,148	20,0	0,714	27,1
Просп. Воздухофлотский, 48/2	8,325	3,1	0,259	18,5	0,839	31,7
Ул. Борщаговская, 174/32	7,686	5,5	0,170	26,2	0,811	31,7
Среднее значение:	7,677	30,1	0,202	67,8	0,611	48,9
Примечание — *максимальная разовая предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе.						

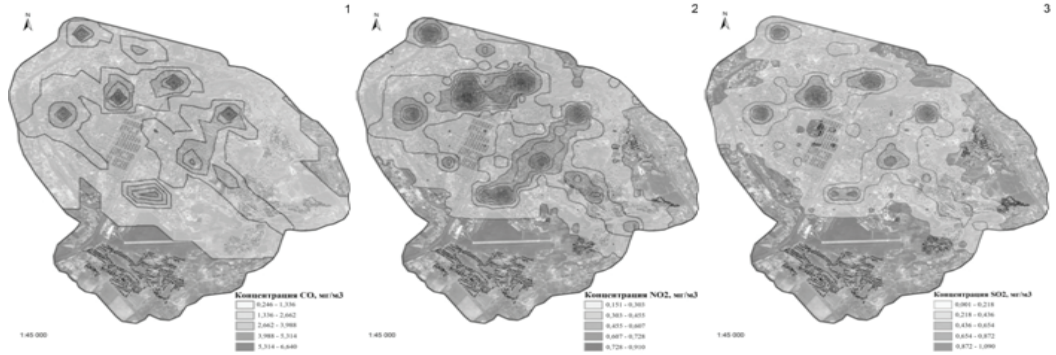


Рисунок 2 — Карты пространственного распределения концентраций оксида углерода (1), диоксида азота (2) и сернистого ангидрида (3)

Расчет неканцерогенных рисков выполнен для условий длительного воздействия низких концентраций исследуемых веществ. Для расчета выбраны коэффициенты опасности (HQ) на уровне усредненной суточной концентрации. Результаты показали превышение коэффициентов опасности для всех исследуемых веществ (рисунок 3).

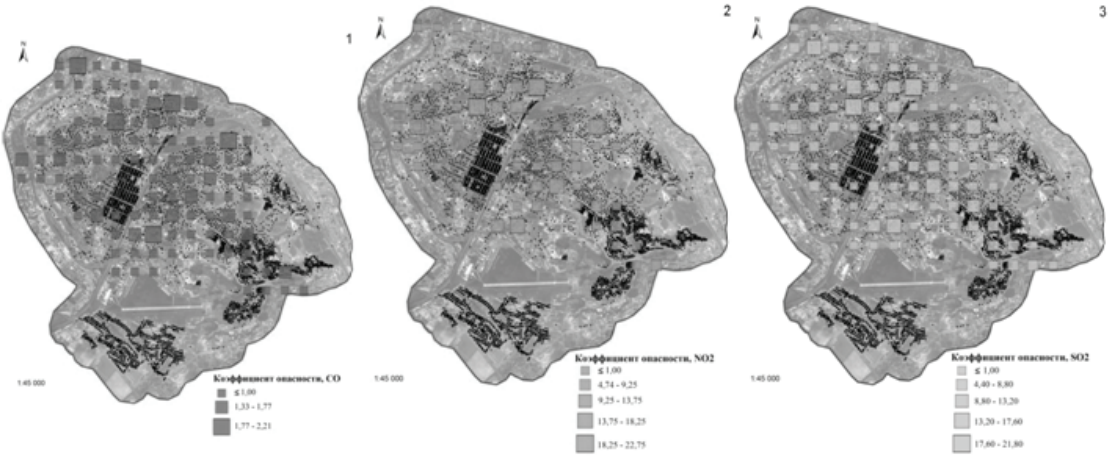


Рисунок 3 — Карты неканцерогенного риска для оксида углерода (1), диоксида азота (2) и сернистого ангидрида (3)

Так, для оксида углерода среднее значение коэффициента опасности составило 1,1. В зонах непосредственной близости к изучаемым автодорогам значение коэффициента опасности достигало 2,2, что указывает на повышение вероятности негативных реакций со стороны здоровья населения, проживающего на этих территориях. Средние значения коэффициентов опасности диоксида азота и сернистого ангидрида составили 3,6 и 3,1. В то же время, на территориях, расположенных в радиусе 50–100 м от наиболее загруженных автодорог, наблюдались максимальные значения индексов опасности — HQ≥10. Данные касательно разных уровней неканцерогенного риска по 3 загрязняющим веществам для взрослого и детского населения приведены в таблице 2.

Таблиця 2 — Уровни неканцерогенного риска для взрослого и детского населения

Вещество	Коэффициент опасности									
	HQ≤1		1<HQ<2		2≤HQ<5		5≤HQ<10		HQ≥10	
	Взрослые, %	Дети, %	Взрослые, %	Дети, %	Взрослые, %	Дети, %	Взрослые, %	Дети, %	Взрослые, %	Дети, %
CO	6,2	7,1	91,7	90,3	2,1	2,57	—	—	—	—
NO_2	4,4	3,2	—	—	31,3	31,7	46,8	48,0	17,5	17,1
SO_2	7,1	8,2	—	—	57,4	56,6	32,4	32,1	3,0	3,0

Установлено, что почти 90% населения района проживает в зоне повышенного неканцерогенного риска, около 17% и 3% — на территориях с превышением индекса опасности в 10 раз для диоксида азота и сернистого ангидрида соответственно. Очевидно, что величина экспозиции для детского населения является не меньшей, чем для взрослого, однако ввиду того, что дети относятся к чувствительным группам, реакции с их стороны могут возникать даже тогда, когда взрослые не чувствуют особого влияния. Так, только от 3 до 8% детей проживают на территориях с приемлемым индексом опасности (HQ≤1). Многие работы указывают на наличие взаимосвязи между загрязнением атмосферного воздуха автомобильным транспортом и заболеваемостью детского населения астмой. Когортные исследования по изучению заболеваемости астмой и возникновения аллергических проявлений среди детей до 8 лет в Нидерландах обнаружили повышение риска развития астмы и аллергического ринита (OR=1,28, 95% CI; 1,01–1,49), а также увеличение частоты приступов астмы (OR=1,26, 95% CI; 1,02–1,28) при экспозиции повышенных уровней соединений азота [7]. Рассчитанные индексы опасности указывают на достаточно высокие уровни неканцерогенного риска, особенно в радиусе 50–100 м от автодорог. По данным ВОЗ и европейских исследований, такие показатели загрязнения могут служить причиной различного рода негативных реакций со стороны органов дыхания проживающего в этих зонах населения, в частности таких чувствительных групп как дети, люди пожилого возраста и хронические больные, в т.ч. бронхиальной астмой. В связи с этим для данного населения чрезвычайно важно проводить плановую диспансеризацию.

Несмотря на некоторые неопределенности на данном этапе количественной оценки воздействия загрязнения окружающей среды на здоровье человека, оценка риска является действенным инструментом для быстрого определения зон наибольшего неблагоприятного воздействия с целью разработки мероприятий, направленных на его минимизацию и обеспечение безопасной для проживания среды.

Заключение. Определены уровни загрязнения атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта в Соломенском районе г. Киева: оксидом углерода (7,678±2,309 мг/м^3), диоксидом азота (0,202±0,137 мг/м^3), сернистым ангидридом (0,611±0,299 мг/м^3). Установлены точки, в которых уровни загрязнения атмосферного воздуха превышают существующие гигиенические нормативы и допустимые уровни, рекомендованные ВОЗ. Построены модели рассеивания для каждого загрязняющего вещества. Выявлена достоверная корреляционная связь между расчетными усредненные значения концентраций и данными измерений для диоксида азота (r_s=0,62, p<0,05) и сернистого ангидрида (r_s=0,55, p<0,05). Для оксида углерода корреляция была слабой (r_s=0,34, p<0,05). Построены карты загрязнения атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта в Соломенском районе, что позволило определить улицы и зоны наиболее неблагоприятного воздействия и установить количество экспонированного населения. Рассчитаны неканцерогенные риски для здоровья населения. Установлено, что около 90% населения проживает в зонах повышенного риска, который формируется за счет выбросов оксида углерода, диоксида азота и сернистого ангидрида, около 17% и 3% — на территориях с превышением индекса опасности в 10 раз. Наиболее неблагоприятными для проживания являются территории в радиусе 50–100 м от загруженных автодорог, где наблюдается превышение индексов опасности в 10 и более раз (HQ≥10 для диоксида азота и сернистого ангидрида). Разработаны предложения по профилактике воздействия выбросов автомобильного транспорта на здоровье населения, которые использовали Соломенская РГА при подготовке «Программы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов Соломенского района на период до 2010 г.».

Литература

1. Public-health impact of out door and traffic related air pollution : a European assessment / N. Kunzli [et al.] // Lancet. – 2000. – Vol. 356, № 2932. – P. 795–801.

2. Residencenear a major road and respiratory symptoms in U.S. Veterans / E. Garschick [et al.] // Epidemiology. – 2003. – Vol. 14. – P. 728–736.

3. Traffic at residential address, respiratory health, and atopyin adults : the National German Health Survey 1998 / J. Heinrich [et al.] // EnvironRes. – 2005. – Vol. 98. – P. 240–249.

4. Гутникова, Е.А. Влияние качества атмосферного воздуха на здоровье детского населения / Е.А. Гутникова, Д.С. Шувалова // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2007. – Вып. 40. – С. 80–87.

5. Traffic exposure and lung function in adults: the Atherosclerosis Risk in Communities study / H. Kan [et al.] // Thorax. – 2007. – Vol. 62. – P. 873–879.

6. Modares, R. Daily air pollution time series analysis of Isfahan City / R. Modares, A.K. Dehkordi // Int. J. Environ. Sci. Tech. – 2005. – Vol. 2, № 3. – P. 259–267.

7. Traffic-related Air Pollution and the Development of Asthma and Allergies during the first 8 years of Life / U. Gehring [et al.] // Am. J. Resp. Crit. Care Med. – 2010. – Vol. 181. – P. 596–603.

EVALUATION OF THE HEALTH IMPACT OF TRAFFIC-RELATED AIR POLLUTION BASED ON THE HEALTH RISK INDICATORS (STUDY OF THE SOLOMENSKYI DISTRICT OF KYIV CITY)

Turos E.I., Ananyeva O.V., Petrosian A.A.
A.N. Marzeyev Institute for Hygiene and Medical Ecology, Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The results of the study on human health risks in relation to traffic air pollution in Solomenskyi district of Kyiv city have been presented in the paper. A series of studies was conducted to estimate near-road levels of carbon monoxide, nitrogen dioxide and sulfur dioxide in the areas with high transport intensity. Measured pollutant concentrations were relatively high and exceeding the existing hygienic regulations. The human health risk assessment was performed based on averaged concentrations obtained through air pollution dispersion modeling. A positive correlation has been found between the results of field studies and modeled concentrations of CO, NO_2, SO_2. It was revealed that non-cancer health risks were exceeding safety levels for all pollutants. Almost 90 per cent of population was estimated to live in the zones of increased health risks (HQ>1 for all pollutants). The most affected were the areas within 50–100 m buffer of the major road. Air pollution and non-cancer risk maps were created for each pollutant, as well as environmental interventions aimed at health improvement and reduction of traffic-related air pollution levels was developed.

Keywords: air pollution, traffic, human exposure, non-cancer risk.

Поступила 31.05.2013

БАТАРЕЯ ТЕСТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНЫХ ГЕНОТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Ушкова Л.Л., Дудчик Н.В., Грищенкова Т.В., Будкина Е.А.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Представлены результаты испытаний по определению генотоксичности различными методами на микроорганизмах. Исследования проводили на генетически модифицированных бактериях с возможностью детекции различных типов повреждения генетического материала.

Ключевые слова: генотоксичность, ДНК, краткосрочные тесты, тест-штаммы.

Введение. Мутагенные химические вещества взаимодействуют с ДНК, вызывая изменения в структуре. Эти процессы могут приводить к потере, увеличению или замене оснований, изменяя тем самым содержащуюся в ДНК генетическую информацию. Полноценный охват всех генотоксических эффектов может быть получен только путем использования более чем одного теста, т.к. ни один тест не может одновременно предоставить информацию обо всех этих эффектах.

Для оперативного выявления большинства мутагенов и канцерогенов в окружающей среде применяют краткосрочные генетические тесты. В проведенных исследованиях использовали следующие методы определения генотоксичности:

– метод ДНК-комет;
– метод обратной мутации (тест Эймса);
– репарационный тест (SOS-хромотест);
– UMU-хромотест.

Цель работы — апробировать и оценить методические характеристики нескольких способов определения генотоксического действия известных мутагенов.

Материал и методы. *Метод ДНК-комет.* Для проведения электрофоретических исследований использовали тестерную ДНК фага λ. В качестве веществ с доказанной мутагенной активностью (положительный контроль) применяли азид натрия и 9-аминоакридин. Отрицательным контролем служила интактная ДНК фага λ (контроль в водном растворе). Разделение ДНК проводили с использованием горизонтального электрофореза в 0,5% агарозном геле. Для обнаружения ДНК гели просматривали на трансиллюминаторе и сканировали в ультрафиолетовом свете.

Тест обратной мутации (тест Эймса). Данный тест проводили на 96-луночных микропланшетах с использованием штамма Salmonella typhimurium TA 100, несущего мутацию в опероне, кодирующем биосинтез гистидина. Преимуществом данной модификации теста по сравнению с традиционным является то, что подготавливают и разводят исследуемое вещество в день проведения теста.

В каждую стерильную пробирку вносили реакционную смесь, раствор исследуемого вещества и бульон, содержащий S. typhimurium. Затем помещали по 200 мкл полученной смеси в каждую ячейку планшета и инкубировали при 37 ºС в течение 3–5 дней.

Репарационный тест (SOS-хромотест). В данном тесте применяется штамм E. coli PQ37, в котором промоторная область SOS-гена связана с геном β gal, кодирующим фермент β-галактозидаза. Степень восстановления поврежденной ДНК с помощью репарационного комплекса SOS-гена непосредственно связана с производством β-галактозидазы. Это может быть измерено количественно при помощи ферментативной реакции с голубым хромогеном.

Проведение SOS-хромотеста заключается в инкубировании E. coli с возрастающими концентрациями тестируемого химического вещества. По окончании времени, необходимого для синтеза белка изучается β-галактозидазная активность с помощью колориметрического измерения. В качестве показателя используется легко наблюдаемое визуально или количественно изменение цвета, происходящее благодаря добавлению аналога лактозы, который дает окрашенное соединение при деградации.

UMU-хромотест. Метод основывается на способности ДНК-повреждающих агентов индуцировать экспрессию umu-оперона. Колориметрический тест проводят с помощью добавления аналога лактозы, который разлагается под действием β-галактозидазы, образуя окрашенное соединение, которое можно измерить количественно посредством спектрофотометрии. Степень образования окраски является косвенной характеристикой производства β-галактозидазы, которая сама по себе напрямую связана с количеством поврежденной ДНК.

Для проведения теста бактерии S. typhimurium TA 1535 подвергают воздействию потенциально генотоксических соединений в 96-луночных микропланшетах. Если в бактериальном геноме происходит генотоксическое повреждение, umu C-ген индуцируется как часть общего SOS-ответа. Индукция umu C-гена, таким образом, является мерой генотоксического потенциала исследуемого вещества.

Результаты и их обсуждение. Метод ДНК-комет представляет собой относительно простой, быстрый и чувствительный метод определения повреждений в молекуле ДНК. Наблюдаемый генотоксический эффект представлен в виде электрофоретического следа, длина которого и доля ДНК в нем пропорциональны повреждению ДНК.

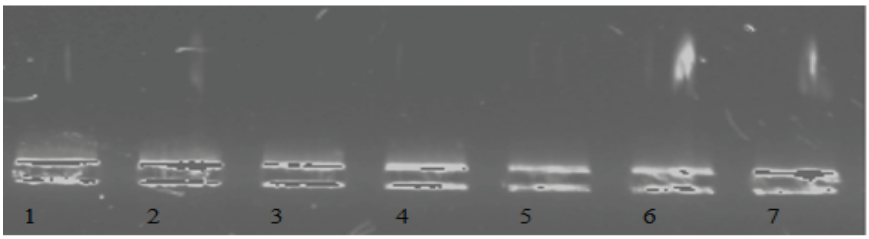


Рисунок 1 — Электрофореграмма, полученная после прямого воздействия на ДНК фага λ исследуемых веществ (1–4 — исследуемые вещества; 5 — отрицательный контроль; 6 — азид натрия; 7–9 — аминоакридин)

Тест обратной мутации, или тест Эймса, проводили с помощью набора EBPI's Muta-ChromoPlate^{TM}. В тесте использовали штамм S. typhimurium, несущий мутацию в опероне, кодирующем биосинтез гистидина. При взаимодействии этой бактерии с мутагеном при определенных условиях происходит обратная мутация от аминокислотной (гистидиновой) ауксотрофности до прототрофности (рисунки 2, 3).

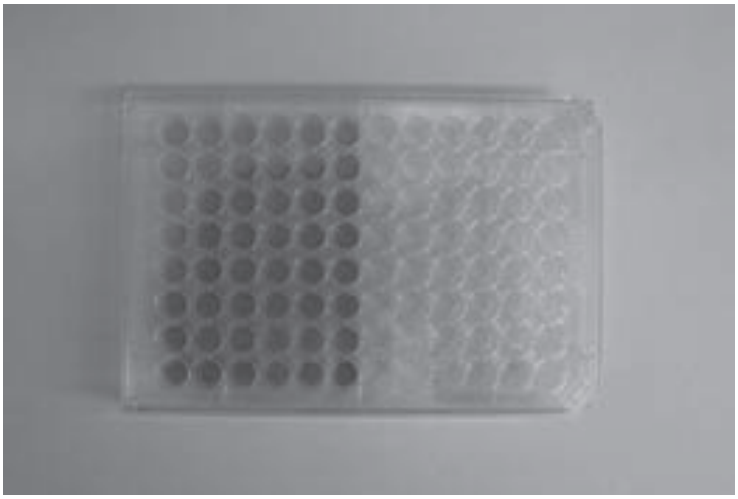


Рисунок 2 — Планшет в начале инкубации

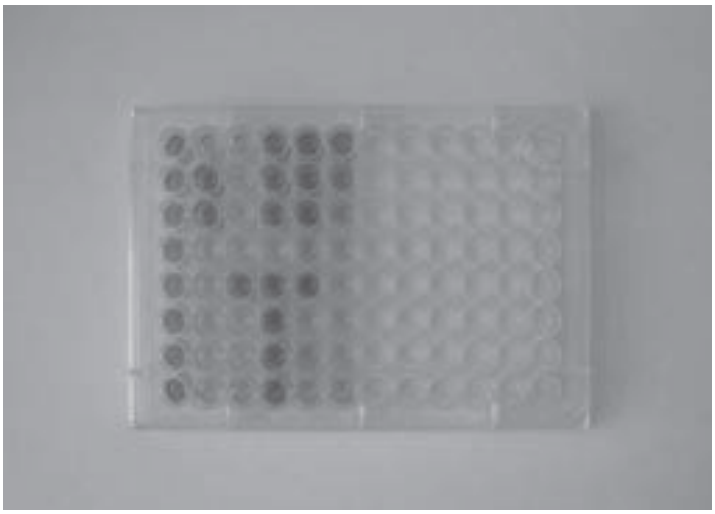


Рисунок 3 — Планшет через 3 сут инкубации

Неоспоримым преимуществом данного метода является то, что анализ результатов может быть проведен как с помощью фотометра, так и визуально.

В SOS-хромотесте применяли штамм E. coli PQ37, в котором промоторная область SOS-гена связана с геном β gal, кодирующим фермент β-галактозидаза. Степень восстановления поврежденной ДНК с помощью репарационного комплекса SOS-гена непосредственно связана с производством β-галактозидазы. Это может быть измерено количественно при помощи ферментативной реакции с голубым хромогеном.

SOS-хромотест считается наиболее простым и быстрым краткосрочным тестом на генотоксичность. Он может быть проведен за несколько часов и позволяет проводить как качественное (видимое наблюдение цветового градиента) для скрининговых исследований, так и количественное исследование (спектрофотометрия) для расчета общепринятых показателей.

Индукцию umu-оперона, вызванную действием химических агентов, изучали с помощью тест-системы EBPIUMU-ChromoTest, которая предназначена для определения генотоксического действия образцов воды из различных источников, осадочных отложений, воздуха, химических соединений, пищевых компонентов, косметики и биологических жидкостей. Преимуществом данного метода является то, что UMU-промотор не активирует UMU-систему. Вместо этого он индуцирует синтез фермента, который при взаимодействии с хромогенным субстратом катализирует образование цвета. Интенсивность цвета является мерой повреждения ДНК бактериального штамма.

Для анализа полученных результатов необходимо определить наличие желтого окрашивания в лунках с исследуемым материалом. Высокие концентрации могут не вызывать положительной реакции из-за эффекта острой токсичности. Такое действие может быть бактерицидным. При постепенном разведении материала токсическое действие уменьшается и наблюдается положительная реакция, проявляющаяся желтым окрашиванием. Такая реакция характеризует хроническую генотоксичность.

Заключение. Предложенные способы оценки генотоксического действия химических веществ являются относительно простыми, быстрыми и чувствительными методами определения повреждений в молекуле ДНК индивидуальной клетки. Важной особенностью данных методов является способность исследовать поврежденность генома на ранних стадиях нарушения биологической целостности.

Литература

1. Faibairn, D.W. The comet assay : A comprehensive review / D.W. Faibairn, P.L. Olive, K.L. O'Neill // Mutat. Res. – 1995. – Vol. 339. – P. 37–59.

2. Руководство по краткосрочным тестам для выявления мутагенных и канцерогенных химических веществ: совм. изд. Программы ООН по окруж. среде, Междунар. организации труда и ВОЗ ; Женева. – М.: Медицина, 1989. – 212 с.

3. Тарасов, В.А. Мутагены и канцерогены окружающей среды и наследственность человека / В.А. Тарасов. – М.,1994. – С. 366.

4. Дудчик, Н.В. Определение генотоксичности химических веществ в краткосрочных тестах с использованием бактериальных систем / Н.В. Дудчик // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: сб. науч. тр. / Ин-т микробиологии НАН Беларуси, гл. ред. Э.И. Коломиец. – Минск, 2008. – С. 25–27.

BATTERY OF TESTS FOR DETERMINING THE POSSIBLE GENOTOXIC EFFECTS OF CHEMICALS

Ushkova L.L., Dudchik N.V., Grischenkova T.V., Budkina E.A.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The results of tests on the genotoxic determination with different microorganisms have been presented in the paper. The study was conducted on genetically modified bacteria to detect different types of the genetic material damage.

Keywords: genotoxicity, DNA, short-term tests, test strains.

Поступила 18.06.2013

ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Чаховский П.А.[1], Веялкин И.В.[2], Квяткевич Ю.А.[1]
[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;
[2]Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова, Минск, Беларусь

Реферат. Токсическое воздействие антропогенных факторов окружающей среды на организм человека и животных прямо или опосредовано сопровождается нарушением окислительно-восстановительных процессов и дыхания в клетках. В связи с тем, что воздействие комплексное, выявление негативных эффектов отдельных факторов представляет собой сложную задачу. В данной работе провели исследование для оценки характера и степени влияния отходов производства калийных удобрений на антиоксидантную систему экспериментальных животных при интраназальной затравке солеотвалами и потреблении питьевой воды, полученной из источников, расположенных в зоне потенциального действия калийного производства. Показано, что смесь химических веществ, которые содержатся в отходах производства калийных удобрений, оказывает существенное влияние на антиоксидантную систему организма лабораторных животных.

Ключевые слова: токсический эффект, антропогенные факторы, антиоксидантная система, окислительно-восстановительные процессы, отходы производства калийных удобрений.

Введение. Несмотря на большое количество исследований, связанных с диагностикой и лечением онкологических заболеваний, остается множество вопросов. В процессе злокачественного роста происходят изменения показателей антиокислительной активности и окислительных процессов, которые отражаются на органах и тканях организма. Литературные данные свидетельствуют о том, что свободнорадикальное окисление играет важную роль в процессах возникновения и развития опухолей [1]. При окислительном стрессе происходит свободнорадикальное окисление различных биологических молекул. Проведенные исследования демонстрируют, что окислительным процессам подвергаются не только молекулы ли-

пидов, но и белков. Белки плазмы крови, которые подверглись окислительной деструкции, имеют более длительный период распада по сравнению с продуктами перекисного окисления липидов [2−4].

Клеточная антиоксидантная система представлена семейством супероксиддисмутаз, глутатионпероксидаз и глутатионтрансфераз, а также глутатионредуктазой, обнаруженных в цитоплазме, митохондриях и ядре.

Исследования процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и состояния антиоксидантной системы стали традиционными и рутинными способами оценки резистентности организма в условиях эндо- и экзогенной интоксикации (УФ-излучение, табачный дым, ионизирующая радиация, промышленные пыли) в клинической и экспериментальной практике. ПОЛ рассматривается в качестве универсального первичного механизма, обусловливающего возникновение и развитие различных патологических состояний (инфаркт миокарда, бронхолегочные заболевания, злокачественные новообразования), в том числе через повреждение других биомолекул и инициацию свободнорадикальных процессов [5]. Свободнорадикальное окисление белков приводит к образованию различных производных аминокислот, таких как карбонил, дериваты аминокислот, битирозин, дериваты триптофана, уровень содержания которых может использоваться при оценке степени окислительной модификации белков при различных патологических состояниях.

Ключевая роль в защите клетки от оксидативного стресса отводится системе глутатиона [6]. Живая клетка использует три линии ферментативной защиты от активных кислородных соединений (супероксиддисмутаза, каталаза и глутатионпероксидаза). Эти три линии защиты последовательно восстанавливают супероксидрадикалы, перекись водорода и органические гидроперекиси. Можно добавить еще четвертую линию защиты — обезвреживание вторичных продуктов переокисления других окисленных соединений, в которой участвуют глутатионтрансфераза, глиоксилаза и формальдегиддегидрогеназа. Глутатион участвует в трех линиях защиты из четырех и, следовательно, вносит основной вклад в функционирование антиоксидантной системы.

Глутатион — это низкомолекулярный тиол, трипептидL-гамма-глутамил-L-цистеинилглицин [7]. Важность глутатиона в клетке определяется его антиоксидантными свойствами, его функции весьма многообразны: изомеризация и восстановление дисульфидных связей, влияние на активность ферментов и других белков, поддержание мембранных и коферментных функций, участие в обмене эйкозаноидов, резервирование цистеина, влияние на биосинтез нуклеиновых кислот и белка, пролиферацию и др. [8−10].

Глутатион, глутатионпероксидаза, глутатионтрансфераза, глутатионредуктаза и НАДФ Н образуют глутатионовую антиоксидантную систему, в которой глутатионредуктаза и НАДФ Н необходимы для восстановления окисленного глутатиона и его рециклирования.

Восстановление с помощью глутатионпероксидазы и глутатионтрансферазы гидропероксидов предупреждает прогрессирование пероксидации и появление ее вторичных метаболитов. В обезвреживании вторичных продуктов пероксидации и других окисленных веществ главную роль играют глутатионтрансферазы. Они конъюгируют с глутатионом главные и наиболее токсичные продукты перекисного окисления липидов.

Таким образом, глутатионовая антипероксидазная система эффективно защищает клетки от оксидативного стресса, и обычно только при ее недостаточности или истощении возникают серьезные поражения.

Супероксиддисмутаза (СОД) относится к группе антиоксидантных ферментов. Вместе с каталазой и другими антиоксидантными ферментами она защищает организм человека от постоянно образующихся высокотоксичных кислородных радикалов. СОД катализирует дисмутацию супероксида в кислород и пероксид водорода. Она играет важнейшую роль в антиоксидантной защите практически всех клеток, так или иначе находящихся в контакте с кислородом. Супероксид является одним из основных прооксидантов в клетке, поэтому СОД играет одну из ключевых ролей в антиоксидантной защите организма, даже экспериментально показано, что мыши, у которых отсутствует митохондриальная СОД, выживают лишь несколько дней после рождения, т.к. у них развивается сильный оксидативный стресс [11].

Определение активности трансаминаз (АСТ и АЛТ) в сыворотке крови в клинической практике широко используется для диагностики большого количества заболеваний, поскольку данные ферменты обладают органоспецифичностью: АЛТ преобладает в печени, АСТ — в миокарде, следовательно, при инфаркте миокарда или гепатите обнаружится повышенная активность в крови ферментов [12].

В г. Солигорске промышленная добыча и переработка калийной руды привела к техногенному изменению ландшафта — терриконы солеотвалов достигают 120 м в высоту. Терриконы подвергаются водной и ветровой эрозии, увеличивается засоление пресных подземных и поверхностных вод, в т.ч. вод колодцев и гидрологических скважин. Объем накопленных галитовых шламов превышает 800 млн тонн, которые занимают площадь в 1626 га. В районах солеотвалов и шламохранилищ Солигорских калийных комбинатов на площади более 15 км^2 образовалась зона хлоридно-натриевого засоления, которая охватывает подземные воды на глубину более 100 м и постоянно расширяются.

На предприятиях по переработке калийных солей в техническом процессе используются органические соединения в качестве флотационных реагентов (собиратели, модификаторы, пенообразователи). Наряду с их определяющей ролью в сорбции минеральных компонентов, они выступают в качестве самостоятельных техногенных поллютантов различного класса опасности. Доказано, что многие из применяемых реагентов (оксиэтилированные жирные кислоты, алифатические амины, полиакрилонитраты, диоксановые спирты и др.) служат источником поступления в отходы опасных в экологическом отношении соединений (полициклические ароматические углеводороды, углеводороды, фенолы, амины и др.). Взаимодействие природных и синтетических соединений в технологических процессах приводит к тому, что в отходах формируются сложные поликомпонентные органо-минеральные комплексы, не имеющие природных аналогов и требующие исследования их экологической опасности и особенностей поведения в окружающей среде [13].

Цель работы — установить характер и степень влияния смеси химических веществ, содержащихся в отходах производства калийных удобрений, а также питьевой воды из системы водоснабжения г. Солигорска на антиоксидантную систему лабораторных животных.

Материал и методы. Экспериментальные исследования проводили на 35 морских свинках (17 самок и 18 самцов) весом 305−347 г. Условия содержания животных и их рацион соответствовали стандартизованным требованиям. Экспериментальные группы формировали с учетом массы тела и пола животных: — затравка отходами промышленного производ-

ства калийных удобрений и питьевой водой из системы водоснабжения г. Солигорска: 20 особей (10 самок и 10 самцов) — контрольная группа (затравка изотоническим раствором хлорида натрия для нивелирования стрессового фактора), 15 особей: 8 самцов и 7 самок.

При проведении эксперимента ежедневно наблюдали за общим состоянием животных, потреблением корма и воды.

Для моделирования хронического ингаляционного воздействия (12 недель) отходами производства калийных удобрений руководствовались МУ № 11-11-10-2002 «Требования к постановке токсиколого-аллергологических исследований при гигиеническом нормировании белоксодержащих аэрозолей в воздухе рабочей зоны». Образцы из солеотвалов растирали в мраморной ступке до однородного пылеобразного состояния, растворяли в дистиллированной воде до необходимой концентрации с учетом массы тела экспериментальных животных (массу тела контролировали еженедельно для корректировки дозы). Расчетные дозы составили: 2,028 мг/0,1 см^3 — на начало эксперимента, 2,85 мг/0,1 см^3 — через 4 недели, 3,17 мг/0,1 см^3 — через 6 недель, 3,8 мг/0,1 см^3 — через 8 недель и до конца эксперимента.

Морскую свинку без наркотизации фиксировали в положении на спине с приподнятой головой, пипеточным дозатором вводили поочередно в ноздри (дробно) дозу теплого раствора (в течение 2−3 мин) таким образом, чтобы исключить чихание. Возникающие «хлюпающие» звуки подтверждали проникновение раствора в дыхательные пути. Опытная группа животных «вдыхала» смесь однократно 5 дней в неделю в течение 12 недель. Животные контрольной группы «вдыхали» физиологический раствор (0,9% NaCI), чтобы нивелировать потенциальное влияние ежедневного стресса в связи с интраназальным воздействием.

Для отбора биологического материала животных наркотизировали (эфирный наркоз), после декапитации собирали кровь. Сыворотку получали центрифугированием при 3000 об/мин в течение 15 мин, хранили при температуре -20 °С для дальнейших исследований. В сыворотке крови анализировали SH-группы гемоглобина, глутатион восстановленный, глутатионтрансферазу, глутатионредуктазу, супероксиддисмутазу, АЛТ, АСТ, битирозин, триптофан.

Результаты и их обсуждение. Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы «SPSS Statistics 17.0». Для анализа соответствия вида распределения признаков закону нормального распределения использовали критерий Шапиро–Уилка; при $p<0,05$ распределение признака считали отличающимся от нормального. В зависимости от соответствия/несоответствия вида распределения анализируемых признаков закону нормального распределения при оценке различий между группами использовали параметрический t-критерий Стьюдента и непараметрический U-критерий Манна–Уитни.

Меры центральной тенденции и рассеивания данных рассчитаны при помощи методов описательной статистики; количественные параметры в зависимости от вида распределения представлены в виде среднего значения (М) и 95% доверительного интервала (95% ДИ), либо в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха [25%; 75% квартилей]. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят $p<0,05$. Результаты анализов со статистической обработкой представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 — Биохимические показатели крови, М (95% ДИ)

Группа	SH группы, мкМ/мг Hb	Глутатион востановленный, мкМ/мг Hb	АЛТ, отн. ед.	АСТ, отн. ед.	Битирозин, отн. ед.	Триптофан, отн. ед.
Контрольная	143,7 (139,7–147,7)*	21,0 (20,72–21,28)*	21,4 (20,56–22,24)*	46,4 (44,13–48,67)*	0,28 (0,269–0,291)*	14,9 (14,66–15,14)*
Опытная	130,5 (127,47–133,33)*	17,9 (17,34–18,46)*	25,8 (23,81–27,79)*	54,8 (53,37–56,23)*	0,28 (0,272–0,288)*	14,2 (14,05–14,35)*
Примечание. * — Различия между опытной и контрольной группами достоверны, $p<0,05$						

Таблица 2 — Биохимические показатели крови, Me [25%; 75%]

Группа	Глутатионтрансфераза, мкМ/г Hb мин	Глутатионредуктаза, мкМ/г Hb мин	СОД, мкг/мл
Контрольная	1,96 [1,74; 2,15]	4,0 [3,42; 4,59]*	15,5 [13,95; 16,43]
Опытная	1,94 [1,88; 2,04]	4,46 [4,19; 5,05]*	14,5 [13,33; 16,58]
Примечание — *Различия между опытной и контрольной группами достоверны, $p<0,05$.			

Достоверно низкий уровень восстановленного глутатиона на фоне высокой активности глутатионредуктазы в сыворотке крови может свидетельствовать об использовании глутатиона в качестве «ловушки» для свободных радикалов (при этом образуется весьма реакционные тиоловые радикалы). Повышение активности трансаминаз (АЛТ и АСТ) возможно связано со значительным повреждением не только мембранных, но и внутриклеточных структур. Достоверное снижение уровня SH групп гемоглобина при недостоверном различии в содержании гемоглобина (39,1 (37,67−40,45) г/л — в контрольной группе и 38,1 (36,38−39,74) г/л — в опытной) свидетельствует о конформационных изменениях молекулы [14].

Следствием окислительной модификации белков является увеличение доступности остатков тирозина к окислительным воздействиям, выражающимся в образовании битирозиновых сшивок. Свободнорадикальное окисление аминокислотных остатков триптофана приводит к его деградации, проявляющейся в снижении интенсивности флюоресценции. Окисление триптофана отражает процессы фрагментации белков. Посттрансляционные модификации, определяемые в сыворотке крови лабораторных животных и являющиеся пусковым механизмом конформационных изменений белков, приводят к нарушению их функциональной активности и накоплению во времени их аномальных, модифицированных форм.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют об угнетении антиоксидантной системы организма лабораторных животных смесью химических веществ, содержащихся в отходах производства калийных удобрений и питьевой воде из системы водоснабжения г. Солигорска, о потенциальном канцерогенном эффекте отходов калийного производства.

Литература

1. Окислительный стресс: Патологические состояния и заболевания / Е.Б. Меньщикова [и др.]. – Новосибирск, 2008. – 284 с.
2. Болдырев, А.А. Биомембранология / А.А. Болдырев, Е.И. Кяйвяряйнен, В.А. Илюха. – Петрозаводск, 2006. – 226 с.
3. Дубинина, Е.Е., Пустыгина, А.В. // Биомедицинская химия. – 2007. – Т. 53, № 4. – С. 351–372.
4. Du, J., Gebicki, J.M. // Intern. J. Biochem. Cell Biol. – 2004. – Vol. 36. – P. 2334–2343.
5. Коркина, Л.Г. Роль свободных радикалов кислорода в пылевой патологии легких / Л.Г. Коркина, Б.Т. Величковский // Кислородные радикалы в химии, биологии и медицине: сб. науч. тр. / Риж. мед. ин-та. – Рига, 1988. – С. 153–163.
6. Кондрусев, А.И. и др. // Хим.-фарм. журн. – 1990. – Т. 24, № 1. – С. 4–12.
7. Meister, A., Anderson, M.E. // Ann. Rev. Biochem. – 1983. – Vol. 52. – P. 711–760.
8. Кулинский В.И., Колесниченко, Л.С. // Успехи соврем. биол. – 1990. – Т. 110, № 1 (4). – С. 20–32.
9. Deneke, S.M., Fanburg, B.Y. // Amer. J. Physiol. – 1989. – Vol. 257. – P. 163–173.
10. Sies, H., Graf, P. // Biochem. J. – 1985. – Vol. 226. – P. 545–549.
11. Подколзин, А.А. и др. // Профилактика старения. – 2000. – № 3.
12. Бабак, О.Я. Клиническое значение и диагностическая тактика при повышении уровня трансаминаз в сыворотке крови при отсутствии клинических проявлений / О.Я. Бабак // Искусство лечения. – 2006. – № 8 (34).
13. Бачурин, Б.А. Геохимические барьеры и накопление экотоксикантов в отходах горнодобывающего производства / Б.А. Бачурин // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы науч. сессии. – Пермь: Горный ин-т УрО РАН, 2004. – С. 33–37.
14. Курляндский, Б.А. Общая токсикология / Б.А. Курляндский, В.А. Филова. – М.: Медицина, 2002. – С. 159–160.

EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZER PRODUCTION WASTES ON ANTIOXIDANT SYSTEM OF LABORATORY ANIMALS

Chakhovsky P.A.[1], Veyalkin I.V.[2], Kviatkevich Y.A.[1]
[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;
[2]N. N. Alexandrov National Cancer Centre, Minsk, Belarus

The toxic effect of anthropogenic environmental factors on the human body and animals causes violations of redox processes and respiration in cells directly or indirectly. The detection of negative effects of individual factors is a complex task, because the toxic effect of environmental factors is integrated. In this research the nature and impact of potassium fertilizer production wastes on the antioxidant system of experimental animals, which were exposed to intranasal input of potassium fertilizer wastes and water from sources near production region have been studied. It is shown, that a mixture of chemical substances contained in wastes of potassium fertilizer production has a significant effect on the antioxidant system of laboratory animals.

Keywords: toxic effect, anthropogenic factors, antioxidant system, redox processes, potassium fertilizer production wastes.

Поступила 17.05.2013

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЕГО РОЛИ В ФОРМИРОВАНИИ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Швагер О.В.
Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева Академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Реферат. Анализ многолетних мониторинговых наблюдений на территории крупного административного центра (г. Киев) показал стабильное загрязнение городского атмосферного воздуха канцерогенными соединениями. Установлена зависимость между онкологической заболеваемостью населения и аэрогенной нагрузкой канцерогенными веществами. Указанная зависимость позволяет прогнозировать изменения показателей онкологической заболеваемости в случае изменения состояния загрязнения атмосферного воздуха, как отдельными химическими канцерогенами, так и их суммой и на этой основе разрабатывать обоснованные мероприятия в области первичной профилактики рака.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, канцероген, онкологическая заболеваемость, население, гигиенический анализ.

Введение. Одной из наиболее актуальных задач профилактической медицины сегодня стала борьба со злокачественными новообразованиями. В начале XXI столетия на планете более 7,6 млн человек умерло от рака, диагностировали более 12 млн новых случаев заболевших злокачественных новообразований, но уже к 2030 г., по прогнозу специалистов, эти показатели могут увеличиться от 17 млн до 26 млн соответственно [1]. В большинстве развитых стран онкопатология занимает второе место среди причин смерти, уступая лишь сердечно-сосудистым заболеваниям. Не является исключением в этом плане и Украина. По данным Национального канцер-регистра Украины, в 1987 г. общая онкологическая заболеваемость по стандартизированному показателю составляла 292,6 случая, в 1990 г. — 302,2, в 2001 г. — 324,5, в 2011 г. уже достигла 339,5 случая на 100 000 населения. В результате онкозаболеваемость населения страны за последние 25 лет возросла на 16%.

Онкологическая патология является одним из индикаторов экологического неблагополучия местности. По мнению экспертов Международного агентства по изучению рака и многих исследователей, доминирующую роль (от 70 до 90%) в происхождении опухолей играют факторы окружающей среды, главным образом химической природы [2]. При этом по критерию химической опасности для человека загрязнение воздушной среды является ведущим. Для Украины данная проблема — одна из наиболее острых и актуальных в современных условиях. Во-первых, еще в советское время в Украине наблюдалась высокая плотность промышленных предприятий, которые являются источником образования опасных веществ и их выбросов в окружающую среду. Во-вторых, большинство украинских предприятий различных отраслей промышленности по классификации экспертов ВОЗ рассматриваются как канцерогенно опасные для человека. В-третьих, вот уже более 27 лет действие опасных химических веществ на территории Украины происходит на фоне радиоактивного

загрязнения. Для Украины, как и для других стран, характерно постоянное увеличение автопарка, который является мощным источником загрязнения окружающей среды, прежде всего, атмосферного воздуха.

Ряд авторов с помощью метода аналитической эпидемиологии доказали связь между уровнями загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов комплексом канцерогенных веществ и частотой заболеваемости населения злокачественными опухолями [3−5]. Однако несмотря на выявление корреляционных связей между этими факторами, вопросы о прогнозе состояния здоровья в условиях постоянного продолжительного действия вредных факторов, а также степени риска, которому подвергается население крупных промышленных городов с развитой сетью автомобильного транспорта, остаются и сегодня открытыми.

Цель работы — гигиеническая оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха приоритетными канцерогенными веществами на онкологическую заболеваемость населения и определение их роли в формировании онкопатологии.

Материал и методы. Проанализированы ретроспективные данные загрязнения атмосферного воздуха приоритетными канцерогенными соединениями (бензопирен, бензол, формальдегид, хром, никель, кадмий, свинец, N-нитрозодиэтиламин, N-нитрозодиметиламин) за последние 20 лет. В основу исследований положены результаты собственных исследований и данные постов наблюдений Центральной геофизической обсерватории Министерства по чрезвычайным ситуациям Украины. Согласно полученным данным рассчитали аэрогенную нагрузку химических канцерогенов атмосферного воздуха на население города в многолетней динамике и оценили опасность их влияния путем определения индивидуального, суммарного и популяционного канцерогенных рисков. Параллельно проанализировали информацию относительно онкозаболеваемости населения г. Киева в динамике многолетних наблюдений за этот же период по данным Национального канцер-регистра Украины. Математическую обработку результатов проводили с помощью общепринятых методов медицинской статистики с применением компьютерных программ Excel. Для поиска количественных связей между аэрогенной нагрузкой химических канцерогенов и онкозаболеваемостью населения использовали корреляционный анализ с определением коэффициента корреляции, его (ошибки) погрешности и достоверности, а для описания зависимости между показателями загрязнения атмосферного воздуха и заболеваемостью населения злокачественными новообразованиями — регрессионный анализ.

Результаты и их обсуждение. Анализ многолетних (1987−2010) мониторинговых наблюдений подтверждает стабильное загрязнение атмосферного воздуха г. Киева канцерогенными соединениями, уровни которого за этот период преимущественно превышали допустимый.

Поскольку концентрация загрязняющих воздушную среду веществ в течение исследуемого периода из года в год изменялась, для усреднения характера колебаний показателя взяты данные с интервалом в 5 лет (1992, 1996, 2000, 2004 и 2008).

Для оценки опасности влияния реального загрязнения химическими канцерогенами атмосферного воздуха (таблица 1) на население, проживающее на территории г. Киева, рассчитывали канцерогенные риски. Последние дают возможность количественно оценить негативное влияние, создаваемое химическим загрязнением воздушной среды (таблица 2).

Таблица 1 — Концентрация канцерогенов в атмосферном воздухе г. Киева

Канцерогенные вещества	Среднесуточные концентрации химических веществ в воздухе, мг/м^3					Средне-суточная ПДК, мг/м^3
	1992 г.	1996 г.	2000 г.	2004 г.	2008 г.	
Бензопирен	$4{,}8x10^{-6}$	$2{,}0x10^{-6}$	$3{,}1x10^{-6}$	$3{,}7x10^{-6}$	$4{,}2x10^{-6}$	$1x10^{-6}$
Формальдегид	0,005	0,002	0,003	0,004	0,006	0,003
Бензол	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,1
Кадмий	0,00002	0,00001	0,00002	0,00003	0,00004	0,0003
Никель	0,00005	0,00003	0,00004	0,00005	0,00007	0,001
Свинец	0,00007	0,00001	0,00005	0,00008	0,0001	0,0003
Хром VI	0,00008	0,00005	0,00009	0,0001	0,00012	0,0015
Нитрозодиметиламин	0,00006	0,00003	0,000042	0,000062	0,000072	0,00005
Нитрозодиэтиламин	0,00003	0,00002	0,000031	0,000034	0,000044	—

Таблица 2 — Канцерогенный риск, обусловленный загрязнением атмосферного воздуха г. Киева приоритетными химическими веществами, обладающими канцерогенным действием

Вещество	Период наблюдений, годы				
	1992	1996	2000	2004	2008
Бензопирен	$5{,}3x10^{-6}$	$2{,}2x10^{-6}$	$3{,}4x10^{-6}$	$4{,}1x10^{-6}$	$4{,}6x10^{-6}$
Формальдегид	$6{,}6x10^{-5}$	$2{,}6x10^{-5}$	$3{,}9x10^{-5}$	$5{,}2x10^{-5}$	$7{,}9x10^{-5}$
Бензол	$3{,}1x10^{-4}$	$2{,}3x10^{-4}$	$3{,}1x10^{-4}$	$3{,}1x10^{-4}$	$3{,}9x10^{-4}$
Кадмий	$3{,}6x10^{-5}$	$1{,}8x10^{-5}$	$3{,}6x10^{-5}$	$5{,}4x10^{-5}$	$7{,}2x10^{-5}$
Никель	$1{,}2x10^{-5}$	$0{,}7x10^{-5}$	$0{,}9x10^{-5}$	$1{,}4x10^{-5}$	$1{,}7x10^{-5}$
Свинец	$0{,}8x10^{-6}$	$0{,}1x10^{-6}$	$0{,}6x10^{-6}$	$1{,}0x10^{-6}$	$1{,}2x10^{-6}$
Хром	$9{,}6x10^{-4}$	$6{,}0x10^{-4}$	$10{,}8x10^{-4}$	$12{,}0x10^{-4}$	$14{,}4x10^{-4}$
Нитрозодиметиламин	$8{,}1x10^{-4}$	$4{,}2x10^{-4}$	$5{,}9x10^{-4}$	$8{,}6x10^{-4}$	$10{,}1x10^{-4}$
Нитрозодиэтиламин	$1{,}4x10^{-3}$	$9{,}0x10^{-4}$	$1{,}3x10^{-3}$	$1{,}5x10^{-3}$	$1{,}9x10^{-3}$
$\sum$	$3{,}6x10^{-3}$	$2{,}2x10^{-3}$	$3{,}4x10^{-3}$	$4{,}0x10^{-3}$	$4{,}9x10^{-3}$

Оценку канцерогенного риска для здоровья населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха, проводили согласно системе критериев, принятой сегодня во многих странах мира и рекомендованной ВОЗ (1996, 1999, 2000 гг.).

С учетом приведенных рекомендаций можно говорить, что индивидуальный канцерогенный риск ингаляционного влияния большинства исследуемых веществ (бензопирен, свинец, кадмий, никель и формальдегид) на население города можно классифицировать как низкий, не нуждается в проведении мероприятий по его снижению. Для других соединений индивидуальный канцерогенный риск оценивается как средний, который не может рассматриваться как приемлемый для населения. Вместе с тем суммарный канцерогенный риск для здоровья киевлян, создаваемый исследуемыми веществами, рассматривается как высокий на протяжении всего периода наблюдений со стойкой тенденцией к увеличению в последние годы и нуждается в проведении мероприятий по его снижению. Важность такого вывода подтверждается также известным биологическим положением, суть которого заключается в суммации эффектов всех доз канцерогенов, поступающих в организм человека.

Материалы таблицы 2 позволили также провести ранжирование по величине показателя канцерогенного риска соединений, присутствующих в атмосфере г. Киева, и установить, что наибольший вклад в канцерогенную нагрузку вносят нитрозамины, хром и бензол.

На основе полученных результатов и данных численности населения г. Киева, рассчитали популяционный риск онкологических заболеваний, что позволило определить количество дополнительных случаев онкопатологии в результате контакта с канцерогенами (13198 случаев). Это означает, что влияние только 9 исследованных канцерогенных соединений и только в условиях изолированного ингаляционного поступления в организм обусловливает развитие дополнительно 193 случаев рака ежегодно, что составляет 7−8 случаев на 100 000 населения города соответственно.

Если проанализировать динамику загрязнения воздуха г. Киева за исследуемый период (по величине канцерогенного риска) и общей онкозаболеваемости населения за этот же период наблюдений, можно отметить, что в целом они имеют сходный характер (рисунок 1), хотя коэффициент линейной корреляции между ними составляет лишь 0,24.

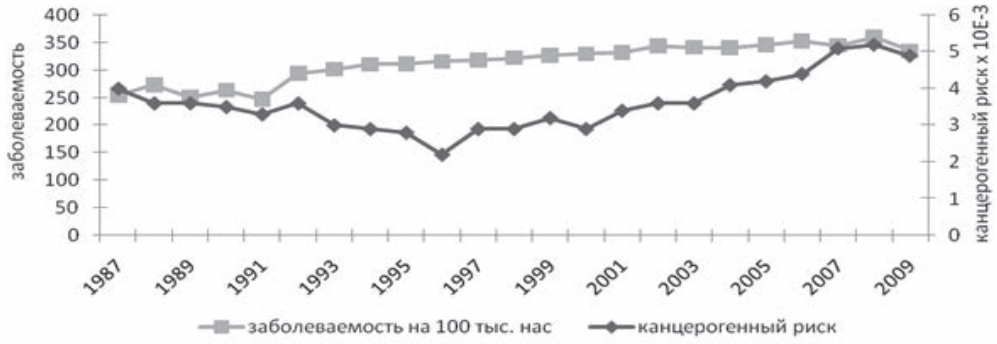


Рисунок 1 — Динамика загрязнения атмосферного воздуха г. Киева и общей онкологической заболеваемости

Полученные результаты подтверждают существование зависимости между загрязнением атмосферного воздуха города канцерогенными соединениями и онкологической заболеваемостью его населения. Однако учитывая тропность действия канцерогенных веществ на отдельные органы и системы человеческого организма, важно было определить влияние исследуемых веществ на заболеваемость по отдельным локализациям рака.

Исследования проводили путем графического сопоставления в динамике многолетних наблюдений концентраций отдельных соединений в атмосферном воздухе и уровней онкологической заболеваемости, а также расчетов коэффициентов корреляции между этими показателями для наиболее распространенных локализаций онкопатологии городского населения. При этом коэффициенты корреляции рассчитывали не только по идентичному интервалу времени (из года в год), но и со смещением показателей заболеваемости от обнаруженных концентраций канцерогенов последовательно на 1, 2 и больше лет.

В результате сопоставления динамики уровня содержания канцерогенов в атмосферном воздухе и онкологической заболеваемости городского населения установили, что некоторые нозологические формы злокачественных новообразований коррелируют с показателями концентраций определенных канцерогенных соединений (бензопирен, кадмий, свинец, хром), но со смещением на разные промежутки времени.

Рисунок 2 иллюстрирует динамику загрязнения воздушной среды города бензопиреном и заболеваемость раком органов дыхания жителей, из которого следует, что в интервале 20-летних исследований концентрации этого канцерогена значительно изменялись: годовая среднесуточная концентрация бензопирена за этот период колебалась в пределах 2,0–4,9 нг/м³, что значительно превышает уровень ПДК этого вещества для атмосферного воздуха населенных мест. Онкологическая заболеваемость органов дыхания жителей данного города за исследуемый период также изменялась и составляла 26,1–38,0 случая на 100 000 населения. Оценивая эти данные по материалам, представленным на графиках, можно отметить, что минимальные и максимальные значения концентраций бензопирена и онкозаболеваемости органов дыхания расходятся во времени приблизительно на 7 лет (рисунок 2).

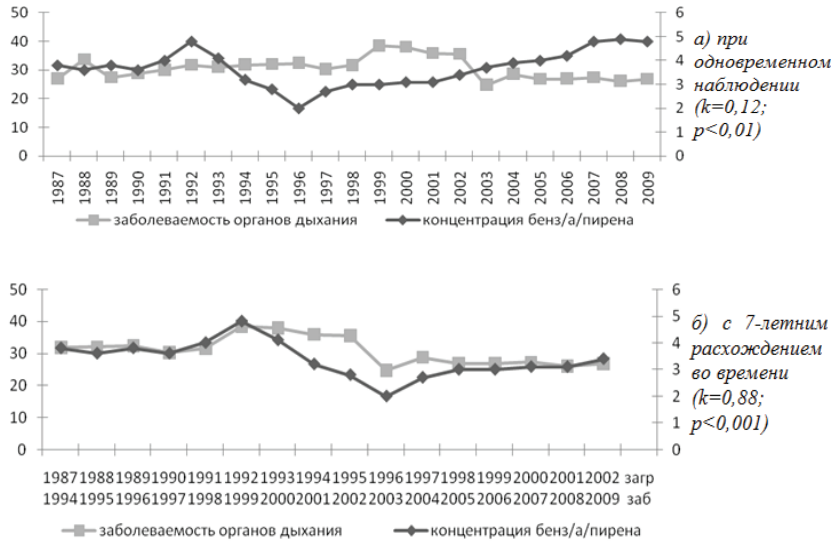


Рисунок 2 — Динамика загрязнения атмосферного воздуха бензопиреном и общей онкологической заболеваемости органов дыхания населения г. Киева

Кривая заболеваемости населения г. Киева раком органов дыхания в интервале 1994–2009 гг. по динамике изменений почти совпадает с кривой концентраций канцерогена в атмосферном воздухе города, но уже в интервале 1987–2002 гг. Между указанными показателями существует сильная корреляционная связь (r=0,83; p<0,001). Это обстоятельство свидетельствует о том, что заболеваемость населения города раком органов дыхания коррелирует с концентрацией бензопирена, но со смещением на 7 лет, что, в свою очередь, подтверждает существование латентного периода развития этой нозологической формы рака, т.е. онкозаболеваемость населения на время проведения исследования формировалась за счет канцерогенного загрязнения воздушной среды, которое было 7 лет тому назад и раньше и, наоборот, уровень современного загрязнения проявится через такой же промежуток времени в дальнейшем.

Выявленные зависимости хорошо коррелируют с данными некоторых российских исследователей [6]. Установлена сильная корреляционная связь между загрязнением атмосферного воздуха бензопиреном и заболеваемостью населения злокачественными образованиями желудка, но уже со смещением во времени наблюдений на 8 лет (рисунок 3).

Рисунок 3 — Зависимость между загрязнением атмосферного воздуха бензопиреном и заболеваемостью населения г. Киева раком желудка

Можно утверждать, что на развитие онкологических заболеваний мочевого пузыря значительно влияют тяжелые металлы. Установлена сильная корреляционная связь между заболеваемостью населения злокачественными образованиями мочевого пузыря и загрязнением атмосферного воздуха г. Киева кадмием с 8-летним смещением срока наблюдений (рисунок 4).

Рисунок 4 — Зависимость между загрязнением атмосферного воздуха кадмием и заболеваемостью населения г. Киева раком мочевого пузыря

Следующим этапом исследования стало определение взаимосвязи между стандартизированными показателями заболеваемости населения раком определенных локализаций и годовыми среднесуточными концентрациями изучаемых канцерогенов в атмосферном воздухе г. Киева с помощью регрессионного анализа путем линейной функции,

$y = a + bx$, где (1)

y — заболеваемость населения раком определенной локализации (стандартизированные показатели на 100 000 населения);

x — показатель загрязнения (концентрация химических веществ);

a и b — параметры модели.

На рисунке 5 представлены результаты регрессионного анализа взаимосвязи между стандартизированными показателями заболеваемости населения раком органов дыхания и концентрацией бензопирена в атмосферном воздухе со смещением в 7 лет.

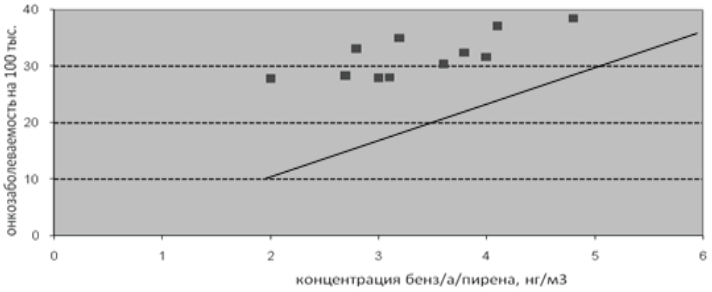


Рисунок 5 — Зависимость между содержанием бензопирена в атмосферном воздухе г. Киева и заболеваемостью населения раком органов дыхания со смещением на 7 лет

Видно, что зависимость между показателями носит линейный характер и описывается уравнением, которое отражает особенности этого процесса: $y = 24 + 2x$.

Свободный член — «24» определяет значение функции при отсутствии влияния фактора (когда x=0), т.е. это фоновое значение заболеваемости, которое предопределяется влиянием других (внутренних или внешних) вредных факторов.

Коэффициент регрессии «2» характеризует полученную зависимость и показывает, как именно изменяется функция при изменении аргумента. Другими словами увеличение в текущем году концентрации бензопирена в воздушной среде на 1 нг/м^3 (или 1 ПДК) с высокой вероятностью может вызвать через 7 лет рост заболеваемости жителей раком органов дыхания на 2 случая на 100 000 населения соответственно.

Аналогично рассчитаны и другие коэффициенты регрессии (таблица 3), которые позволяют прогнозировать количественные изменения показателей заболеваемости на другие анализируемые в работе нозологические формы рака в случае изменения уровня загрязнения атмосферного воздуха химическими канцерогенами и на основании полученных результатов научно обосновывать действенные медико-профилактические мероприятия по снижению влияния опасных соединений на организм человека.

Таблица 3 — Взаимосвязь между загрязнением атмосферного воздуха г. Киева и показателями заболеваемости населения злокачественными образованиями

Злокачественные образования	Канцероген	Смещение во времени наблюдений, годы	Коэффициент регрессии
Рак органов дыхания	бензопирен	7	2,0 (с увеличением концентрации вещества на 1 ПДК заболеваемость возрастет на 2 случая)
Рак желудка	бензопирен	8	2,5 (с увеличением концентрации вещества на 1 ПДК заболеваемость возрастет на 2,5 случая)
Рак моченого пузыря	кадмий	8	45 (с увеличением концентрации вещества на 0,1 ПДК заболеваемость возрастет на 4,5 случая)

Таким образом, получены принципиально новые результаты, позволяющие подойти к оценке загрязнения окружающей среды и, в частности атмосферного воздуха, с новых позиций. До последнего времени врачи-гигиенисты оценивают существующий уровень загрязнения путем сопоставления его с индивидуальными гигиеническими стандартами (ПДК), делая выводы, прежде всего, о состоянии воздушной среды, характеризируя ее как допустимую или недопустимую для человека. Такой подход позволяет оценивать состояние объекта окружающей среды и не несет какой-либо информации о степени опасности непосредственно для здоровья человека. Подход, проиллюстрированный в работе, позволяет восполнить такой пробел и давать количественную оценку риска развития патологии у человека как для суммы отдельных веществ, формирующих аэрогенную нагрузку, так и для отдельных составляющих этой загрузки.

Заключение. Индивидуальный канцерогенный риск ингаляционного влияния исследуемых веществ на население г. Киева классифицируется как низкий или средний. При этом суммарный канцерогенный риск, создаваемый исследуемыми веществами, рассматривается как высокий на протяжении всего периода наблюдений со стойкой тенденцией к увеличению в последние годы и нуждается в проведении мероприятий по его снижению. Наибольший вклад в суммарную канцерогенную нагрузку приходится на нитрозамины, хром и бензол. Установлена связь между уровнем загрязнения атмосферного воздуха химическими канцерогенами и характером онкологической заболеваемости, количественные показатели которой носят индивидуальный характер как для отдельных соединений, так и для локализаций новообразований. При этом зависимости

между загрязнением воздуха и уровнем заболеваемости рака определенных локализаций характеризуются расхождениями во времени. Рассчитанные коэффициенты регрессии позволяют прогнозировать изменения показателей заболеваемости по отдельным нозологическим формам рака в случае изменения уровня общего загрязнения или отдельных приоритетных канцерогенных соединений. Полученные данные позволяют прийти к выводу, что изучение эпидемиологии онкологических заболеваний, выявление количественных связей с экологическими факторами, определение вклада отдельных канцерогенов в формирование онкопатологии должно стать приоритетным направлением первичной профилактики рака.

Литература

1. The global burden of cancer: priorities for prevention / G. Thun [et al.] // Carcinogenesis. – 2010. – Vol. 31, № 1. – P. 100–110.

2. Steward, B.W. World cancer report / B.W. Steward, P. Kleinhnes. – Lyon, 2003. – 351 p.

3. Бензопирен в атмосферном воздухе Ташкента и его роль в формировании онкозаболеваемости населения / Г.В. Киреев [и др.] // Гигиена и санитария. – 2008. – № 5. – С. 12–13.

4. Заболеваемость злокачественными новообразованиями в Кемеровской области / С.А. Мун [и др.] // Здравоохранение Российской Федерации. – 2008. – № 4. – С. 30–33.

5. Черниченко, И.А. К вопросу оценки загрязнения окружающей среды для здоровья населения на региональном уровне / И.А. Черниченко, В.М. Доценко, Н.А. Климчук // Материалы пленума научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минздрава и соцразвития РФ «Экологически обусловленные ущербы здоровью: методология, значение и перспективы оценки» / Отв. ред. А. Рахманин. – М., 2005. – С. 93–94.

6. Взаимосвязи заболеваемости раком легкого с промышленным загрязнением атмосферного воздуха в угледобывающих регионах России и Украины / А.Н. Глушков [и др.] // Довкілля та здоров'я. – 2010. – № 3. – С. 45–50.

HYGIENIC ASSESSMENT OF AMBIENT AIR POLLUTION ON CANCER MORBIDITY OF THE POPULATION

Shvager O.V.

A.N. Marzeyev Institute for Hygiene and Medical Ecology Academy of Medical Sciences, Kiev, Ukraine

Analysis of long-term monitoring on the territory of a large administrative center (Kyiv) showed a stable urban air pollution by carcinogens. During the last 20 years a stable air pollution of city by chemical carcinogens has being observed. The dependence between cancer morbidity of the population and aerogenic load of the carcinogenic compounds has been established. The indicated dependence allows to predict changes in indicators of cancer incidence in the case of a change of air pollution as a separate chemical carcinogens and their amount and to develop policies based on interventions for primary prevention of cancer.

Keywords: ambient air pollution, carcinogen, cancer morbidity, population, hygienic analysis.

Поступила 15.05.2013

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАГРУЗКИ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Щербинская И.П.[1], Арбузов И.В.[1], Соловьева И.В.[1],

Быкова Н.П.[1], Мараховская С.В.[2], Семенов И.П.[2], Сорока П.Н.[3]

[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;

[2]Белорусский государственный медицинский университет;

[3]Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Минск, Беларусь

Реферат. Представлены результаты объемно-пространственного распределения и дозо-временных нагрузок электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц во внутренней среде помещений с учетом их функционального назначения.

Ключевые слова: электрические и магнитные поля, внутренняя среда помещений.

Введение. Освоение человеком электроэнергии приобретает все большие масштабы. Рост потребления энергии в быту и повышение оснащенности квартир бытовыми электротехническими изделиями сопровождается как положительными, так и отрицательными изменениями внутренней среды жилища. Бытовые электротехнические изделия могут быть источниками электрических, магнитных, акустических и вибрационных загрязнений.

Комфортные условия среды обитания во многом определяются физическими факторами. Постоянный рост числа бытовых приборов обусловливает появление новых частотных диапазонов, изменение структуры сигналов (по частоте, амплитуде), нарастание суммарной дозы, а также сочетанное и комбинированное действие с другими факторами [1–2, 4]. Разработка и внедрение критериев, методологии оценки риска для здоровья населения при воздействии комплекса физических факторов являются актуальными.

Цель работы — изучить объемно-пространственное распределение и дозо-временные нагрузки электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц во внутренней среде помещений с учетом их функционального назначения.

Материал и методы. Измерение электрических и магнитных полей промышленной частоты в квартирах проводили в соответствии с Санитарными нормами и правилами «Требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на население электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 67 от 12.06.2012 г. [3].

Оценка воздействия электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц осуществлялась на основании измерения суммарной интенсивности электрических и магнитных полей промышленной частоты по трем ортогональным осям (X, Y, Z) и определялась:

– напряженностью электрических полей тока промышленной частоты 50 Гц, В/м (кратная величина — кВ/м);

– магнитной индукцией (В) магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц, Тл (дробные величины — мТл, мкТл, нТл).

Расстояние, на котором измеряли уровни электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц, отмеряли от ближайшей точки поверхности электротехнического изделия бытового назначения до измерительной антенны (зонда).

Для измерений уровней в жилых зданиях использовались следующие приборы: П3-50, ВЕ-50.

Измерения уровней электрических и магнитных полей проводили в реальных условиях эксплуатации их источников.

Климатические условия при проведении измерений уровней электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц (температура и относительная влажность воздуха, атмосферное давление) соответствовали условиям, указанным в инструкции к используемым средствам измерения.

Результаты и их обсуждение. Анализ распределения электрических полей тока промышленной частоты 50 Гц в квартирах при работе изделий, контактирующих с человеком в процессе эксплуатации, показал, что уровни напряженности электрического поля у поверхности исследованных изделий составляют от 135 до 450 В/м и не превышают допустимого уровня 500 В/м. Наиболее высокие уровни 291–450 В/м зарегистрированы у поверхности следующих изделий: электродрель, утюг, кухонный комбайн, швейная машина, соковыжималка и электробритва. Более низкие уровни электрической напряженности поля 135–213 В/м зарегистрированы у таких изделий как эпилятор, кофемолка, миксер и фен. Как правило, с удалением от изделия уровни напряженности электрического поля значительно снижаются на расстояниях от 1 м от него и стремятся к фоновым значениям, регистрируемым в квартирах при отключенных системах электропитания в них.

Уровни магнитной индукции поля у поверхности изделий составляют от 1,6 до 9,5 мкТл и превышают у некоторых видов изделий допустимый уровень 5 мкТл, принятый в Республике Беларусь, от 1,4 до 1,9 раза.

Наиболее значимым для человека источником повышенных уровней магнитной индукции 6,8–9,5 мкТл являются электробритвы, кофемолки, электродрели и миксеры. С удалением от изделия уровни магнитной индукции снижаются не столь значительно как электрическая составляющая поля и только на расстояниях от 1,5 до 2,0 м регистрируются фоновые уровни магнитной индукции поля. Безопасный для человека уровень 5 мкТл регистрировался на расстоянии от 0,3 м от изделия.

Анализ распределения электрических полей тока промышленной частоты 50 Гц в квартирах при работе изделий, не контактирующих с человеком в процессе эксплуатации, показал, что уровни напряженности электрического поля составляют от 62 до 301 В/м и не превышают допустимого уровня 500 В/м.

Наиболее высокие уровни 209–301 В/м зарегистрированы при работе морозильника, печи СВЧ, электрической плиты, холодильника, пылесоса и стиральной машины. Более низкие уровни напряженности электрического поля 62–184 В/м зарегистрированы при работе электродуховки, электрообогревателя, вентилятора, тостера, чайника, фритюрницы и кофеварки. С удалением от источника электрическая составляющая поля значительно снижается и на расстоянии от 0,8 м регистрируются фоновые значения напряженности.

Уровни магнитной индукции поля у изделий, не контактирующих с человеком в процессе эксплуатации, достигают 0,5–10,4 мкТл и у 15% изделий превышают безопасный уровень в 5 мкТл до 2,1 раза. Наиболее высокие уровни 4,3–10,4 мкТл регистрируются при работе таких изделий, как морозильник, печь СВЧ и электрическая плита. Более низкие уровни магнитной индукции 0,5–3,2 мкТл зарегистрированы при работе кофеварки, фритюрницы, тостера, чайника, вентилятора, стиральной машины, электродуховки, пылесоса и холодильника.

Фоновый уровень магнитной индукции 0,04–0,08 мкТл регистрируется на расстоянии от 1,5 м и далее от работающих изделий.

Телевизоры эксплуатируются, в основном, в жилых помещениях квартир, и в связи с тем, что уровни электрических и магнитных полей тока промышленной частоты могут значительно колебаться в зависимости от излучающей поверхности изделия, исследовали объемно-пространственное распределение электрических и магнитных полей в жилых помещениях при работе телевизоров.

Изучение распределения электрических полей, создаваемых LCD телевизорами с экранами наиболее распространенных размеров показало, что уровни напряженности электрических полей тока промышленной частоты 50 Гц зависят от размера экрана.

Наиболее высокие уровни напряженности электрических полей тока промышленной частоты 50 Гц регистрируются на расстоянии 10 см со стороны экрана телевизора. При размере экрана 29–32" соответственно 193,1 В/м, при 37–42" — 210,5 В/м, при 43–47" — 245,3 В/м. Данные значения не превышают допустимого уровня в 500 В/м. При эксплуатации данных изделий фоновые уровни напряженности электрического поля в квартире регистрируются у телевизора при размерах экрана 29–32" — 1,5 м, 37–42" — 2,0 м и при 43–47" — 2,5 м соответственно.

Изучение распределения магнитных полей, создаваемых телевизорами в квартирах, показало, что уровни магнитной индукции существенно зависят от размера экрана и расстояния до телевизора. Повышенные значения магнитной индукции 1,34–1,68 мкТл регистрируются со стороны экрана телевизора. Наиболее высокие уровни магнитной индукции зарегистрированы у телевизора с экраном 70 см — 1,36–1,58 мкТл, при 51 см — 1,02–1,38 мкТл, при 36 см — 0,86–1,15 мкТл.

С удалением от телевизора происходит снижение уровней магнитной индукции поля и фоновый уровень регистрируется от телевизора при размерах экрана 29–32" — 2,0 м, при 37–42" — 2,5 м, при 43–47" — 3,0 м соответственно.

Заключение. Электрические и магнитные поля тока промышленной частоты, создаваемые электробытовой техникой являются массовым и широко распространенным фактором, который существенно ухудшает качество жилой среды и оказывает неблагоприятное влияние на состояние здоровья больших контингентов населения. Зоны влияния на человека данных факторов в квартирах могут занимать да 1,5–2 м от изделий, что может составлять 25–67% объема помещений современных жилых зданий в зависимости от их размеров. Телевизионные приемники являются источниками электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц, которые излучаются в окружающее пространство квартир и могут оказывать неблагоприятное влияние на людей, находящихся в радиусе суммы 3 размеров диагонали его экрана и поверхностей изделия.

Литература

1. Григорьев, Ю.Г. Международная конференция по вопросам защиты человека от воздействия электромагнитных полей / Ю.Г. Григорьев // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1999. – Т. 39, № 6. – С. 707.

2. Сидоренко, Г.И. Влияние электромагнитных полей на здоровье (обзор) / Г.И. Сидоренко, В.В. Вашкова, Е.А. Можаев // Гигиена и санитария. – 1999. – № 2. – С. 59–62.

3. Требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на население электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц: санитарные нормы и правила / Респ. науч.-практ. центр гигиены; сост. С.С. Худницкий [и др.]. – Режим доступа: www.rspch.by. – Дата доступа: 20.05.2013.

4. Электромагнитные поля и здоровье человека / Под ред. проф. Ю.Г. Григорьева. – М.: Изд-во РУДН, 2002. – 177 с.

ESTIMATION OF ELECTROMAGNETIC LOADING OF THE INTERNAL ENVIRONMENT OF PREMISES

Shcherbinskaja I.P.[1], Arbuzov I.V.[1], Soloveva I.V.[1], Bykova N.P.[1], Marahovskaja S.V.[2], Semenov I.P.[2], Soroka P.N.[3]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[2]Belarusian State Medical University;

[3] Republican Centre of Hygiene, Epidemiology and Public Health, Minsk, Belarus

The results of three-dimensional distribution and doze-time loads of electric and magnetic fields of power frequency of 50 Hz in the indoor environment according to their functionality jave been presented in the paper.

Keywords: electric and magnetic fields, apartment houses.

Поступила 15.05.2013

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КОНТАМИНАЦИИ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ Г. МИНСКА ПЛЕСНЕВЫМИ ГРИБАМИ И СОПУТСТВУЮЩЕЙ МИКРОБИОТОЙ

Щербинская И.П.[1], Дудчик Н.В.[1], Кравцова В.В.[1], Науменко С.А.[1], Мараховская С.В.[2], Кулеша З.В.[3], Жевняк И.В.[4], Сорока П.Н.[5]

[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;

[2]Белорусский государственный медицинский университет;

[3]Гродненский районный исполнительный комитет, Гродно;

[4]Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья;

[5]Минский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Минск, Беларусь

Реферат. Освещены актуальные вопросы воздействия биологического фактора на организм человека. Представлены результаты количественной распространенности и таксономической принадлежности доминирующих родов плесневых грибов во внутренней среде помещений жителей в 6 районах г. Минска.

Ключевые слова: плесень, сырость, внутренняя среда помещений, микробиота.

Введение. Проблема качества жилых помещений и состояния внутренней среды помещений еще более обостряется тем, что, по данным ВОЗ, люди проводят более 80% времени дома, а дети и люди старшего возраста — 90% и даже больше; качество внутренней среды в помещениях в значительной степени определяет их состояние здоровья и самочувствия [1, 2]. В настоящее время к числу безусловных биологических факторов риска, вызывающих аллергизацию населения в условиях жилой среды можно отнести микологическое загрязнение. Рост микроорганизмов приводит к увеличению содержания спор, клеточных фрагментов, аллергенов, микотоксинов, эндотоксинов, β-глюканов и летучих органических соединений в воздухе помещений. Причинные факторы нарушений здоровья окончательно не определены, однако повышенное содержание любого из вышеперечисленных агентов представляет потенциальную опасность для здоровья.

Материал и методы. Использованы микробиологические (исследование воздушной среды помещений, поверхностей стен), гигиенические (анкетный опрос, визуальное обследование помещений, измерение температурно-влажностных параметров) методы.

Результаты и их обсуждение. Для оценки микробиологического статуса и качества внутренней среды помещений провели анкетирование когортных групп населения Центрального, Фрунзенского, Московского Октябрьского, Ленинского, Советского районов г. Минска. В анкетировании приняли участие 300 человек, из них 70 составили контрольную группу: 50 взрослых (82% — женщины, 18% — мужчины) и 20 детей (55% — мальчики, 45% — девочки). Исследуемая группа состояла из 230 человек: 130 взрослых (92% —женщины, 8% — мужчины) и 100 детей (53% — мальчики, 47% — девочки). Возрастной состав опрашиваемых среди взрослых составил 25–75 лет, среди детей — 5–17 лет.

Оказалось, что большинство из респондентов проживают в панельных домах (84,3%), в кирпичных — 15,7%. Время пребывания в помещении лиц контрольной и исследуемой группы колебалось от 12 до 18 ч в сутки, в среднем — 16,0±1,5 ч.

Результаты анкетирования свидетельствуют о том, что большинство опрошенных лиц исследуемой группы высказывали жалобы на плохое самочувствие, наличие аллергических заболеваний, связывая это с проживанием в квартире. Также 65% опрошенных связывали появление плесневых поражений в квартире с плохими микроклиматическими параметрами (низкая температура в квартире, сырость), 20% указывали в качестве причины строительные дефекты и отмечали наличие плесневых поражений у соседей верхних и нижних этажей в аналогичных помещениях и участках, 15% респондентов говорили о плохо работающей вентиляции. Самостоятельно боролись с плесневым поражениями 98% опрошенных лиц в исследуемой группе, остальные привлекали специалистов других служб; только 5% респондентов заявили, что проведенные мероприятия по борьбе с плесенью были эффективными и плесневые поражения не появились вновь, в 50% случаев появлялись вторичные очаги плесневого поражения в ванной комнате и на кухне (в 100% случаях это связывали с плохой (недоста-

точной) работой вентиляции либо ее отсутствием). В анкете учитывали такие факторы, как скученное проживание, курение в квартирах, наличие комнатных растений, домашних животных. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты изучения качества жилья

Изучаемый фактор	Исследуемая группа, %	Контрольная группа, %
Скученность	42,6	35,4
Плесневое поражение стен	100	—
Курение	33,9	30,1
Наличие кошек	27,1	25,0
Наличие собак	19,5	10,8

Визуальное обследование помещений провели с целью обнаружения протечек, видимого роста плесневых грибов на поверхностях строительных и отделочных материалов, оценки примерной площади очагов поражения стен грибковой флорой. Идентификацию возможного источника загрязнения воздуха осуществляли при посещении помещения, учитывая ощутимые запахи, натурный осмотр помещения, предметов мебели, внутренней отделки, способа вентиляции и возможных внешних источников загрязнения. При визуальном обследовании помещений жителей исследуемой группы в 100% случаев установлено наличие плесневого поражения: ванная комната (швы между плитками, потолок, стиральная машина), жилые комнаты (стык стеновых конструкций), вытяжная вентиляция, кухня (рисунок 1).

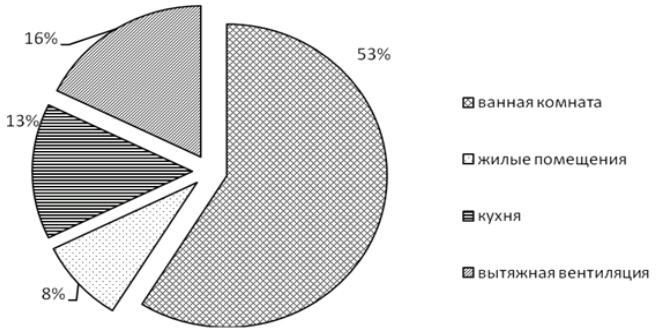


Рисунок 1 — Удельный вес помещений с плесневым поражением у жителей исследуемой группы

Оценку микроклиматических условий проводили по общепринятой методике. Температуру и относительную влажность воздуха измеряли в центре помещений гигрометром (цифровой термометр с диапазоном измерений относительной влажности от 10 до 100%, от 30 до 60 °С). Класс точности измерений ±3,0%, ±0,5 °С (в точке 20 °С), ±0,6 °С — в остальном диапазоне. В соответствии с п.п. 14–15 Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к устройству, оборудованию и содержанию жилых домов», утвержденных Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 95 от 25.08.2009 г. «Система отопления должна обеспечивать равномерный прогрев воздуха в помещениях жилых домов в течение всего отопительного периода». Требования к допустимым параметрам микроклимата в жилых помещениях жилого дома в отопительный период и сравнительный анализ полученных результатов отражены на таблице 2.

Таблица 2 — Результаты исследования помещений по микроклиматическим параметрам

Микроклиматические параметры	Показатель в соответствии с СанНПиГн	Контрольная группа	Исследуемая группа
Температура воздуха	+18±24 °С	+18±21 °С	+21±24 °С
Относительная влажность	не более 60%	20–55%	55–77%

Результаты исследования помещений по микроклиматическим параметрам свидетельствуют, что а микроклиматические параметры в помещениях контрольной группы соответствовали требованиям действующих Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов. В жилых помещениях исследуемой группы в 65% случаев отмечено превышение относительной влажности, что согласуется с результатами анкетного опроса (появление плесневых поражений в квартире жители связывали с плохими микроклиматическими параметрами: низкая температура в квартире, сырость). При измерении температуры в помещениях исследуемой группы не зарегистрировали ни одного случая несоответствия температурных параметров действующим Санитарным нормам, правилам и гигиеническим нормативам, поскольку сами жильцы или эксплуатирующая организация утеплили помещения.

Изучение микробиологической контаминации воздуха жилых помещений проводили по следующим показателям:

– общее число микроорганизмов в 1 м^3 воздуха, КОЕ/1м^3;

– количество плесневых грибов, КОЕ/1м^3;

– количество гемолитических стрептококков и стафилококков, КОЕ/1м^3.

Чашки с МПА инкубировали в течение 3 суток при температуре 30 °С, с КА — в течение 3 суток при 37 °С, со средой Сабуро — 5 суток при температуре 24 °С.

Для определения общего микробного числа чашки инкубировали в термостате, после чего просматривали с помощью лупы и подсчитывали число выросших колоний (рисунок 2).

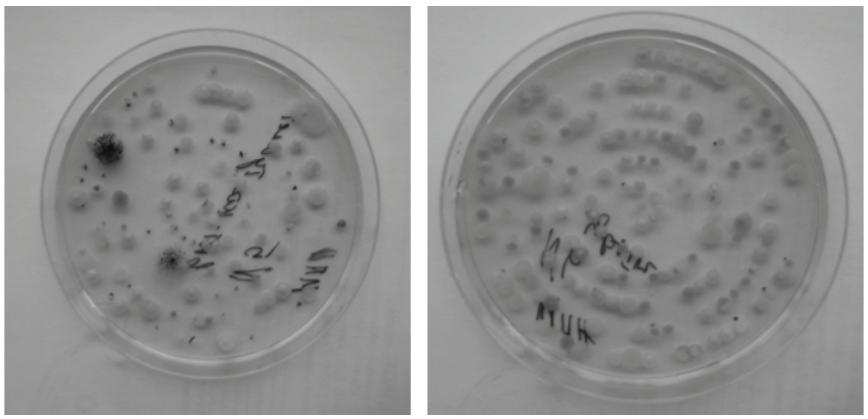


Рисунок 2 — Рост микроорганизмов на чашках с МПА, через 3 сут

Для дифференциации выросших на МПА колоний чашки дополнительно выдерживали 48 ч при комнатной температуре, затем изучали выросшие колонии по морфологическим и биохимическим свойствам. Отмечали пигментные колонии (желтые, белые, розоватые и др.), плесневые и споровые микроорганизмы. С целью дальнейшего изучения пигментных колоний окрашивали все типы колоний по Грамму. В результате микроскопии выявили бактерии, имеющие сферическую форму, располагающиеся неправильными скоплениями, окрашивающиеся по Грамму положительно [3].

Поскольку медицинское значение имеют кокки семейства Micrococcaceae и Streptococcaceae, проводили дифференциацию кокковых форм микроорганизмов. Основными признаками дифференцировки представителей этих семейств являются наличие или отсутствие цитохромов (отсутствуют у Streptococcaceae) и каталазная активность (отсутствует у большинства представителей Streptococcaceae). С целью дальнейшего изучения и идентификации выросших колоний провели тест на каталазу. Все изученные колонии оказались каталаза-положительными, на основании чего сделали вывод о принадлежности изучаемых микроорганизмов к семейству Micrococcaceae. В ходе дальнейших исследований провели тест на оксидазную активность, в результате чего выяснилось, что выросшие на среде МПА бактерии оказались оксидаза-позитивными. На основании данных исследований подтверждена принадлежность изученных микроорганизмов к роду Micrococcus.

Для определения количества гемолитических стрептококков и стафилококков провели посев на кровяной агар, роста микроорганизмов не наблюдали. Для выявления грибов и дрожжей провели посев на чашки со средой Сабуро (инкубировали в течение 5 суток при температуре 24 °С). После инкубации посевов в термостате чашки просматривали с помощью лупы и подсчитывали число выросших характерных колоний плесневых грибов и дрожжей (рисунок 3).

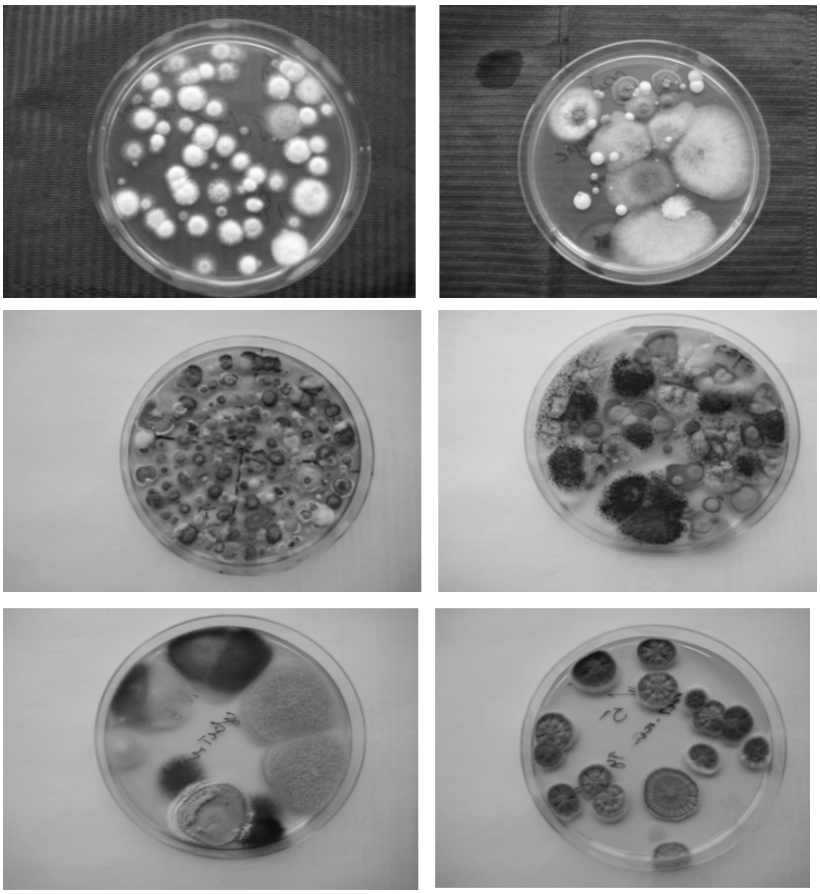


Рисунок 3 — Рост грибов и дрожжей на чашках со средой Сабуро через 5 сут

Колонии дрожжей и плесневых грибов разделяли визуально. Рост дрожжей на агаризованной среде сопровождался образованием крупных, выпуклых, блестящих, серовато-белых колоний с гладкой поверхностью и ровным краем. Развитие плесневых грибов на питательной среде сопровождалось появлением мицелия различной окраски. Проводили микроскопические исследования путем приготовления из отдельных колоний препаратов методом раздавленной капли. В результате микроскопии выявлены одноклеточные микроорганизмы круглой и овальной формы, почкующиеся, что послужило основанием отнести их к дрожжам; а также микроорганизмы, состоящие из нитей-гифов без перегородок, которые образуют боковые выросты и разветвления и были определены как плесневые грибы. Результаты микробиологических исследований проб воздуха жилых помещений у жителей контрольной и исследуемой групп представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Результаты микробиологических исследований проб воздуха жилых помещений контрольной и исследуемой групп

Показатель	Контрольная группа	Исследуемая группа
МАФАнМ, КОЕ/чашку	$2,2\pm0,8x10^2$ –$4,0\pm1,2x10^2$	$4,6\pm0,9x10^3$ –$7,3\pm1,6x10^3$
Гемолитическаямикрофлора, КОЕ/чашку	0	0
Плесневые грибы, КОЕ/чашку	Единичные колонии до $8,0x10^1$	$10,0\pm0,6x10^1$ –$3,6\pm1,5x10^3$
Дрожжи, КОЕ/чашку	0–5	2–10

Наиболее частыми контаминантами воздуха и поверхностей стен и потолков внутри помещений были грибы рода Penicillium и Aspergillus, реже встречались грибы рода Cladosporium, Stemphylium, Rhizopus, Alternaria. В 80% обследованных помещений в исследуемой группе воздух загрязнен (>$4,6\pm0,9x10^3$ КОЕ/м^3) сочетанием нескольких видов грибов.

Результаты микологического обследования поверхностей внутри помещений (бумажные обои, потолки, швы между плитками) свидетельствует о наличии различных видов грибов на поверхностях внутри жилых помещений, и соответствуют частоте их обнаружения в воздухе.

Заключение. Результаты анкетирования свидетельствуют о том, что большинство опрошенных в исследуемой группе высказывали жалобы на плохое самочувствие, наличие аллергических заболеваний, связывая это с проживанием в квартире. Также 65% опрошенных связывают появление плесневых поражений в квартире с плохими микроклиматическими параметрами (низкая температура в квартире, сырость), 20% — со строительными дефектами и отмечают наличие плесневых поражений у соседей верхних и нижних этажей в аналогичных помещениях и участках, 15% — указывают на плохую работу вентиляции. Время пребывания в помещении лиц контрольной и исследуемой групп в среднем составило 16,0±1,5 ч. При визуальном обследовании помещений жителей исследуемой группы в 100% случаев установлено наличие плесневого поражения. В помещениях жителей исследуемого района в 65% случаев отмечено превышение относительной влажности. При исследовании проб воздуха жилых помещений у жителей исследуемой группы установлено, что МАФАнМ во всех точках исследования колебалась в пределах $2,2\pm0,8x10^2$–$4,0\pm1,2x10^2$ КОЕ/чашку (контрольная группа) и $4,6\pm0,9x10^3$–$7,3\pm1,6x10^3$ КОЕ/чашку (исследуемая группа). Количество плесневых грибов составило от единичных колоний до $8,0x10^1$ и $10,0\pm0,6x10^1$–$3,6\pm1,5x10^3$ КОЕ/чашку в контрольной и исследуемой группах. Дрожжи обнаруживали лишь в нескольких пробах и составляли 0–5 и 2–10 в контрольной и исследуемой группах соответственно. Наиболее частыми контаминантами воздуха, поверхностей стен и потолков внутри помещений были грибы рода Penicillium и Aspergillus, реже встречались грибы рода Cladosporium, Stemphylium, Rhizopus, Alternaria. В 80% обследованных помещений у жителей исследуемого района воздух загрязнен (>$4,6\pm0,9x10^3$ КОЕ/м^3) сочетанием нескольких видов грибов.

Литература

1. Губернский, Ю.Д. Перспективные направления гигиенических исследований урбанизационной жилой среды / Ю.Д. Губернский // Гигиена и санитария. – 2000. – № 1. – С. 8–12.

2. Губернский, Ю.Д. Эколого-гигиеническая оценка влияния факторов внутрижилищной среды на аллергизацию населения / Ю.Д. Губернский, Н.В. Калинина, А.И. Мельникова // Гигиена и санитария. – 1998. – № 4. – С. 50–54.

3. Лабораторные исследования внешней среды / Под ред. А.В. Павлова. – Киев: Здоровья, 1978. – 290 с.

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF CONTAMINATION OF INDOOR ENVIRONMENT IN MINSK BY MOULD MUSHROOMS AND AN ACCOMPANYING MICROBIOTA

Shcherbinskaja I.P.[1], Dudchik N.V.[1], Kravtsov V.V.[1], Naumenko S.A.[1], Marahovskaja S.V.[2], Kulesha Z.V.[3], Zhevnjak I.V.[4]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[2]Belarusian State Medical University;

[3]Grodno regional executive commitete, Grodno;

[4]Republican center of hygiene, epidemiology and public health, Minsk, Belarus

The urgent issues of the impact of biological factors on the human body have been highlighted in the paper. The results of quantitative prevalence and taxonomical accessory of dominating childbirth of mould mushrooms in the indoor environment of residents in six districts of Minsk are presented.

Keywords: mould, dampness, internal environment of rooms, microbiota.

Поступила 10.06.2013

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ШУМА ОТ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ ВО ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Щербинская И.П., Соловьева И.В., Быкова Н.П., Арбузов И.В.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Статья посвящена результатам экспериментальных исследований объемно-пространственного распределения шума от инженерно-технологического оборудования жилых домов во внутренней среде помещений.

Ключевые слова: воздушный шум, структурный шум, вибрация, инженерно-технологическое оборудование, лифт.

Введение. Современные жилые и общественные здания трудно представить без инженерно-технологического оборудования, которое участвует в жизнеобеспечении человека и негативно воздействуют на него, создавая вибрацию и шум. Основными источниками негативного воздействия являются лифты, вентиляционные установки, внутренние и наружные блоки кондиционеров, насосное оборудование и водопровод, мусоропровод. Источниками шума и вибрации инженерно-технологического оборудования являются вращающиеся механизмы, механические удары, пульсации потока в элементах воздушных каналов (в поворотах, запорной, регулирующей и распределительной арматуре) и жидкости в трубах. При наличии жестких связей эти источники возбуждают вибрацию соединенных с ними конструкций. Так, под воздействием вибрации работающего лифтового оборудования, установленного в машинном отделении на опорах на перекрытии, возбуждаются колебания перекрытия, которые затем передаются на другие строительные конструкции. Кроме того, вибрация машин и вентиляторов при жестком соединении неизбежно распространяется на соединительные трубы и воздуховоды, а по ним также на строительные конструкции. При этом в соседние помещения происходит передача двух составляющих шума: воздушного и структурного. Передача воздушного шума осуществляется следующим образом. Звуковые волны от источника, падая на ограждение, разделяющее помещения, вызывают его колебания. Эта конструкция сама становится источником шума и излучает его в помещение. Передача структурного шума осуществляется следующим образом. Ограждения колеблются под действием вибрации источника, передающуюся от источника последовательно по конструктивным элементам здания через их стыки, постепенно охватывая все конструкции здания, и излучают в помещение шум, который называют структурным. Общий уровень звука в помещениях равен энергетической сумме уровней звукового давления воздушной и структурной составляющей от внутренних источников и уровней, обусловленных внешними источниками и проникающие через окна, двери и другие ограждающие конструкции.

Большинство современных жилых зданий — это многоэтажные здания, возводимые индустриальными методами. К ним относятся крупнопанельные здания из железобетонных панелей, обычно размером на комнату, объемно-блочные здания, возводимые из объемных блоков и представляющих собой одно или несколько помещений. Эти здания полностью или почти полностью сооружены из бетона. Известно, что бетон отличается хорошей изоляцией от воздушного шума, однако затухание структурного шума в конструкциях из тяжелого бетона очень невелико. Структурный шум передается по конструкциям из бетона на значительные расстояния, почти не затухая. Проблема передачи структурного шума в современных зданиях, состоящих из больших и легких строительных элементов, имеет огромное практическое значение и известна большинству городских жителей. Распространение структурного шума в зданиях связано с возбуждением, передачей, которая чаще всего происходит различными путями и излучением. Кроме того, применение крупноразмерных элементов в строительстве приводит к резкому сокращению числа стыков, что делает здание акустически более однородным. При этом уменьшаются потери звуковой энергии, распространяющейся по элементам здания, следовательно, снижается звукоизоляция.

В целях изучения объемно-пространственного распределения шума от инженерно-технологического оборудования жилых домов во внутренней среде помещений проведены экспериментальные исследования степени влияния на шум в жилых помещениях шума от лифтового оборудования и его объемно-пространственное распределение в рамках квартиры.

Материал и методы. Для исследований отобраны однотипные квартиры 9- этажных жилых домов (крупнопанельного и кирпичного), расположенные на 9 этаже и наиболее близко примыкающих к машинному отделению и лифтовой шахте. Машинное отделение в обоих случаях расположено в уровне перекрытия технического этажа. В машинном отделении размещена лебедка лифта, которая является основным источником шума и вибрации лифтового оборудования.

Измерения проводили во всех комнатах квартир, включая кухни, в точках, равномерно распределенных по квартире, не менее 10 мин при непрерывном движении лифта с остановками на всех этажах, нагрузка на лифт во всех случаях была одинаковой.

Результаты и их обсуждение. Результаты измерений уровней шума в помещениях жилых домов (кирпичного и панельного) при работе лифтового оборудования представлены в таблице.

Таблица — Результаты измерений шума от лифтов в помещениях жилых квартир

Место измерений	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Кирпичный дом										
Фон в кухне	42	36	33	31	26	26	24	21	22	32
Помещение, примыкающее к лифтовой шахте (кухня), дверь закрыта	47	50	44	42	40	36	35	30	29	42
То же, дверь открыта	48	49	45	43	42	35	35	29	28	42
Фон в гостиной	37	38	31	25	22	21	20	19	18	27
Гостиная (примыкает к кухне), дверь закрыта	43	51	38	35	33	35	35	35	33	40

Окончание таблицы

То же, дверь открыта	44	50	38	34	34	34	34	34	32	39
Фон в детской	37	38	29	23	21	20	19	18	18	26
Помещение детской комнаты, дверь закрыта	45	45	34	32	30	30	26	22	20	34
То же, дверь открыта	44	45	36	34	32	31	27	23	19	36
Фон в спальне	42	37	29	22	21	20	21	18	18	27
Помещение спальни, дверь закрыта	45	42	35	33	22	29	25	20	19	34
То же, дверь открыта	44	43	33	32	23	26	23	20	20	32
Панельный дом										
Фон в кухне	39	38	31	29	25	25	23	22	20	31
Помещение, примыкающее к лифтовой шахте (кухня), дверь закрыта	50	50	52	42	40	35	35	27	26	43
То же, дверь открыта	52	51	53	43	42	36	33	29	29	44
Фон в гостиной	38	37	30	27	23	22	19	18	18	28
Гостиная (примыкает к кухне), дверь закрыта	46	49	50	39	37	35	34	28	28	41
То же, дверь открыта	47	51	49	37	37	36	36	30	28	42
Место измерений	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Фон в детской	41	38	30	26	22	20	20	19	19	25
Помещение детской комнаты, дверь закрыта	46	45	46	36	35	33	29	25	20	39
То же, дверь открыта	46	45	45	35	35	32	30	26	21	38
Фон в спальне	39	37	31	28	23	21	21	18	18	27
Помещение спальни, дверь закрыта	45	42	44	36	32	29	25	19	19	35
То же, дверь открыта	45	43	45	34	33	29	26	21	20	36

Заключение. Уровни фона в исследуемых помещениях сопоставимы, что позволяет сравнивать полученные результаты. В помещениях, непосредственно примыкающих к лифтовой шахте, при работе лифтового оборудования наблюдаются превышения фоновых уровней шума на 5–15 дБ, превышения достигают 22 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 125 Гц. Исследования уровней шума с открытыми и закрытыми дверями показали, что изменения уровней шума являются несущественными, что подтверждает положение о том, что шум от лифтовых установок преимущественно структурный и передается по конструкциям здания. В панельном доме при работе лифтового оборудования уровни звукового давления в октавной полосе со среднегеометрической частотой 125 Гц в помещениях квартиры на 5–8 дБ выше, чем в кирпичном доме. Затухание шума в рамках пространства квартиры в панельном доме менее выражено, чем в кирпичном доме. Конструктивные особенности зданий (кирпичное, панельное) и архитектурно-планировочные их особенности (расположение шахты лифта) оказывают влияние на уровни шума во внутренней среде помещений.

RESEARCH OF VOLUME-SPATIAL DISTRIBUTION OF NOISE FROM ENGINEERING-PROCESS EQUIPMENT OF APARTMENT HOUSES IN THE INDOOR ENVIRONMENT

Shcherbinskaja I.P., Soloveva I.V., Bykova N.P., Arbuzov I.V.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The results of experimental researches of volume-spatial distribution of noise from engineering-process equipment of apartment houses in the internal in the indoor environment have been presented in the paper.

Keywords: air noise, structural noise, vibration, engineering the-process equipment, the lift.

Поступила 06.06.2013

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ НЕКОТОРЫХ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТАБАКА

Адамович А.В.[1],Римжа Е.А.[2], Юрага Т.М.[2]

[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;

[2]Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Беларусь

Реферат. В статье приведены результаты исследования возможности экспериментальной коррекции некоторых метаболических нарушений, индуцируемых регулярным воздействием никотина и прочих компонентов табака на организм молодых животных (белые крысы) с помощью многокомпонентного лекарственного средства. Установлено, что применение композиции позволяет улучшить ряд биохимических показателей, измененных в результате длительной никотиновой нагрузки (никотинизации).

Ключевые слова: экспериментальная никотинизация, антиникотиновая композиция, биохимические параметры, белые крысы.

Введение. Проблема разработки эффективных противокурительных средств актуальна не первое десятилетие. Особое значение она приобретает в последние годы, что связано с негативной тенденцией увеличения доли табакопотребителей среди подростков и молодежи, а также снижения возраста «первой сигареты». По данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, в возрасте 14–17 лет курящие составляют 34,2% [1]. Попробовали курить до 17 лет (т.е. еще в период обучения в школе) – 73% заядлых курильщиков, в возрасте до 21 года – 90% [1, 2].

Физиологические и психологические особенности подросткового возраста и патологические изменения, вызываемые воздействием никотина в этот период, позволяют определить его как критический для приобретения первичного опыта курения и формирования зависимости от табака.

Высокая интенсивность обменных и усиление системоформирующих процессов в подростковом возрасте требует адекватной микронутриентной обеспеченности, которая резко снижается у курящих [3,4]. Кроме того, адаптационные возможности организма подростков подвергаются дополнительным воздействиям таких факторов, как стрессы, усиленные учебные нагрузки, неблагоприятная экологическая обстановка и др. Напряжение адаптационных механизмов обусловливает повышенный риск развития нарушений нервной, эндокринной и иммунной систем и разбалансировки динамического гомеостаза организма в целом.

Именно поэтому в соответствии с рекомендациями программы по снижению табакопотребления ВОЗ наряду с первичной профилактикой не менее важной считается вторичная – медикаментозная лечебно-профилактическая коррекция нарушений, обусловленных курением.

Глубина повреждения организма зависит от степени и продолжительности действия любого негативного фактора, в частности курения. В случае подросткового курения (принимая во внимание небольшой стаж и слабую интенсивность) метаболические изменения, вызванные воздействием компонентов табака и, в первую очередь, никотина, как правило, не носят характера физической зависимости. Поэтому при разработке антиникотиновых средств для молодежного контингента следует ориентироваться на «мягкую» коррекцию нарушений без применения алкалоид-замещающей терапии, т.е. препаратов, содержащих никотин либо родственные ему алкалоиды.

Материал и методы. Исследование выполнено на базе НИЛ БелМАПО в рамках задания «Разработать методы и средства профилактики и лечения никотинозависимости у подростков» прикладного раздела ГКПНИ «Современные технологии в медицине».

На одном из этапов была изучена возможность коррекции метаболических нарушений, индуцируемых регулярным воздействием никотина и прочих компонентов табака, на организм молодых животных (белые крысы) с помощью композиций, включающих растительные компоненты, витамины, глицин и 2-этил-6-метил-3-оксипиридина сукцинат (лабораторные образцы с более выраженным эффектом при «стимулирующем» курении) [5].

Экспериментальные исследования проведены на белых крысах, во время опыта находившихся в стандартных условиях вивария, в соответствии с имеющимися требованиями и рекомендациями [6–8]. Использованы молодые животные без видимых признаков заболевания, охотно поедавшие корм, с гладким и блестящим шерстным покровом.

Для изучения действия разрабатываемых композиций на организм, периодически подвергавшийся воздействию никотина и других компонентов табака, использован модифицированный способ воспроизведения табачной зависимости у животных, предложенный Е.А. Римжа, В.И. Талапиным [9, 10]. Моделирование никотиновой зависимости проводили в течение 45 сут путем алкалоидизации: замены воды для питья на табачную вытяжку с постоянно возрастающей концентрацией никотина.

В качестве образца табачных изделий для приготовления вытяжки были взяты сигареты отечественного производства со средним содержанием никотина 1 мг/на сигарету и смолистых веществ – 14 мг/на сигарету.

«Терапию» никотинизированных животных осуществляли в течение 14 сут путем добавления композиции в корм в дозировке 500 мг/кг·сут.

Корригирующее действие антиникотиновых композиций исследовали в двух вариантах опытов: введение композиции на фоне замены табачной вытяжки на воду (модель аналогичная отказу от курения) и введение композиции одновременно с приемом табачной вытяжки (модель продолжающегося периодического курения). Схема распределения экспериментальных животных по группам представлена в таблице 1.

Таблица 1 — Схема эксперимента

Группа	Характеристика экспериментальных групп
1	Интактные животные (контрольная группа)
2	Никотинизированные животные, получавшие антиникотиновую композицию в сочетании с водой
3	Никотинизированные животные, получавшие антиникотиновую композицию в сочетании с никотиновой вытяжкой
4	Никотинизированные животные, не получавшие композицию (группа сравнения)

Выведение животных из эксперимента осуществлялось путем одномоментной декапитации на фоне тиопенталового наркоза, после чего отбирался биоматериал (кровь) для биохимических исследований.

В ходе биохимического анализа использовали методы количественного определения в сыворотке крови следующих компонентов: уровень общего белка (биуретовый метод), мочевины (ферментативный уреазный метод), креатинина (метод Поппера), активность аланинаминотранферазы (далее – АлАТ), аспартатаминотранферазы (далее – АсАТ), лактатдегидрогеназы (далее – ЛДГ) (кинетический метод), содержание малонового диальдегида (далее – МДА) (метод с применением ТБК), соотношение белковых фракций – альбумина, α_1-глобулина, α_2-глобулина, β-глобулина, γ-глобулина (электрофоретически в геле агарозы с последующей оценкой на денситометре ДМ-2120 «Солар»).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с применением программного пакета «Statistica8.0». Для сравнения данных (с учетом размера и характера выборок) использован тест Крускала-Уоллеса, в качестве апостериорного анализа – тест Даннета. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Данные в таблицах представлены в виде средней арифметической и ошибки средней.

Результаты и их обсуждение. Длительное воздействие компонентов табачной вытяжки привело к статистически значимому изменению большинства анализируемых биохимических параметров (таблица 2).

Как видно из таблицы 2, только 3 из 12 маркеров остались на уровне контрольных значений: концентрация общего белка, относительное содержание γ-глобулиновой фракции и активность аланинаминотрансферазы (можно отметить тенденцию к некоторому снижению активности АлАТ). Что касается изменений остальных биохимических показателей, большинство из них, вероятнее всего, обусловлено комплексным воздействием на организм животных никотина и прочих компонентов табачной вытяжки.

Таблица 2 — Биохимические показатели крови интактных и никотинизированных животных и животных после введения антиникотиновых композиций

Биохимические показатели	Группа 1 (лаб. контроль)	Группа 2	Группа 3	Группа 4 (группа сравнения)
Общий белок, г/л	66,9±1,8	70,0±0,9	68,3±3,4	67,6±0,9
Мочевина, ммоль/л	7,56±0,2**	6,5±0,4	6,8±0,1	5,6±0,4
Креатинин, мкмоль/л	49,4±0,9**	64,7±2,4	60,3±2,4	68,4±1,9
АлАТ, Е/л	85,3±2,8	66,7±5,4	86,8±5,1	77,8±3,6
АсАТ, Е/л	199,0±5,9**	264,8±26,1	311,0±30,3	270,4±15,1
ЛДГ, Е/л	2046,0±207,9**	4230,1±489,9	3707,8±447,5	5211,2±317,3
МДА, мкмоль/л	5,69±0,2**	7,8±0,2**	7,1±0,2**	9,6±0,5
Альбумин, %	43,5±1,7**	40,1±1,0*	37,5 + 0,2	36,7±0,1
Глобулины, %				
α_1	14,4±0,9**	17,1±1,3**	19,8±0,5	21,9±0,2
α_2	10,2±2,6**	7,7±0,1	9,8±0,2**	7,7±0,2
β	17,1±1,1**	22,2±0,4**	20,4±0,4**	18,7±0,2
γ	14,8±2,7	12,9±0,7	12,6±0,8	15,0±0,7

Примечания:
* Изменения статистически значимы при сопоставлении с группой сравнения ($p \leq 0,05$).
** Изменения статистически значимы при сопоставлении с группой сравнения ($p \leq 0,01$).

Так, спазмирование сосудов в результате опосредованного через усиленную выработку адреналина действия никотина значительно ухудшает кислородное снабжение тканей, что негативно сказывается, в первую очередь, на сердечной мышце. На это указывает повышение активности АсАТ и коэффициента де Ритиса (АсАТ/АлАТ), который у контрольных животных составил 2,3, а у никотинизированных – 3,5.

Заметное увеличение концентрации малонового диальдегида указывает на активизацию процессов перекисного окисления липидов, что также в значительной степени может быть обусловлено действием никотина. Как показывают опыты, никотин (in vitro) способен дестабилизировать продукцию гидроперекисей липопротеинов низкой плотности и усиливать образование вторичных окислительных продуктов [11].

Снижение уровня мочевины и альбумина, а также повышение активности АсАТ и лактатдегидрогеназы может свидетельствовать о патологических сдвигах в печени, повышение концентрации креатинина – об изменениях функции почек.

Тем не менее, характер вышеописанных изменений позволяет предположить, что подобная реакция, учитывая длительность воздействия табачной вытяжки, носит адаптивный характер и не является показателем критических метаболических нарушений либо необратимых патологических изменений в органах и тканях. Это, в свою очередь, создает предпосылки для успешной медикаментозной коррекции.

Применение антиникотиновых композиций, как видно из таблицы 2, привело к изменению ряда биохимических показателей крови опытных животных по сравнению с таковыми уникотинизированных крыс, не получавших композицию.

В ряде случаев изменения носили разнонаправленный характер. Так, активность АсАТ и относительное содержание β-глобулиновой фракции по окончании 2-недельного срока оказались более высокими, чем аналогичные показатели у животных групп контроля и сравнения. С учетом длительности опыта, причиной этого, вероятно, являются метаболические перестройки, обусловленные как изменением алкалоидной нагрузки, так и воздействием исследуемой композиции (в т.ч. дополнительной нагрузки на печень в ходе метаболизма лекарственных препаратов).

В то же время, отмечена тенденция к нормализации таких показателей, как мочевина, ЛДГ, креатинин. В отношении МДА, относительного содержания альбумина, α_1- и α_2-глобулина подобные изменения были статистически значимыми.

Корригирующее действие композиции связано как с улучшением микронутриентной обеспеченности, так и с адаптогенными свойствами компонентов, входящих в состав исследуемой композиции. В частности, благодаря мультифакторным механизмам действия, глицин и 2-этил-6-метил-3-оксипиридина сукцинат приводят к снижению продукции свободных радикалов и восстановлению активности ферментов антиоксидантной защиты, активизируют ферментативные процессы цикла Кребса, способствуют утилизации глюкозы, синтезу и внутриклеточному накоплению АТФ и др.

Таким образом, комплексное воздействие компонентов исследуемой антиникотиновой композиции создает условия для компенсации основных патологических состояний (гипоксия, гипоэргоз), являющихся пусковым механизмом для развития целого ряда негативных изменений, проявляющихся как следствие регулярного табакопотребления.

Заключение. Полученные в ходе эксперимента результаты свидетельствуют, что применение антиникотиновой композиции позволило улучшить ряд биохимических показателей, измененных в результате воздействия никотина и других компонентов табачной вытяжки, что делает перспективным дальнейшие исследования в данном направлении.

Литература

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Офиц. сайт М-ва здравоохранения Респ. Беларусь. – Минск, 2013. – Режим доступа: http://minzdrav.gov.by/ru/static/kultura_zdorovia/tabakokurenie/kurenie_1 – Дата доступа: 09.05.2013.
2. Комплексное лечение табачной зависимости и профилактика хронической обструктивной болезни легких, вызванной курением табака: метод. рекомендации № 2002/154. – М., 2003. – 48 с.
3. Low concentrations of folate in serum and erythrocytes of smokers: Methionine loading decreases folate concentrations in serum of smokers and nonsmokers / A. Mansoor Mohammad [et al.] // Новости науки и техн. Сер. Медицина. – Вып. Табачная зависимость и курение табака. – М.: ВИНИТИ, 1998. – № 5. – С. 4–5.
4. Abou-Seif, M.A.M. Blood antioxidant status and urine sulfate and thiocyonate levels in smokers nonsmokers / M.A.M. Abou-Seif // Новости науки и техн. Сер. Медицина. – Вып. Табачная зависимость и курение табака. – М.: ВИНИТИ, 1998. – № 5. – С. 7.
5. Жевательная композиция с антиникотиновым эффектом: пат. 10682 Респ. Беларусь A 61K 9/68 A 61P 25/00 / А.В. Бокач, Е.А. Римжа, И.В. Тарасюк // Афіц. бюл. – Минск, 2008. – № 3. – С. 59.
6. Правила доклинической оценки безопасности фармакологических средств (GLP): Руководящий нормативный документ РД-126-91. – М., 1992.
7. Инструкция 1.1.11-12-35-2004. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: утв. 14.12.04.МЗ РБ. – Минск, 2004. – 43 с.
8. Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных: утв. Ректором БелМАПО 16.07.04 г.
9. Способ моделирования никотинозависимости у животных: пат. 5481 Респ. Беларусь,МКИ^{7}G 09B 23/28 / Е.А. Римжа, В.И. Талапин // Афіц. бюл. – Минск, 2003. – № 3. – С. 226.
10. Римжа, Е.А. Разработка и экспериментально-терапевтическая апробация модели хронического никотинизма / Е.А. Римжа // Современная методология решения научных проблем гигиены: сб. науч. тр. БелНИСГИ. – Минск: Беларус. навука, 1997. – С. 175–187.
11. Effect *in vitro* de la nicotine et de la contininesur la susceptibilité à l'oxidation des LDL de sujetsnormaux / V. Gouazé [et al.] // Новости науки и техн. Сер. Медицина. – Вып. Табачная зависимость и курение табака. – М.: ВИНИТИ, 1999. – № 3. – С. 5.

EXPEREMENTAL CORRECTION OF SOME METABOLIC CHANGES CAUSED BY INFLUENCE OF TABACCO

Adamovich A.V.[1], Rimzha E.A.[2], Yuraha T.M.[2]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[2]Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education, Minsk, Belarus

The opportunity of some metabolic disturbance correction induced by regular influence of nicotine and other components of tobacco on organism of young animals (white rats) with a multicomponent remedy has been investigated. It was established that the application of a composition has allowed improving a number of biochemical parameters which were changed during long nicotine capacity.

Keywords: experimental nicotine capacity,antinicotinecomposition, biochemical parameters, white rats.

Поступила 11.06.2013

К ВОПРОСУ КОМБИНИРОВАННОЙ ТОКСИЧНОСТИ В ОСТРЫХ ОПЫТАХ *IN VIVO* СМЕСИ ФОРМАЛЬДЕГИДА И СТИРОЛА

Богданов Р.В., Соболь Ю.А.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В статье приведены результаты токсикологических исследований характера комбинированного действия формальдегида и стирола в острых опытах на белых крысах и мышах на уровне смертельных доз при однократном внутрибрюшинном и ингаляционном воздействии.

По результатам экспериментов установлено, что при введении смеси формальдегида и стирола белым мышам действие обоих веществ разнонаправленно при внутрибрюшинном введении и однонаправленно при ингаляционном воздействии, причем взаимозависимое действие проявляется в сторону менее аддитивного (антагонизм). Действие обоих веществ на белых крыс при внутрибрюшинном и ингаляционном воздействии взаимозависимое, однонаправленное, более аддитивное (потенцирование).

Ключевые слова: комбинированное действие, стирол, формальдегид, токсикологическая оценка.

Введение. В реальных условиях человек, как в быту, так и в производственной сфере подвергается влиянию постоянно увеличивающегося числа различных химических веществ, что обусловливает поступление в организм человека нескольких химических веществ.

Одновременное воздействие на организм различных химических веществ, обладающих механизмами и силой токсического действия, может приводить к качественно новому токсическому эффекту, отличному от изолированных эффектов, входящих в состав смеси компонентов [4].

В работах отечественных и зарубежных авторов приводятся данные о совместном присутствии в воздушной среде до 100 различных химических веществ, среди которых реальную опасность представляют 10–15 веществ (формальдегид, стирол, фенол, акрилонитрил, ММА и др.) [2, 6].

Наряду с изученным и известным характером комбинированного действия большинства этих веществ обращает на себя внимание отсутствие установленного характера комбинированного действия формальдегида и стирола. Это связано, по всей видимости, с тем, что в доступной научной литературе имеются только результаты оценки комбинированного действия формальдегида и стирола в острых опытах на белых мышах при внутрижелудочном поступлении. Они свидетельствуют о явлениях антагонизма данных веществ при поступлении внутрь [5], после чего авторы дальнейшее исследование данной комбинации не проводили.

Вместе с тем, нами при исследовании комбинированного действия формальдегида и стирола при внутрижелудочном поступлении, но уже на белых крысах, получен обратный результат – потенцирующее действие [9].

Кроме того, при изучении комбинированного действия химических веществ отмечается закономерность: установленный тип комбинированного действия для одних и тех же веществ при различных путях поступления в организм лабораторных животных может не совпадать. Поэтому оценка характера комбинированного действия веществ на организм животных должна быть проведена на различных уровнях, путях и времени воздействия, при этом приоритетом исследования представляется изучение характера комбинированного действия химических веществ на организм на «низких уровнях» при длительном воздействии.

Таким образом, ранее принятый постулат о том [6], что если в начале исследования в острых опытах изучаемая смесь проявляет характер антагонизма, то дальнейшие исследования данной смеси прекращаются ввиду их нецелесообразности, в значительной степени теряет свою объективность, ввиду даже наличия такого эффекта, как видовая чувствительность.

В этой связи с гигиенических позиций представляется целесообразной оценка воздействия бинарной смеси формальдегида и стирола на организм лабораторных животных при различных режимах и путях поступления.

Материал и методы. Объектом настоящего исследования являлась бинарная смесь формальдегида и стирола. Для изучения острой внутрибрюшинной токсичности лабораторным животным (белые мыши, белые крысы) вводили инъекционные растворы формальдегида и стирола в правую подвздошную область животных. При изучении острого ингаляционного изолированного действия и бинарной смеси формальдегида и стирола использовалась модель интраназального дробного введения на вдохе животного (белые мыши, белые крысы) [7].

Определение параметров острой внутрибрюшинной и ингаляционной токсичности проведено на самцах белых крыс и мышей (опытные группы по 6 животных), период наблюдения за ними при отсутствии гибели составлял 14 сут. Опыты проводились на уровнях DL_{50}, DL_{16}, DL_{84} комбинации формальдегида и стирола при внутрибрюшинном введении и на уровнях CL_{50}, CL_{16}, CL_{84} при ингаляциях, учитываемый показатель y_i – гибель животных в (%).

Расчет DL_{50}, DL_{16}, DL_{84} (внутрибрюшинное введение), CL_{50}, CL_{16}, CL_{84} (ингаляционное воздействие) проводили методом пробит-анализа Литчфилда и Уилкоксона [1].

Характер комбинированного действия веществ формальдегида и стирола устанавливали путем постановки опытов согласно матрице ортогонального планирования экспериментов с последующим составлением и анализом математической модели многочлена 2-ого порядка типа 2^n,

где n – число использованных уровней каждого фактора.

Дозы веществ кодировались как (-1), (0) и (+1). Верхний уровень обозначался (+1), нижний – (-1), средний – (0). При таком кодовом обозначении возможна формализация процесса расчета коэффициентов уравнения, а учет результатов опыта проводится по стандартному алгоритму [6].

При обозначении доз двух входящих в комбинацию веществ как x_1 и x_2 зависимость летальности подопытных животных при комбинированном воздействии смеси выражалась следующим видом:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2, \quad (1)$$

где b_0 – коэффициент, соответствующий величине изучаемого показателя при среднем значении обоих факторов (при введении обоих веществ в средних дозах),

b_1, b_{11} – коэффициенты, отражающие линейные и нелинейные компоненты эффекта первого фактора,

b_2, b_{22} – коэффициенты, отражающие линейные и нелинейные компоненты эффекта второго фактора,

b_{12} – коэффициент, характеризующий влияние одного фактора в зависимости от уровня другого, т.е. отражающий общий эффект от взаимодействия факторов.

Путем интерпретации уравнения регрессии (1) – математической модели изучаемого процесса может быть дана количественная оценка, в зависимости от которой комбинированный эффект подразделяется на аддитивный, менее аддитивного (антагонизм) и более аддитивного (потенцирование).

Результаты и их обсуждение. Для оценки характера комбинированного действия смеси формальдегида и стирола на первом этапе были определены параметры острой внутрибрюшинной токсичности (DL_{50}, DL_{16}, DL_{84}) изолированно для каждого из данных веществ. Кроме методических требований, это связано еще и с тем, что в доступных научных источниках отсутствовали значения параметров острой внутрибрюшинной токсичности для формальдегида. Средние смертельные дозы изучаемых веществ в условиях их однократного внутрибрюшинного введения рассчитаны методом Литчфильда и Уилкоксона (таблица 1).

Таблица 1 — Результаты острой внутрибрюшинной токсичности формальдегида и стирола при изолированном введении

Вид животных	Вещество	DL_{16}, мг/кг	DL_{50}, мг/кг	DL_{84}, мг/кг
Белые мыши	Формальдегид	135,5	166,6	210,3
	Стирол	134,5	204,5	311,5
Белые крысы	Формальдегид	213,2	350,1	574,4
	Стирол	658,1	845,3	1070,1

Полученный показатель для стирола при внутрибрюшинном введении белым крысам сопоставим с данными литературы [10].

Результаты изучения комбинированного действия формальдегида и стирола на белых мышах представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Результаты изучения комбинированного действия формальдегида и стирола при внутрибрюшинном введении белым мышам

№ опыта	Факторы		Результаты		Модуль ошибки $\bar{\Delta}_i = y_i - y_{pi}$
	X_1	X_2	Фактический y_i	Расчетный y_{pi}	
1	0	0	16,6	25,87	9,27
2	-1	1	16,6	27,25	10,65
3	1	-1	16,6	10,58	6,02
4	0	1	33,2	25,80	7,40
5	1	0	16,6	25,87	9,27
6	1	1	33,2	29,95	3,25
7	-1	-1	16,6	24,48	7,88
8	0	-1	16,6	14,73	1,87
9	-1	0	50	31,47	18,53

При анализе результатов острого внутрибрюшинного воздействия на белых мышей формальдегида (X_1) и стирола (X_2) получили полиноминальное уравнение регрессии следующего вида:

$$y=25,87 - 2,8x_1 + 5,53x_2 + 2,8x_1^2 - 5,6x_2^2 + 4,15x_1x_2; \quad (2)$$

Рассчитанная на основе уравнения (2) средняя ошибка по модулю показателя летальности составила $\bar{\Delta}_i = 8,24$ и не превысила 10%. Такая точность апроксимации позволяет рассматривать уравнение как математическую модель комбинированного действия формальдегида и стирола на белых мышах при внутрибрюшинном введении. Действие обоих веществ на белых мышей разнонаправленно, причем взаимозависимое ($b_0 \neq 0$), однако действие выражено сравнительно слабо и направлено в сторону менее аддитивного действия ($b_{12} = 4,15$).

Изолированное введение формальдегида на интервал варьирования (DL_{34}) не вызывает увеличения гибели животных (белых мышей), а применение стирола не оказывает статистически значимого влияния на летальность. Эффект изолированного действия формальдегида снижается на верхних уровнях воздействия по сравнению с таковыми на средних и усиливается на нижнем уровне: для стирола характерно усиление эффекта на верхнем уровне воздействия и снижение на нижнем. При совместном введении веществ наблюдается незначительное уменьшение летальности на 4,15% по сравнению со значением данного показателя в случае простой суммации.

Такое менее аддитивное действие веществ связано с возможным взаимоослаблением эффектов. В целом можно предположить, что во взаимодействии веществ с организмом животного (белые мыши) и друг с другом на смертельном уровне доз существуют биохимические процессы, препятствующие суммированию токсического действия комбинации формальдегида и стирола.

Механизм проявления антагонизма, выражаемого в современной токсикологии как физиологический антагонизм ксенобиотиков, можно с большей степенью установить лишь при изучении характера действия этой комбинации на разных уровнях воздействия и при более длительной экспозиции.

Результаты изучения комбинированного действия формальдегида и стирола на белых крысах представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Результаты изучения комбинированного действия формальдегида и стирола при внутрибрюшинном введении белым крысам

№ опыта	Факторы		Результаты		Модуль ошибки $\bar{\Delta}_i = y_i - y_{pi}$
	X_1	X_2	Фактический y_i	Расчетный y_{pi}	
1	0	0	83,3	85,16	1,86
2	-1	1	33,2	39,23	6,03
3	1	-1	33,2	28,10	5,10
4	0	1	100	90,72	9,28
5	1	0	83,3	68,46	14,84
6	1	1	100	103,25	3,25
7	-1	-1	66,6	80,98	14,38
8	0	-1	66,6	74,02	7,42
9	-1	0	66,6	62,89	3,71

На белых крысах получено уравнение:

$$y=85,16 + 2,78x_1 + 8,35x_2 – 19,48x_1^2 – 2,78x_2^2 + 29,23x_1x_2 \quad (3)$$

Модуль средней ошибки в рассматриваемом случае составил $\bar{\Delta}_i = 7,32$, что свидетельствует о статистической значимости полученных результатов. Полученное уравнение множественной регрессии (3) адекватно описывает экспериментальные данные, отражает зависимость летальности подопытных животных от действия смеси и свидетельствует о взаимозависимом влиянии формальдегида и стирола при формировании токсического эффекта на животных.

Анализ полученной модели позволяет заключить, что действие веществ является взаимозависимым ($b_0 \neq 0$), действие обоих веществ однонаправленно – синергизм, эффект усиливается на верхнем уровне воздействия по сравнению с таковым при среднем уровне и снижается на нижнем. Комбинированное действие веществ превалирует над изолированным – $b_{12} > b_1$ и $b_{12} > b_2$, степень выраженности действия у стирола в изученных дозах сильнее, чем у формальдегида ($b_1 + b_{11} < b_2 + b_{22}$).

Изолированное введение формальдегида на интервал варьирования (DL_{34}) вызывает уменьшение гибели животных (белых крыс) на 16,7%, стирола – увеличение на 5,57%. При совместном введении наблюдается увеличение летальности на 18,1% по сравнению со значением данного показателя в случае простой суммации. Более аддитивное действие веществ связано с возможным взаимоусилением эффектов.

Таким образом, можно заключить, что эффект комбинированного действия формальдегида и стирола на белых крысах при внутрибрюшинном воздействии взаимозависимый, однонаправленный, более аддитивный (потенцирование).

Оценка комбинированного действия веществ при ингаляционном пути поступления проводилась на уровнях параметров токсикометрии, установленных в острых опытах на белых крысах и белых мышах (таблица 4).

Таблица 4 — Результаты острой ингаляционной токсичности формальдегида и стирола при изолированном введении

Вид животных	Вещество	CL_{16}, мг/м^3	CL_{50}, мг/м^3	CL_{84}, мг/м^3
Белые мыши	Формальдегид	545	595	665
	Стирол	19900	22400	13850
Белые крысы	Формальдегид	495	695	710
	Стирол	8540	12250	13850

Полученные показатели для формальдегида [8] и стирола [3] при ингаляционном воздействии белым крысам и мышам сопоставимы с данными литературы.

Результаты изучения комбинированного действия формальдегида и стирола на белых мышах представлены в таблице 5.

Таблица 5 — Результаты изучения комбинированного действия формальдегида и стирола при ингаляционном воздействии на белых мышах

№ опыта	Факторы		Результаты		Модуль ошибки $\bar{\Delta}_i = y_i - y_{pi}$
	X_1	X_2	Фактический y_i	Расчетный y_{pi}	
1	0	0	33,3	31,48	1,85
2	-1	1	83,3	73,15	10,19
3	1	-1	66,6	67,59	0,93
4	0	1	83,3	75,93	7,41
5	1	0	50	48,15	1,85
6	1	1	83,3	84,26	0,93
7	-1	-1	16,6	23,15	6,48
8	0	-1	33,3	42,59	9,26
9	-1	0	16,6	20,37	3,70

При анализе результатов острого ингаляционного воздействия на белых мышей формальдегида (X_1) и стирола (X_2) получили полиноминальное уравнение регрессии следующего вида:

$$y=31,48 + 13,89x_1 + 16,67x_2 + 2,78x_1^2 + 27,78x_2^2 – 8,33x_1x_2; \quad (4)$$

Модуль средней ошибки в рассматриваемом случае составил $\bar{\Delta}_i = 4,73$, что свидетельствует о статистической значимости полученных результатов.

Анализ данного уравнения (4) модели позволяет заключить, что действие обоих веществ на белых мышей однонаправленно, причем взаимозависимое ($b_0 \neq 0$) действие проявляется в слабой степени в сторону менее аддитивного (антагонизм, $b_{12} = 8,33$). Эффект усиливается на верхнем уровне воздействия по сравнению с таковым при среднем уровне и снижается на нижнем.

Результаты изучения комбинированного действия формальдегида и стирола на белых крысах при ингаляционном воздействии представлены в таблице 6.

Таблица 6 — Результаты изучения комбинированного действия формальдегида и стирола при ингаляционном воздействии на белых крысах

№ опыта	Факторы		Результаты		Модуль ошибки $\bar{\Delta}_i = y_i - y_{pi}$
	X_1	X_2	Фактический y_i	Расчетный y_{pi}	
1	0	0	50	62,96	12,96
2	-1	1	33,3	40,74	7,41
3	1	-1	33,3	24,07	9,26
4	0	1	83,3	74,07	9,26
5	1	0	66,6	57,41	9,26
6	1	1	83,3	85,19	1,85
7	-1	-1	33,3	46,30	12,96
8	0	-1	50	46,30	3,70
9	-1	0	50	46,30	3,70

На белых крысах получено уравнение:

$$y=62,96 + 5,56x_1 + 13,89x_2 – 11,11x_1^2 – 2,78x_2^2 + 16,67x_1x_2 \quad (5)$$

Средняя ошибка не превышает 10% и по модулю составила $\bar{\Delta}_i = 7,82$, что свидетельствует о статистической значимости полученных результатов.

Анализ полученной модели позволяет заключить, что действие веществ является взаимозависимым ($b_0 \neq 0$), действие обоих веществ однонаправленно – синергизм, эффект усиливается на верхнем уровне воздействия по сравнению с таковым при среднем уровне и снижается на нижнем. Таким образом, можно заключить, что эффект комбинированного действия формальдегида и стирола на белых крысах при ингаляционном воздействии взаимозависимый, однонаправленный, более аддитивный (потенцирование).

Выводы. На основании проведенных исследований на биологических объектах в острых опытах при внутрибрюшинном и ингаляционном поступлении белым мышам комбинации формальдегида и стирола выявлено направленное влияние в сторону менее аддитивного действия (антагонизм), эффект острого комбинированного действия формальдегида и стирола на белых крысах при внутрибрюшинном и ингаляционном воздействии однонаправленный, более аддитивный (потенцирование).

Анализируя результаты опытов, также можно предположить о видовой чувствительности (белые крысы/белые мыши), при этом белые крысы обладают большей чувствительностью к воздействию данной комбинации веществ. Характер и механизмы комбинированного действия бинарной смеси формальдегида и стирола нуждаются в дальнейшем изучении при длительном воздействии на животных.

Литература

1. Беленький, М. Л. Элементы количественной оценки фармакологического эффекта / Л.М. Беленький. – Л., 1963. – 152 с.
2. Губернский, Ю.Д. Гигиеническая характеристика химических факторов риска в условиях жилой среды / Ю.Д. Губернский, Н.В. Калинина // Гигиена и санитария. – 2001. – № 4. – С. 21–24.
3. Злобина, Н.С. Закономерности поступления и выведения стирола из организма / Н.С. Злобина, Н.Ю. Рагулье, Н.Я. Смоляр // Гигиена и санитария. – 1974. – № 11. – С. 105–106.
4. Комбинированное действие химических веществ / Б.А. Курляндский // Общая токсикология / Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. – М., 2002. – С. 497–520.
5. Кустов, В.В. Комбинированное действие промышленных ядов / В.В. Кустов, Л.А. Тиунов, Г.А. Васильев. – М.: Медицина, 1975. – 256 с.
6. Постановка экспериментальных исследований по изучению характера комбинированного действия химических веществ с целью разработки профилактических мероприятий : метод. рекомендации № 4050-85: утв. МЗ СССР 06.12.1985. – М., 1987. – 47 с.
7. Методы определения токсичности и опасности химических веществ / Под ред. И. В. Саноцкого. – М.: Медицина, 1970. – 156 с.
8. Нагорный, П. А. О комбинированном действии фенола и формальдегида при остром ингаляционном отравлении / П.П. Нагорный // Фармакология и токсикология. – Киев, 1978. – № 13. – С. 27–30.
9. Соболь, Ю. А. К вопросу оценки комбинированного действия некоторых химических веществ, выделяющихся из полимерных строительных материалов / Ю.А. Соболь // Мед. новости. – 2006. – № 10. – С. 92–95.
10. Environmental Research. – 1986. – Vol. 40. – P. 411.

TO THE QUESTION OF THE COMBINED TOXICITY OF FORMALDEHYDE AND STYRENE MIXTURE IN ACUTE EXPERIMENTS *IN VIVO*

Bogdanov R.V., Sobol Y.A.,
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The results of toxicological studies of the combined action of formaldehyde and styrene in acute experiments with white rats and mice at lethal doses after a single intraperitoneal and inhalation impact are presented in this paper.

The experimental results have revealed when introducing the mixture of formaldehyde and styrene to white mice the effect of both substances is in different directions by intraperitoneal injection and inhalation and unidirectional by inhalation, and the interdependent action is shown in the direction of less additive (antagonism). The effect of both substances on white rats by intraperitoneal and inhalation is interdependent, unidirectional, and more additive (potentiation).

Keywords: toxicology, assessment, formaldehyde, styrene.

Поступила 31.05.2013

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ БИНАРНОГО МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «ЭНТОЛЕК»

Буйницкая А.В.[1], Шевляков В.В.[2], Эрм Г.И.[1], Чернышова Е.В.[1], Студеничник Т.С.[1]
[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;
[2]Минский институт управления, Минск, Беларусь

Реферат. Экспериментальными исследованиями установлено, что штамм грибов и микробный препарат существенными патогенными, токсическими и токсигенными свойствами, раздражающим кожу и слизистые оболочки действием, не обладают. При недельном ингаляционном воздействии препарат вызывал индукцию в организме выраженной гиперчувствительности замедленного типа (2 класс аллергенной активности). При месячном воздействии препарата в концентрации $3{,}52x10^{10}$ сп./м^3 у опытных животных выявлены выраженный аллергизирующий эффект по анафилактическому и замедленному клеточноопосредованному типам гиперчувствительности, умеренно выраженная антигенная способность в отношении угнетения функции фагоцитов без проявления существенного гемотоксического и иммуномодулирующего действия.

Ключевые слова: штамм гриба *Lecanicillium Lecanii*, микробный препарат «Энтолек», токсические, раздражающие иммуномодулирующие, гемотоксические и сенсибилизирующие свойства.

Введение. В РУП «Институт защиты растений» разработан новый микробный препарат «Энтолек» на основе гриба штамма *Lecanicillium lecanii BL-2* (далее – L.l.), предназначенный для биологической защиты растений от фитопатогенных насекомых (персиковая тля, тепличная белокрылка, обыкновенный паутинный клещ). Используется путем опрыскивания вегетативных растений.

Препарат «Энтолек» представляет собой мутную, светло-коричневого цвета культуральную жидкость с содержанием не менее $2x10^9$ сп./мл гриба L.l.

Штамм гриба *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare et W. Gams. BL-2 выделен из личинок персиковой тли, депонирован в коллекции РУП «Институт защиты растений». Штамм гриба L.l. согласно Паспорту культуры на сусло-агаровой среде образует колонии правильной округлой формы с четко ограниченными, неровными, истонченными, реснитчатыми краями; профиль колоний изогнутый, консистенция бархатистая, цвет белый, с обратной стороны – бежевый, в центральной части прорастает в среду; в центре колонии отмечается кратер с валиком, поверхность ровная. Штамм гриба L.l. образует споры, обладает инсектицидной активностью по отношению к персиковой тле, тепличной белокрылке, обыкновенному паутинному клещу.

Целью настоящих исследований является изучение и оценка патогенных и токсических свойств гриба L.l., токсических, раздражающих, сенсибилизирующих, иммунотоксических и гемотоксических свойств нового микробного препа-

рата «Энтолек», обоснование необходимых мер профилактики его вредного действия на организм работников при производстве и применении.

Исследование препарата проводилось в соответствии с [1–3].

Результаты и их обсуждение. При внутрибрюшинном введении нативного L.l. белым мышам в максимально возможной дозе по $1{,}0x10^9$ сп./жив. в течение всего периода наблюдения не установлена гибель опытных животных, у отдельных особей определялась адинамия только сразу после введения. В последующий период наблюдения существенной клиники интоксикации не отмечалось. $ЛД_{50}$ при внутрибрюшинном введении белым мышам – более $2{,}99x10^{10}$ сп./кг.

Следовательно, штамм гриба L.l. в максимально испытанных концентрациях и дозах не проявляет существенную вирулентность, что определяет отнесение данного штамма гриба к IV классу опасности.

Подкожное введение в лапу белым мышам фильтрата культуральной жидкости в дозе по 0,5 $см^3$ из штамма гриба не приводило к гибели животных, величина отека и время его регрессии не отличались от контроля при отсутствии некроза кожи, что свидетельствует об отсутствии у штамма гриба L.l. существенной способности выделять экзотоксины, т.е. токсигенных свойств.

Внутрибрюшинное введение белым мышам убитой нагреванием культуры штамма гриба L.l. в дозе по 1,0 $см^3$ ($1{,}0x10^9$ сп./мл) также не приводило к гибели опытных животных и признакам интоксикации.

Результаты острых экспериментов свидетельствуют об отсутствии у штамма гриба L.l. вирулентности, а также токсигенности (способности выделять экзотоксины) и токсичности (патогенности эндотоксинов для теплокровных животных).

В условиях однократного интраназального и внутрижелудочного введения нативного микробного препарата «Энтолек» (далее – МПЭ) белым крысам и мышам в максимально возможных дозах и концентрациях также не установлено гибели животных (таблица 1), они оставались активными, охотно поедали корм и имели гладкий шерстяной покров. Ориентировочная среднесмертельная доза при внутрижелудочном введении нативного МПЭ белым крысам – более $3{,}86x10^{10}$ сп./кг (IV класс опасности).

Таблица 1 — Показатели выявления гиперчувствительности замедленного типа у белых крыс после недельного интраназального воздействия препаратом

Показатель	Ед. измерения	Группы сравнения (M±m)	
		Контроль (n=10)	Опыт (n=10)
ВТОЛ через 24 ч после внутрикожного тестирования:			
– абсолютные величины	10^{-2} мм	3,40±0,96	10,3±1,92**
	tк	-	3,22
– относительные величины	Н	0/10	6/10
	Балл	0	0,60±0,16*+
	tк	-	2,87
	«Х»		4,43

Примечания:
1 * Достоверные различия с контролем при $p<0{,}05$;
2 ** Достоверные различия с контролем при $p<0{,}01$;
3 Н (числитель) – количество животных с положительными (сверхнормативными) результатами, знаменатель – всего в опыте.

Частота положительных провокационных кожных реакций у более половины опытных животных (80%) при существенной значимости различий относительного показателя ВТОЛ в контроле и опыте по критерию t-Стьюдента и критерию «Х» при $p<0{,}05$ свидетельствует о выраженной сенсибилизирующей способности препарата «Энтолек» (2 класс аллергенной активности).

Установлено (таблица 2), что ингаляционное воздействие препарата вызывало у опытных животных значительное снижение спонтанного уровня генерации фагоцитами супероксидных радикалов по сравнению с контролем (в 2 раза, $p<0{,}01$). В результате этого при стимуляции гранулоцитов известным активатором НСТ-теста опсонизированным зимозаном определялось незначительное снижение в клетках уровня индуцированного кислородного метаболизма ($p<0{,}05$). Однако интегральный показатель индекса стимуляции гранулоцитов крови был значительно более высоким в опыте по сравнению с контролем ($p<0{,}05$), что свидетельствует об умеренно выраженной антигенной стимуляции фагоцитов. При этом величина фагоцитарного резерва гранулоцитов крови у животных опытной группы также возрастала по отношению к контролю (на 146,3%), но не статистически значимо.

Активность комплемента в сыворотке крови опытных белых крыс было повышена, но существенно не отличалась от контроля. Содержание лизоцима в сыворотке крови опытных животных, как и интегральный показатель антимикробной резистентности крови БАСК, мало отличались по сравнению с контролем.

Со стороны относительного показателя содержания в крови Т-лимфоцитов у опытных животных по сравнению с контрольными не установлено существенных отличий, но их абсолютное количество было значимо повышено ($p<0{,}05$).

Следовательно, ингаляционное воздействие МПЭ сопровождается слабо выраженным активирующим иммуномодулирующим действием на организм.

Качественно-количественные гематологические показатели, относительное и абсолютное содержание клеточных элементов в крови опытных животных (таблица 3) после ингаляционного воздействия препаратом мало отличались от контрольной группы.

Следовательно, длительное ингаляционное воздействие препарата на организм животных не сопровождается гемотоксическими проявлениями.

Таблица 2 — Иммуноаллергологические показатели белых крыс после месячного ингаляционного воздействия МПЭ

Показатели	Ед. изм.	Группы сравнения (М±	
		Контроль	МПБ
ВТОЛ:			
– Активная кожная анафилаксия (через 1 ч.)	10^{-2}мм Н Балл	6,00±1,61 2/10 0,20±0,13	14,2±3,30* 6/10 1,00±0,33*
– ГЗТ (через 24 ч)	10^{-2}мм Н Балл	5,90±1,88 2/10 0,20±0,13	12,0±1,94* 5/10 $0,70±0,26^0$
РСЛЛ	Н %	1/10 3,75±1,55	3/10 12,4±3,44*
РСНСТ: – % возрастной к контролю – индекс стимуляции	 % усл. ед	 27,4±5,30 0,89±0,03	 31,1±4,55 1,09±0,03***
РДТК	%	0,12±0,04	0,17±0,09
Абсолютное количество базофилов	$мм^3$	2,80±1,30	2,96±1,02
Активность комплемента сыворотки крови	усл. ед.	68,0±4,39	75,2±1,62
ЦИК сыворотки крови	усл. ед.	81,9±3,77	78,1±2,07
НСТ-тест			
– Спонтанный: возрастной к контролю	%	42,8±4,60	21,3±4,21**
– Зн-стимулир.: возрастной к контролю	%	75,6±5,40	69,3±12,7
индекс стимуляции	ед.	1,21±0,03	1,39±0,07*
Величина фагоцитарного резерва	%	32,8±4,60	48,2±10,0
Лизоцим сыворотки крови	%	61,6±1,89	60,7±1,70
БАСК	%	84,9±3,60	87,2±2,69
Т-лимфоциты	% 10^9/л	14,1±1,31 0,46±0,04	15,8±1,58 0,58±0,04*
Примечание — *Обозначения см. таблицу 1.			

Со стороны относительного показателя содержания в крови Т-лимфоцитов у опытных животных по сравнению с контрольными не установлено существенных отличий, но их абсолютное количество было значимо повышено ($p<0,05$).

Следовательно, ингаляционное воздействие МПЭ сопровождается слабо выраженным активирующим иммуномодулирующим действием на организм.

Качественно-количественные гематологические показатели, относительное и абсолютное содержание клеточных элементов в крови опытных животных (таблица 3) после ингаляционного воздействия препаратом мало отличались от контрольной группы.

Следовательно, длительное ингаляционное воздействие препарата на организм животных не сопровождается гемотоксическими проявлениями.

Выводы:

1. Микробный препарат «Энтолек» не обладает кожно-раздражающим и ирритативным действием.

2. Микробный препарат «Энтолек» в максимальной стандартной дозе ($1,2x10^8$ сп./жив.) вызывал при недельной ингаляции в организме опытных животных развитие выраженной гиперчувствительности замедленного типа. По классификационным критериям препарат «Энтолек» обладает выраженной сенсибилизирующей способностью (2 класс аллергенной активности).

3. При ингаляционном (интраназальном) воздействии в максимально возможной концентрации ($3,52x10^{10}$ сп./$м^3$) в течение месяца микробный препарат вызывал у опытных белых крыс индукцию выраженного аллергизирующего эффекта по смешанному немедленному анафилактическому и замедленному клеточноопосредованному типам механизмов аллергических реакций со слабой индукцией процессов комплементзависимого цитотоксического и отсутствием иммунокомплексного типов гиперчувствительности. Он проявляет умеренную антигенную способность в отношении активации кислородпродуцирующей функции фагоцитов, слабые иммуномодулирующие свойства при отсутствии гемотоксических явлений.

Таблица 3 – Показатели периферической крови белых крыс после месячного ингаляционного воздействия препаратом

Показатели, ед. изм.	Ед. изм.	Группы сравнения (M±m)
	Контроль	Опыт – МПБ
Эритроциты	10^{12}/л	6,49±0,14	6,12±0,17
Средний объем эритроцитов	усл. ед.	79,2±1,21	79,1±0,98
Гемоглобин	г/л	114,8±4,52	115,1±4,57
Среднее содержание Hb в эритроцитах	мкг/кл	223,4±6,38	237,4±5,22

Окончание таблицы 3

Среднеклеточный Hb	усл. ед.	17,7±0,75	18,8±0,39
Гематокрит	усл. ед.	51,3±1,10	48,4±1,34
Тромбоциты	10^{6}/л	459,7±55,9	480,1±27,2
Средний объем тромбоцитов	усл. ед.	7,87±0,13	7,92±0,11
Лейкоциты	10^{9}/л	7,51± 0,48	8,57±1,03
Лейкоформула:			
– с/я нейтрофилы	%	41,8±1,15	43,1±1,14
–//–	10^{9}/л	3,07±0,18	3,59±0,47
– п/я нейтрофилы	%	4,80±0,33	4,10±0,48
–//–	10^{9}/л	0,37±0,03	0,64±0,29
– лимфоциты	%	45,4±1,45	46,1±1,14
–//–	10^{9}/л	3,47± 0,24	3,94± 0,48
– эозинофилы	%	1,60±0,16	$1,20±0,13^{0}$
–//–	10^{9}/л	0,12±0,02	0,08±0,01
– моноциты	%	6,90±0,41	6,70±0,47
–//–	10^{9}/л	0,53±0,06	0,59±0,10
Примечание — *Обозначения см. таблицу 1.			

4. На основании результатов экспериментальных исследований разработан «Токсикологический паспорт штамма гриба *Lecanicillium lecanii BL-2*».

5. На основании результатов токсиколого-гигиенических исследований микробный препарат «Энтолек» может быть рекомендован для опытно-промышленного использования по назначению с соблюдением мер профилактики вредного действия на организм работников.

Литература

1. Экспериментальное обоснование ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах производственной и окружающей среды : метод. указания № 5789/1-91. – М.: МЗ СССР, 1993. – 23 с.

2. Постановка исследований по изучению раздражающих свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций избирательно действующих раздражающих веществ в воздухе рабочей зоны: инструкция 1.1.10-13-57-2005 / М-во здравоохранения РБ. – Минск, 2005. – 16 с.

3. Оценка воздействия вредных химических соединений на кожные покровы и обоснование предельно-допустимых уровней загрязнений кожи: инструкция 1.1.10-13-56-2005 / М-во здравоохранения РБ. – Минск, 2005. – 23 с.

PARTICULARITIES OF BIOLOGICAL ACTION OF THE PLANT GROWTH STIMULATOR - MICROBIAL PREPARATION «ENTOLEK»

Buinitskaya A.V.[1], Shevlaykov V.V.[2], Erm G.I.[1], Chernyshova E.V.[1], Studenichnik T.S.[1]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[2]Minsk Institute of Management, Minsk, Belarus

The experimental studies have found that a strain of fungi and microbial drug do not have significant pathogenic, toxic and toxigenic properties, as well as irritating the skin and mucous membranes action. During weekly inhalation the drug induced the expressed delayed-type hypersensitivity (allergic activity class 2) in the body. During monthly inhalation of the drug at a concentration of 3,52 h1010 sp./m^3 allergenic anaphylactic and delayed hypersensitivity dependent cell types, moderately expressed antigenic ability against the oppression of the functions of phagocytes, without showing significant hemototoxic and immunomodulatory effects have been revealed in experimental animals.

Keywords: strain of the fungus *Lecanicillium Lecanii*, microbial drug «Entolek» toxic, irritant immunomodulatory, hemototoxic and sensitizing properties.

Поступила 07.05.2013

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМБИНИРОВАННОГО АНТИСЕПТИЧЕСКОГО ЛЕКАРСТВЕННОГО СРЕДСТВА «ВИТАСЕПТ-СКЗ» И ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Бурак И.И.[1], Адаменко Г.В.[1], Миклис Н.И.[1], Корикова С.И.[1], Половинкин Л.В.[2]

[1]Витебский государственный медицинский университет, Витебск;

[2]Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Целью исследования была гигиеническая оценка антисептического лекарственного средства «Витасепт–СКЗ» и технологии его промышленного производства. Работа выполнена с использованием физико-химических, микробиологических, токсикологических и статистических методов.

Проведенные исследования позволяют заключить, что разработанный раствор «Витасепт-СКЗ» для наружного применения обладает органолептическими, физико-химическими и антимикробными свойствами, соответствующими требованиям к антисептическим средствам.

Разработана технология получения антисептического средства «Витасепт-СКЗ» в промышленных условиях. Комбинированное антисептическое лекарственное средство «Витасепт-СКЗ» для наружного применения может быть рекомендовано для обработки операционного поля пациентов и гигиенической обработки рук персонала при выполнении медицинских манипуляций в организациях здравоохранения.

Ключевые слова: антисептики, спирт этиловый, бриллиантовый зеленый, «Витасепт-СКЗ».

Введение. В организациях здравоохранения для профилактики внутрибольничных инфекций используется огромный ассортимент антисептических лекарственных средств, обладающих противомикробным, противовирусным, противопаразитарным, противогрибковым действием. Антисептики не должны оказывать на организм пациента вредного влияния и обладать высокой антимикробной активностью, широким спектром действия и хорошими органолептическими свойствами.

Среди различных групп антисептических лекарственных средств наибольший интерес представляют алифатические спирты, что связано с их низкой стоимостью и широким бактерицидным и бактериостатическим действием на грамположительные и грамотрицательные бактерии, многие грибы и вирусы [1].

Спирт этиловый 90, 70 и 40% широко используется как в отдельности, так и в составе многих антисептиков. В высоких концентрациях он обладает бактерицидным и бактериостатическим действием, крайне редко вызывает аллергические реакции, снижает уровень микробной обсемененности кожи при аппликации уже через 15 с, причем выраженность эффекта зависит от концентрации этилового спирта [1–4]. Недостатком при использовании спирта этилового 70% является низкая визуализация обрабатываемых кожных покровов и быстрая испаряемость, а также резистентность к его действию спор бактерий [1, 3–5].

Для антисептической обработки кожи и рук в Республике Беларусь рекомендуется применение спирта этилового в композиции с красителями и денатурирующими добавками («Инол», «Септоцид-синерджи»). Для лечения пиодермии, блефарита, ветрянки широко используется 1%-й спиртовой раствор бриллиантового зеленого, оказывающий выраженное антимикробное действие на грамположительные и грамотрицательные бактерии, дерматофиты, кандиды. Однако при их использовании в ряде случаев возможны побочные явления аллергического характера, а у новорожденных и детей до 1 года – ожоги [1, 2, 6, 7]. Ограничивает применение бриллиантового зеленого также наличие сильно выраженных красящих свойств.

Перспективными на сегодняшний день являются антисептики, содержащие два и более действующих вещества. Нами для гигиенической обработки рук предложено комбинированное антисептическое лекарственное средство «Витасепт-СКЗ», представляющее собой 0,1%-й раствор бриллиантового зеленого в 72%-м этиловом спирте, в котором антимикробную активность проявляет действующее вещество и растворитель [8]. Однако гигиеническая характеристика технологии получения указанного антисептика окончательно не проведена.

Целью данного исследования была гигиеническая оценка антисептического лекарственного средства «Витасепт–СКЗ» и технологии его промышленного производства.

Материал и методы. Для достижения поставленной цели изучали свойства ингредиентов, входящих в состав антисептического средства «Витасепт-СКЗ», их совместимость, обосновывали рецептуру, характеризовали лекарственную форму, разрабатывали технологическую схему промышленного производства, а также оценивали качество, безопасность и эффективность разработанного антисептика.

Технологию промышленного производства антисептика разрабатывали с учетом требований Санитарных норм и правил № 9-108-98 [9], а также Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов № 93 [10].

Для оценки качества и безопасности антисептиков определяли вкус, запах, прозрачность, цветность, pH, плотность, содержание действующих веществ [11], микробиологическую чистоту [12], антимикробную активность в отношении стандартных тест-культур микроорганизмов с нейтрализатором 3% ТВИН-80 [11, 13, 14], токсиколого-гигиенические показатели [15], а также стабильность при проведении ускоренных испытаний при температуре 40±2 °С и относительной влажности 75±5% «Витасепт-СКЗ» [16].

Результаты исследования обрабатывали статистически, достоверность сдвигов учитывали при $p<0,05$ с помощью пакета Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования показали, что спирт этиловый – бесцветная прозрачная летучая жидкость с характерным запахом и жгучим вкусом. Бриллиантовый зеленый представляет собой золотисто-зеленый порошок без запаха, умеренно растворим в спирте этиловом. Ингредиенты прописи совместимы, так как при растворении бриллиантового зеленого в растворе спирта этилового не образовывался осадок, не выделялся газ, не появлялся запах, не изменялись цвет и консистенция лекарственной формы.

Антисептическое средство «Витасепт-СКЗ» представляет собой жидкую лекарственную форму для наружного применения, спиртовой раствор. По дисперсологической классификации – это свободная дисперсная система, в которой бриллиантовый зеленый (твердая дисперсная фаза) распределен в жидкой дисперсионной среде (этиловом спирте).

Производство спиртового раствора для наружного применения «Витасепт–СКЗ» в заводских условиях должно проходить в соответствии с требованиями надлежащей производственной практики ТКП 030–2013. При разработке технологии лекарственной формы исходили из того, что средство представляет собой водно-спиртовой раствор твердого вещества, которое необходимо изготавливать массо-объемным методом, используя откалиброванную мерную посуду, градуированную на «налив». Так как этиловый спирт является летучим растворителем, бриллиантовый зеленый отвешивают первым в контейнер для отпуска, а затем отмеривают спирт. Нагревание раствора не допускается.

Технологическая схема производства «Витасепт-СКЗ» включала следующие этапы:

В.Р.1 Подготовка персонала, оборудования, помещений.

В.Р.1.1 Подготовка помещений. Проверка санитарной подготовки производства, вытяжной системы, подачи сжатого воздуха, наличие очищенной воды в сборнике.

В.Р.1.2 Подготовка оборудования. Очистка задействованных емкостей, сборников, проверка состояния и калибровка весов, маркировка оборудования, чистка инвентаря.

В.Р.1.3 Подготовка персонала.

В.Р.2 Подготовка сырья. Все сырье и материалы (бриллиантовый зеленый, спирт этиловый, вода, упаковочные материалы) проходят входной контроль в соответствии с действующими ТНПА.

В.Р.2.1 Взвешивание бриллиантового зеленого.

Взвешивание бриллиантового зеленого производит на весах технолог в присутствии контролирующего лица ОТК.

В.Р.2.2 Отмеривание спирта этилового. Спирт этиловый на участок получают со склада автоцистерной. Отмеривают спирт мерником 1-го класса. Слив спирта производят в мерник, которым отмеривают количество спирта на одну загрузку. Из мерника спирт насосом перекачивают в смеситель для приготовления «Витасепт-СКЗ».

В.Р.2.3 Подача воды очищенной. Очищенную воду из сборника насосом подают через счетчик воды. Требуемое количество воды сливают в смеситель для производства антисептика.

Т.П.1 Получение раствора.

Т.П.1.1 Смешивание и растворение компонентов.

В смесителе насосом производят перемешивание компонентов в течение 45 мин до полного растворения (визуальный контроль).

Т.П. 2 Оценка качества.

По окончании перемешивания в точке отбора проб отбирают пробу готового «Витасепт-СКЗ» для проведения анализа.

Результаты исследования показали, что средство «Витасепт-СКЗ» представляет собой прозрачный раствор изумрудного цвета с характерным спиртовым запахом, с pH 5,2 ед., плотностью 0,883 г/см^3. При количественном определении пикнометрическим методом содержание спирта этилового было 72,72±0,075% по объему. Концентрация бриллиантового зеленого при количественном определении методом спектроскопии составляла 0,0116±0,000102 г/100 мл.

Разработанный «Витасепт-СКЗ» окрашивал кожу в изумрудный цвет, хлопчатобумажную ткань – в нефритовый, в то время как антисептик бриллиантовый зеленый, выпускаемый ООО «Белмедпрепараты» и ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов», представляющий 1%-й раствор бриллиантового зеленого на 60% этаноле, кожу и хлопчатобумажную ткань окрашивал в темно-зеленый цвет.

У разработанного спиртового раствора для наружного применения «Витасепт-СКЗ» бактерий семейства *Enterobacteriaceae* в 1 см^3 было менее десяти, аэробные бактерии, грибы, *P.aerugenosa* и *S.aureus* в 1 см^3 не обнаруживались.

«Витасепт-СКЗ» в количественном суспензионном тесте без белковой нагрузки проявлял достаточно высокий уровень антимикробной активности с фактором редукции (RF) в отношении *E.coli* при экспозиции 1 мин 8,69 lg, экспозиции 2 мин – 8,65 lg, *P.aeruginosa* – 7,09 lg и 7,39 lg, *P.mirabilis* – 7,61 lg и 8,39 lg, *S.aureus*– 6,87 lg и 8,87 lg, *C.albicans* – 5,17 lg и 7,24 lg соответственно. В концентрации 75% «Витасепт-СКЗ» также проявлял высокую антимикробную активность с RF в отношении *E.coli* при экспозиции 1 мин 5,69 lg, экспозиции 2 мин – 5,78 lg, *P.aeruginosa* – 5,49 lg и 5,62 lg, *S.aureus* – 6,57 lg и 6,87 lg, *C.albicans* – 5,17 lg и 5,55 lg, *P.mirabilis* – 5,83 lg и 6,22 lg соответственно.

Фактор редукции средства «Витасепт-СКЗ» при экспозиции 1 и 2 мин в количественном суспензионном тесте с добавлением 20% лошадиной сыворотки в отношении всех использованных музейных штаммов был больше 6 lg. При 75% концентрации «Витасепт-СКЗ» RF в отношении *E.coli* при экспозиции 1 мин составил 5,3 lg, экспозиции 2 мин – 5,6 lg, *P.aeruginosa* – 5,3 lg и 5,4 lg, *P.mirabilis* – 5,27 lg и 5,98 lg, *S.aureus* – 6,03 lg и 6,5 lg, *C.albicans* – 4,17 lg и 4,27 lg соответственно.

В результате исследования антимикробных свойств «Витасепт-СКЗ» для гигиенической антисептики рук выявлено, что данное средство в опыте «in vivo» в рабочей концентрации проявляло RF тест-культуры *E.coli* ATCC 25922 более 4 lg у всех 10 пробандов.

Внутрижелудочное введение средства вызывало угнетение животных, адинамию, что характерно для спиртсодержащих композиций. DL_{50} составило 8750 мг/кг. По параметрам острой внутрижелудочной токсичности антисептик относится к малоопасным химическим композициям (IV класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76). Раздражающее действие на слизистую оболочку глаз выражалось во временном рефлекторном блефароспазме и слезотечении и слабовыраженной гиперемии слизистой оболочки до 1,0 балла. Длительное эпикутанное воздействие средства не вызывало признаков раздражения кожных покровов, клинических симптомов интоксикации и гибели подопытных крыс в ходе эксперимента. На протяжении всего эксперимента отмечалась незначительная заторможенность животных. Смертельных эффектов не наблюдалось (коэффициент кумуляции K_{cum}>5,1). Сенсибилизирующая способность отсутствовала, у волонтеров с однократными аппликациями марлевых салфеток с антисептиком на кожу внутренней поверхности предплечья I_s=0, в течение суток гиперемия и отек отсутствовали (0 баллов).

По окончании ускоренных и долгосрочных испытаний стабильности «Витасепт-СКЗ» в течение 6 мес. не установлено значительных изменений физико-химических показателей: подлинность, плотность раствора составляла 0,881±0,002 г/см^3, содержание спирта 72,72±0,0075%, номинальный объем 1,0 дм^3, что определяет срок годности раствора 2 года (таблица).

Таблица — Физико-химические свойства средства «Витасепт-СКЗ», подвергнутого ускоренным испытаниям при температуре +40±2 °С и относительной влажности 74%

Физико-химические параметры	pH, ед.	ОВП, х.с.э., мВ	ρ_{20}, г/см^3	Массовая доля C_2H_5OH, %
На момент изготовления	5,2	+332	0,883	70,5±
1 мес. хранения	5,2	+330	0,883	70,5±
2 мес. хранения	5,5	+330	0,883	70,56±
3 мес. хранения	5,7	+230	0,883	70,43±
6 мес. хранения	6,1	+220	0,883	70,13±

«Витасепт–СКЗ» хранят в смесителе в течение времени проведения испытания отобранной пробы. При несоответствии результатов продукцию забраковывают и с ней производят действия согласно требованиям ТКП 030–2013. При положительном результате испытаний средство подают насосом из смесителя в дозатор.

УМО.1 Упаковка, маркировка.

Из дозатора средство подают в канистры по 1000 мл (полнота налива устанавливается в соответствии с требованиями). Излишек раствора поступает в резервуар, затем с помощью насоса обратно в дозатор. Контроль уровня раствора в резервуаре осуществляют уровнемером. Насос опорожняет резервуар до дна. Время наполнения одного контейнера составляет 1 мин.

Наполненные канистры устанавливают на стол, где оператор производит их укупорку, затем наклеивает на каждую единицу упаковки этикетку, листок-вкладыш и снабжает ее инструкцией по применению. Укупоренные канистры устанавливают на транспортер, где находится счетчик штучной спиртосодержащей продукции. Укупоренные канистры ставятся на тележку, промаркированную идентификационной биркой, и оператором подаются для последующей упаковки в групповую тару. Спиртовой раствор «Витасепт-СКЗ» в канистрах упаковывают в транспортную тару (термоусадочная пленка или ящик из гофрированного картона) вместе с инструкцией по применению. На каждую единицу групповой тары наклеивают этикетку с указанием количества единиц потребительской тары в упаковке.

Результаты исследования позволяют заключить, что разработанный спиртовой раствор «Витасепт-СКЗ» для наружного применения является комбинированным лекарственным антисептическим средством.

Высокая концентрация спирта этилового в растворе «Витасепт-СКЗ» позволяет усилить бактерицидную, фунгицидную и вирулицидную активность при минимальном дубящем действии на кожу и слизистые оболочки. Снижение концентрации бриллиантового зеленого до 0,1% позволяет избежать возникновения ожогов, аллергических реакций, а также значительно уменьшить красящие свойства и использовать данное антисептическое средство для обработки больших участков кожи, гигиенической обработки рук, сохранив при этом возможность визуализации обработанного участка.

Разработанный антисептический раствор «Витасепт-СКЗ» является эффективным и гигиенически безопасным, так как обладает высокой антимикробной активностью, улучшенными физико-химическими показателями, отсутствием сенсибилизирующего и раздражающего действия на кожу, низкой интенсивностью окрашивания, что в дальнейшем облегчает отстирывание постельного и нательного белья больных, спецодежды медицинского персонала. «Витасепт-СКЗ» легко смывается с кожи рук персонала после работы, не вызывает ожоги кожи, может успешно использоваться в акушерско-гинекологической, неонатологической, педиатрической и хирургической практике. Использование разработанного средства снижает риск возникновения аллергических реакций у чувствительных лиц.

Выводы:

1. Разработанный спиртовой раствор «Витасепт-СКЗ» по свойствам ингредиентов, их совместимости, рецептуре, лекарственной форме, стабильности, а также качеству, безопасности и эффективности соответствует гигиеническим и фармацевтическим требованиям, предъявляемым к антисептическим средствам, и может использоваться в организациях здравоохранения.

2. Предложенная технология промышленного производства антисептического лекарственного средства «Витасепт-СКЗ» отвечает гигиеническим требованиям к технологическим процессам получения лекарственных средств.

3. Разработанное комбинированное антисептическое лекарственное средство «Витасепт-СКЗ» для наружного применения может быть рекомендовано для обработки операционного поля пациентов и гигиенической обработки рук персонала при выполнении медицинских манипуляций в организациях здравоохранения.

Литература

1. Красильников, А.П. Справочник по антисептике / А.П. Красильников. – Минск: Выш. шк., 1995. – 267 с.

Черкашин, М.А. Местные антисептики в хирургической практике / М.А. Черкашин // Русский мед. журн. [Электронный ресурс]. – 2007. – Т. 15, № 22. – Режим доступа: http://www.rmj.ru/articles_5528.htm. – Дата доступа: 10.11.2009.

2. Машковский, М. Д. Лекарственные средства / М.Д. Машковский. - М.: РИА «Новая Волна», 2011. – 1216 с.

3. Авчинников, А.В. Практическое руководство по применению средств дезинфекции и стерилизации в лечебно-профилактических учреждениях / А.В. Авчинников [и др.]; под общ. ред. А.В. Авчинникова. – 2-е изд. – Смоленск: СГМА, 2000. – 160 с.

4. Чистенко, Г.Н. Основы дезинфекции. Химический метод дезинфекции / Г.Н. Чистенко // Мир медицины. – 2005. – № 11. – С. 3–5.

5. Инструкция по применению в медицинской практике антисептика «Инол» производства ИП «Инкраслав»: утв. Гл. гос. сан. врачом Респ. Беларусь 10.06.2002. – Минск, 2002. – 8 с.

6. Инструкция по применению лекарственного средства «Септоцид-синерджи»: утв. зам. министра здравоохранения Респ. Беларусь 26.08.04. – Минск, 2004. – 4 с.

7. Спиртовой раствор для наружного применения «Витасепт-СКЗ» : ВФС РБ 1123-07: утв. зам. министра здравоохранения Респ. Беларусь 31.08.2007. – Минск, 2007. – 16 с.

8. Санитарные правила и нормы для предприятий по производству лекарственных препаратов: СанПиН: утв. постановлением Гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь 31.12.1998, № 9-108-98 г. – Минск, 1998. – 45 с.

9. Гигиенические требования к организации технологических процессов и производственному оборудованию: СанПиН и ГН: утв. постановлением М-ва здравоохранен Респ. Беларусь 13.07.2010, № 93. – Минск, 2010. – 28 с.

10. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Общие методы контроля качества лекарственных средств / Г.В. Годовальников [и др.]; под общ.ред. Г.В. Годовальникова. – Минск: Мин. гос. ПТК полиграфии, 2006. – Т. 1. – 656 с.

11. Определение микробиологической чистоты дезинфицирующих и антисептических средств: инструкция № 4.2.10.-22-102-2005 : утв. Гл. гос. сан. врачом Респ. Беларусь 30.12.2005. – Минск, 2005. – 7 с.

12. Методы испытания противомикробной активности антисептиков профилактического назначения: метод. указ. № 11-13-1-97 : утв. Гл. гос. сан. врачом Респ. Беларусь 16.01.1997. – Минск, 1997. – 12 с.

13. Методы проверки и оценки антимикробной активности дезинфицирующих и антисептических средств: инструкция по применению № 11-20-204-2003: утв. Гл. гос. сан. врачом Респ. Беларусь. – Минск, 2003. – 41 с.

14. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: инструкция 1.1.11-12-35-2004: утв. постановлением Гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь 14.12.2004, № 131. – Минск, 2004. – 41 с.

15. Изучение стабильности и установление сроков годности новых субстанций и готовых лекарственных средств: метод. указ. 09140.07-2004. – Минск: ЛОТИОС, 2004. – 57 с.

HYGIENIC EVALUATION OF COMBINED ANTISEPTIC MEDICINE «VITASEPT-SKZ»AND ITS PRODUCTION PROCESS

Burak I.I.[1], Adamenko G.V.[1], Miklis N.I.[1], Korikova S.I.[1], Polovinkin L.V.[1]

[1]Vitebsk State Medical University, Vitebsk;

[2]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The technology of the antiseptic «Vitasept-SKZ» in the industrial environment has been developed. The combined antiseptic medicine «Vitasept-SKZ» for external use can be recommended for the treatment of patients and hygienic treatment of staff's hands when performing medical procedures in health care organizations.

Keywords: antiseptics, ethyl alcohol, brilliant green, «Vitasept-SKZ».

Поступила 08.09.2013

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОМУ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩЕМУ РАСТВОРУ «АНОЛИТ НЕЙТРАЛЬНЫЙ» И ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

Бурак И.И., Миклис Н.И., Адаменко Г.В., Корикова С.И.

Витебский государственный медицинский университет, Витебск, Беларусь

Реферат. Целью исследования была разработка гигиенических требований к электрохимически активированному дезинфицирующему раствору «Анолит нейтральный» и технологии его промышленного производства. Результаты исследования показали, что для получения дезинфицирующих растворов целесообразна технология электрохимической активации с применением разработанной нами установки «Аквамед». Для организации и проведения технологического процесса по производству дезинфицирующего раствора «Анолит нейтральный» необходимо выполнение гигиенических требований по планировке, санитарно-техническому благоустройству предприятия, а также отделке помещений и технологическому оборудованию. Выполнение технологического процесса следует проводить с учетом разработанных стандартных операционных процедур последовательно в пять этапов, включающих подготовительные работы, взвешивание и загрузку компонентов, смешивание компонентов, получение готового продукта, а также фасовку, упаковку и маркировку готового продукта.

Произведенный электрохимически активированный дезинфицирующий раствор «Анолит нейтральный» является экологически чистым, высокоэффективным и гигиенически безопасным дезинфектантом, который можно успешно использовать в организациях здравоохранения, учреждениях образования, на коммунальных предприятиях.

Ключевые слова: анолит и технологии его производства.

Введение. В настоящее время широкое применение находят экологически чистые технологии электрохимической активации для получения дезинфицирующих растворов, сущность которых заключается в превращении слабоминерализованного водного раствора или воды посредством униполярного электрохимического воздействия в раствор, обладающий аномально высокой физико-химической и каталитической активностью [1]. При электрохимической обработке изменяется вся система межмолекулярных взаимодействий, в т.ч. физическая структура воды [2].

Электрохимически активированные дезинфицирующие растворы получают в анодной камере диафрагменного реактора. При анодной электрохимической обработке кислотность воды, окислительно-восстановительный потенциал, электропроводность, содержание растворенных хлора, кислорода увеличивается, а концентрация водорода и азота уменьшается. После обработки на аноде раствор обладает ингибирующими свойствами и замедляет биопроцессы [3].

Электрохимически активированные растворы используются для дезинфекции помещений и оборудования в организациях здравоохранения, учреждениях образования, животноводческих комплексах, на коммунальных предприятиях [4].

Нами совместно с УП «Акваприбор» разработана электрохимическая установка «Аквамед», позволяющая получать из водно-солевых растворов дезинфицирующий раствор «Анолит нейтральный», представляющий собой электрохимически активированный натрия гипохлорит. Однако технология получения и показатели качества электрохимически активированных растворов окончательно не изучены.

Цель – разработать гигиенические требования к электрохимически активированному дезинфицирующему раствору «Анолит нейтральный» и технологии его промышленного производства.

Материал и методы. Работа выполнена с использованием электрохимической установки «Аквамед» производства УП «Аквабрибор». Гигиенические требования к технологии получения электрохимически активированного дезинфицирующего раствора разрабатывали с учетом санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к организации технологических процессов и производственному оборудованию» [5] и СанПиН РБ «Санитарные правила и нормы для предприятий по производству лекарственных препаратов» № 9-108-98 [6], а также учитывали требования ТКП–030–2013 (02040) «Надлежащая производственная практика» [7]. При разработке гигиенических требований к анолиту нейтральному руководствовались СанПиН 21-112-99 [8]. Результаты исследования обрабатывали статистически, достоверность сдвигов учитывали при $p<0,05$ с помощью пакета Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования показали, что для осуществления технологического процесса производства дезинфицирующего раствора «Анолит нейтральный» на предприятии в обязательном порядке должны быть склад для хранения сырья, весовая, помещение водоподготовки, помещение для подготовки исходного водно-солевого раствора, реакторная, склад готовой продукции, тамбур отгрузки готовой продукции, административные, санитарно-бытовые и вспомогательные помещения.

Производственные помещения оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией, естественным и искусственным освещением, отоплением, водоснабжением и канализацией. Содержание вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны по хлору не должно быть выше предельно допустимой концентрации ($ПДК_{врз}$ = 1 мг/м^3), устанавливаются оптимальные или допустимые параметры микроклимата производственных помещений. Производственные помещения обеспечиваются противопожарными средствами. Тушение возникшего пожара производят обильной струей воды. Полы, стены и потолки отделываются безопасными материалами, устойчивыми к моющим и дезинфицирующим средствам.

Производственное оборудование должно быть исправным, безопасным, удобным для обслуживания, устойчивым к моющим и дезинфицирующим средствам. Из оборудования обязательны установка типа «Аквамед», установка для обработки водопроводной воды, две емкости для обработанной воды, насос для подачи ее в смеситель, смеситель для исходного водно-солевого раствора, мешалка для перемешивания ингредиентов, сборники для получаемого раствора анолита и католита, две емкости накопительные для анолита и католита, насос для заполнения накопительных емкостей, тара транспортная и насос для ее заполнения, тара потребительская и насос для ее заполнения. Также используются весы, счетчик воды, мерник, уровнемерное устройство.

Производство раствора целесообразно осуществлять с учетом разработанных стандартных операционных процедур по обработке тары и укупорочных материалов, обработке воды, взвешиванию сырья, приготовлению исходного водно-солевого раствора, приготовлению раствора анолита нейтрального, заполнению накопительной емкости, тары транспортной и тары потребительской, маркировке готовой продукции.

Для приготовления раствора следует использовать натрия хлорид 99,9%, ГОСТ 4233, или соль, содержащую натрия хлорид не менее 99,7%, ГОСТ 13830, ГОСТ Р 51574, или соль, содержащую натрия хлорид не менее 98,6%, ТУ РБ 101191824.405, а также воду водопроводную, соответствующую гигиеническим требованиям и предварительно профильтрованную и умягченную.

Основные операции технологического процесса производства дезинфицирующего средства состоят в подвозе сырья (натрия хлорид), его складировании, обработке воды водопроводной, приготовлении исходного водно-солевого раствора, непосредственном изготовлении раствора дезинфицирующего «Анолит нейтральный», его подаче в накопительную емкость, погрузке раствора в транспортную тару, транспортировке к потребителю и заполнении потребительской тары для последующего использования раствора.

Принципиальная схема производства дезинфицирующего раствора осуществляется в 4 этапа: 1-й этап – подготовительные работы, 2-й этап – взвешивание и загрузка компонентов, 3-й этап – смешивание компонентов, 4-й этап – получение готового продукта, 5-й этап – фасовка, упаковка, маркировка готового продукта. На 1-м этапе обязательна проверка санитарной подготовки производства, вытяжной системы, подачи воды водопроводной, наличия сырья, очистки емкостей, сборников, состояния и калибровки весов, маркировки оборудования, чистоты инвентаря. На 2-м этапе натрия хлорид для изготовления раствора получают со склада, взвешивают на весах операторы в присутствии контролирующего лица аккредитованной лаборатории. Из емкости насосом перекачивают воду, обработанную в смеситель через счетчик воды. Расчетное количество натрия хлорида подают в смеситель через люк.

На 3-м этапе смешивание исходных компонентов в смесителе проводится в течение 10 мин до полного растворения (визуальный контроль). По окончании перемешивания в точке отбора берут пробу готового исходного раствора для проведения анализа. На 4-м этапе готовый продукт получают на установках типа «Аквамед» и собирают в сборник. Со сборника раствор перекачивают насосом в накопительные емкости. После заполнения накопительной емкости в точке отбора берут пробу готового продукта для проведения анализа. Раствор хранят в емкости в течение времени проведения испытания отобранной пробы. При несоответствии результатов продукцию забраковывают, при положительном результате раствор подают насосом в транспортную тару и транспортируют потребителю. На 5-м этапе готовый продукт фасуют в потребительскую тару непосредственно из транспортной тары, затем тару укупоривают и пломбируют. Маркировку готового продукта осуществляют путем наклеивания этикетки.

При организации технологического процесса важное значение придается качеству сырья, в частности, при подготовке натрия хлорида проверяется наличие посторонних примесей, обработанной воды – ее качество, при смешивании компонентов – их соотношение. У готового продукта изучается внешний вид, запах, массовая доля активного хлора, показатель концентрации водородных ионов (pH), устойчивость при хранении.

Готовый продукт – электрохимически активированный дезинфицирующий раствор «Анолит нейтральный» представляет собой прозрачную бесцветную жидкость со слабым запахом хлора. По органолептическим, физико-химическим показателям, эффективности обеззараживания и устойчивости при хранении раствор должен соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице.

Таблица — Требования к дезинфицирующему раствору «Анолит нейтральный»

N п/п	Наименование показателя	Норма
1	Запах, баллы	Не более 2
2	Массовая доля активного хлора, C_{ax}, мг/дм^3	200–400
3	Показатель концентрации водородных ионов (pH), ед.	6,0–7,5
4	Эффективность обеззараживания – снижение количества тест-микробов, RF (lg)	Больше или равно 5 в количественном суспензионном тесте
5	Устойчивость при хранении, дни	Не менее 7

Раствор анолита нейтрального пожаровзрывобезопасен, негорюч в соответствии с ГОСТ 12.1.044. По степени воздействия на организм человека относится к IV классу опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007, при непосредственном контакте вызывает умеренное раздражение слизистых оболочек и кожных покровов у чувствительных лиц.

Раствор целесообразно фасовать в потребительскую тару, представляющую собой емкость темного цвета с плотно закрывающейся крышкой, изготовленную из полиэтилена низкого давления. Тара перед заполнением обрабатывается и проверяется на отсутствие загрязнений. Обработка внутренней поверхности тары проводится католитом с pH 11-13 ед., общей щелочностью 25–35 мг-экв/дм^3 под давлением в течение не менее 10 мин из расчета 300 см^3/м^2 поверхности с последующим ополаскиванием проточной водопроводной водой.

Контроль качества обработки тары проводят визуально по отсутствию посторонних включений, пятен, подтеков, равномерности стекания жидкости со стенок. В смывном растворе не должно быть видимых невооруженным глазом механических включений.

1. Определение объема содержимого в единице потребительской тары производят путем выливания содержимого до полного опорожнения в мерную посуду, предварительно смоченную исследуемой жидкостью, или уровнемерным метрическим устройством. Качество упаковки контролируют визуально. На потребительскую тару наклеивают этикетку, содержащую следующую информацию: наименование предприятия-изготовителя, его товарный знак и юридический адрес, включая страну; наименование продукции; состав; область применения; номинальный объем (дм^3) в единице тары; условия хранения; срок годности; номер партии продукции и дата ее изготовления. На этикетках допускается нанесение текста инструкции по применению раствора.

Хранение раствора производят в вентилируемых помещениях, обеспечивающих защиту от воздействия прямых солнечных лучей, вдали от источников тепла, при температуре от 0 до +25 °С.

Все работы по производству раствора должны быть организованы в соответствии с правилами охраны труда и требованиями безопасности для этих работ. Персонал, задействованный в производстве дезинфицирующего раствора, должен проходить предварительные, при поступлении, и периодические, во время работы, медицинские осмотры. Работники должны соблюдать меры личной гигиены, обеспечиваться средствами индивидуальной защиты органов дыхания, одеждой специальной защитной, очками, перчатками резиновыми, аптечками для оказания медицинской помощи. Для персонала в обязательном порядке обустраиваются санитарно-бытовые помещения. Не разрешается допускать к работе лиц, профессия и квалификация которых не соответствует характеру выполняемой работы, к работе также не допускаются лица моложе 18 лет.

Производство электрохимически активированных дезинфицирующих растворов является экологически чистым, раствор анолита нейтрального получают из природного сырья. При высоких температурах, а также в воздушной среде, в сточных водах и почве, под влиянием природных факторов, в воздухе рабочей зоны, в присутствии других веществ и факторов производственной среды не образует токсичных соединений, разлагается до исходных продуктов натрия хлорида и воды.

Жидкие отходы (отработанный или пришедший в негодность раствор) содержат нетоксичные продукты (соль, воду, кислородсодержащие соединения хлора) и могут быть утилизированы путем слива в канализацию при непрерывном разбавлении. Твердые отходы необходимо собирать и отправлять на полигон твердых бытовых отходов или переработку.

Защита окружающей среды от воздействия материалов, применяемых в процессе производства раствора, обеспечивается герметизацией технологического оборудования. Обезвреживание образующихся в процессе производства технологических и вентиляционных выбросов с помощью специальных установок и оборудования не требуется.

Для контроля отбор проб проводится в герметичную емкость из инертного материала, которая полностью заполняется, объем пробы должен быть не менее 500 см^3. Внешний вид определяют визуально. В пробирку из прозрачного стекла с внутренним диаметром от 16 мм вместимостью от 90 см^3 наливают 50 см^3 раствора и просматривают в проходящем и отраженном свете на белом фоне. Запах определяют органолептически в пробе раствора, использованного для определения внешнего вида. Определение содержания активного хлора проводится методом йодометрического титрования, экспресс-методом с калия йодидом или с помощью индикаторной бумаги. Определение величины pH проводится иономером**,** а также экспресс-методом с помощью универсальной индикаторной бумаги [9].

Определение эффективности обеззараживания проводят в соответствии с инструкцией № 11-20-204-2003 [10], токсиколого-гигиеническое изучение раствора – инструкцией 1.1.11-12-35-2004 [11]. Устойчивость при хранении определяют как время, в течение которого показатели раствора остаются на первоначальном уровне.

Результаты исследования позволяют заключить, что для получения дезинфицирующих растворов целесообразна технология электрохимической активации с применением разработанной нами установки «Аквамед». Для организации и проведения технологического процесса по производству дезинфицирующего раствора «Анолит нейтральный» необходимо выполнение гигиенических требований по планировке, санитарно-техническому благоустройству предприятия, а также отделке помещений и технологическому оборудованию. Выполнение технологического процесса следует проводить с учетом разработанных стандартных операционных процедур последовательно в пять этапов, включающих подготовительные работы, взвешивание и загрузку компонентов, смешивание компонентов, получение готового продукта, а также фасовку, упаковку и маркировку готового продукта.

Произведенный электрохимически активированный дезинфицирующий раствор «Анолит нейтральный» является экологически чистым, высокоэффективным и гигиенически безопасным дезинфектантом, который можно успешно использовать в организациях здравоохранения, учреждениях образования, на коммунальных предприятиях.

Выводы:

1. Разработанный электрохимически активированный дезинфицирующий раствор «Анолит нейтральный» представляет собой прозрачную бесцветную жидкость со слабым запахом хлора, массовой долей активного хлора 200–400 мг/дм^3, pH 6,0–7,5 ед,, эффективностью обеззараживания не менее 5 lg, не оказывает токсического действия на организм и относится к малоопасным химическим соединениям (IV класс опасности по ГОСТ 12.1.007), при непосредственном контакте вызывает умеренное раздражение слизистых оболочек и кожных покровов у чувствительных лиц.

2. Для получения электрохимически активированного дезинфицирующего раствора «Анолит нейтральный» целесообразна технология электрохимической активации с применением разработанной нами установки «Аквамед».

3. Целесообразна организация промышленного производства анолита нейтрального для применения в качестве дезинфицирующего средства в организациях здравоохранения, учреждениях образования, на коммунальных предприятиях.

Литература

1. Электрохимическая активация: очистка воды и получение полезных растворов / В.М. Бахир [и др.]; под общ. ред. В.М. Бахира. – М.: Маркетинг СаппортСервисиз, 2001. – 176 с.

2. Леонов, Б.И., Физико-химические аспекты биологического действия электрохимически активированной воды / Б.И. Леонов, В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир . – М.: ВНИИИМТ МЗ РФ, 1999. – С. 197.

3. Бахир, В.М. Теоретические аспекты электрохимической активации / В.М. Бахир // Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности: тез.докл. и крат. сообщ. Второго междунар. симпоз., Москва, 28–29 окт. 1999 г.: в 2 ч. / Всерос. науч.-исслед. и испытат. ин-т мед. техники; редкол: В.М. Бахир [и др.]. – М., 1999. – Ч. 1. – С. 39–49.

4. Бахир, В.М. Электрохимическая активация: теория и практика / В.М. Бахир // Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности: тез.докл. и крат. сообщ. Второго междунар. симпоз., Москва, 22–23 окт. 1997 г. / Всерос. науч.-исслед. и испытат. ин-т мед. техники; редкол.: В.М. Бахир [и др.]. – М., 1997. – С. 15–21.

5. Гигиенические требования к организации технологических процессов и производственному оборудованию: СанПиН и ГН : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 13.07.2010, № 93. – Минск, 2010. – 28 с.

6. Санитарные правила и нормы для предприятий по производству лекарственных препаратов: СанПиН : утв. постановлением гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь 31.12.1998, № 9-108-98 г. – Минск, 1998. – 45 с.

7. Надлежащая производственная практика: ТКП–030–2013 (02040): утв. М-вом здравоохранения 17.01.2013 № 6. – 144 с.

8. Нормативные показатели безопасности и эффективности дезсредств: СанПиН 21-112-99. – Минск: МЗ РБ, 1999. – 12 с.

9. Евстратова, К.И. Практикум по физической и коллоидной химии / К.И. Евстратова. – М.: Высш. шк. – 1990. – С. 72–167.

10. Методы проверки и оценки антимикробной активности дезинфицирующих и антисептических средств: инструкция по применению № 11-20-204-2003: утв. постановлением Гл. гос. сан. врачом Респ. Беларусь 16.01.1997. – Минск, 2003. – 41 с.

11. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: инструкция 1.1.11-12-35-2004: утв. постановлением Гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь 14.12.2004, № 131. – Минск, 2004. – 41 с.

HYGIENIC REQUIREMENTS TO ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED DISINFECTANT SOLUTION «ANOLITE NEUTRAL» AND TECHNOLOGIES OF ITS RECEPTION

Burak I.I., Miklis N.I., Adamenko G. V, Korikova S.I.
Vitebsk State Medical University, Vitebsk, Belarus

The purpose of this work purpose was working out of hygienic requirements to electrochemically activated disinfectant solution «Anolite neutral» and technologies of its industrial production. Results of research have shown that for reception of disinfectant solutions the technology of electrochemical activation with application of installation «Akvamed» developed by us is expedient. It is necessary performance of hygienic requirements of planning, sanitary-engineering accomplishment of an enterprise, and also furnish of premises and technological equipment for organization and carrying out of technological process on manufacture of disinfectant solution «Anolite neutral». Performance of technological process should be spent taking to account by developed standard operational procedures consistently to five stages, including preparatory work, weighing and charging of components, mixing of components, reception of a ready product, and also packing and marks of a ready product.

Manufactured electrochemically activated disinfectant solution «Anolite neutral» is ecologically pure, highly effective and hygienic safe disinfectant which successfully can be used in public health services organizations, education establishments, municipal enterprises.

Keywords: anolyteandthe technology of production.

Поступила 09.09.2013

ИЗУЧЕНИЕ ЭМИССИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТДЕЛОЧНО-ИНТЕРЬЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Василькевич В.М., Половинкин Л.В., Крымская Т.П.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. При различных температурных режимах и времени экспозиции изучена миграция химических веществ из отделочно-интерьерных материалов. Установлено, что температурная аггравация ускоряет процесс наступления дина-

мического равновесия и может быть использована при ускоренной гигиенической оценке отделочно-интерьерных материалов.

Ключевые слова: отделочно-интерьерные материалы, температурная аггравация, эмиссия химических веществ.

Введение. В ряде научных исследований зарубежных и отечественных ученых количественно общий уровень химического загрязнения внутри зданий превосходит степень загрязнения атмосферного воздуха в 1,5–4 раза в зависимости от района размещения и интенсивности внутренних источников загрязнения. Этот факт приобретает еще большое значение, если принять во внимание современный образ жизни городского человека, когда большинство людей проводит в помещениях (офис, квартира, общественное учреждение и др.) до 90% своего времени [1–2].

Основными источниками загрязнения воздуха современных зданий и сооружений являются полимерные отделочно-интерьерные материалы (далее – ПОИМ – материалы финишной отделки и изделия для создания интерьера помещений на полимерной основе, не подлежащие отделке другими материалами и имеющие непосредственный контакт с воздушной средой внутри помещений жилых, общественных и административных зданий). При проведении ранжирования внутренних источников загрязнения воздуха помещений приводятся разные значения удельного веса, приходящиеся на долю ПОИМ в суммарной химической нагрузке населения, однако неизменным является их ведущая роль в общем загрязнении воздуха помещений [1].

Выделение вредных веществ из ПОИМ происходит как за счет продуктов, не вошедших в реакцию полимеризации – первичная эмиссия, так и вследствие процессов деструкции под влиянием различных тепловых, механических, химических и других видов внешнего воздействия – вторичная эмиссия. При этом вторичную эмиссию полимеров называют распространенным термином «старение», который достаточно близко отражает механизм длительного и менее интенсивного процесса, сопровождающего эксплуатацию изделий из ПОИМ. Главным фактором, способствующим миграции веществ из полимеров, является термоокислительная деструкция – разрушение макромолекул при совместном действии на полимеры повышенных температур и кислорода. В свою очередь, для замедления процессов «старения» полимерного материала многие производители в композиционную массу на стадии промышленного синтеза полимера добавляют стабилизаторы, повышающие его термо- и светостойкость [3].

Определение эмиссии вредных химических веществ из ПОИМ проводится с использованием климатических (испытательных) камер различного объема. Камерный метод позволяет моделировать воздействие на полимерный материал температуры в присутствии кислорода воздуха. Использование климатических камер является одним из наиболее объективных и стандартизованных методов, позволяющих получать точные результаты и достигать высокой степени извлечения мигрирующих химических веществ из исследуемого материала [3, 4].

Однако данный метод имеет некоторые недостатки, ограничивающие его использование. Так, исследование требует значительного времени, которое должно пройти от момента помещения изделия (материала) и выхода камеры на режим поддержания заданных параметров до установления равновесной концентрации внутри камеры. С помощью повышения температуры представляется возможным ускорить наступление динамического равновесия в системе «полимерный материал – климатическая камера», инициируя термокинетические изменения основных параметров эмиссии химических веществ (коэффициента диффузии и коэффициента распределения мигрирующих веществ) [3, 5]. Таким образом, адекватная температурная аггравация при проведении исследований ПОИМ в климатической камере может быть обоснована и целесообразна при разработке методов их ускоренной гигиенической оценки.

Материал и методы. Для исследований использованы следующие ПОИМ, изготовленные отечественными и зарубежными производителями:

1. Материалы на основе поливинилхлорида (далее – ПВХ):

– линолеумы на основе ПВХ, в т.ч. подлежащие применению в помещениях с особым санитарно-эпидемическим режимом (10 образцов), изделия из ПВХ – панели и профили (5 образцов), линолеум ПВХ (4 образца), отделочно-интерьерная пленка (1 образец).

2. Синтетические каучуки на основе бутадиена и сополимеров акрилонитрила, бутадиена и стирола – на АБС основе (6 образцов):

– адгезивы (2 образца), АБС-профиль (4 образца).

3. Материалы на основе полистирола (12 образцов):

– обои (5 образов), штукатурка для внутренних работ (1 образец), декоративная потолочная панель (1 образец), межкомнатная перегородка (1 образец), корпус бытовой техники, компьютеры, принтеры (4 образца).

4. Материалы на основе эпоксидных смол (6 образцов):

– адгезивы (6 образцов).

5. Материалы на основе полиэфирных смол (3 образца):

– стеклопластик (2 образца), штукатурка для внутренних работ (1 образец).

6. Материалы на основе винилового спирта и его производных (9 образцов):

– виниловые обои, обои бумажные с виниловым покрытием (5 образцов), виниловый сайдинг для внутренних работ (4 образца).

7. Материалы на основе фенолформальдегидных и меламинформальдегидных смол (3 образца):

– ламинат и ламинатная доска (3 образца).

8. Материалы на основе карбамидных смол (3 образца):

– слоистый пластик (3 образца).

9. Материалы на основе полиуретана (2 образца):

– адгезивы (2 образца).

Исследования проводили в климатической камере объемом 0,120 м^3 при различных режимах моделирования условий эксперимента: стандартный (температура – 40 °С, относительная влажность – 30–50±5%, экспозиция 1, 3, 6, 12 и 24 ч) и аггравированный (температура – 50 °С, относительная влажность – 60±5 %, экспозиция – 1, 3, 6, 12 и 24 ч). В зависимо-

сти от области применения «насыщенность» в климатической камере составляла – от 0,2 до 1,0 $м^2/м^3$, кратность воздухообмена – 0,5 $ч^{-1}$. Идентификацию и количественный анализ мигрирующих из ПОИМ веществ проводили с применением общепринятых в санитарной химии газохроматографических и фотометрических методик.

Наступление динамического равновесия фиксировали в интервале экспозиции (ч, с момента стабилизации микроклиматических параметров моделирования), когда два последовательных измерения уровней миграции (мкг/$м^3$) не отличались более чем на 15%. При этом за равновесную (стационарную) концентрацию принималась средняя арифметическая величина полученных концентраций в интервале динамического равновесия.

Для обработки полученных результатов использовались методы непараметрической статистики (выборки имели асимметричное распределение данных). Уровни миграции химических веществ из ПОИМ (мкг/$м^3$) представлены в виде медианы (Me) и межквартильного интервала (P25-P75). Корреляционный анализ проводили, определяя и оценивая коэффициент корреляции Спирмена.

Результаты и их обсуждение. Результаты изучения миграции химических веществ из ПОИМ при различных температурных условиях представлены в таблицах 1–2.

Таблица 1 — Уровни миграции химических веществ из отделочно-интерьерных материалов на полимерной основе при стандартных температурных условиях

Наименование вещества	Уровень миграции вещества, мкг/$м^3$; Me и (P25 – P75)				
	1 ч	3 ч	6 ч	12 ч	24 ч
I. I. Материалы на основе ПВХ – линолеумы ПВХ					
Формальдегид	1,00 (0,50–1,23)	1,70 (1,0–2,38)	3,75 (2,13–5,28)	4,45 (2,08–5,48)	5,25 (2,68–6,75)
Метанол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Толуол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Фенол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Хлористый водород	2,15 (0,13–4,75)	3,90 (0,53–6,73)	5.40 (1,00–7,20)	7,30 (1,25–8,75)	7,40 (1,30–9,60)
I. II. Материалы на основе ПВХ – ПВХ панели и профили					
Формальдегид	0,50 (0,15–0,80)	0,70 (0,50–1,00)	2,00 (1,00–2,00)	2,70 (1,70–3,50)	2,50 (1,50–4,00)
Метанол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Толуол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Фенол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Хлористый водород	7,30 (5,00–10,10)	12,50 (10,20–13,50)	14,20 (11,30–18,00)	15,00 (14,50–20,00)	15,70 (15,00–21,60)
II.Синтетические каучуки на АБС основе					
Акрилонитрил	6,60 (4,13–7,43)	9,55 (9,08–10,10)	10,70 (10,10–11,83)	12,00 (11,40–12,38)	12,30 (12,08–12,75)
Водород цианистый	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Стирол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Толуол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ксилол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Формальдегид	0,70 (0,50–0,97)	1,05 (0,80–1,45)	1,45 (0,90–2,68)	2,90 (2,50–3,50)	3,25 (2,62–3,88)
Метилметакрилат	0,65 (0,00–2,20)	1,00 (0,00–2,53)	1,25 (0,00–2,85)	1,35 (0,00–2,85)	1,25 (0,00–2,88)
Бензол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ацетон	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
III. Материалы на полистирольной основе					
Акрилонитрил	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Стирол	2,25 (1,50–5,40)	3,00 (1,88–5,63)	3,50 (1,88–6,05)	3,70 (2,25–6,28)	4,10 (2,25–6,35)
Формальдегид	0,55 (0,0–1,63)	1,00 (0,00–2,30)	2,05 (0,75–4,63)	3,55 (1,35–5,30)	3,85 (1,50–5,38)
Спирт метиловый	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.

Окончание таблицы 1

Бензол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
IV. Материалы на основе эпоксидных смол					
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ксилол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Фенол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Формальдегид	0,50 (0,13–0,58)	0,75 (0,13–1,15)	1,75 (1,13–3,13)	3,75 (2,23–4,90)	3,75 (2,38–4,75)
Эпихлоргидрин	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Аммиак	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
V. Материалы на основе полиэфирных смол					
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Стирол	1,50 (1,40–2,25)	2,70 (2,60–3,35)	5,00 (4,55–5,10)	5,00 (4,60–5,10)	5,20 (4,60–5,25)
Фталевый ангидрит	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Формальдегид	1,00 (0,80–1,50)	2,10 (1,55–2,15)	4,00 (3,25–4,00)	5,50 (4,35–6,10)	5,00 (4,00–6,25)
Бутилацетат	30,00 (25,25–54,15)	40,50 (34,90–58,05)	50,70 (40,35–65,40)	50,00 (42,60–64,25)	51,00 (42,75–63,00)
VI. Материалы на основе винилового спирта и его производных					
Винилацетат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Спирт метиловый	125,2 (0,0–262,5)	175,0 (0,0–312,5)	180,0 (0,0–310,0)	195,0 (0,0–325,1)	205,0 (0,0–330,0)
Уксусная кислота	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Формальдегид	0,50 (0,00–0,75)	1,00 (0,90–1,90)	2,10 (1,20–3,30)	2,45 (1,35–5,30)	3,00 (2,00–5,00)
Бензол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ацетон	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
VII. Материалы на основе фенолформальдегидных и меламинформальдегидных смол					
Метанол	250,0 (200,0–275,0)	250,0 (225,0–300,0)	300,0 (290,0–355,0)	400,0 (375,0–450,0)	350,0 (350,0–430,0)
Фенол	2,50 (1,25–2,75)	3,10 (1,55–3,30)	4,20 (2,10–5,10)	4,00 (2,00–5,00)	4,00 (2,00–5,00)
Формальдегид	1,30 (0,65–1,40)	2,50 (1,70–2,75)	4,90 (3,20–5,95)	5,60 (3,65–8,50)	6,50 (4,25–8,25)
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ацетальдегид	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
VIII. Материалы на основе карбамидных смол					
Метанол	280,0 (270,0–290,0)	175,0 (162,5–187,5)	172,5 (163,8–181,3)	172,5 (166,3–178,8)	167,5 (158,8–176,3)
Формальдегид	1,00 (0,50–1,50)	2,00 (1,25–2,75)	4,25 (2,88–5,63)	6,30 (4,35–8,25)	5,75 (4,13–7,38)
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Фенол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Аммиак	75,0 (62,5–87,5)	110,0 (90,0–130,0)	125,0 (112,5–137,5)	140,0 (125,0–155,5)	142,5 (128,8–156,3)
IX. Материалы на основе полиуретана					
Бутилацетат	10,00 (5,00–15,00)	15,00 (7,50–22,50)	17,50 (8,75–26,25)	17,50 (8,75–26,25)	17,50 (8,75–26,25)
Водород цианистый	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Формальдегид	0,75 (0,63–0,88)	1,45 (1,18–1,73)	3,10 (2,40–3,80)	3,35 (2,93–3,78)	3,85 (3,28–4,46)
Метанол	80,00 (60,00–100,0)	105,0 (82,50–127,50)	122,5 (101,3–143,8)	120,0 (100,0–140,0)	120,0 (100,0–140,0)
Примечание (зесь и далее в таблице 2) — н.о. – химическое вещество не обнаруживается в пределах чувствительности метода анализа.					

Из представленных в таблице 1 данных следует, что ПОИМ на различных полимерных основах являются источником миграции химических веществ. Так, наиболее интенсивно выделяются в воздушную среду формальдегид и хлористый водород (ПОИМ на ПВХ основе); акрилонитрил, формальдегид и метилметакрилат (ПОИМ на АБС основе); стирол и формальдегид (ПОИМ на полистирольной основе); формальдегид (ПОИМ на основе эпоксидных смол); стирол, формальдегид и бутилацетат (ПОИМ на основе полиэфирных смол); метанол и формальдегид (ПОИМ на основе винилового спирта); метанол, фенол и формальдегид (ПОИМ на основе фенолформальдегидных и меланинформальдегидных смол); метанол, формальдегид и аммиак (ПОИМ на основе карбамидных смол; бутилацетат, формальдегид и метанол (ПОИМ на полиуретановой основе).

Равновесные концентрации при стандартных условиях для мигрирующих веществ устанавливались в интервале 12–24 ч (за исключением формальдегида, динамика эмиссии которого подробно проанализирована отдельно).

Результаты исследования эмиссии химических веществ из изученных ПОИМ в аггравированном режиме представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Уровни миграции химических веществ из отделочно-интерьерных материалов на полимерной основе при аггравированных температурных условиях

Наименование вещества	Уровни миграции химического вещества, мкг/м^3; Me и (P25 – P75)				
	1 ч	3 ч	6 ч	12 ч	24 ч
I. I. Материалы на основе ПВХ – линолеумы ПВХ					
Формальдегид	2,00 (0,95–2,95)	5,70 (2,56–7,15)	6,00 (2,85–7,45)	5,85 (2,95–7,55)	5,80 (2,63–6,95)
Метанол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Толуол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Фенол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Хлористый водород	4.90 (1,08–6,90)	7,50 (1,25–10,03)	7,00 (1,20–10,40)	6,50 (1,13–10,88)	6,15 (1,00–10,53)
I. II. Материалы на основе ПВХ – ПВХ панели и профили					
Формальдегид	2,00 (1,00–2,80)	3,00 (2,50–6,00)	2,50 (2,10–5,70)	2,30 (1,80–5,50)	2,10 (1,60–5,20)
Метанол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Толуол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Фенол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Хлористый водород	10,20 (8,60–17,50)	13,10 (12,00–20,00)	12,50 (12,00–19,60)	12,20 (10,50–19,00)	12,10 (9,60–19,50)
II.Синтетические каучуки на АБС основе					
Акрилонитрил	14,05 (12,88–15,90)	11,25 (10,35–12,15)	11,15 (10,08–12,00)	8,00 (7,25–9,50)	7,50 (7,13–9,00)
Водород цианистый	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Стирол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Толуол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ксилол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Формальдегид	2,10 (1,80–3,30)	4,00 (2,63–5,75)	3,85 (2,47–5,45)	3,75 (2,48–5,25)	3,65 (2,28–5,18)
Метилметакрилат	0,65 (0,00–2,20)	1,00 (0,00–2,53)	1,25 (0,00–2,73)	1,35 (0,00–2,85)	1,25 (0,00–2,88)
Бензол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ацетон	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
III. Материалы на полистирольной основе					
Акрилонитрил	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Стирол	7,70 (5,25–9,03)	5,15 (3,75–6,50)	5,35 (4,73–6,23)	3,75 (2,25–4,25)	3,55 (2,25–4,20)
Формальдегид	2,10 (1,15–3,20)	5,05 (2,50–6,30)	5,00 (2,38–6,13)	4,75 (2,20–5,95)	4,55 (2,18–5,83)
Спирт метиловый	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Бензол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.

Окончание таблицы 2

IV. Материалы на эпоксидной основе					
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ксилол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Фенол	3,30 (2,50–4,80)	2,30 (1,40–4,50)	2,00 (1,10–4,40)	1,70 (1,00–4,30)	1,60 (1,00–3,70)
Формальдегид	2,00 (1,73–2,38)	4,70 (3,68–5,43)	4,55 (3,50–5,23)	4,40 (3,30–5,13)	4,40 (3,23–5,05)
Эпихлоргидрин	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Аммиак	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
V. Материалы на полиэфирной основе					
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Стирол	4,20 (3,95–6,10)	5,05 (3,28–5,53)	5,00 (3,25–5,60)	5,20 (3,35–5,60)	5,00 (3,25–5,35)
Фталевый ангидрид	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Формальдегид	2,65 (2,90–5,35)	4,50 (3,50–6,20)	5,00 (3,75–6,50)	4,10 (3,30–5,85)	4,00 (3,25–5,75)
Бутилацетат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
VI. Материалы на основе винилового спирта и его производных					
Винилацетат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Дибутилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Спирт метиловый	130,3 (75,0–235,0)	175,0 (90,0–295,0)	180,0 (97,5–293,8)	185,0 (97,5–290,0)	187,5 (97,5–300,0)
Уксусная кислота	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Формальдегид	3,25 (1,00–3,70)	4,00 (2,50–5,50)	3,80 (2,30–5,20)	3,70 (2,20–5,30)	3,60 (2,10–5,20)
Бензол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ацетон	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
VII. Материалы на основе фенолформальдегидных и меламинформальдегидных смол					
Метанол	750,0 (525,0–825,0)	510,0 (480,0–620,0)	500,0 (450,0–600,0)	580,0 (540,0–590,0)	610,0 (560,0–630,0)
Фенол	2,30 (1,15–3,90)	4,00 (2,00–5,50)	4,30 (2,15–5,80)	2,50 (1,25–4,25)	2,00 (1,00–4,00)
Формальдегид	6,25 (5,85–6,95)	7,50 (7,00–9,75)	7,30 (6,75–9,40)	7,30 (6,65–9,30)	7,10 (6,55–9,15)
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ацетальдегид	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
VIII. Материалы на основе карбамидных смол					
Метанол	175,0 (137,5–212,5)	290,0 (260,0–320,0)	265,0 (232,5–297,5)	260,0 (230,0–290,0)	250,0 (220,0–280,0)
Формальдегид	5,70 (5,50–6,55)	9,80 (8,35–9,90)	9,80 (8,25–9,80)	9,70 (8,10–9,70)	9,60 (8,05–9,60)
Диоктилфталат	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Фенол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Аммиак	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
IX. Материалы на основе полиуретана					
Бутилацетат	52,50 (41,25–63,75)	32,75 (24,13–41,38)	30,00 (20,00–40,00)	29,00 (18,50–39,50)	28,00 (17,00–39,00)
Водород цианистый	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Формальдегид	4,30 (3,15–5,45)	5,85 (4,78–6,93)	5,75 (4,68–6,83)	5,65 (4,58–6,73)	5,60 (4,55–6,65)
Метанол	225,0 (212,5–237,5)	150,0 (130,0–170,0)	142,5 (121,3–163,8)	132,5 (111,3–153,8)	127,5 (103,8–151,3)

При аггравированных условиях равновесная концентрация для мигрирующих из различных видов ПОИМ веществ устанавливалась в 86% случаев в интервале 3–6 ч экспозиции, за исключением формальдегида. Существенных качественных изменений в эмиссионном профиле исследованных ПОИМ не наблюдается. Вместе с тем следует отметить, что аггравация температурного режима до 50 °С в климатической камере приводит к миграции из ПОИМ химических веществ, выраженной в большей степени, чем при стандартном режиме (40 °С). При этом для температурной аггравации характер-

но смещение времени наступления динамического равновесия на кривой экспозиционное время –концентрация вещества влево, что свидетельствует об ускорении процесса достижения равновесной концентрации.

Анализируя количественно-качественный состав химических веществ, выделяющихся из различных видов ПОИМ при стандартном и экспериментальном режимах моделирования, можно констатировать, что формальдегид является индикаторным химическим веществом, который мигрирует из всех ПОИМ, независимо от их полимерной основы. Вследствие частой встречаемости формальдегида в воздухе помещений при натурных исследованиях и камерном методе анализа на примере миграции данного вещества можно наглядно проследить специфичность изменений уровней миграции и процесса установления относительного динамического равновесия при стандартном и экспериментальном режиме моделирования, что отражено на рисунках 1, 2.

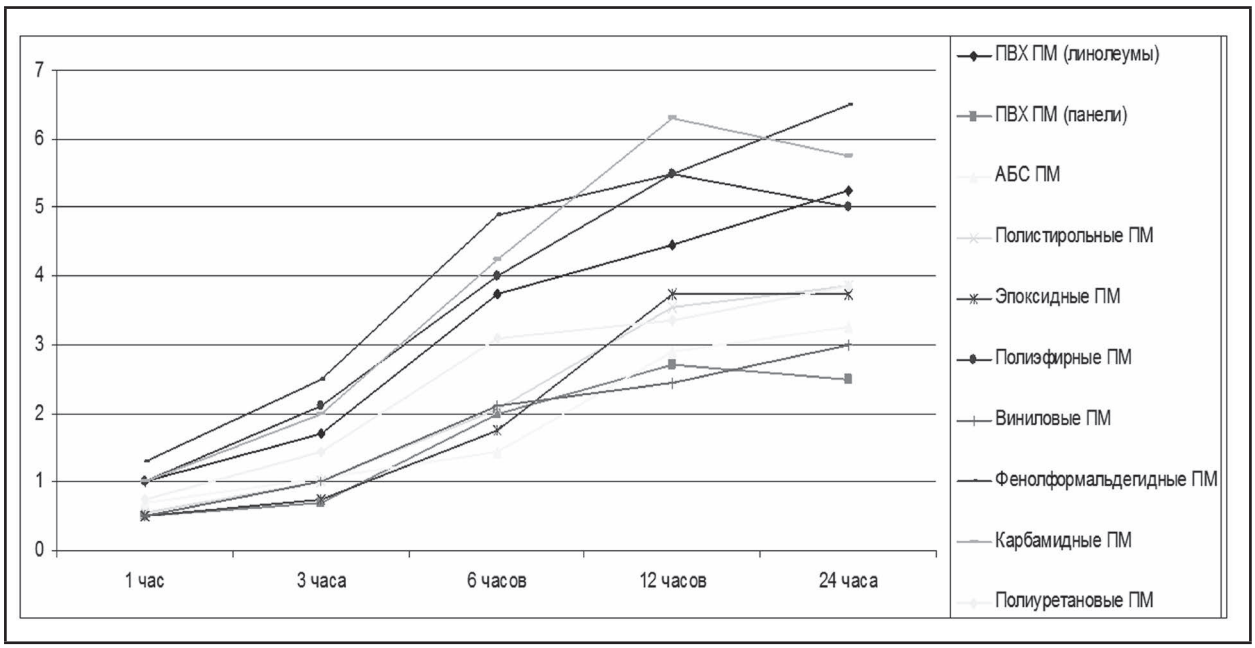


Рисунок 1 — Миграция формальдегида из ПОИМ на различных полимерных основах при стандартном режиме моделирования

Представленные на рисунке 1 кривые миграции формальдегида из различных видов ПОИМ позволяют констатировать, что при температуре 40 °С с течением времени наблюдается плавный характер роста интенсивности его миграции с постепенным замедлением и относительной стабилизацией эмиссии. Это происходит за счет уравновешивания процесса миграции и воздухообмена с наружной средой, что приводит к насыщению внутреннего объема камеры выделяющимся формальдегидом. В 67% случаев (6 из 9 групп исследованных ПОИМ) отмечается установление равновесной концентрации в интервале экспозиций 12–24 ч. В то же время, в 33% случаев даже после 24 ч экспозиции (при температуре 40 °С) нельзя утверждать об установлении равновесной концентрации, так как продолжается рост миграции формальдегида.

В аггравированных температурных условиях наблюдается усиление миграции формальдегида, а также более быстрое наступление динамического равновесия. В 89% случаев (8 из 9 групп исследованных ПОИМ) равновесная концентрация устанавливается в интервале 3–6 ч (рисунок 2).

О сопоставимости полученных равновесных концентраций миграции формальдегида при различных температурных условиях моделирования можно судить по наличию и силе корреляционной связи, что отражено на рисунке 3.

Сила корреляционной связи определяется величиной коэффициента корреляции Спирмена (ро=0,85, при р=0,002), который подтверждает наличие сильной взаимосвязи между значениями концентраций формальдегида, установленных при различных температурных условиях.

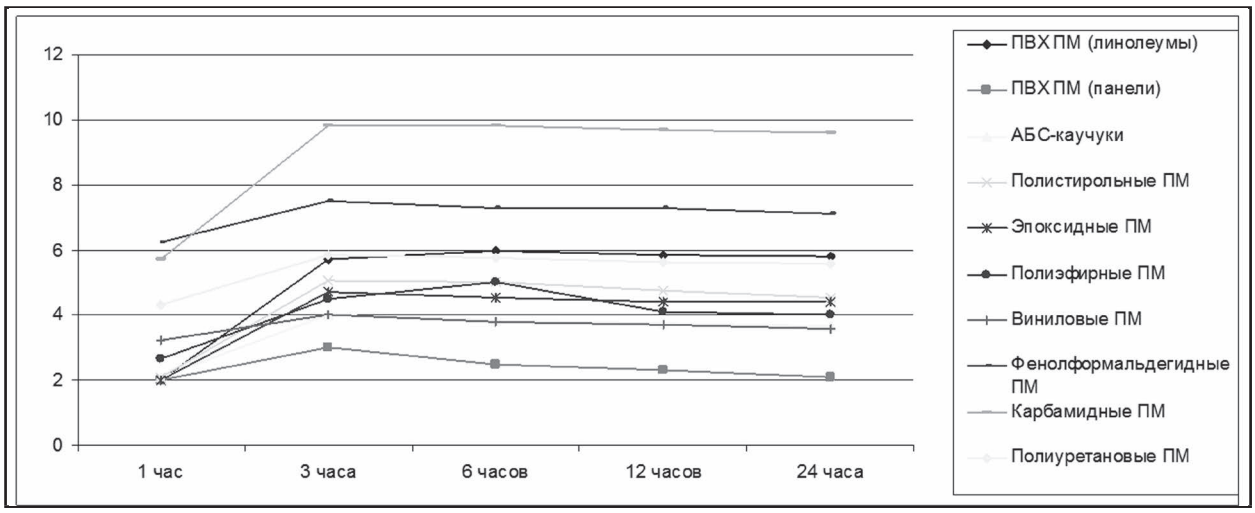


Рисунок 2 — Миграция формальдегида из ПОИМ на различных основах при экспериментальном режиме моделирования

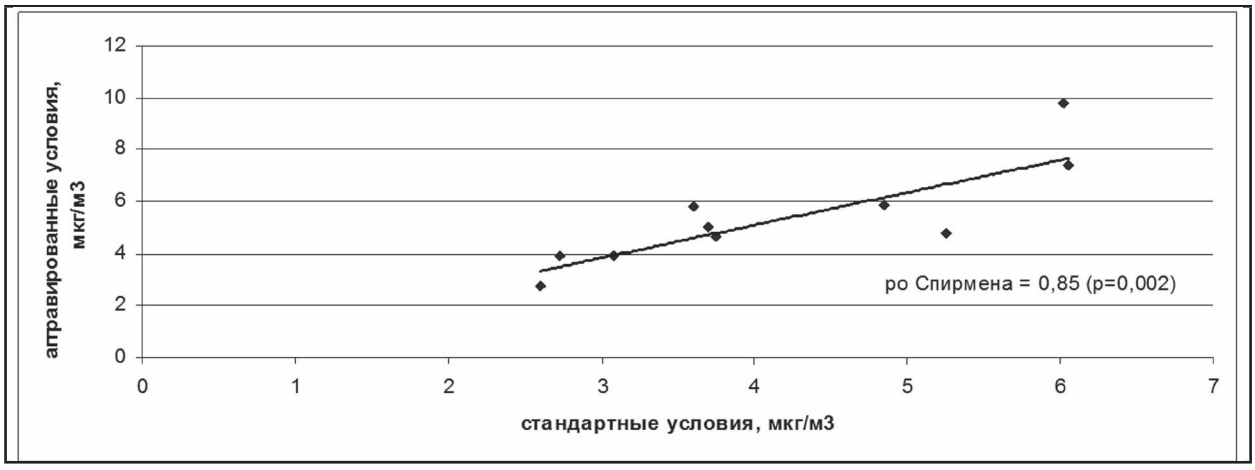


Рисунок 3 — Корреляционная зависимость миграции формальдегида из ПОИМ при различных температурных условиях моделирования

Выводы. Количественно-качественный эмиссионный профиль химических веществ, мигрирующих из ПОИМ, зависит от полимерной основы и включает следующие вещества: формальдегид, хлористый водород, акрилонитрил, стирол, метанол, аммиак, метилметакрилат, бутилацетат, фенол.

Формальдегид является наиболее распространенным загрязнителем и может выступать универсальным индикатором качества воздушной среды, обусловленной влиянием ПОИМ.

При аггравации температурных условий моделирования (повышение температуры на 10 °С) наблюдается более быстрое наступление динамического равновесия миграции химических веществ, что позволяет рекомендовать данный методический прием при ускоренной гигиенической оценке ПОИМ.

Литература

1. Факторы риска внутрижилищной среды для здоровья населения / Н.М. Чубирко [и др.] // Гигиена и санитария. – 2004. – № 5. – С. 67–68.

2. European Collaborative Action (ECA). Risk assessment in relation to indoor air quality / European commission // Office for Publications of the European Communities. – Luxembourg, 2000. – Report № 22. – P. 17–25.

3. Chuck, Yu. A review of the emission of VOCs from polymeric materials used in buildings / Yu. Chuck, D. Crump // Building and Environment. – 1998. – Vol. 33, № 6. – P. 117–127.

4. ISO 16000-9-2006. Indoor Air – Part 9: Determination of the Emissions of Volatile Organic Compounds – Emission Test Chamber Method. – Brusel, 2006. – 22 p.

5. Zhang, Y. Influence of temperature on formaldehyde emission parametres of dry building materials / Y. Zhang, X. Luo., X. Wang // Atmospheric Environment. – 2007. – Vol. 41. – P. 3203–3216.

STUDY OF CHEMICALS EMISSION FROM POLYMER FINISHING AND INTERIOR MATERIALS AT DIFFERENT TEMPERATURE CONDITIONS OF MODELING

Vasilkevich V.M., Polovinkin L.V., Crimskaia T.P.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The migration of chemicals from the finishing and interior materials at different temperature and exposure time has been studied. It is established that the temperature accelerates the occurrence of dynamic equilibrium aggravation and can be used for rapid hygienic assessment of finishing and interior materials.

Keywords: finishing and interior materials, the temperature aggravation, the emission of chemical substances, chemical substances.

Поступила 17.05.2013

СОСТОЯНИЕ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ ПОСЛЕ ТРЕХ МЕСЯЦЕВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ЭНДОГЕННЫХ НИТРОЗАМИНОВ

Винарская Е.И., Спасская Ю.С., Григоренко Л.Е.
Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева НАМН Украины, Киев, Украина

Реферат. Целью работы являлось установление дозовой зависимости изменений в иммунной системе животных после 3-х мес. воздействия предшественников нитрозаминов (нитрит натрия, тетрациклин).

Установлено, что изолированное действие нитрита натрия приводит к снижению количества естественных киллеров, развитию лимфопении и увеличению относительного числа нейтрофильных гранулоцитов. При увеличении дозы до 20 мг помимо угнетения неспецифических факторов защиты наблюдается иммуносупрессия Т- и В-звеньев иммунитета, а также развитие аутосенсибилизации.

При комбинированном воздействии предшественников нитрозаминов установлена дозовая зависимость иммунологических эффектов, которые характеризуются индукцией вторичного иммунодефицита. Кроме снижения количества форменных элементов крови и аутосенсибилизации наблюдается развитие сенсибилизации к гаптенам. Увеличение дозы нитрита натрия в комбинации до 20 мг приводит к расширению спектра иммунологических эффектов: повышению уровня циркулирующих иммунных комплексов и развитию гиперчувствительности замедленного типа.

Ключевые слова: общетоксические вещества, эндогенные нитрозамины, иммунная система, животные.

Введение. В настоящее время остается ряд нерешенных задач, касающихся проблемы эндогенного синтеза нитрозаминов, которые могут образовываться в организме из предшественников – убиквитарных ксенобиотиков, а также их влияния на иммунную систему и вызванный ими канцерогенный эффект.

Для эндогенного образования нитрозаминов необходимо иметь две составляющие этого процесса, а именно, нитрозирующий компонент (соединения, содержащие нитрогруппы) и вещество, которое нитрозируется под влиянием первого, т.е. соединения, содержащие аминогруппы [1]. Существует два механизма эндогенного образования. Первый механизм – это химическая реакция аминов-предшественников и нитритов, полученных в результате реакции восстановления из нитратов. Второй – нитрозирование осуществляется при участии бактерий, в частности денитрифицирующих, при высоких значениях pH. В этом процессе особое внимание привлекает зависимость интенсивности образования нитрозаминов в организме от исходного количества предшественников и их соотношения. То есть существует зависимость «доза предшественника – интенсивность синтеза» [2].

По сей день важным является поиск таких прогностических критериев, которые позволили бы определить изменения в организме на ранних стадиях воздействия канцерогенов еще до формирования злокачественных новообразований. Прежде всего, это касается изучения состояния иммунной системы, которая играет важную роль в механизмах противоопухолевой защиты организма [3].

Целью данной работы являлось установление дозовой зависимости изменений в иммунной системе животных после 3-х мес. воздействия предшественников нитрозаминов (нитрит натрия, тетрациклин).

Представленные в статье данные являются фрагментом «хронических» экспериментальных исследований [4].

Материал и методы. В эксперименте были использованы 49 беспородных белых крыс, разделенных на 7 групп по 7 особей в каждой: 1 группа – интактный контроль; в опытных группах крысы с питьевой водой изолированно получали: 2 группа – нитрит натрия в дозах 4 мг/жив.; 3 группа – нитрит натрия в дозе 20 мг/жив.; 4 группа – тетрациклин, подмешанный в пищу в дозе 4 мг/жив.; 5 группа – нитрит натрия и тетрациклин в дозах 4 мг/жив.; 6 группа – нитрит натрия в дозе 10 мг/жив. и тетрациклин в дозе 4 мг/жив.; 7 группа – нитрит натрия в дозе 20 мг/жив. и тетрациклин в дозе 4 мг/жив.

При выборе доз исследуемых веществ руководствовались, прежде всего, данными предыдущих исследований, которые свидетельствуют, что при использовании таких концентраций в живом организме происходит эндогенный синтез канцерогенных нитрозаминов из их химических предшественников. С другой стороны, учитывались реальные уровни этих веществ в окружающей среде, которые могут поступать в организм [1].

Изучение состояния иммунной системы подопытных животных осуществляли через 3 мес. перорального воздействия нитрита натрия и тетрациклина. Для оценки иммунологических эффектов была выбрана оптимальная схема, обеспечивающая характеристику различных составляющих иммунной системы. В работе использованы следующие методы: определение содержания лейкоцитов в периферической крови и их клеточного состава, определение количества Т- и В-лимфоцитов; реакция фагоцитоза; реакция дегрануляции базофилов (по Шелли); реакция торможения распластывания макрофагов; реакция преципитации циркулирующих иммунных комплексов (далее – ЦИК) раствором полиэтиленгликоля [5].

В реакциях использовались как собственно гаптены, так и тканевой антиген. В качестве последнего применяли водно-солевой экстракт ткани печени крыс.

Расчет и анализ полученных данных проводили с использованием общепринятых методов статистической обработки результатов медико-биологических исследований (с определением среднеарифметических величин показателей, стандартной погрешности, квадратичного отклонения), параметрических методов проверки статистических гипотез (t-критерий Стьюдента).

Результаты и их обсуждение. У животных, которые перорально получали в течение 3-х мес. изолированно и комбинированно тетрациклин и нитрит натрия, были установлены достоверные различия ряда иммунологических и гематологических показателей по сравнению с контролем.

У крыс 2 группы, которые перорально получали нитрит натрия в дозе 4 мг/жив., было выявлено снижение относительного и абсолютного количества лимфоцитов – 71,43±0,78% и 11,41±1,35 × 10^9/л, в интактном контроле эти показатели были 75,71±0,61% и 16,95±1,99× 10^9/л. Кроме того, в данной группе установлено увеличение содержания сегментоядерных нейтрофилов 19,14±0,74%, по сравнению с контролем 15,29±0,52% и общего количества нейтрофильных гранулоцитов 23,14±0,55% против 18,86±0,46% у интактных животных (таблицы 1–2).

Анализ результатов иммунологических исследований позволил установить развитие лейкопении – 12,90±1,45× 10^9/л, в контроле – 22,46±2,69×10^9/л, лимфопении – 69,71±1,15% и 9,03±1,03× 10^9/л, у интактных животных соответственно: 75,71±0,61% и 16,95±1,99×10^9/л, уменьшение абсолютного количества Т-(2,29±0,29)× 10^9/л и В-лимфоцитов (2,03±0,24)×10^9/л против 4,38±0,51 и 3,81±0,41× 10^9/л у крыс 1 группы, а также числа натуральных киллеров 1,29±0,18%, в контроле – 2,14±0,26%. Наблюдалось повышение относительного числа нейтрофильных гранулоцитов – 24,86±1,06% против 18,86±0,46% в 1 группе, в т.ч. и сегментоядерных – 20,86±1,25%, тогда как у интактных животных этот показатель был 15,29±0,52% (таблицы 1, 2).

Результаты постановки реакции Шелли указывают на возникновение у крыс 3 группы слабопозитивной аутосенсибилизации – процент дегранулированных клеток-мишеней составил 12,00±0,87% (таблица 3).

У крыс 4 группы (тетрациклин в дозе 4 мг/жив.) отмечалось уменьшение количества лейкоцитов – 9,53±1,10×10^9/л против 22,46±2,69×10^9/л у интактных животных, снижение абсолютного и относительного числа лимфоцитов – 6,96±0,78×10^9/л и 73,14±0,59%, против 16,95±1,99×10^9/л и 75,71±0,61% в контроле, достоверные изменения в абсолютном количестве Т- и В-лимфоцитов. Число Т-лимфоцитов составляло 1,68±0,19×10^9/л, тогда как в интактном контроле этот показатель был 4,38±0,51×10^9/л, а количество В-лимфоцитов – 1,55±0,21×10^9/л против 3,81±0,41×10^9/л у крыс 1 группы.

В этой группе также зафиксировано снижение абсолютного числа нейтрофилов – 2,14±0,29×10^9/л и фагоцитирующих клеток – 1,93±0,27×10^9/л по сравнению с контролем (соответственно 4,27±0,54 л и 3,65±0,48×10^9/л). Однако относительное число нейтрофильных гранулоцитов – 22,29±0,61%, в т.ч. сегментоядерных нейтрофилов – 18,43±65% и процент активно фагоцитирующих клеток – 90,0±0,69% достоверно были выше по сравнению с интактными животными (соответственно 18,86±0,46, 15,29±0,52 и 85,00±0,58%) (таблицы 1, 2).

Таблица 1 — Гематологические показатели у крыс через 3 мес. воздействия нитрита натрия и тетрациклина

№ группы	Лейкоциты, 10^9/л	Натуральные киллеры, %	Палочкоядерные нейтрофилы, %	Сегмен-тоядерные нейтрофилы, %	Лимфоциты		Нейтрофилы	
					%	10^9/л	%	10^9/л
1	22,46±2,69	2,14±0,26	3,57±0,30	15,29±0,52	75,71±0,61	16,95±1,99	18,86±0,46	4,27±0,54
2	15,99±1,92	* 1,29±0,18	4,00±0,31	* 19,14±0,74	* 71,43±0,78	* 11,41±1,35	* 23,14±0,55	3,71±0,47
3	* 12,90±1,45	* 1,29±0,18	4,00±0,31	* 20,86±1,25	* 69,71±1,15	* 9,03±1,03	* 24,86±1,06	3,17±0,35
4	* 9,53±1,10	1,57±0,20	3,86±0,34	* 18,43±0,65	* 73,14±0,59	* 6,96±0,78	* 22,29±0,61	* 2,14±0,29
5	* 10,01±0,70	* 1,29±0,18	3,29±0,29	* 21,57±1,25	* 70,14±1,14	* 7,02±0,49	* 24,86±1,08	* 2,50±0,22
6	* 9,03±1,05	1,29±0,29	* 4,71±0,29	* 20,86±0,74	* 69,29±0,81	* 6,26±0,74	* 25,43±0,78	* 2,28±0,25
7	* 9,23±0,94	* 1,14±0,14	4,25±0,48	* 24,43±1,11	* 66,71±1,08	* 6,17±0,63	* 28,29±0,97	* 2,60±0,26

Примечание — *Достоверные отличия по сравнению с 1 контрольной группой ($p<0,05$).

Таблица 2 — Иммунологические показатели у крыс через 3 мес. воздействия нитрита натрия и тетрациклина

№ группы	Т-лимфоциты		В-лимфоциты		Количество фагоцитирующих клеток	
	%	г	%	г	%	г
1	25,86±0,59	4,38±0,51	22,71±0,9	3,81±0,41	85,00±0,5	3,65±0,48
2	27,57±0,78	3,12±0,36	24,57±0,61	2,81±0,35	82,86±0,91	3,07±0,40
3	25,29±0,87	* 2,29±0,29	22,57±0,84	* 2,03±0,24	82,29±1,57	2,59±0,28
4	24,14±0,46	* 1,68±0,19	21,86±0,70	* 1,55±0,21	* 90,0±0,69	* 1,93±0,27
5	* 23,14±0,59	* 1,62±0,11	21,43±0,92	* 1,49±0,09	* 77,0±1,0	* 1,92±0,18

Окончание таблицы 2

6	21,29±0,68*	1,34±0,18*	21,57±0,69	1,34±0,15*	82,57±0,84*	1,88±0,21*
7	20,86±0,51*	1,28±0,14*	20,0±0,62*	1,23±0,12*	79,57±1,65*	2,07±0,22*
Примечание — *Достоверные отличия по сравнению с 1 контрольной группой (p<0,05).						

Таблица 3 — Процент дегранулированных базофильных гранулоцитов

№ группы	% дегранулированных базофилов (тканевой антиген – печень)*	% дегранулированных базофилов (гаптен – тетрациклин)*	% дегранулированных базофилов (гаптен – нитрит натрия)*
1	4,00±0,87	2,29±0,81	2,86±0,74
2	8,00±0,87	–	6,86±0,74
3	12,00±0,87	–	9,71±0,81
4	10,86±1,14	9,14±1,14	
5	10,29±0,81	10,86±1,14	12,57±1,04
6	12,00±1,23	12,57±0,57	13,71±0,81
7	14,86±0,74	13,14±0,74	15,43±0,57
Примечания: 1 * От 10 до 20% – реакция слабопозитивная. 2 * От 20 до 30% – реакция позитивная. 3 * 30% – реакция резкопозитивная.			

У животных 4 группы также было установлено развитие гиперчувствительности немедленного типа, а именно, аутосенсибилизация (таблица 3). Сыворотки крови крыс вызывали повышенную дегрануляцию базофильных гранулоцитов в присутствии тканевого антигена – 10,86±1,14%.

У животных 5 группы после комбинированного воздействия в течение 3-х мес. нитрита натрия (4 мг/жив.) и тетрациклина (4 мг/жив.) регистрировалось развитие лейкопении – 10,01±0,70×10^9/л, в контроле – 22,46±2,69×10^9/л и лимфопении, о чем свидетельствует снижение относительного 70,14±1,14% и абсолютного 7,02±0,49×10^9/л числа лимфоцитов в крови животных по сравнению с контролем (соответственно 75,71±0,61% и 16,95±1,99×10^9/л) (таблица 1).

Известно, что естественные киллеры (NK-клетки) осуществляют цитотоксичность, не требуя участия антител и системы комплемента. Клетками-мишенями для действия NK могут быть практически все ядерные клетки. Но наибольшую активность они проявляют по отношению к опухолевым клеткам. Комбинированное воздействие изучаемых соединений в течение 3-х мес. приводило к уменьшению количества естественных киллеров (1,29±0,18 против 2,14±0,26% в контроле), что может оказать негативное влияние на противоопухолевую защиту. Также у этих животных установлено уменьшение абсолютного числа – 2,50±0,22×10^9/л и рост относительного количества нейтрофильных гранулоцитов – 24,86±1,08%, в контроле – 18,86±0,46%. При этом их фагоцитарная активность была снижена, на что указывает уменьшение абсолютного и относительного количества фагоцитирующих клеток – 77,0±1,0% и 1,92±0,18×10^9/л против 85,00±0,58% и 3,65±0,48×10^9/л в контроле (таблицы 1? 2).

Угнетение неспецифических факторов защиты сопровождалось развитием иммуносупрессии по Т-клеточному типу, о чем может свидетельствовать снижение относительного – 23,14±0,59% и абсолютного – 1,62±0,11×10^9/л числа Т-лимфоцитов (в контроле соответственно 25,86±0,59% и 4,38±0,51×10^9/л). У животных этой группы также установлено уменьшение абсолютного числа В-клеток – 1,49±0,09×10^9/л, тогда как в контроле – 3,81±0,41×10^9/л (таблица 2).

Результаты постановки реакции Шелли показали, что сыворотки крови крыс 5 группы усиливали дегрануляцию базофильных гранулоцитов в присутствии тканевого антигена – процент дегранулированных клеток-мишеней составил 10,29±0,81%, а к гаптенам тетрациклина и нитрита натрия соответственно 10,86±1,14% и 12,57±1,04%, что указывает на развитие слабовыраженной аутосенсибилизации и сенсибилизации организма (таблица 3).

Комбинированное 3-месячное воздействие тетрациклина в дозе 4 мг/жив. и нитрита натрия в дозе 10 мг/жив. (6 группа) приводило к развитию лейкопении – 9,03±1,05×10^9/л, в контроле – 22,46±2,69×10^9/л, лимфопении – 69,29±0,81% и 6,26±0,74×10^9/л, у контрольных животных эти показатели соответственно 75,71±0,61% и 16,95±1,99×10^9/л.

Зарегистрировано также уменьшение абсолютного количества нейтрофильных гранулоцитов – 2,28±0,25×10^9/л и активно фагоцитирующих клеток – 1,88±0,21×10^9/л, в контроле – 4,27±0,54 л и 3,65±0,48×10^9/л. Относительное число фагоцитов у опытных животных также было ниже и составляло 82,57±0,84%, тогда как в контроле – 85,00±0,58%. При этом доля нейтрофилов у животных 6 опытной группы – 25,43±0,78%, в т.ч. сегментоядерных – 20,86±0,74% и палочкоядерных – 4,71±0,29%, была достоверно выше по сравнению с животными 1 группы (соответственно 18,86±0,46%, 15,29±0,52 и 3,57±0,30%) (таблицы 1? 2).

Наблюдалась также супрессия Т-клеточного звена иммунитета. Количество Т-лимфоцитов у крыс 6 группы было снижено до 1,34±0,18×10^9/л и 21,29±0,68% по сравнению с контролем – 4,38±0,51×10^9/л и 25,86±0,59%. Кроме того, в данной группе зафиксировано уменьшение абсолютного числа В-клеток – 1,34±0,15×10^9/л, в контроле они составляли 3,81±0,41×10^9/л.

Результаты постановки реакции Шелли свидетельствуют о развитии у крыс этой группы слабопозитивной аутосенсибилизации 12,00±1,23% дегранулированных базофилов и сенсибилизации к тетрациклину и нитриту натрия (соответственно 12,57±0,57% и 13,71±0,81%) (таблица 3).

У животных 7 группы, получавших в комбинации с тетрациклином самую высокую дозу нитрита натрия (20 мг/жив.), установлено уменьшение количества лейкоцитов – 9,23±0,94×10^9/л, в контроле – 22,46±2,69×10^9/л, абсолютного – 6,17±0,63×10^9/л и относительного – 66,71±1,08 % числа лимфоцитов, в контроле соответственно 16,95±1,99×10^9/л

и 75,71±0,61% (таблица 1). Также выявлено уменьшение количества естественных киллеров – 1,14±0,14 против 2,14±0,26%, абсолютного числа нейтрофилов – 2,60±0,26×10^9/л и активно фагоцитирующих нейтрофильных гранулоцитов 2,07±0,22×10^9/л, тогда как в контроле эти показатели составили соответственно 4,27±0,54 л и 3,65±0,48×10^9/л. Несмотря на повышение относительного количества нейтрофильных гранулоцитов (28,29±0,97 против 18,86±0,46% в контроле), в т.ч. и сегментоядерных (24,43±1,11%, в контроле – 15,29±0,52%), число активно фагоцитирующих клеток было понижено (соответственно 79,57±1,65%, в 1 группе – 85,00±0,58%) (таблицы 1–2).

На фоне снижения активности неспецифических факторов защиты наблюдалось угнетение клеточного и гуморального звеньев иммунной системы. На это указывало уменьшение относительного и абсолютного количества Т-лимфоцитов – 20,86±0,51% и 1,28±0,14×10^9/л, в 1 группе – 25,86±0,59% и 4,38±0,51×10^9/л и В-клеток 20,0±0,62% и 1,23±0,12×10^9/л против 22,71±0,97% и 3,81±0,41×10^9/л у интактных животных (таблица 2).

Сыворотки крови животных в присутствии антигена вызывали уменьшение функциональной активности макрофагов – их способности к распластыванию. Индекс торможения распластывания был ниже 0,8, что свидетельствует о развитии гиперчувствительности замедленного типа. У крыс этой группы также было зафиксировано возникновение слабопозитивной аутосенсибилизации (14,86±0,74% дегранулированных базофилов) и сенсибилизации к тетрациклину и нитриту натрия (соответственно процент дегранулированных клеток составлял 13,14±0,74 и 15,43±0,57%) (таблица 3).

Влияние высокой дозы нитрита натрия (20 мг/жив.) в комбинации с тетрациклином (7 группа) приводило и к накоплению количества циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови животных (86,71±12,92 против 58,43±6,68 в контроле) (таблица 4).

Таблица 4 — Уровень циркулирующих иммунных комплексов в крови крыс через 3 мес. воздействия нитрита натрия и тетрациклина

№ группы	Концентрация ЦИК, ед. екстинкции
1	58,43±6,68
2	74,43±7,75
3	91,14±15,47
4	46,86±5,46
5	61,57±10,54
6	84,29±9,57
7	86,71±12,92*
Примечание — *Достоверная разница показателей по сравнению с контрольной 1 группой ($p<0,05$).	

Выводы:

1. Результаты исследований показали, что характер и выраженность выявленных иммунологических эффектов зависят от дозы и типа воздействия (изолированного или комбинированного) исследуемых веществ (нитрит натрия, тетрациклин).

2. Иммунологическая картина, которая развивается при изолированном действии нитрита натрия в дозе 4 мг/жив. в течение 3 мес., характеризуется снижением количества естественных киллеров, развитием лимфопении и увеличением относительного количества нейтрофильных гранулоцитов. При увеличении дозы до 20 мг/жив. к выявленным эффектам присоединяется угнетение Т- и В-звеньев иммунитета и развитие аутосенсибилизации.

3. Установлено, что иммунологические эффекты при комбинированном воздействии предшественников нитрозаминов характеризуются индукцией вторичного иммунодефицита и имеют дозовую зависимость. Через 3 мес. на фоне иммуносупрессии по Т- и В-клеточному типам, лейко-лимфопении, уменьшения количества естественных киллеров, снижения фагоцитарной активности нейтрофильных гранулоцитов, сенсибилизации, аутосенсибилизации, при увеличении в комбинации дозы нитрита натрия до 20 мг выявляется еще и повышение уровня циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови и развитие гиперчувствительности замедленного типа.

Литература

1. Експериментальне вивчення кількісних параметрів синтезу канцерогенних N-нітрозамінів із їх хімічних попередників / І.О. Черниченко [та ін.] // Гігієна населених місць: зб. наук. праць. – Київ, 2005. – Вип. 45. – С. 169–174.

2. Naylor, S.L. Bacteria, nitrite, N-nitroso compounds and gastric cancer / S.L. Naylor // J. Med. Microbiol. – 1997. – Vol. 46, № 12. – P. 1054–1055.

3. Ассесорова, Ю.Ю. Предшественники N-нитрозосоединений в питьевой воде и заболеваемость злокачественными новообразованиями органов пищеварения в Ташкенте / Ю.Ю. Ассесорова, Л.А. Пономарева, Г.В. Киреев // Гигиена и санитария. – 2011. – № 1. – С. 39–42.

4. Спаська, Ю.С. Стан імунної системи через 1 місяць впливу різних доз попередників ендогенного синтезу нітрозамінів (нітрит натрію, тетрациклін) / Ю.С. Спаська [та ін.] // Гігієна населених місць: зб. наук. праць. – Київ, 2012. – Вип. 60. – С. 151–158.

5. Методи імунноаналізу в інфекційній і клінічній імунології: навчал. посібник / Ю.Л. Валянський [та ін.]. – Харків: Стиль издат, 2011. – 112 с.

STATE OF IMMUNE SYSTEM AFTER THREE MONTHS' EXPOSURE WITH ENDOGENOUS NITROSOAMINE PRECURSORS

Vinarskaia Ye.I., Spasskaia Yu.S., Grigorenko L.Ye.

A.N. Marzeyev Institute for Hygiene and Medical Ecology, Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The objective of the work is to establish a dose-dependent changes in the immune system of animals after three months exposure of nitrosoamine precursors (sodium nitrite, tetracycline).

It has been found that the isolated action of sodium nitrite leads to a decrease of natural killer cells, and it promotes lymphopenia and an increase in the relative number of neutrophils. By increasing the dose to 20 mg in addition to the oppression of non-specific defense factors it is observed the immunosuppression of T-and B-components of immunity, as well as the development of autosensibilization.

Under the combined effects of the nitrosamines precursors immunological effects are characterized by induction of secondary immunodeficiency.

The dose dependence was determined. In addition to reducing the number of blood cells and autosensibilization, there is the development of sensitization to haptens.

Increasing the NA dose to 20 mg leads to a widening of the spectrum of the immunological effects – to increase the level of circulating immune complexes and the development of hypersensitivity of delayed type.

Keywords: toxic substances, endogenous nitrosoamines, immune system, animals.

Поступила 08.04.2013

НЕСЕДИМЕНТИРУЕМАЯ АКТИВНОСТЬ B-D-ГАЛАКТОЗИДАЗЫ ЛИЗОСОМ ГЕПАТОЦИТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕСТА С НАРАСТАЮЩИМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ НЕИОННОГО ДЕТЕРГЕНТА ПРИ ТОКСИЧЕСКОМ ПОРАЖЕНИИ ПЕЧЕНИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ И ПРОВЕДЕНИИ СОРБЦИОННОЙ ДЕТОКСИКАЦИИ

Глинская Т.Н.[1], Зиновкина В.Ю.[2]

[1]Республиканский научно-практический центр трансфузиологии и медицинских биотехнологий;
[2]Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Проведен анализ динамики неседиментируемой активности β-D-галактозидазы в ткани печени под влиянием нарастающих концентраций неионного детергента тритона Х-100 (ТрХ-100) на различных этапах хронического токсического поражения печени (далее – ХТПП) четыреххлористым углеродом. Проведена оценка влияния на состояние лизосомальных мембран ткани печени курсовой семидневной энтеросорбции (далее – ЭС) по результатам теста с нарастающими концентрациями неионного детергента тритона Х-100.

Ключевые слова: токсическое поражение печени, лизосомальные мембраны, нагрузочные пробы, β-D-галактозидаза, неседиментируемая активность, ЭС.

Введение. β-D-галактозидаза(3.2.1.22.) – легко солюбилизирушийся матричный фермент [1, 2]. Природными субстратами, атакуемыми лизосомальными галактозидазами, являются галактозосодержащие гликолипиды и гликопротеиды. β-D-галактозидаза гидролизует лактозу, терминальные остатки от гликолипидов, гликопротеинов, кератин-сульфата, комплекс хондроитинсульфат-белок [3]. Ингибирующей активностью по отношению к данному ферменту обладают нейтральные фосфолипиды. Изменение активности этого фермента наблюдается при токсических поражениях печени, диффузном разрастании соединительной ткани в ходе формирования цирроза [4], некоторых системных заболеваниях соединительной ткани. Изучение состояния лизосомальных мембран с помощью определения неседиментируемой активности β-D-галактозидазы позволит оценить функциональное состояние клеток печени при хронических токсических поражениях органа, прогнозировать течение процесса и эффективность применяемой терапии.

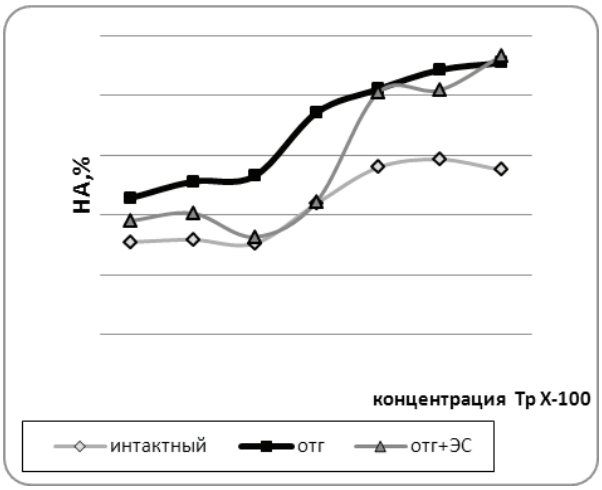
Цель исследования – изучить состояние лизосомальных мембран гепатоцитов в различные сроки токсического поражения печени и под влиянием сорбционной детоксикации по динамике неседиментируемой активности β-D-галактозидазы с помощью теста на чувствительность к нарастающим концентрациям неионного детергента тритона Х-100.

Материал и методы. Моделирование хронического токсического поражения печени ХТПП в условиях эксперимента у крыс осуществлялось четыреххлористым углеродом по стандартной методике. Сроки моделируемой патологии составили 7 сут (острое токсическое поражение печени – ОТПП); 26 сут; 6, 10, 20 и 36 недель. Курсовая ЭС (семикратно зондовым методом) проводилась углеволокнистым сорбентом вауленом. Для оценки состояния лизосомальных мембран гепатоцитов проводился тест на чувствительность к нарастающим концентрациям неионного детергента тритона Х-100. В основе теста лежит определение неседиментируемой активности гидролазы – β-D-галактозидазы при концентрациях детергента соответственно 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5% и сравнение уровня активности гидролазы с донагрузочным значением. Реакция на применение низких концентраций тритона Х-100 косвенно отражает прочность связи ферментов с мембраной лизосом, а реакция на применение высоких концентраций детергента (0,2; 0,5%) в большей степени характеризует повреждаемость мембран органелл. В вышеперечисленные сроки развития ХТПП в группах без проведения ЭС и после курсовой ЭС определялась неседиментируемая активность β-D-галактозидазы, проводился тест на чувствительность мембран лизосом к нарастающим концентрациям тритона Х-100. Контролем служили результаты теста в группе без токсического поражения печени и без ЭС [5].

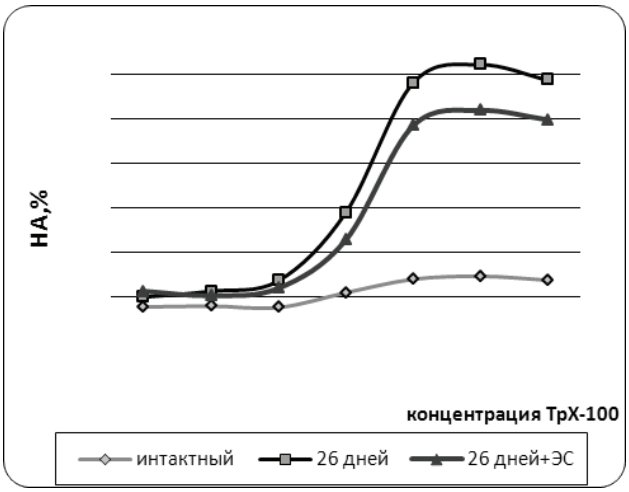
Результаты и их обсуждение. Проведение теста в контрольной группе характеризовалось колебаниями уровней неседиментируемой активности β-D-галактозидазы при низких концентрациях детергента (в пределах 77,2–79,2% к исходному уровню активности фермента в супернатанте до воздействия детергента – 19,2±2,16 нМ/мин×г ткани). Уровни активности при этом достоверно не отличались от исходного уровня. Чувствительность мембран к более высоким концентрациям детергента (0,1; 0,2, 0,5%) была выше и составляла 137,5–146,4% к исходному уровню, максимум значения неседиментируемой активности зарегистрирован при концентрации 0,2% (146,4% к исходному уровню активности фермента, $p<0,05$). Таким образом, кривая активности имела однопиковый характер с достоверным подъемом активности при концентрации 0,2%.

При остром токсическом поражении печени происходил рост неседиментируемой активности β-D-галактозидазы в 1,3 раза ($p<0,05$) по отношению к уровню интактного контроля. Тест на чувствительность мембран лизосом к нарастающим

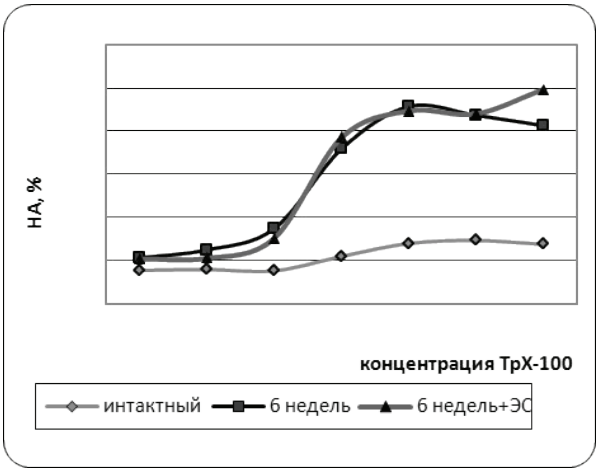
концентрациям тритона Х-100 характеризовался умеренным подъемом неседиментируемой активности гидролазы при низких концентрациях неионного детергента (в пределах 114,2–132,5%) и существенным ростом показателя (в 1,9–2,3 раза) при концентрациях 0,05–0,5%, достигающим 227,1% к исходному уровню активности фермента ($p<0,001$) при концентрации тритона Х-100, равной 0,5%.



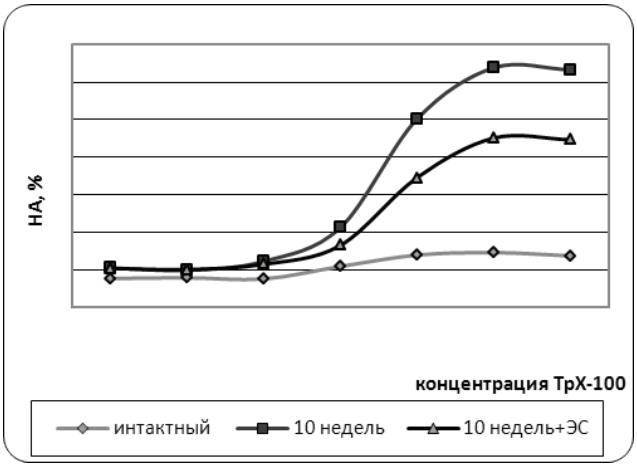
А) ОТГ



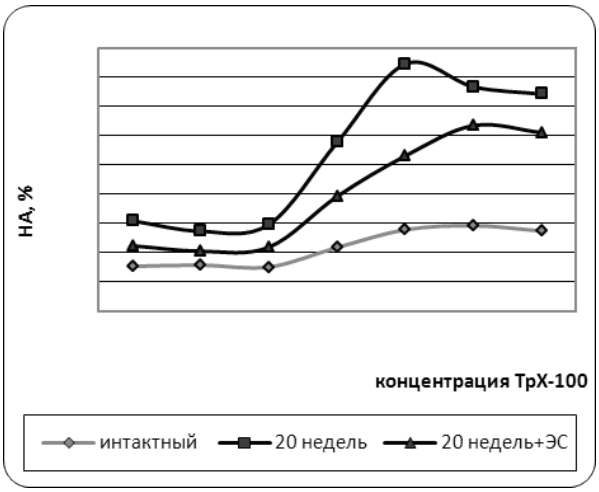
Б) ХТПП – 26 дней



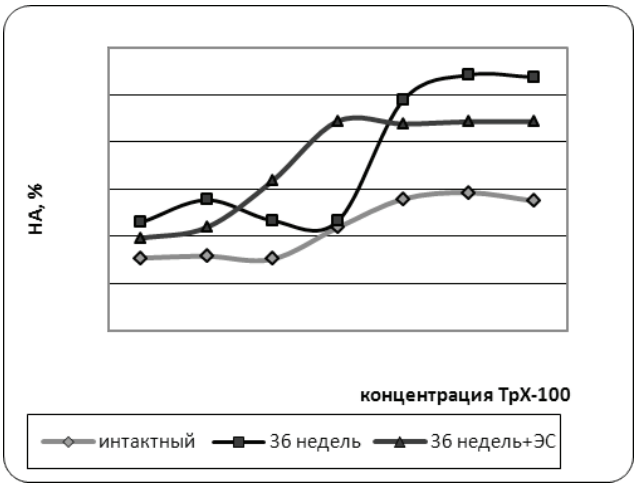
В) ХТПП 6 недель



Г) ХТПП 10 недель



Д) ХТПП 20 недель



Е) ХТПП 36 недель

Рисунок — Динамика неседиментируемой активности (НА) β-D-галактозидазы лизосом гепатоцитов при тестировании с нарастающими концентрациями тритона ТрХ-100 в различные сроки токсического поражения печени (далее – ТПП) и на фоне ЭС: А – острое токсическое поражение (ОТГ – 7 сут); Б – ХТПП (26 сут); В – ХТПП (6 недель); Г – ХТПП (10 недель); Д – ХТПП (20 недель); Е – ХТПП (36 недель), % к исходному уровню НА

Как видно из рисунка 1А, кривая имела тенденцию к росту активности фермента по мере нарастания концентрации детергента. Рост неседиментируемой активности β-D-галактозидазы и результаты теста с нарастающими концентрациями

тритона Х-100 свидетельствуют о значимом повышении проницаемости лизосомальных мембран гепатоцитов под влиянием токсического гепатотропного агента.

Проведение ЭС при остром токсическом поражении печени сопровождалось незначительным снижением исходного уровня активности гидролазы в супернатанте (менее 10% по отношению к досорбционному уровню, $p>0,05$). Характер кривой неседиментируемой активности β-D-галактозидазы при низких концентрациях детергента приближался к значениям в контрольной группе, регистрировался рост неседиментируемой активности в пределах 81,5–111,0% (в контроле соответственно 76,0–109,4%) к исходному уровню активности фермента.

Данная динамика отражает позитивный эффект сорбционной детоксикации и свидетельствует о формировании срочных механизмов компенсации за счет усиления связи фермента с мембранами лизосом. Однако при высоких концентрациях детергента рост уровней неседиментируемой активности β-D-галактозидазы по отношению к исходному значению на фоне ЭС практически не отличался от реакции в группе животных без проведения сорбционной детоксикации (рост в 2,0–2,3 раза). Пик неседиментируемой активности гидролазы также регистрировался при максимальной концентрации детергента (0,5%).

Результаты теста свидетельствуют о включении срочных механизмов компенсации под влиянием сорбционной детоксикации и о наличии повреждаемости мембран лизосом под влиянием высоких концентраций неионного детергента в результате повышенной проницаемости лизосомальных мембран.

При 26-дневном хроническом токсическом поражении печени исходный уровень неседиментируемой активности β-D-галактозидазы практически не отличался от значений активности фермента при остром токсическом поражении органа. Неседиментируемая активность β-D-галактозидазы имела значение 24,6±2,06 нМ/мин×г ткани, уровень активности превышал исходный в контрольной группе в 1,3 раза ($p<0,05$).

На данном этапе эксперимента начинается формирование компенсаторных реакций на субклеточном и клеточном уровнях за счет усиления процессов синтеза фермента [5]. Следствием этого является тенденция к сближению характера кривых, отражающих уровни неседиментируемой активности β-D-галактозидазы при различных концентрациях неионного детергента, при его низких и средних концентрациях.

Проведение теста с нарастающими концентрациями тритона Х-100 в сроке моделируемой патологии 26 дней характеризовалось относительно низкой чувствительностью к наименьшим концентрациям неионного детергента (0,005–0,02%) с пропорциональным ростом уровней неседиментируемой активности β-D-галактозидазы в пределах 99,6–136,2% к исходному уровню активности фермента (рост активности до уровня 136,2% при концентрации 0,02%, $p<0,05$).

При более значимых концентрациях тритона Х-100 регистрировался достоверный, весьма значимый рост неседиментируемой активности гидролазы по отношению к исходному уровню в пределах от 2,9 раза (при концентрации детергента 0,05%) до 6,2 раза (при концентрации детергента 0,2%). При максимальной концентрации 0,5% уровень неседиментируемой активности фермента превышал исходный в 5,9 раза.

Для данной стадии хронического токсического поражения печени особенно характерна высокая чувствительность лизосомальных мембран к наибольшим концентрациям тритона Х-100, что свидетельствует о значимой повреждаемости мембран лизосом и их повышенной проницаемости (рисунок 1Б).

На фоне ЭС при 26-дневном сроке хронического токсического поражения печени снижалась неседиментируемая активность β-D-галактозидазы, исходный уровень активности при этом достигал 75,6% ($p<0,05$) от величины, регистрируемой в том же сроке токсического поражения без сорбционной детоксикации, и достоверно не отличался от контроля. Проведение теста с нарастающими концентрациями неионного детергента на фоне ЭС сопровождалось сохранением динамики кривой при самых низких концентрациях тритона Х-100 (0,005–0,01%), выраженной чувствительностью к средним и высоким концентрациям (0,02–0,5%). Диапазон колебаний неседиментируемой активности β-D-галактозидазы при концентрациях детергента 0,02–0,5% на фоне проведения ЭС составлял 119,4–519,4% по отношению к исходному уровню. Тем не менее, значения активности были меньше, чем в группе, не получавшей детоксикационную терапию в 1,2–1,7 раза ($p<0,05$), а степень реакции по отношению к исходному уровню была заметно ниже (максимум подъема к исходному уровню на фоне ЭС – в 5,2 раза при концентрации детергента 0,2%, без проведения ЭС – 6,2 раза при той же концентрации).

Данный факт свидетельствует о позитивном влиянии ЭС на состояние лизосомальных мембран и, следовательно, на степень процессов повреждения, что требует меньшей активности гидролазы для реализации специфических реакций. Происходит как усиление связи фермента с мембраной лизосом, так и снижение проницаемости мембран органелл.

В сроке моделируемой патологии ХТПП 6 недель исходный уровень неседиментируемой активности β-D-галактозидазы превысил уровень интактного контроля в 1,8 раза ($p<0,05$), а уровень неседиментируемой активности фермента в сроке моделируемой патологии 26 дней – в 1,4 раза ($p<0,05$), что свидетельствует о начале стадии формирования компенсаторных реакций за счет усиления синтеза ферментов. При проведении нагрузочного теста с нарастающими концентрациями тритона Х-100 в сроке моделируемой патологии 6 недель был выявлен существенный рост неседиментируемой активности β-D-галактозидазы по отношению к исходному уровню активности фермента при всех концентрациях тритона Х-100, более значимый, чем у интактного контроля (рис. 1В). Диапазон колебаний степени превышения уровней активности фермента по отношению к исходному значению составлял от 106,3% ($p<0,05$) (концентрация детергента 0,005%) до 457,4% ($p<0,05$) (концентрация детергента 0,1%). Неседиментируемая активность β-D-галактозидазы была достоверно выше (в 1,4–1,8 раза), чем аналогичные значения активности на предыдущем этапе моделируемой патологии (26 дней) при концентрациях неионного детергента тритона Х-100, равных 0,005–0,1%. Кривая активности β-D-галактозидазы при шестинедельном сроке моделируемой патологии имела тенденцию к значимому подъему при концентрациях детергента 0,05% и выше с максимумом при концентрации 0,1% и сохранением высоких значений активности фермента при концентрациях тритона Х-100, равных 0,2 и 0,5%.

Такие изменения неседиментируемой активности β-D-галактозидазы косвенно отражают достаточное развитие компенсаторных реакций, обусловленных процессами синтеза, и формирование фиброгенеза, требующего участия в нем фермента [5].

Динамика активности β-D-галактозидазы свидетельствует о повышении стабильности мембран лизосом и снижении степени их повреждаемости, несмотря на продолжающееся воздействие повреждающего агента за счет реализации имеющихся функциональных резервов.

Проведение ЭС в шестинедельном сроке моделируемой патологии сопровождалось недостоверным снижением исходного уровня неседиментируемой активности β-D-галактозидазы (на 13,0%) по отношению к группе без ЭС. Проведение нагрузочного теста с неионным детергентом характеризовалось менее значимым подъемом неседиментируемой активности при низких концентрациях детергента (0,005–0,02%), при концентрациях 0,01 и 0,02% уровень неседиментируемой активности по отношению к группе без ЭС снижался в 1,3 раза ($p<0,05$). При более высоких концентрациях детергента различия и в абсолютных значениях активности β-D-галактозидазы и в относительных величинах по отношению к исходному уровню неседиментируемой активности на фоне ЭС и без нее практически отсутствовали.

Рост активности гидролаз при высоких концентрациях тритона Х-100 косвенно свидетельствует о начале активного процесса регуляции фиброгенеза, данный процесс имеет место и на фоне проведения ЭС: при высоких концентрациях детергента 0,2–0,5% абсолютные значения подъема неседиментируемой активности β-D-галактозидазы на фоне ЭС в данном сроке моделируемой патологии практически не отличались, как и характер кривой, построенной по результатам теста, от значений при токсическом поражении печени без ЭС.

При длительности эксперимента 10 недель тенденции, выявленные на предыдущем сроке токсического поражения печени, усиливались. Отмечался высокий уровень неседиментируемой активности β-D-галактозидазы (50,2±3,27 нМ/мин×г ткани), превышающий показатель для интактного контроля в 2,6 раза, а то же значение, регистрируемое на предыдущем сроке токсического поражения (6 недель), в 1,4 раза. На фоне продолжающейся интоксикации снижалась чувствительность мембран к низким концентрациям неионного детергента (0,005–0,02%). Кривая результатов теста на начальном отрезке принимала более пологий характер, рост неседиментируемой активности при концентрации детергента 0,05% составил к исходному уровню 212,5% (в сроке 6 недель – 359,1%) или реакция активности гидролазы была ниже в 1,7 раза ($p<0,05$). При высоких концентрациях детергента наблюдалась тенденция к дальнейшему росту реакции со стороны неседиментируемой активности (до 501,8–638,4% к исходному значению), с максимумом при концентрации 0,2%. При этом абсолютные значения неседиментируемой активности β-D-галактозидазы превышали уровень активности фермента на стадии шестинедельного токсического поражения печени при максимальных концентрациях тритона Х-100 (0,2 и 0,5%), степень превышения была значимой (соответственно в 1,6 и 2,0 раза, $p<0,05$).

Показатели неседиментируемой активности β-D-галактозидазы при проведении нагрузочного теста с неионным детергентом свидетельствуют о дальнейшем развитии реакций компенсации в ходе моделируемой патологии.

На фоне проведения курсовой ЭС в сроке токсического поражения печени 10 недель неседиментируемая активность β-D-галактозидазы достоверно снижалась: исходный уровень активности (без нагрузки тритоном Х-100) – в 1,5 раза ($p<0,05$) по отношению к группе без детоксикации; в ходе проведения нагрузочного теста – в 1,5–2,2 раза.

Характер нагрузочной кривой при высоких концентрациях детергента свидетельствует об изменении степени повреждаемости лизосом на фоне проведения энтеральной детоксикации. Подъем активности гидролазы при высоких концентрациях детергента был выражен менее значимо (рисунок 1Г).

Дальнейшее проведение эксперимента по моделированию хронического токсического поражения печени в течение 20 недель сопровождалось сохранением достаточно высокого уровня исходной неседиментируемой активности β-D-галактозидазы (значение практически не отличалось от исходного, зарегистрированного на предыдущем сроке токсического поражения печени – 6 недель). При проведении теста с нарастающими концентрациями тритона Х-100 наблюдался рост абсолютных значений неседиментируемой активности при самых низких концентрациях детергента (0,005–0,01%) по отношению к исходному уровню неседиментируемой активности (в 1,4–1,5 раза, $p<0,05$) и по отношению к результатам теста на предыдущем этапе токсического поражения (в 1,5 раза, $p<0,05$). Динамика кривой результатов теста с нарастающими концентрациями неионного детергента характеризовалась равномерным подъемом с формированием плато при низких концентрациях детергента (рост до 137,0–155,0% к исходному уровню неседиментируемой активности) и значимым подъемом кривой, начиная с концентрации тритона Х-100 – 0,05%. Пиковое значение неседиментируемой активности (422,1% к исходному уровню) отмечалось при концентрации детергента 0,1%, а в более высоких концентрациях происходил некоторый спад значений активности до уровня 370–380% от исходного уровня (рисунок 1Д).

На данной стадии процесса имеет место сформированный цирроз печени, функциональные резервы поврежденного органа снижаются [5].

Проведение ЭС на этапе 20-недельного хронического токсического поражения печени не сопровождалось изменением исходного уровня неседиментируемой активности β-D-галактозидазы, при проведении нагрузочного теста отмечалось снижение активности гидролазы при всех концентрациях неионного детергента как в абсолютных значениях, так и по отношению к исходному уровню неседиментируемой активности фермента. При низких концентрациях тритона Х-100 кривая, как и в группе без проведения ЭС, имела вид плоского плато (подъем активности по отношению к исходному уровню составил не более 12,0%, $p>0,05$), при больших концентрациях детергента подъем неседиментируемой активности β-D-галактозидазы имел более пологий вид с максимумом при концентрации детергента 0,2% (317,4% к исходному уровню, $p<0,05$) и практически сохранением этого же уровня активности при концентрации детергента 0,5%.

Изменение активности β-D-галактозидазы можно объяснить усилением процессов деградации внеклеточного матрикса под влиянием ЭС в условиях активного фиброгенеза.

На 36-й неделе моделируемой патологии (рисунок 1Е) наблюдался рост неседиментируемой активности β-D-галактозидазы, исходный уровень превышал показатель в группе интактного контроля в 4,0 раза ($p<0,05$) и был в 1,5 раза выше, чем исходный уровень неседиментируемой активности гидролазы на предыдущем этапе моделируемой патологии (20-недельное токсическое поражение печени) ($p<0,05$). Результаты нагрузочного теста показали, что чувствительность мембран лизосом к низким концентрациям детергента сопровождалась ростом неседиментируемой активности β-D-галактозидазы к исходному уровню в пределах 116,2%–138,5% (или до уровня 90,0–111,0 нМ/мин×г ткани). Кривая

значений неседиментируемой активности при проведении теста характеризовалась заметной чувствительностью к наиболее высоким концентрациям детергента (0,1–0,5%), при этом рост активности по отношению к исходному уровню составлял 244,2–270,8% ($p<0,05$).

При проведении ЭС на данном этапе токсического поражения печени отличалось сохранение высокого исходного уровня неседиментируемой активности гидролазы, практически не отличающегося от показателя в группе без проведения энтеральной детоксикации. В то же время результаты теста с нарастающими концентрациями неионного детергента имели существенные отличия от приведенных выше данных в группе без проведения ЭС. Кривая неседиментируемой активности практически не имела фрагмента плато, начиная с концентрации детергента 0,02%, происходил достаточно резкий подъем неседиментируемой активности β-D-галактозидазы с достижением максимального значения при концентрации тритона Х-100, равной 0,05%, и сохранением достигнутого уровня при более высоких концентрациях детергента. При этом рост неседиментируемой активности по отношению к исходному уровню был менее значим, чем в группе с 36-недельным токсическим поражением печени без проведения ЭС (в 1,6–2,2 раза, $p<0,05$ против 2,4–2,7 раза, $p<0,05$).

На фоне проведения ЭС динамика неседиментируемой активности β-D-галактозидазы отражает срыв компенсаторных процессов, развитие периода повторного превалирования патологических реакций (в частности, повреждения) над компенсаторными реакциями.

Заключение. Определение неседиментируемой активности β-D-галактозидазы и динамики активности фермента при проведении теста с нарастающими концентрациями неионного детергента при моделируемой патологии является достаточно информативным для характеристики состояния лизосомальных мембран и выраженности как процессов повреждения, так и реакций компенсации. Анализ полученных результатов позволил сформулировать следующие выводы.

1. Динамика неседиментируемой активности β-D-галактозидазы и результатов теста с нарастающими концентрациями неионного детергента в ходе развития хронического токсического поражения печени носит стадиозависимый характер.

2. На ранних стадиях моделируемой патологии (острое токсическое повреждение печени, 26-дневное хроническое токсическое повреждение печени) изменения состояния лизосомальных мембран, оцениваемые по динамике уровня неседиментируемой активности β-D-галактозидазы при проведении теста с нарастающими концентрациями неионного детергента, свидетельствуют о преобладании патологических реакций над компенсаторными; включение срочных механизмов компенсации.

3. Уровни неседиментируемой активности β-D-галактозидазы и результаты теста с нарастающими концентрациями неионного детергента в сроки 6-10 недель моделируемой патологии свидетельствуют о достаточно значимом развитии реакций компенсации за счет усиления синтетических процессов.

4. На поздних стадиях моделируемой патологии (в сроки 20-36 недель) результаты теста с нарастающими концентрациями неионного детергента свидетельствуют об истощении реакций компенсации, преобладании патологических реакций, обусловленных снижением синтетических процессов в гепатоцитах цирротически измененной печени.

5. Проведение курсовой ЭС оказывает положительное влияние на состояние лизосомальных мембран, оцениваемое по динамике уровня неседиментируемой активности β-D-галактозидазы и результатам теста с нарастающими концентрациями неионного детергента, в сроки моделируемой патологии до 20 недель включительно, на поздней стадии токсического поражения печени эфферентная терапия усугубляет негативные сдвиги, способствуя развитию декомпенсации.

Литература

1. Покровский, А.А. Лизосомы / А.А. Покровский, В.А. Тутельян. – М., 1976. – 582 с.

2. Карташова, О.Я. Компенсаторные реакции в печени при хроническом гепатите / О.Я. Карташова // Материалы науч. сессии ин-та эксперим. и клинич. терапии. – Тбилиси, 1976. – С. 183–185.

3. Страчунский, Л.С. Определение активности лизосомальных гидролаз в плазме крови / Л.С. Страчунский // Лаб. дело. – 1980. – № 6. – С. 329–332.

4. Изменение активности ферментов лизосом в динамике развития цирроза печени крыс / Т.В. Русова [и др.] // Изв. Сиб. отд-ния АН СССР. Сер.биол. – 1980. – № 15/3. – С. 110–115.

5. Хронические поражения печени холестатической и токсической природы (патогенетические аспекты) / А.А. Кривчик [и др.]; под общ ред. А.А. Кривчик, Ф.И. Висмонта. – Минск, 2004. – 184 с.

NON-SEDIMENTIVE ACTIVITY OF B-D-GALACTOSIDASE IN THE LIVER IN TESTING WITH INCREASING CONCENTRATIONS OF THE NON-IONIC DETERGENT TRITON X-100 AT CHRONIC TOXIC LIVER DAMAGE IN THE EXPERIMENT AND SORPTION DETOXICATION

Glinskaya T.N.[1], Zinovkina V.Y.[2]

[1]Republican Scientific and Practical Centre for Transfusion and Medical Biotechnology;
[2]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

We describethe analysisof non-sedimentiveactivity of β-d-galactosidasein liver tissueunder the influenceof increasingconcentrations of non-ionic detergentTriton X-100at different stages ofchronic toxic liver damage by carbon tetrachloride and the state of the lysosomalmembranes ofthe liverseven-daycourse enterosorbtionon the test resultswith increasingconcentrations of thenonionicdetergentTriton X-100.

Keywords: liver toxicity, lysosomal membrane,testswith increasingconcentrations ofTriton X-100, β-d-galactosidase,nonsedimentive activity,enterosorption.

Поступила 26.06.2013

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОУДОБРЕНИЯ «АЗОФОБАКТЕРИН-АФ»

Деменкова Т.В., Будкина Е.А., Ильюкова И.И., Лисовская Г.В.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Биоудобрение «Азофобактерин-АФ» не вызывает дисбиотического действия на нормальную аутофлору толстого кишечника лабораторных животных, при однократном внутрижелудочном введении относится к малоопасным веществам (IV класс), DL_{50} для белых крыс составляет более 5000 мг/кг.

Ключевые слова: биоудобрение, микроорганизмы-продуценты, токсичность.

Введение. Ежегодно для защиты и подкормки сельскохозяйственных культур используются разнообразные химические препараты, которые постепенно уничтожают натуральную полезную микрофлору почвы, нарушают необходимый для растений цикл циркуляции питательных веществ.

Для улучшения плодородия почвы, активизации полезных почвенных микроорганизмов в настоящее время применяются биоудобрения на основе ЭМ-технологии (эффективные микроорганизмы). Благодаря использованию этой технологии в сельском хозяйстве достигается экономически эффективное обеспечение продуктами питания высокого качества при бережном использовании природных ресурсов.

Препарат «Азофобактерин-АФ», являющийся комплексным биоудобрением, получен с использованием почвенных полезных микроорганизмов, которые в совокупности выполняют почти весь спектр функций питания растений, их защиты от болезней и восстановления плодородия почв. Таким образом, биопрепарат «Азофобактерин-АФ» представляет большой практический интерес, так как его использование позволит обеспечить не только высокую урожайность, но и получение экологически чистых продуктов и оздоровление почвенной среды.

Материал и методы. Эксперименты были проведены на беспородных белых крысах, культуре микроорганизма-продуцента биоудобрения «Азофобактерин-АФ» – *Azotobacter chroococcum*. При проведении биохимических исследований использованы тест-наборы производства НТК «Анализ-Х» (БГУ, Минск). В ходе выполнения бактериологических исследований использовали готовые коммерческие среды производства ООО НПЦ «Химмедсинтез» (Республика Беларусь), среды и реактивы Biomerieux S.a. (Франция). Результаты исследований обрабатывались методами параметрической статистики с применением пакета статистических программ «STATISTICA». ≤ Исследования проводили в соответствии с [1–2]. Статистическую достоверность различий оценивали при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Для определения вирулентности микроорганизмов, входящих в состав биоудобрения «Азофобактерин-АФ», культуру микроорганизма-продуцента *Azotobacter chroococcum* вводили белым крысам однократно интраназально в дозах 1 х 10^5, 1 х 10^6; 1 х 10^7; 1 х 10^8; 1 х 10^9 спор на одно животное. Наблюдения за выживаемостью животных и их общим состоянием проводили в течение 30 сут.

Токсичность препарата оценивали при однократном введении в желудок и интраназально белым крысам.

Препарат интрагастрально в виде 50% суспензии с помощью иглы-зонда вводили белым крысам массой 200±10 г, дозы объемно не превышали физиологической вместимости желудка. При определении острой токсичности при интраназальном поступлении препарат вводили в дозе 0,25 мл.

Наблюдение за состоянием животных проводили в течение 14 дней после острого воздействия. Основным критерием токсического действия являлась доза, вызывающая 50% гибель животных. Количественные параметры острой внутрижелудочной токсичности препарата рассчитаны с использованием пробит-анализа кривых летальности методом наименьших квадратов [3]. Параметры острой пероральной токсичности определяли в серии экспериментов на белых беспородных крысах (4 группы по 3 особи в каждой) при введении водных растворов в дозах 2500, 3160, 3980, 5000 мг/кг (по препарату).

Способность препарата оказывать общетоксическое действие оценивали в эксперименте при ежедневном интраназальном введении белым беспородным крысам в течение 30 дней (5 раз в неделю). Использовали суспензию препарата в физиологическом растворе в дозе 0,20 мл. Животным контрольной группы вводили физиологический раствор в эквивалентных объемах.

В ходе эксперимента изучали показатели, отражающие функциональное состояние ряда систем и органов животных. Для оценки функционального проявления кумулятивного действия препарата в эксперименте регистрировали ряд показателей (гематологические, биохимические, относительные коэффициенты массы тела). Полученные результаты подвергали статистической обработке методами, широко используемыми в экспериментальной токсикологии.

Бактериологический анализ проводили в соответствии с Методическими указаниями [4]. Исследования проводили по двум параметрам: характер и степень изменения кишечной микрофлоры для определения дисбиотического действия биоудобрения «Азофобактерин-АФ» и диссеминация микроорганизма-продуцента *Azotobacter chroococcum* во внутренних органах.

При изучении повреждающего действия биоудобрения «Азофобактерин-АФ» на аутофлору лабораторных животных в качестве тест-системы использовали микробиоценоз толстого кишечника.

При определении дисбиотического действия биоудобрения «Азофобактерин-АФ» исследовались две группы животных – контроль и опыт (концентрация препарата не менее 1×10^9кл/г). В ходе испытаний изучались бактериологические показатели микрофлоры кишечника животных (фон, 2 и 4 недели затравки).

Схема проведения бактериологических исследований, микробиологические показатели, состав и способ приготовления питательных сред, используемые для разведения посевного материала, условия культивирования микроорганизмов, способ расчета количества колониеобразующих единиц микроорганизмов на 1 г исследуемого материала соответствовали требованиям Методических указаний [5].

Определение порога диссеминации микроорганизма-продуцента биоудобрения «Азофобактерин-АФ» – *Azotobacter chroococcum* во внутренних органах осуществляли путем посева отпечатков внутренних органов (легкие, сердце, печень, селезенка, почки) на мясопептонном агаре с последующим микроскопированием выросших колоний.

Результаты и их обсуждение. Объектом исследований явился препарат «Азофобактерин-АФ» – комплексное биоудобрение, изготовленное с использованием полезных почвенных микроорганизмов.

Оценка вирулентности культуры микроорганизма-продуцента биоудобрения «Азофобактерин-АФ» – Azotobacter chroococcum.

Однократное интраназальное введение белым крысам культуры микроорганизма-продуцента биоудобрения «Азофобактерин-АФ» *Azotobacter chroococcum* во всех изученных дозах не вызывало у животных клинических симптомов интоксикации и гибели.

Изучение параметров острой токсичности биоудобрения «Азофобактерин-АФ» при внутрижелудочном и интраназальном введении.

Однократное внутрижелудочное введение биоудобрения «Азофобактерин-АФ» во всех изученных дозах не вызывало у подопытных животных проявлений клинических симптомов интоксикации. Гибели животных на протяжении всего периода наблюдений не отмечалось. Таким образом, при однократном введении препарата в желудок белым крысам среднесмертельная доза ($ЛД_{50}$) составляет >5000 мг/кг, что позволяет отнести изученное вещество к малоопасным (IV класс) согласно ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Однократное интраназальное введение белым крысам биоудобрения «Азофобактерин-АФ» в дозе 0,25 мл не вызывало у животных клинических симптомов интоксикации и гибели.

Изучение хронического действия биоудобрения «Азофобактерин-АФ» при интраназальном введении.

Интраназальное введение препарата «Азофобактерин-АФ» в дозе 0,20 мл самцам белых крыс на протяжении 1 мес. не вызывало гибели подопытных животных. Повторное интраназальное введение препарата не приводило к появлению видимых признаков интоксикации, отклонениям в состоянии и внешнем виде, гибель животных в ходе эксперимента не наблюдалась.

Макроскопическое исследование. Внешний осмотр. Контрольные и опытные животные были правильного телосложения. Волосяной покров сплошной, видимые слизистые оболочки и кожные покровы нормальной окраски. Почки обычной формы, на разрезе серовато-вишневого цвета с различимой границей между корковым и мозговым веществами. Капсула гладкая, блестящая, снимается без потери вещества. Поверхность почек после снятия капсулы гладкая, блестящая. Поверхность печени гладкая, края острые, на разрезе темно-красного цвета с кровянистым соскобом. Семенники обычной формы, без видимых изменений.

Как видно из таблицы 1, у подопытных самцов крыс, получавших препарат, обнаружено статистически достоверное увеличение относительного коэффициента массы почек. Относительные коэффициенты массы остальных внутренних органов колебались в пределах физиологической нормы.

Таблица 1 — Относительные коэффициенты массы внутренних органов самцов крыс при интраназальном поступлении биоудобрения «Азофобактерин-АФ», M±m

Показатели, $кг^{-3}$/кг	Группы животных	
	Контроль	«Азофобактерин-АФ»
ОКМ почек	6,4±0,43	7,7±0,24* (t=2,65)
ОКМ печени	33,2±0,99	34,0±1,30
ОКМ селезенки	6,3±0,57	5,4±0,30
ОКМ сердца	3,8±0,15	4,1±0,14
ОКМ надпочечников	0,19±0,013	0,17±0,008

В ходе эксперимента не было отмечено изменений со стороны морфологического состава периферической крови у подопытных животных (таблица 2).

Таблица 2 — Гематологические показатели самцов крыс при интраназальном поступлении биоудобрения «Азофобактерин-АФ», M±m

Показатели	Группы сравнения	
	Контроль	«Азофобактерин-АФ»
Эритроциты, 10^{12}/л	7,09±0,257	7,15±0,17
Лейкоциты, 10^{9}/л	22,56±2,824	25,93±1,145
Гемоглобин, г/л	123,1±3,02	119,4±1,51
Тромбоциты, 10^{9}/л	553,9±55,9	573,6±33,22

При изучении биохимических показателей сыворотки крови (таблица 3) выявлено, что ежедневное поступление препарата на протяжении 1 мес. привело к достоверному снижению концентрации в сыворотке крови белка, а также увеличению концентрации мочевины. Остальные биохимические показатели колебались в пределах физиологической нормы.

Таблица 3 — Биохимические показатели сыворотки крови самцов крыс при интраназальном поступлении биоудобрения «Азофобактерин-АФ», M±m

Показатели	Группы сравнения	
	Контроль	«Азофобактерин-АФ»
Общий белок, г/л	52,5±1,36	38,0±2,08* (t=5,80)
Мочевина, ммоль/л	3,8±0,19	4,5±0,29* (t=2,00)
Хлориды, ммоль/л	106,3±1,81	105,1±1,81
Активность АлАТ, мккат/л	56,5±2,69	59,5±1,25
Активность АсАТ, мккат/л	281,2±11,34	307,9±26,08
Креатинин, мкмоль/л	41,4± 1,66	42,0±2,42

В таблице 4 представлены результаты изучения функционального состояния почек крыс при воздействии препарата. Длительное поступление удобрения вызывало у подопытных животных статистически достоверное увеличение диуреза. Остальные биохимические показатели колебались в пределах физиологической нормы.

Таблица 4 — Показатели функционального состояния почек самцов крыс при интраназальном поступлении биоудобрения «Азофобактерин-АФ», M±m

Изучаемые показатели	Группы сравнения	
	Контроль	«Азофобактерин-АФ»
Диурез, мл/сут	8,08±1,06	12,24±0,99* (t=2,87)
pH, у.е.	7,5±0,27	7,1±0,18
Хлориды, ммоль/л	50,0±12,04	53,3±12,04
Мочевина, ммоль/л	215,9±60,98	145,7±27,08
Общий белок, г/л	1,02±0,266	1,20±0,230

Полученные данные позволяют заключить, что в условиях повторного 30-суточного интраназального введения белым крысам, биоудобрение «Азофобактерин-АФ» вызывает нарушение функции почек. Не отмечено диагностически значимых изменений со стороны изученных физиологических показателей и относительных коэффициентов массы внутренних органов, за исключением почек, кумулятивных эффектов по критерию смертности и результатам изучения ряда морфофункциональных показателей не выявлено.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии у препарата слабовыраженных кумулятивных свойств, коэффициент кумуляции по критерию летальности больше 5. Таким образом, препарат в условиях многократного интраназального поступления оказывает общетоксическое действие на организм подопытных животных с преимущественным нарушением функционального состояния почек.

Бактериологические исследования биоудобрения «Азофобактерин-АФ».

Бактериологические исследования для определения дисбиотического действия проводили в одномесячном эксперименте на самцах белых лабораторных крыс в динамике: до затравки (фон), на 2-й и 4-й неделях затравочного периода. Количество колониеобразующих единиц (далее – КОЕ) определяли как десятичный логарифм числа учтенных колоний, выросших в 1 г образца. Результаты исследований представлены в таблице 5.

Таблица 5 — Оценка дисбиотического действия биоудобрения «Азофобактерин-АФ»

Изучаемые группы микроорганизмов	Фон		2 недели		4 недели	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
МАФАнМ, lg (КОЕ/г)	7,71±0,69	7,75±0,60	7,8±0,65	7,55±0,57	7,88±0,44	7,81±0,45
Кишечные палочки, lg (КОЕ/г)	6,85±0,55	6,94±0,47	6,79±0,50	6,92±0,39	6,79±0,36	6,97±0,53
Лактозонегативные условно-патогенные грамотрицательные бактерии, lg (КОЕ/г)	3,10±0,43	3,21±0,40	3,17±0,34	3,12±0,47	3,08±0,40	3,14±0,46
Стафилококки, lg (КОЕ/г)	3,26±0,29	3,21±0,23	3,27±0,27	3,16±0,28	3,25±0,25	3,10±0,29
Бифидобактерии, lg (КОЕ/г)	9,07±0,42	9,11±0,47	9,02±0,45	9,10±0,49	9,12±0,36	9,08±0,49
Лактобактерии, lg (КОЕ/г)	8,42±0,19	8,38±0,37	8,14±0,56	8,29±0,55	8,07±0,55	8,12±0,55
Дрожжеподобные грибы рода Candida (КОЕ/г)	2,13±0,19	1,97±0,29	2,11±0,15	2,01±0,22	2,10±0,15	2,08±0,18

В посевах фекалий экспериментальных животных, как в опытных, так и контрольной группах, преобладала типичная кишечная палочка, титр бифидобактерий составлял не менее 10^9 в 100% случаев, а титр лактобацилл – не менее 10^8 в 100% случаев, что типично для нормальной микрофлоры кишечника. Изучение микрофлоры в динамике выявило, что данные показатели существенно не изменились после 2-х и 4-х недель затравки лабораторных животных.

Не было выявлено также сдвигов внутримикробных соотношений и динамики размножения условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, изменений качественных характеристик кишечной палочки. Таким образом, в результате 4-недельной затравки лабораторных животных биоудобрением «Азофобактерин-АФ» было выявлено, что состояние микробиоценоза кишечника существенно не изменилось. Различия в результатах не являлись достоверными.

Определение порога диссеминации проводили в конце затравочного периода. Для опыта использовали по 6 животных каждой группы. Результаты исследований свидетельствуют, что микроорганизмы-продуценты не были высеяны

из внутренних органов лабораторных животных. Таким образом, по результатам бактериологических экспериментов дисбиотического действия биоудобрения «Азофобактерин-АФ» на нормальную аутофлору толстого кишечника лабораторных животных выявлено не было.

Выводы:

1. DL_{50} биоудобрения «Азофобактерин-АФ» при внутрижелудочном введении для белых крыс составляет более 5000 мг/кг, что позволяет отнести изученный препарат к малоопасным веществам (IV класс) при однократном внутрижелудочном введении согласно ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

2. Биоудобрение «Азофобактерин-АФ» при однократном интраназальном поступлении не вызывает клинических симптомов интоксикации и гибели подопытных животных.

3. Биоудобрение «Азофобактерин-АФ» в условиях многократного интраназального поступления оказывает общетоксическое действие на организм подопытных животных с преимущественным нарушением функционального состояния почек. Препарат обладает слабовыраженными кумулятивными свойствами. Коэффициент кумуляции по критерию летальности больше 5.

4. Биоудобрение «Азофобактерин-АФ» не вызывает дисбиотического действия на нормальную аутофлору толстого кишечника лабораторных животных.

Литература

1. Елизарова, О.Н. Определение пороговых доз промышленных ядов при пероральном введении / О.Н. Елизарова. – М.: Медицина, 1971.

2. Инструкция №1.1.11–12–35–2004. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: утв. МЗ РБ 14.12.2004г.

3. Беленький, М.Б. Количественные элементы фармакологического анализа/ М.Б. Беленький. – Рига: Изд. АН Лат. ССР, 1969.

4. Методические указания. Методические указания по экспериментальному обоснованию ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых препаратов в объектах производственной и окружающей среды. – М., 1990.

5. Методические указания. Постановка исследований для обоснования предельно допустимых концентраций антибиотиков в воздухе рабочей зоны. – М., 1989.

TOXICOLOLOGICAL AND HYGYGIENIC CHARACTERISTICS OF BIO-FERTILIZERS «AZOFOBAKTERIN-AF»

Demenkova T.V., Budkina E.A., Ilyukova I.I., Lisovskaya G.V.

Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The biofertilizer «Azofobakterin-AF» has no dysbiotic effect on normal colon autoflora laboratory animals at a single intragastric administration and it refers to low-hazardous substances (IV class), DL_{50} for albino rats is 5000 mg/kg.

Keywords: bio-fertilizer, micro-producers, toxicity.

Поступила 13.05.2013

КОМПЛЕКСНАЯ НАУЧНАЯ ОЦЕНКА СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ БЕТАНАЛ ЭКСПЕРТ ОФ, АТРИБУТ, ПРЕВИКУР ЭНЕРДЖИ, КОНСЕНТО

Клочкова О.П.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Комплексная экспертиза средств защиты растений (пестицидов) включает в себя оценку физико-химических свойств активных действующих веществ и препаративной формы пестицидов, их токсикологических характеристик с учетом отдаленных эффектов действующих веществ, метаболизма в организме теплокровных животных и в объектах окружающей среды, экспериментальные исследования по оценке воздействия средств защиты растений на работающих при применении в полевых условиях, а также возможные токсические эффекты при попадании в организм теплокровных животных.

Оценку вероятного поступления пестицидов в организм человека проводят путем изучения остаточных количеств действующих веществ пестицидов в сельскохозяйственной продукции, обработанной ядохимикатами.

Комплексная научная оценка средств защиты растений: гербицида «Бетанал Эксперт ОФ, КЭ» (действующие вещества – десмедифам, 71 г/л + фенмедифам, 91 г/л + этофумезат, 112 г/л), гербицида «Атрибут, ВГ» (действующее вещество – пропоксикарбазон натрия, 700 г/кг), фунгицида «Консенто, КС» (действующие вещества – фенамидон, 75 г/л + пропамокарб гидрохлорид, 375 г/л), фунгицида «Превикур Энерджи, ВК» (действующие вещества – фосэтил, 310 г/л + пропамокарб гидрохлорид, 530 г/л) с установлением класса опасности препаратов проведена для целей безопасного обращения с химическими веществами и композициями, безопасного применения пестицидов в агропромышленном комплексе.

Исследованные средства защиты растений распределены следующим образом: фунгициды – 50%, гербициды – 50%.

Изученные в токсикологических экспериментах пестициды относятся к 3 классу опасности, препаративные формы не раздражают кожные покровы, один препарат из изученных обладает раздражающим действием на слизистые оболочки глаз лабораторных животных. Лимитирующим показателем вредного действия у всех препаратов являлся общетоксический эффект.

Ключевые слова: токсичность, средства защиты растений (пестициды), фунгициды, гербициды, параметры острой токсичности, ирритативное и кожно-раздражающее действие.

Введение. Средства защиты растений (пестициды), как правило, обладают токсическими свойствами, которые зависят от их химической структуры, физико-химических свойств, а также от концентрации, длительности воздействия и путей поступления в организм. Многие пестициды могут накапливаться в объектах окружающей среды и поступать в организм человека через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, кожу и слизистые оболочки.

Пестициды относятся к отравляющим веществам мирного значения, которые в отличие от химического оружия хранятся не на изолированных секретных базах, в герметичных стальных сосудах, а в общедоступных местах, в картонной, деревянной или полиэтиленовой оболочке. Однако пестициды представляют не меньшую угрозу для жизни людей, чем боевые отравляющие химические вещества. Попадая в организм, они могут вызывать отдаленные последствия, такие как мутагенное и тератогенное действия [1].

Широкое применение средств защиты растений связано с их высокой экономической эффективностью.

Все пестициды и удобрения, производимые в Республике Беларусь и за рубежом, ввозимые в республику для применения, проходят комплексную санитарно-гигиеническую оценку в целях выявления их соответствия требованиям безопасности для жизни и здоровья человека, охраны окружающей среды, биологической и хозяйственной эффективности.

Цель исследования – комплексная научная оценка средств защиты растений Бетанал Эксперт ОФ, Атрибут, Превикур Энерджи, Консенто с установлением класса опасности препаратов.

Согласно поставленной цели решались следующие задачи: провести информационный поиск токсикологических данных о пестицидах Бетанал Эксперт ОФ, Атрибут, Превикур Энерджи, Консенто, в токсикологических экспериментах установить класс опасности пестицидов Бетанал Эксперт ОФ, Атрибут, Превикур Энерджи, Консенто.

Материал и методы. Объектом исследования являлись гербицид «Бетанал Эксперт ОФ, КЭ» (действующие вещества – десмедифам, 71 г/л + фенмедифам, 91 г/л + этофумезат, 112 г/л), гербицид «Атрибут, ВГ» (действующее вещество – пропоксикарбазон натрия, 700 г/кг), фунгицид «Консенто, КС» (действующие вещества – фенамидон, 75 г/л + пропамокарб гидрохлорид, 375 г/л), фунгицид «Превикур Энерджи, ВК» (действующие вещества – фосэтил, 310 г/л + пропамокарб гидрохлорид, 530 г/л).

Методы исследований – общепринятые в лабораторной практике: токсикологические [2–4], статистические методы. Исследования проведены в соответствии с техническими нормативными правовыми актами, руководствами [5–6].

Результаты и их обсуждение. Оценка острой токсичности препарата «Бетанал Эксперт ОФ, КЭ» проведена на 5 белых крысах. Использовали препарат в нативном виде, вводили животным в дозах 1000, 3000, 5000 мг/кг 1-кратно внутрижелудочно. Наблюдение проводили в течение 14 сут.

Установлено, что внутрижелудочное введение препарата в вышеуказанных дозах не приводило к гибели животных. Следовательно, препарат «Бетанал Эксперт ОФ, КЭ» в условиях однократного внутрижелудочного введения является мало опасным соединением (4 класс опасности). LD_{50} – более 5000 мг/кг.

В экспериментах по изучению воздействия на кожные покровы лабораторных животных использовали препарат «Бетанал Эксперт ОФ, КЭ» в нативном виде. LD_{50} при нанесении на кожу составила более 2000 мг/кг. Непосредственно после нанесения на кожу отмечалась сухость кожных покровов; покраснение, отек отсутствовали (0 баллов).

LD_{50} дермальная препарата «Бетанал Эксперт ОФ, КЭ» составляет более 2000 мг/кг, пестицид не обладает раздражающим действием на кожные покровы.

Определение параметров острой токсичности препаративной формы гербицида «Атрибут, ВГ» (действующее вещество – пропоксикарбазон натрия, 700 г/кг): в экспериментах на крысах-самцах использовали препарат «Атрибут, ВГ» в виде 50% водного раствора. Испытанные дозы: 500, 1000, 2500 мг/кг. Гибели животных, изменения массы тела не наблюдалось. LD_{50} составила более 2500 мг/кг, что позволило отнести данное вещество при введении в желудок к малоопасным соединениям (4 класс опасности).

LD_{50} – более 2500 мг/кг.

В экспериментах по изучению воздействия на кожные покровы лабораторных животных использовали препарат «Атрибут, ВГ» в виде 50% водного раствора. LD_{50} при нанесении на кожу составила более 2000 мг/кг. Непосредственно после нанесения на кожу отмечалась сухость кожных покровов; покраснение, отек отсутствовали (0 баллов).

LD_{50} дермальная препарата «Атрибут, ВГ» составила более 2000 мг/кг, пестицид не обладает раздражающим действием на кожные покровы.

Оценка острой токсичности препарата «Консенто, КС» проведена на 5 белых крысах. Использовали препарат в нативном виде, вводили животным в дозах 500, 1000, 2000 мг/кг 1-кратно внутрижелудочно. Наблюдение проводили в течение 14 сут.

Установлено, что внутрижелудочное введение препаратов в вышеуказанных дозах не приводило к гибели животных. Следовательно, препарат «Консенто, КС» в условиях однократного внутрижелудочного введения является малоопасным соединением (4 класс опасности). LD_{50} – более 2000 мг/кг.

В экспериментах по изучению воздействия на кожные покровы лабораторных животных использовали препарат «Консенто, КС» в нативном виде. LD_{50} при нанесении на кожу составила более 2000 мг/кг. Непосредственно после нанесения на кожу отмечалась сухость кожных покровов; покраснение, отек отсутствовали (0 баллов).

LD_{50} дермальная препарата «Консенто, КС» составляет более 2000 мг/кг, пестицид не обладает раздражающим действием на кожные покровы.

Оценка острой токсичности препарата «Превикур Энерджи, ВК» проведена на 5 белых крысах. Использовали препараты в нативном виде, вводили животным в дозах 500, 1000, 2000 мг/кг 1-кратно внутрижелудочно. Наблюдение проводили в течение 14 сут. Установлено, что внутрижелудочное введение препарата в вышеуказанных дозах не приводило к гибели животных.

Следовательно, препарат «Превикур Энерджи, ВК» в условиях 1-кратного внутрижелудочного введения является малоопасным соединением (4 класс опасности).

LD_{50} – более 2000 мг/кг.

В экспериментах по изучению воздействия на кожные покровы лабораторных животных использовали препарат «Превикур Энерджи, ВК» в нативном виде. DL_{50} при нанесении на кожу составила более 2000 мг/кг. Непосредственно после нанесения на кожу отмечалась сухость кожных покровов; покраснение, отек отсутствовали (0 баллов).

LD_{50} дермальная препарата «Превикур Энерджи, ВК» составляет более 2000 мг/кг, пестицид не обладает раздражающим действием на кожные покровы.

Присвоение класса опасности пестицидам по результатам острых экспериментов проводили согласно классам опасности пестицидов и агрохимикатов [6].

Однако отнесение средства защиты растений (пестицида) к конкретному классу опасности проводится на основании комплексной оценки действующего вещества и препаративной формы.

Следовательно, была необходима и оценка токсикологических данных активных действующих веществ пестицидов.

Действующее вещество фенмедифам по параметрам острой пероральной и дермальной токсичности относится к 4 классу опасности, не имеет раздражающего влияния на кожу и обладает слабым раздражающим действием на слизистые оболочки глаз кроликов, не вызывает сенсибилизирующего эффекта.

Действующее вещество этофумезат по параметрам острой пероральной и дермальной токсичности относится к 4 классу опасности, не оказывает раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки глаз кроликов, не обладает сенсибилизирующим эффектом.

Действующее вещество десмедифам по параметрам острой пероральной и дермальной токсичности относится к 4 классу опасности, не оказывает раздражающего действия на кожу и имеет слабое раздражающее влияние на слизистые оболочки глаз кроликов, не обладает сенсибилизирующими свойствами. Отдаленные эффекты (мута-, канцеро-, тератогенность, репродуктивная токсичность) действующих веществ не являются лимитирующими.

Действующее вещество пропоксикарбазон натрия по параметрам острой пероральной и дермальной токсичности относится к малоопасным веществам (4 класс опасности), ингаляционной – к 3 классу опасности, не оказывает раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки глаз, сенсибилизирующие свойства отсутствуют. Мута-, тератогенный эффекты и репродуктивная токсичность не выявлены. Лимитирующий показатель вредного действия – общетоксический агент.

Действующее вещество пропамокарб гидрохлорид по параметрам острой пероральной и дермальной токсичности относится к малоопасным веществам (4 класс опасности), ингаляционной – к 3 классу опасности, не оказывает раздражающего действия на кожу, раздражает слизистые оболочки глаз, сенсибилизирующий эффект отсутствует, не обладает мутагенными, онкогенными свойствами, не оказывает эмбриотоксического и тератогенного влияния, также не страдает репродуктивная функция. Лимитирующим показателем вредного действия на организм является общетоксический эффект.

Действующее вещество фенамидон по параметрам острой пероральной и дермальной токсичности относится к малоопасным веществам (4 класс опасности), ингаляционной – к 3 классу опасности, не обладает сенсибилизирующим действием, тератогенные, эмбриотоксические свойства и репродуктивная токсичность не выявлены. Лимитирующим показателем вредного действия является общетоксический эффект.

Действующее вещество фосэтил по параметрам острой пероральной и дермальной токсичности относится к малоопасным веществам (4 класс опасности), ингаляционной – к 3 классу опасности, не обладает сенсибилизирующими свойствами, не оказывает раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки, тератогенный, эмбриотоксический эффекты и репродуктивная токсичность не выявлены. Лимитирующим показателем вредного действия является общетоксический эффект.

С учетом вышеприведенных данных, а также результатов оценки воздействия пестицидов на работающих, их метаболизма в объектах окружающей среды, остаточных количеств в сельскохозяйственной продукции была проведена комплексная научная оценка средств защиты растений и распределение по классам опасности. Основные сводные данные приведены в таблице.

Таблица — Распределение средств защиты растений по классам опасности

Название пестицида	Класс опасности	Раздражающее действие на кожные покровы	Раздражающее действие на слизистые оболочки глаз	Сенсибилизирующее действие	Лимитирующий показатель
Бетанал Эксперт ОФ, КЭ	3	Нет	Да	Да	Общетоксическое действие
Атрибут, ВГ	3	Нет	Нет	Нет	Общетоксическое действие
Превикур Энерджи, ВК	3	Нет	Нет	Да	Общетоксическое действие
Консенто, КС	3	Нет	Нет	Нет	Общетоксическое действие

Таким образом, на основании комплексной научной оценки средств защиты растений: гербицид «Бетанал Эксперт ОФ, КЭ» (действующие вещества – десмедифам, 71 г/л + фенмедифам, 91 г/л + этофумезат, 112 г/л), гербицид «Атрибут, ВГ» (действующее вещество – пропоксикарбазон натрия, 700 г/кг), фунгицид «Консенто, КС» (действующие вещества – фенамидон, 75 г/л + пропамокарб гидрохлорид, 375 г/л), фунгицид «Превикур Энерджи, ВК» (действующие вещества – фосэтил, 310 г/л + пропамокарб гидрохлорид, 530 г/л) были отнесены к умеренно опасным веществам (3 класс опасности).

Пестициды не раздражают кожные покровы лабораторных животных, «Бетанал Эксперт ОФ, КЭ» обладает раздражающим действием на слизистые оболочки глаз лабораторных животных. Лимитирующим показателем вредного действия у всех средств защиты растений являлся общетоксический эффект. Исследованные средства защиты растений распределены следующим образом: фунгициды – 50%, гербициды – 50%.

Выводы. Исследованные средства защиты растений: гербицид «Бетанал Эксперт ОФ, КЭ» (действующие вещества – десмедифам, 71 г/л + фенмедифам, 91 г/л + этофумезат, 112 г/л), гербицид «Атрибут, ВГ» (действующее вещество – пропоксикарбазон натрия, 700 г/кг), фунгицид «Консенто, КС» (действующие вещества – фенамидон, 75 г/л + пропамокарб гидрохлорид, 375 г/л), фунгицид «Превикур Энерджи, ВК» (действующие вещества – фосэтил, 310 г/л + пропамокарб гидрохлорид, 530 г/л) относятся к умеренно опасным веществам (3 класс опасности). Пестициды не раздражают кожные покровы лабораторных животных, «Бетанал Эксперт ОФ, КЭ» обладает раздражающим действием на слизистые оболочки глаз лабораторных животных. Лимитирующим показателем вредного действия у всех средств защиты растений являлся общетоксический эффект.

Результаты исследований позволили разрешить применение изученных средств защиты растений в агропромышленном комплексе Республики Беларусь в соответствии с заявленными сферой применения, нормами расхода при обязательном соблюдении рекомендаций, указанных на тарных этикетках.

Литература

1. Введение в химию окружающей среды / Дж. Андруз [и др.]; пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – 271 с.

2. Инструкция 2.2.3.10–24–81–2006. Требования к проведению государственной санитарно-гигиенической экспертизы средств защиты растений.

3. Инструкция № 1.1.11–12–35–2004. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: утв. МЗ РБ 14.12.2004.

4. Елизарова, О.Н. Определение пороговых доз промышленных ядов при пероральном введении / О.Н. Елизарова. – М.: Медицина, 1971.

5. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов. – Киев, 1988.

6. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю): утв. Решением Комиссии таможенного союза от 28.05.2010 (№ 299).

INTERGRATED AND SCIENTIFIC ESTIMATION OF THE PLANT PROTECTION PRODUCTS BETANAL EXPERT OF, ATRIBUT, PREVIKUR ENERGY, KONSENTO

Klochkova O.P.

Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The full assessment of plant protection products (pesticides) include the estimation of physical and chemical properties of active substances and the preparative form of pesticides, their toxicological descriptions, taking into account the remote effects of active substances, metabolism in the organism of warm-blooded animals and in the environment objects, experimental researches as evaluated by affecting the facilities of the plant protection products on workers when applied in the field terms, and also possible toxic effects when ingested in warm-blooded animals.

The estimation of possible pesticides intake in the human body is carried out by examining the residues of the active ingredients of pesticides in agricultural products treated with toxic chemicals.

A complex scientific estimation of facilities of the plant protection products: herbicide «Betanal Expert OF, CE» (desmediphan, 71 g/l + phenmedipham, 91 g/l + ethofumesat, 112 g/l), herbicide «Atribut, WG» (propoxikarbazone natrium, 700 g/kg), fungicide «Konsento, CE» (fenamidon, 75 g/l + propamokarb hydrochloride, 375 g/l), fungicide «Previkur Energy, WC» (fosethyl, 310 g/l + propamokarbhydrochloride, 530 g/l) with establishment of class of danger of preparations conducted for the aims of the safe handling chemicals and compositions, safe application of pesticides in an agro-industrial complex.

The studied plant protection products are distributed as follows: fungicides – 50,0 %, herbicides – 50,0 %.

The studied pesticides in toxicological experiments are danger class 3, the preparative forms do not irritate the skin, and one of the studied drugs is an irritant to the mucous membranes of the eyes of laboratory animals

All preparations have a common toxic effect as the limiting index of harmful action.

Keywords: toxicity, plant protection products (pesticides), fungicides, herbicides, parameters of acute toxicity, irritative and skin-irritating action.

Поступила 06.05.2013

ОСОБЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ СМЕСЕЙ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПО ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ

Лисовская Г.В., Ильюкова И.И., Петрова С.Ю., Деменкова Т.В., Гомолко Т.Н.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Для изученных смесей с известным составом, классифицированных с использованием экспериментальных данных, классификация опасности по воздействию на организм должна проводиться заново, если произошло значительное изменение соотношения компонентов по сравнению с изученной смесью, т.е. процентное содержание (массовое или объемное) одного или нескольких опасных компонентов в составе смеси вышло за допустимые пределы.

При исходном содержании компонента в смесевых химических композициях до 2,5% допустимое отклонение первоначальной концентрации компонента составляет ±30% , от 2,5 до 10% – ±20%; от 10 до 25% – ±10%; от 25 до 100% – ±5%.

Ключевые слова: смеси химических веществ, смесевые химические композиции, пороговые уровни высокотоксичных химических веществ, токсичные химические вещества, класс опасности, классификация, гармонизированная на глобальном уровне система классификации и маркировки химических веществ (далее – СГС).

Введение. Производство и применение химических веществ являются основополагающими компонентами экономической активности и развития всех стран как промышленно развитых, так и развивающихся. Прямо или косвенно химические вещества оказывают влияние на жизнь всех живых существ, обеспечение населения продовольствием (удобрения, пестициды, пищевые добавки, упаковка), здоровье населения (фармацевтическая продукция, чистящие средства), а также на нашу повседневную жизнь. Однако применение химических веществ может оказывать отрицательное воздействие на здоровье человека и окружающую среду.

Первым шагом к безопасному применению химических веществ является определение опасности, которую они могут представлять для здоровья человека и окружающей среды (например, могут стать причиной рака или представляют опасность для водной среды), и информирование о соответствующих мерах предосторожности, которые необходимо предпринять для безопасного обращения с химическими веществами, их использования, или при авариях (например, предоставление информации об опасности химических веществ). Предоставление этих достаточно сложных знаний необходимо организовать таким образом, чтобы важную информацию об опасности и соответствующих мерах по ее контролю можно было бы определить и предоставить пользователю в понятной ему форме. Процесс классификации и маркировки опасности в сочетании с необходимой подготовкой и обучением является основным средством обеспечения эффективного информирования об опасности. Понимание степени опасности какого-либо химического вещества ведет к правильным действиям по его контролю и безопасному использованию [2].

Согласованная на глобальном уровне система классификации и маркировки химических веществ (СГС, GHS) ставит перед собой задачу унификации системы классификации и маркировки в странах Евросоюза. Таким образом, не удовлетворяющая классификационным требованиям продукция должна быть запрещена, тем самым обезопасив население и рынок той страны, где обращение химической продукции контролируется путем классификации и маркировки [2].

В современном обществе жизнь человека уже не представляется возможной без помощи различных химических веществ, которые не всегда безопасны для здоровья человека по причине того, что химическая продукция необходима на всех этапах и уровнях жизнедеятельности человека и общества в целом. Наиболее приоритетной задачей является обеспечение условий ее безопасного обращения и использования, что разрешается при помощи классификации химических веществ, основанной на оценке степени вредного воздействия на человека и окружающую среду, и последующей маркировки для сигнализации о возможных неблагоприятных последствиях при применении химической продукции [2].

В данной работе рассматриваются сложные смеси химических веществ, а именно, лакокрасочные материалы и средства бытовой химии.

Цель исследования – определить и обосновать пороговые уровни высокотоксичных химических веществ как критерии оценки для классификации смесевых химических композиций согласно требованиям СГС.

Материал и методы. Лакокрасочные материалы и средства бытовой химии отечественного синтеза.

Методы исследований – общепринятые в лабораторной практике: токсикологические [3–7], статистические методы; анализ данных, представленных производителем лакокрасочных материалов и средств бытовой химии.

Результаты и их обсуждение. Экспериментальное определение пороговых уровней высокотоксичных химических веществ, входящих в состав смесей химических веществ на примере лакокрасочных материалов и средств бытовой химии.

Исследованы лакокрасочные материалы отечественного производства: Грунт-Эмаль «Эколюкс», Эмаль ХС-75 «У», Лак НЦ-218, Лак ПФ-170, Лак ПФ-283, Грунтовка «ИмпреЛид», Грунтовка ГФ-021, Лак полуфабрикатный ЛидАлкид 53, Эмаль ЭП-140, Лак УраЛид, Грунтовка ЦинкоЛид; средства бытовой химии отечественного производства: средство для облегчения глажения «Леди Лайт», средство для подкрахмаливания «Леди Лайт», ополаскиватель для белья «Ласковая фея», антистатик для одежды «Леди Лайт», ополаскиватель для белья «Экзотик», средство для мытья посуды «Апельсин», средство для снятия накипи «Антинакипос-концентрат», средство для чистки сантехники «Унита WC» Морская свежесть, средство для чистки сантехники «Унита WC» Хвоя, средства моющие «Клиф» (средство моющее «Клиф» гель для кухонных плит «Летний луг», средство моющее «Клиф» гель для сантехники «Летний луг», средство моющее «Клиф» гель для кафеля «Летний луг», средство моющее «Клиф» гель для ковровых покрытий «Летний луг», средство моющее «Клиф» гель для линолеума «Летний луг»), средства моющие синтетические порошкообразные («Лотос М», «Суперсилк-Автомат», «Ариэн-Автомат», «Ариэн-Универсал», «Ариэн-био», средство для мытья посуды «Чайка. Особое», гель для стирки «April»; средство моющее универсальное «Бэст-эконом»; средство антинакипь «Жемчуг»; порошок чистящий «БЭСТ-эконом»; средство универсальное дезинфицирующее «БЭСТ-эконом», средство моющее универсальное «Бэст-эконом» (Яблоко).

По результатам проведенных экспериментов смеси химических веществ: Грунт-Эмаль «Эколюкс», Лак НЦ-218, Лак ПФ-170, Лак ПФ-283, Грунтовка «ИмпреЛид», Лак полуфабрикатный ЛидАлкид 53, Лак УраЛид, Эмаль ЭП-140 относятся к 4 классу опасности [1] по показателю острой внутрижелудочной токсичности (LD_{50} per os составила более 5000 мг/кг); Эмаль ХС-75 «У», Грунтовка «ЦинкоЛид» относятся к 3 классу опасности [1] по показателю острой внутрижелудочной токсичности (LD_{50} per os составила более 3200 мг/кг и 3952,065±1410,69 мг/кг). В соответствии с критериями оценки по параметрам острой пероральной токсичности, принятыми в СГС, данные вещества классифицируются как обладающие относительно низкой острой токсичностью (5 класс опасности).

При анализе компонентного состава определены основные вредные вещества, входящие в состав данных композиций: ацетон, о-ксилол, сольвент каменноугольный, толуол, уайт-спирит или нефрас, диоктилфталат, бутилцеллюлозольв. По параметру острой внутрижелудочной токсичности наибольшую опасность представляют бутилцеллюлозольв CAS № 111-76-2, LD_{50} per os 470 мг/кг; о-ксилол CAS № 95-47-6, LD_{50} per os 3657 мг/кг, относящиеся к 3 классу опасности.

Полученные в результате анализа компонентного состава изучаемых смесей данные свидетельствуют о том, что применяемое сырье для лакокрасочной продукции в основном относится к 3 классу опасности по показателю острой внутрижелудочной токсичности.

По результатам проведенных экспериментов смеси химических веществ: средство для облегчения глажения «Леди Лайт», средство для подкрахмаливания «Леди Лайт», ополаскиватель для белья «Ласковая фея», антистатик для

одежды «Леди Лайт», ополаскиватель для белья «Экзотик», средство для мытья посуды «Апельсин», средства моющие «Клиф» (средство моющее «Клиф» гель для кухонных плит «Летний луг», средство моющее «Клиф» гель для сантехники «Летний луг», средство моющее «Клиф» гель для кафеля «Летний луг», средство моющее «Клиф» гель для ковровых покрытий «Летний луг», средство моющее «Клиф» гель для линолеума «Летний луг»), средства моющие синтетические порошкообразные («Лотос М», «Суперсилк-Автомат», «Ариэн-Автомат», «Ариэн-Универсал», «Ариэн-био», средство для мытья посуды «Чайка. Особое», гель для стирки «April»; средство моющее универсальное «Бэст-эконом»; средство антинакипь «Жемчуг»; порошок чистящий «БЭСТ-эконом»; средство универсальное дезинфецирующее «БЭСТ-эконом», средство моющее универсальное «Бэст-эконом» (Яблоко) относятся к 4 классу опасности [1] по показателю острой внутрижелудочной токсичности (LD_{50} per os составила более 5000 мг/кг); средство для снятия накипи «Антинакипосконцентрат», средство для чистки сантехники «Унита WC» Морская свежесть, средство для чистки сантехники «Унита WC» Хвоя относятся к 3 классу опасности [1] по показателю острой внутрижелудочной токсичности (LD_{50} per os составила 3000±500 мг/кг). В соответствии с критериями оценки по параметрам острой пероральной токсичности, принятыми в СГС, данные вещества классифицируются как обладающие относительно низкой острой токсичностью (5 класс опасности).

При анализе компонентного состава средств бытовой химии определены основные токсичные вещества, входящие в состав химических композиций, содержание которых необходимо нормировать: натрий лауретсульфат CAS № 151-21-3 LD_{50} per os 977–1300 мг/кг, кислота ортофосфорная CAS 7664-38-2 LD_{50} per os 1530-2740 мг/кг, по параметру острой внутрижелудочной токсичности относящиеся к 3 классу опасности; гидроксид натрия CAS 1310-73-2 LD_{50} per os 140–340 мг/кг – вещество 2–3 класса опасности, пропен-2-ол-1 CAS 107-18-6 LD_{50} per os 64-105 мг/кг – вещество 2 класса опасности.

Проведены эксперименты по определению пороговых уровней содержания опасных химических веществ в лакокрасочных материалах и средствах бытовой химии на белых крысах при внутрижелудочном введении (LD_{50} per os, мг/кг), при добавлении в исследуемую смесь 1, 5 и 10% высокотоксичного химического вещества, входящего в состав данной смеси (фенол LD_{50} per os – 340 мг/кг, 2-н-бутоксиэтанол (бутилцеллюлозольв) LD_{50} per os – 470 мг/кг, хлорид лития LD_{50} per os – от 526 мг/кг, фталевый ангидрид LD_{50} per os – 1530 мг/кг, эпихлоргидрин LD_{50} per os – 141 мг/кг, пропен-2-ол (спирт аллиловый) LD_{50} per os – от 64 до 140 мг/кг, натрий лауретсульфат CAS № 151-21-3 LD_{50} per os 977–1300 мг/кг, кислота ортофосфорная CAS 7664-38-2 LD_{50} per os 1530-2740 мг/кг, гидроксид натрия CAS 1310-73-2 LD_{50} per os 140–340 мг/кг, пропен-2-ол-1 CAS 107-18-6 LD_{50} per os 64-105 мг/кг) для определения порогового уровня данного вещества в исследуемой смеси, влияющего на класс опасности в целом. Результаты исследований представлены в таблицах 1–2.

Таблица 1 — Среднесмертельные концентрации лакокрасочных материалов, смесевых препаратов бытовой химии при введении в них токсичных компонентов

Препарат	Вносимый в смесь токсичный компонент	Острая пероральная токсичность, LD_{50} per os, мг/кг				
		препарата	вносимого компонента	препарата + токсичного компонента (1%)	препарата + токсичного компонента (5%)	препарата + токсичного компонента (10%)
Грунтовка ГФ-021	фталевый ангидрид	>5000	1530	>5000	> 5000	>5000
	эпихлоргидрин		141	>5000	5620	2410
Лак полуфабрикатный ЛидАлкид 53	фталевый ангидрид	>5000	1530	>5000	>5000	
	пропен-2-ол		64	>5000	4870	1520
Эмаль ЭП-140	н-бутоксиэтанол	>5000	470	>5000	4800	2080
	фенол		340	>5000	4100	2610
Лак УраЛид	фенол	3800	340	>3500	3420	2160
	пропен-2-ол		64	>3500	2950	1640
Грунтовка «ЦикоЛид»	хлорид лития	3952	526	>3500	3290	1720
	пропен-2-ол		64	>3500	1860	930
Средство для облегчения глажения «Леди Лайт»	фенол	3800	340	>3500	3420	2160
	пропен-2-ол		64	>3500	2950	1640
Средство для подкрахмаливания «Леди Лайт»	хлорид лития	3952	526	>3500	3290	1720
Ополаскиватель для белья «Ласковая фея»	н-бутоксиэтанол	>5000	470	>5000	4800	2080
	фенол		340	>5000	4100	2610
Средство для снятия накипи «Антинакипосконцентрат»	хлорид лития	3000±500	526	>3500	3720	1780

Окончание таблицы 1

Средство для чистки сантехники «Унита WC» Морская свежесть	фенол	3000±500	340	>3500	3820	2600
Антистатик для одежды «Леди Лайт»	н-бутоксиэтанол	>5000	470	>5000	4680	3820
Ополаскиватель для белья «Экзотик»	н-бутоксиэтанол	>5000	470	>5000	4470	2950
Средство для чистки сантехники «Унита WC» Хвоя	фенол	3000±500	340	>3500	3290	2820
	пропен-2-ол		64	>3500	2160	1720
	хлорид лития		526	>3500	3720	2720
Средство для мытья посуды «Апельсин»	н-бутоксиэтанол	>5000	470	>5000	4800	4470
Средства моющие «Клиф»	пропен-2-ол	>5000	64	>3500	3720±500	812±500
	н-бутоксиэтанол		470	>5000	4680±500	2720±500

Таблица 2 — Среднесмертельные концентрации смесевых препаратов бытовой химии при введении в них токсичных компонентов

Препарат	Вносимый в смесь токсичный компонент	Острая пероральная токсичность, LD_{50} per os, мг/кг				
		препарата	вносимого компонента	препарата + токсичного компонента (1%)	препарата + токсичного компонента (5%)	препарата + токсичного компонента (10%)
Средство для мытья посуды «Чайка. Особое»	натрий лауретсульфат	>5000	977	>5000	4800	4470
	гидроксид натрия		140	4800	3720±500	812±500
Гель для стирки «April»	натрий лауретсульфат	>5000	977	>5000	4470	3800
Средство моющее универсальное «Бэст-эконом»	натрий лауретсульфат	>5000	977	>5000	4780	3800
	пропен-2-ол		64	4200	3720±500	1650±500
Средство антинакипь «Жемчуг»	натрий лауретсульфат	>5000	977	>5000	4800	3820
	кислота ортофосфорная		1530	>5000	4100	2610
Средство универсальное дезинфицирующее «БЭСТ-эконом»	натрий лауретсульфат	>5000	977	>5000	4600	3800
	гидроксид натрия		140	4500	4100	1610
Средство моющее универсальное «Бэст-эконом» (Яблоко)	натрий лауретсульфат	>5000	977	>5000	4500	3650
	пропен-2-ол		64	4600	3450±500	940±500

В результате проведенных исследований установлено, что в составе смесевых композиций бытовой химии и лакокрасочных материалов наибольшую опасность представляют компоненты 2 и 3 класса опасности, присутствующие в небольших концентрациях (0,1–15%). При внесении опасных химических веществ 2 и 3 класса опасности в концентрациях до 5% в смесевые препараты бытовой химии и лакокрасочных материалов 4 (5 по СГС) класса опасности не происходило изменения класса опасности по параметру острой внутрижелудочной токсичности (LD_{50} per os). При внесении веществ 2 и 3 класса опасности с LD_{50} per os 64–1530 мг/кг в концентрации 5–10% в смесевые композиции 4 (5 по СГС) класса опасности (LD_{50} per os >5000 мг/кг) наблюдалось изменение острой токсичности при внутрижелудочном введении полученной смеси на уровне LD_{50} per os от 930 до 4470 мг/кг, что соответствует 3 классу опасности по ГОСТ 12. 1. 007–76 ССБТ «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» (4–5 по СГС).

Выводы. Таким образом, для изученных смесей с известным составом, классифицированных с использованием экспериментальных данных, классификация опасности по воздействию на организм должна проводиться заново, если произошло значительное изменение соотношения компонентов по сравнению с изученной смесью, т.е. процентное содержание (массовое или объемное) одного или нескольких опасных компонентов в составе смеси вышло за допустимые пределы.

При исходном содержании компонента в смесевых химических композициях до 2,5% допустимое отклонение первоначальной концентрации компонента составляет ± 30%, от 2,5 до 10% – ± 20%; от 10 до 25% – ± 10%; от 25 до 100% – ± 5%.

Литература

1. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

2. Согласованная на глобальном уровне система классификации опасности и маркировки химической продукции (СГС). – 3-е пересмотр. изд. / Организация Объединенных Наций. – Нью-Йорк и Женева, 2009.

3. OECD методы по испытанию химических веществ по показателям острой пероральной токсичности (OECD 407, 420, 423, 425).

4. Проблема нормы в токсикологии (современные представления и методические подходы, основные параметры и константы / И.М. Трахтенберг [и др.]. – М., 1991.

5. Елизарова, О.Н. Пособие по токсикологии для лаборантов / О.Н. Елизарова, Л.В. Жидкова, Т.А. Кочеткова. – М., 1974.

6. Инструкция № 1.1.11–12–35–2004. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: утв. МЗ РБ 14.12.2004 г.

7. Экспрессные методы определения токсичности и опасности химических веществ / С.Д. Заугольников [и др.]. – Л.: Медицина, 1978.

FEATURES OF CHEMICAL MIXTURES CLASSIFICATION FOR ACUTE TOXICITY

Lisovskaya G.V., Ilyukova I.I., Petrova S.Y., Demenkova T.V., Gomolko T.N.

Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

For studied mixtures with known composition classified with the experimental data, the hazard classification on the body effects should be repeated if there was a significant change in the ratio of components compared with a studied mixture, that is, the percentage of (mass or volume) one or more of the hazardous components within a valid range in the mixture.

When initial content of component in chemical compositions is to 2,5 % the permissible variation of initial concentration of the component is ± 30,0 %, from 2,5 to 10,0 % the permissible variation is ± 20,0 %; from 10,0 to 25,0 % the permissible variation is ± 10,0 %; from 25,0 to 100,0 % the permissible variation is ± 5,0 %.

Keywords: chemical mixtures, mixed chemical compositions, the threshold levels of highly toxic chemicals, toxic chemicals, hazard class, classification, harmonized on the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS).

Поступила 23.04.2013

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ НАНОПОКРЫТИЙ ДИОКСИДА ТИТАНА

Миклис Н.И.[1], Алексеев И.С.[2], Бурак И.И.[1]

[1]Витебский государственный медицинский университет;

[2]Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь

Реферат. Целью работы было изучение гигиенической характеристики фотокаталитических нанопокрытий диоксида титана. Результаты исследований показали, что при непрерывном облучении УФ–лампой опытных стекол с фотокаталитическим нанопокрытием запах вредных химических веществ исчезает в среднем в 3–6 раз быстрее, чем без облучения и в 2–3 раза быстрее по сравнению с предварительным облучением.

При непрерывном облучении УФ–лампой опытных поверхностей с нанопокрытием из диоксида титана концентрация аммиака, гексана, ацетона, этилацетата, бензола, толуола, бутилацетата и м-ксилола снижается в среднем в 2 раза быстрее, чем без предварительного облучения.

При предварительном 3-часовом облучении опытных поверхностей и непрерывном облучении УФ–лампой в течение 0,5, 1, 2, 2,5, 3,5, 8 и 24 ч наблюдалось отсутствие роста музейных тест-культур *E.coli* ATCC 25922, *S.aureus* ATCC 25923, *P.aeruginosa* ATCC 27853, *C.albicans* ATCC 10231, *P.mirabilis* ATCC 14153.

Таким образом, фотокаталитические нанопокрытия диоксида титана обладают высокой дезодорирующей, очищающей и антимикробной эффективностью. Целесообразно применение фотокаталитических установок с нанопокрытием из диоксида титана для очистки воздуха в организациях здравоохранения, на предприятиях промышленности, торговли, коммунального и сельского хозяйства.

Ключевые слова: нанопокрытие, диоксид титана, фотокатализ, гигиеническая оценка.

Введение. Современный человек большую часть времени проводит в замкнутом пространстве жилища, производственных и офисных помещений. Следовательно, одним из актуальных вопросов является качество воздуха в помещениях. Для очистки воздуха используются воздухоочистители, ионизаторы, кондиционеры, бактерицидные облучатели и др. Важным направлением является создание ресурсо- и энергосберегающих устройств, которые используют солнечную энергию для своей работы.

В течение последних лет в различных отраслях народного хозяйства активно разрабатываются нанотехнологии. Фотокаталитические нанопокрытия на основе оксида титана могут применяться для создания самоочищающихся поверхностей. Органические загрязнения, адсорбированные на поверхности с диоксидом титана, будут окисляться под действием света. На сегодняшний день показано, что на поверхности TiO_2 могут быть окислены практически любые органические соединения до CO_2 и H_2O, следовательно, создание на основе оксида титана фотокатализаторов для воздуха от токсичных органических веществ является важной прикладной задачей [1–3].

При ультрафиолетовом облучении TiO_2 абсорбция фотона с энергией больше, чем ширина запрещенной зоны, и приводит к образованию устойчивой пары «электрон-дырка», которая называется «экситоном». Хотя экситон состоит из электрона и дырки, он является самостоятельной элементарной (не сводимой) частицей в случаях, когдаэнергиявзаимо-

действия электрона и дырки имеет тот же порядок, что и энергия их движения, а энергия взаимодействия между двумя экситонами мала по сравнению с энергией каждого из них. Экситон можно считать элементарной квазичастицей в тех явлениях, в которых он выступает как целое образование, не подвергающееся воздействиям, способным его разрушить.

Электрон и дырка – достаточно подвижные образования и, двигаясь в частице полупроводника, часть из них рекомбинирует, а часть выходит на поверхность и захватывается ею [4].

Таким образом, инициирование фотокаталитического окисления можно представить следующим образом:

$TiO_2 + h\nu \rightarrow e^- + h^+$

При наличии паров воды в воздухе возможные следующие реакции, приводящие к образованию гидроксильных и пероксидных радикалов:

$Ti^{4+}\ldots OH^- + e^- + h^+ \rightarrow Ti^3 + OH\cdot$

$Ti^{3+} + O_2 \rightarrow Ti^4 + O_2^- \rightarrow Ti^4\ldots O_2^-$

$Ti^{4+}\ldots O_2 + H_2O \rightarrow Ti^4\ldots OH^- + HO_2\cdot$

Дырки также способны образовывать свободные радикалы по реакциям с водой или адсорбированными на поверхности катализатора органическими соединениями [5]:

$H_2O + h^+ \rightarrow OH\cdot + H^+$

$RH + h^+ \rightarrow R\cdot + H^+$

При отсутствии воды активные частицы образуются при взаимодействии органических соединений и дырок и при помощи следующих реакций и приводят к образованию O_2^-, O_3^-, O^-и атомарного кислорода [6]:

$O_2 + e^- \rightarrow O_2^-$

$O_2^- + h^+ \rightarrow 2O$

$O + e^- \rightarrow O^-$

$O^- + O_2 \rightarrow O_3^-$

Продукты фотокаталитического окисления для многих органических соединений идентичны продуктам их радикальноцепного окисления. Поэтому можно предположить, что реакции продолжения цепи и превращения свободных радикалов при фотокаталитическом окислении аналогичны хорошо изученным реакциям радикальноцепного окисления.

Разработка новых наноматериалов, обладающих фотокаталитической активностью, повысит КПД систем фотокаталитической очистки и позволит организовать промышленное производство фотокаталитических очистителей воздуха для очистки вредных выбросов предприятий, котельных, красильных цехов и т.д., а также воздуха внутри предприятий, мест большого скопления людей (вокзалы, аэродромы, больницы и т.д.). Такие установки необходимы во всех сферах деятельности: здравоохранении, промышленности, торговле, коммунальном и сельском хозяйстве и др.

Нами разработано новое фотокаталитическое диоксидотитановое нанопокрытие. Однако его гигиеническая характеристика окончательно не изучена.

Цель – дать гигиеническую оценку фотокаталитическим нанопокрытиям диоксида титана.

Материал и методы. Исследования проводили в научной лаборатории кафедры общей гигиены (объемом 50 м^3 при закрытых окнах и двери, наличии аэрации в присутствии одного человека персонала) УО «Витебский государственный медицинский университет» и в лаборатории санитарно-химических и токсикологических методов исследования ГУ «Витебский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья». В качестве фотокаталитических нанопокрытий диоксида титана использовали опытные стекла с соответствующим покрытием.

Выполнено 3 серии опытов. В 1-й серии определяли эффективность нанопокрытий дезодорировать воздух. Для создания исходных концентраций запаха использовали дым одной сигареты, 3 см^3 одеколона «Тайфун», который разбрызгивали, и по 10 см^3 аммиака 30%, ацетона и воды, которые испаряли. Проводили эксперимент в герметичной камере из стекла с внутренним покрытием из диоксида титана объемом 0,025 м^3 без предварительного облучения опытных стекол УФ–лампой мощностью 10 Вт (опыт № 1.1); с предварительным облучением стекол и камеры УФ–лампой в течение 1 ч (опыт № 1.2); при облучении стекол и камеры УФ–лампой в течение всего эксперимента (опыт № 1.3); без предварительного облучения стекол УФ–лампой с включенным вентилятором (опыт № 1.4); с предварительным облучением стекол и камеры УФ–лампой в течение 1 ч с включенным вентилятором (опыт № 1.5); при облучении стекол и камеры УФ–лампой в течение всего эксперимента с включенным вентилятором (опыт № 1.6). Запах веществ определяли органолептически, степень обезвреживания аммиака и ацетона до конечных продуктов – по относительной влажности (%) прибором комбинированным ТКА–ПКМ [7].

Во 2-й серии опытов изучали эффективность опытных стекол с фотокаталитическим нанопокрытием диоксида титана для обезвреживания воздуха от вредных химических веществ. Для создания исходных концентраций загрязнителей в герметичной камере разбрызгивали 0,3 см^3 аммиака 30%, 0,1 или 0,25 см^3 смеси химических веществ для хроматографии (гексан, ацетон, этилацетат, бензол, толуол, бутилацетат и м-ксилол). Проводили эксперимент в герметичной камере без предварительного облучения стекол УФ–лампой (опыт № 2.1); при облучении стекол и камеры УФ–лампой в течение всего эксперимента (опыт № 2.2). Запах веществ определяли органолептически. Концентрацию химических загрязнителей рассчитывали газовым хроматографом Тип СИ цвет 800 с ПИД и прибором «Драгер» Тип СИ Xam-5000 в соответствии с методическими указаниями [8–10].

В 3-й серии определяли антимикробную эффективность нанопокрытий диоксида титана. Использовали стандартные тест–культуры микроорганизмов *E.coli* ATCC 25922, *S.aureus* ATCC 25923, *P.aeruginosa* ATCC 27853, *C.albicans* ATCC 10231, *P.mirabilis* ATCC 14153, стандартизованные до 10^9 КОЕ/см^3. Проводили эксперимент на рабочем столе на расстоянии 3 м от окна без предварительного облучения стекол УФ–лампой (опыт № 3.1); на подоконнике без предварительного облучения стекол УФ–лампой (опыт № 3.2); на рабочем столе на расстоянии 3 м от окна с предварительным облучением стекол УФ–лампой в течение 1 ч в герметичной камере (опыт № 3.3); на рабочем столе на расстоянии 3 м от окна с предварительным облучением стекол УФ–лампой в течение 3 ч в герметичной камере (опыт № 3.4); при облучении стекол УФ–лампой в течение всего эксперимента в герметичной камере (опыт № 3.5); при облучении УФ–лампой в течение все-

го эксперимента камеры из оргстекла со стеклянным экраном перед экспериментальными поверхностями (опыт № 3.6); на рабочем столе на расстоянии 3 м от окна (перед стеклами установлен вентилятор, работающий в течение всего эксперимента) с предварительным облучением стекол УФ–лампой в течение 3 ч в герметичной камере (опыт № 3.7); при облучении стекол УФ–лампой в течение всего эксперимента в герметичной камере (перед стеклами установлен вентилятор, работающий в течение всего эксперимента) (опыт № 3.8). Параллельно с экспериментальными поверхностями изучали бактерицидную активность обычных контрольных стекол.

Взятие смывов производили марлевыми салфетками, размером 5×5 см, простерилизованными в бумажных пакетах. Для увлажнения салфеток в пробирки наливали по 5 $см^3$ физиологического раствора. Салфетку захватывали стерильным пинцетом, увлажняли физиологическим раствором, после протирания исследуемой поверхности помещали в пробирку. Для выделения микроорганизмов делали посев смывной жидкости непосредственно на чашки Петри со средой для контроля стерильности по 1 $см^3$. Засеянные среды инкубировали в термостате при (37+1)◦С в течение 48 ч. Результат оценивали по наличию или отсутствию роста микроорганизмов, производили подсчет выросших колоний бактерий [11].

Результаты и их обсуждение. В 1-й серии опытов в научной лаборатории кафедры общей гигиены УО «Витебский государственный медицинский университет» без предварительного облучения опытных стекол УФ–лампой запах дыма одной сигареты отмечается в течение 6 ч, запах аммиака – в течение 12 ч, запах ацетона – в течение 6 ч, запах одеколона «Тайфун» – в течение 3 ч, относительная влажность в течение 24 ч при испарении и разбрызгивании в ней аммиака, ацетона и воды остается на прежнем уровне. Без предварительного облучения стекол УФ–лампой и движении воздуха от вентилятора запах дыма одной сигареты отмечается в течение 6 ч, запах аммиака – в течение 6 ч, запах ацетона – в течение 2 ч, запах одеколона «Тайфун» – в течение 3 ч. При предварительном 1-часовом облучении опытных поверхностей запах дыма одной сигареты отмечается в течение 3 ч, запах аммиака – в течение 6 ч, запах ацетона – в течение 2 ч, запах одеколона «Тайфун» – в течение 2 ч, относительная влажность в течение 24 ч при испарении или разбрызгивании в ней аммиака повышается в среднем на 10,8%, ацетона – на 6,2%, воды – на 5,3% (таблица 1).

При предварительном 1-часовом облучении опытных поверхностей и движении воздуха от вентилятора запах дыма одной сигареты отмечается в течение 2 ч, запах аммиака – в течение 6 ч, запах ацетона – в течение 2 ч, запах одеколона «Тайфун» – в течение 2 ч. При непрерывном облучении УФ–лампой опытных поверхностей с нанопокрытием из диоксида титана в течение 24 ч запах дыма одной сигареты отмечается в течение 1 ч, запах аммиака – в течение 2 ч, запах ацетона – в течение 1 ч, запах одеколона «Тайфун» – в течение 1 ч, относительная влажность в течение 24 ч при испарении или разбрызгивании в ней аммиака повышается в среднем на 20%, ацетона – на 16,6%, воды – на 12,8%. При непрерывном облучении УФ–лампой опытных поверхностей и движении воздуха от вентилятора в течение 12 ч запах дыма одной сигареты отмечается в течение 1 ч, запах аммиака – в течение 2 ч, запах ацетона – в течение 1 ч, запах одеколона – в течение 1 ч (таблица 1).

Таблица 1 — Содержание и запах вредных химических веществ в воздухе при использовании опытных стекол с фотокаталитическим нанопокрытием диоксида титана

Опыт	Показатели	Экспозиция							
		До эксперимента	0,5 ч	1 ч	2 ч	3 ч	6 ч	12 ч	24 ч
№ 1.1	Запах дыма, баллы	5	5	5	5	5	4	0	
	Запах одеколона, баллы	5	5	5	3	1			
	Запах аммиака, баллы	5	5	5	5	4	4	3	1
	Запах ацетона, баллы	5	5	4	3	1	0		
	$R_р$ аммиака, %	54,1	54,3	53,9	54,7	54,9	55,3	55,1	53,8
	$R_и$ аммиака, %	58,8	58,6	58,7	58,8	59,4	58,9	58,6	58,3
	$R_р$ ацетона1,%	62	62,1	60,2	59,6	59,2	58	58	59,9
	$R_и$ ацетона2, %	74	72	71,1	68	66,6	65	64,3	66
	R воды, %	45,5	45,8	45,9	46,1	46	46,3	47,6	46,5
№ 1.2	Запах дыма, баллы	5	5	4	3	1			
	Запах одеколона, баллы	5	5	3	1				
	Запах аммиака, баллы	5	5	5	5	3	2	0	
	Запах ацетона, баллы	5	5	4	1				
	$R_р$ аммиака, %	53,8	54,2	56,8	57,3	59,4	60,1	63,8	64,9
	$R_и$ аммиака, %	67,5	68,5	69,7	71,8	73,3	75,3	77,4	78
	$R_р$ ацетона, %	63,4	64,2	63,2	63,9	65	65,8	66,3	69,2
	$R_и$ ацетона, %	61,8	62,2	61	62,1	62	64,8	66	68,4
	R воды, %	61,3	61,1	61,9	62,3	64,4	64,7	65,1	66,6
№ 1.3	Запах дыма, баллы	5	3	1	0				
	Запах одеколона, баллы	5	2	1					
	Запах аммиака, баллы	5	5	3	2	0			
	Запах ацетона, баллы	5	2	0					
	$R_р$ аммиака, %	48,4	49,5	53,1	55,9	58,3	61,0	64,2	69,1
	$R_и$ аммиака, %	61,3	65,5	66,7	67,6	72,4	78,1	79,8	80,5
	$R_р$ ацетона,%	51,2	53,9	54,8	56,7	57,9	59,1	61,2	63,6
	$R_и$ ацетона, %	47,1	52,4	57,7	59,2	61,9	63,5	66,8	67,9
	R воды, %	65,5	65,5	67,6	68,2	69,4	71,2	75,9	78,3

№ 1.4	Запах дыма, баллы	5	5	5	5	4	3	0	
	Запах одеколона, баллы	5	5	3	2	0			
	Запах аммиака, баллы	5	5	4	4	4	2	0	
	Запах ацетона, баллы	5	4	1	0				
№ 1.5	Запах дыма, баллы	5	3	2	0				
	Запах одеколона, баллы	5	3	2	1	0			
	Запах аммиака, баллы	5	4	3	3	3	2	0	
	Запах ацетона, баллы	5	3	1	1	0			
№ 1.6	Запах дыма, баллы	5	2	1	0				
	Запах одеколона, баллы	5	2	0					
	Запах аммиака, баллы	5	5	4	1	0			
	Запах ацетона, баллы	5	3	1	0				

Примечания:
1 — $R_р$ аммиака — Относительная влажность после разбрызгивания 3 см^3 аммиака.
2 — $R_и$ аммиака — Относительная влажность при испарении в камере 10 см^3 аммиака.
3 — $R_р$ ацетона — Относительная влажность после разбрызгивания 3 см^3 ацетона.
4 — $R_и$ ацетона — Относительная влажность при испарении в камере 10 см^3 ацетона.
5 — R воды — Относительная влажность при испарении в камере 10 см^3 воды.

Во 2-й серии опытов в лаборатории санитарно-химических и токсикологических методов исследования ГУ «Витебский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» без предварительного облучения опытных стекол УФ–лампой концентрация аммиака снижается в 3 раза за 30 мин, гексана – в 2,2 раза за 1 ч, в 2,9 раза за 1,5 ч, ацетона – в 2,2 раза за 1 ч, в 3,05 раза за 1,5 ч, этилацетата – в 2,5 раза за 1 ч, в 3,5 раза за 1,5 ч, бензола – в 1,9 раза за 1 ч, в 2,8 раза за 1,5 ч, толуола – в 2,4 раза за 1 ч, в 4,5 раза за 1,5 ч, бутилацетата – в 2,5 раза за 1 ч, 4,3 раза за 1,5 ч, м-ксилола – в 2,6 раза за 1 ч, в 3,6 раза за 1,5 ч, запах всех исследуемых химических веществ остается в течение всего эксперимента. При непрерывном облучении УФ–лампой опытных поверхностей с нанопокрытием из диоксида титана концентрация аммиака снижается в среднем в 3 раза за 12 мин, гексана – в 4 раза за 1 ч, в 6 раз за 1,5 ч, ацетона – в 3 раза за 1 ч, в 5,5 раза за 1,5 ч, этилацетата – в 5 раз за 1 ч, в 7 раз за 1,5 ч, бензола – в 3 раза за 1 ч, в 5 раз за 1,5 ч, толуола – в 4 раза за 1 ч, в 5,5 раза за 1,5 ч, бутилацетата – в 6,5 раза за 1 ч, в 6 раз за 1,5 ч, м-ксилола – в 4 раза за 1 ч, в 9,5 раза за 1,5 ч, запах всех исследуемых химических веществ остается в течение 1,5 ч (таблицы 2, 3).

Таблица 2 — Содержание аммиака, мг/м^3 в воздухе камеры

Опыт	Экспозиция							
	до эксперимента	5 мин	10 мин	12 мин	15 мин	20 мин	25 мин	30 мин
№ 2.1	60	52	47		40	33	29	20
№ 2.2	60	35	25	20				

Таблица 3 — Концентрация (мг/м^3) и запах (баллы) вредных химических веществ в воздухе камеры

Опыт	Экспозиция	Химические вещества							
		гексан	ацетон	этил-ацетат	бензол	толуол	бутил-ацетат	м-ксилол	запах
№ 2.1	До эксперимента	126,1	116,5	155,5	111,3	311,7	332,9	310,9	5
	1 ч	56,3	51,3	62,1	59,9	128,1	128,3	118,1	5
	1,5 ч	43,6	38,5	44,9	39,3	69,9	76,7	85,9	4
№ 2.2	До эксперимента	255,04	262,6	329,1	209,5	614,6	605,2	610,9	5
	1 ч	73,4	73,2	89,7	58,9	174,3	149,4	150,7	3
	1,5 ч	37,1	38,9	41,7	33,1	99,3	86,3	87,9	1
№ 2.2*	До эксперимента	34,6	31,1	47,9	27,2	86,3	74,8	73,2	5
	1 ч	8,6	10,8	18,9	16,3	18,3	8,8	9,5	3
	1,5 ч	6,3	12,1	8,3	6,3	17,03	14,04	6,8	1

В 3-й серии опытов в научной лаборатории кафедры общей гигиены УО «Витебский государственный медицинский университет» при предварительном 3-часовом облучении опытных стекол в течение 3 ч после экспозиции через 0,5, 1 и 2 ч отмечен рост всех музейных штаммов микроорганизмов, а спустя 3 ч после экспозиции – отсутствие роста. При предварительном 3-часовом облучении опытных поверхностей в течение 3 ч и движении воздуха от вентилятора после экспозиции через 0,5, 1, 2, 2,5, 3,5 и 8 ч выявлено отсутствие роста всех тест-культур микроорганизмов. При непрерывном облучении УФ–лампой в течение 0,5, 1, 2, 2,5, 3,5, 8 и 24 ч опытных поверхностей с нанопокрытием из диоксида титана наблюдалось отсутствие роста всех исследуемых тест-культур микроорганизмов (таблица 4).

При непрерывном облучении УФ–лампой опытных поверхностей через стеклянный экран в течение 1 ч выявлено отсутствие роста всех музейных штаммов микроорганизмов. При непрерывном облучении УФ–лампой опытных поверх-

ностей с нанопокрытием из диоксида титана и движении воздуха от вентилятора в течение 0,5, 1, 2, 2,5, 3,5 и 8 ч наблюдалось отсутствие роста всех тест-культур микроорганизмов (таблица 4).

Таблица 4 — Содержание микроорганизмов на опытных стеклах с нанопокрытием диоксида титана

Опыт	Микроорганизмы	Экспозиция							
		до эксперимента	0,5 ч	1 ч	2 ч	2,5 ч	3,5 ч	8 ч	24 ч
№ 3.1	E.coli	+	+	+	+	+	+	+	+
	S.aureus	+	+	+	+	+	+	+	+
	P.aeruginosa	+	+	+	+	+	+	+	+
	C.albicans	+	+	+	+	+	+	+	+
	P.mirabilis	+	+	+	+	+	+	+	+
№ 3.2	*E.coli*	+	+	+	+	+	+	+	+
	S.aureus	+	+	+	+	+	+	+	+
	P.aeruginosa	+	+	+	+	+	+	+	+
	C.albicans	+	+	+	+	+	+	+	+
	P.mirabilis	+	+	+	+	+	+	+	+
№ 3.3	*E.coli*	+	+	+	+	+	+	+	+
	S.aureus	+	+	+	+	+	+	+	+
	P.aeruginosa	+	+	+	+	+	+	+	+
	C.albicans	+	+	+	+	+	+	+	+
	P.mirabilis	+	+	+	+	+	+	+	+
№ 3.4	*E.coli*	+	+	2×10^3	20		–	–	–
	S.aureus	+	+	2×10^4	100		–	–	–
	P.aeruginosa	+	+	+	2×10^2		–	–	–
	C.albicans	+	+	+	100		–	–	–
	P.mirabilis	+	+	+	2×10^3		–	–	–
№ 3.5	*E.coli*	+	–	–	–	–	–	–	–
	S.aureus	+	–	–	–	–	–	–	–
	P.aeruginosa	+	–	–	–	–	–	–	–
	C.albicans	+	–	–	–	–	–	–	–
	P.mirabilis	+	–	–	–	–	–	–	–
№ 3.6	*E.coli*	+	+	–	–	–	–	–	–
	S.aureus	+	+	–	–	–	–	–	–
	P.aeruginosa	+	+	–	–	–	–	–	–
	C.albicans	+	+	–	–	–	–	–	–
	P.mirabilis	+	+	–	–	–	–	–	–
№ 3.7	*E.coli*	+	–	–	–	–	–	–	
	S.aureus	+	–	–	–	–	–	–	
	P.aeruginosa	+	–	–	–	–	–	–	
	C.albicans	+	–	–	–	–	–	–	
	P.mirabilis	+	–	–	–	–	–	–	
№ 3.8	E.coli	+	–	–	–	–	–	–	
	S.aureus	+	–	–	–	–	–	–	
	P.aeruginosa	+	–	–	–	–	–	–	
	C.albicans	+	–	–	–	–	–	–	
	P.mirabilis	+	–	–	–	–	–	–	

Примечания:
1 — «+» Сплошной рост.
2 — «–» Отсутствие роста.

В контроле без облучения УФ–лампой и с предварительным облучением УФ–лампой в течение всего эксперимента на обычных стеклах наблюдался сплошной рост всех микроорганизмов. В контроле при облучении УФ–лампой обычных стекол наблюдалось подавление роста всех микроорганизмов до единичных колоний.

Результаты исследований показали, что при непрерывном облучении УФ–лампой опытных стекол с фотокаталитическим нанопокрытием диоксида титана запах вредных химических веществ исчезает в среднем в 3–6 раз быстрее чем без облучения и в 2–3 раза быстрее по сравнению с предварительным облучением. Относительная влажность при испарении или разбрызгивании в камере аммиака, ацетона и воды повышается в среднем в 2–3 раза по сравнению с предварительным облучением нанопокрытий.

При непрерывном облучении УФ–лампой опытных поверхностей с нанопокрытием из диоксида титана концентрация аммиака, гексана, ацетона, этилацетата, бензола, толуола, бутилацетата и м-ксилола снижается в среднем в 2 раза быстрее, чем без предварительного облучения.

При предварительном 3-часовом облучении опытных поверхностей и непрерывном облучении УФ–лампой в течение 0,5, 1, 2, 2,5, 3,5, 8 и 24 ч наблюдалось отсутствие роста музейных тест-культур *E.coli* ATCC 25922, *S.aureus* ATCC 25923, *P.aeruginosa* ATCC 27853, *C.albicans* ATCC 10231, *P.mirabilis* ATCC 14153.

Изложенное позволяет заключить о высокой дезодорирующей, очищающей и антимикробной эффективности фотокаталитических нанопокрытий диоксида титана, целесообразности промышленного выпуска установок для очистки воздуха с использованием изученных нанопокрытий и внедрения их в учреждениях здравоохранения, на предприятиях промышленности, торговли, коммунального и сельского хозяйства и др.

Выводы:

1. Опытные поверхности с фотокаталитическим нанопокрытием диоксида титана обладают способностью дезодорировать и обезвреживать воздух от вредных химических веществ.

2. Фотокаталитическое нанопокрытие диоксида титана обладает антимикробной активностью в отношении музейных штаммов *E.coli* ATCC 25922, *S.aureus* ATCC 25923, *P.aeruginosa* ATCC 27853, *C.albicans* ATCC 10231, *P.mirabilis* ATCC 14153.

3. Целесообразно применение фотокаталитических установок с нанопокрытием из диоксида титана для очистки воздуха в организациях здравоохранения, на предприятиях промышленности, торговли, коммунального и сельского хозяйства.

Литература

1. Фотокатализ: Вопросы терминологии. Фотокаталитическое преобразование солнечной энергии. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 7–17.

2. Daniel, H. Brake Bibliography of work on the photocatalytic removal of hazard ous compounds from waterandair / H. Daniel; Anational laboratory of the U.S. Department of energy. – 1994. – May. – P. 7–23.

Описание, технологии производства, свойства и применение диоксида титана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://plasma.com.ua/chemistry/chemistry/dioxid_titana.html. – Дата доступа: 25.04.2013.

3. Руководство Р3.1.683-98. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях. – М., 1998. – 25 с.

4. Савинов, Е.Н. Фотокаталитические методы очистки воды и воздуха / Е.Н. Савинов // Соросовский обр. журн. – 2000. – Т.6, № 11. – С. 52–56.

5. Воронцов, А.В. Гетерогенная фотокаталитическая окислительная деструкция углеродсодержащих соединений на чистом и платинированном диоксиде титана : автореф. дис. … д.х.н. / А.В. Воронцов. – Новосибирск, 2009.

Механизм фотокаталитического окисления угарного газа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.airlife.ru/?m=71&a=44. – Дата доступа: 20.04.2013.

Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: Санитарные правила и нормы № 9-80-98: утв. постановлением гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь 25.03.1999, № 12. – Минск, 1999. – 16 с.

Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ: Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 31.12.2008, № 240. – Минск, 2008. – 87 с.

6. Газохроматографическое измерение концентраций этилацетата, ацетона, толуола, ксилола в воздухе рабочей зоны: инструкция : утв. постановлением гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь № 4.1.11-11.33.2003. – Минск, 2003. – 14 с.

7. Методические указания по газохроматографическим измерениям ацетона, бензола, толуола, м-ксилола, бутилацетата, гексана №№ 4168-86, 4201-86, 4167-86.

8. Методы микробиологического контроля санитарно-гигиенического состояния помещений в организациях здравоохранения и стерильности изделий медицинского назначения: инструкция № 4.2.10-22-1-2006: утв. постановлением Гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь 28.01.2006, № 7. – Минск, 2006. – 18 с.

HYGIENIC ESTIMATION OF PHOTOCATALYTIC NANOCOATING OF TITANIUM DIOXIDE

Miklis N.I.[1], Alekseev I.S.[2], Burak I.I.[1]

[1]Vitebsk State Medical University;

[2]Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Belarus

The purpose of this work is to study the hygienic characteristic of photocatalyticnano-coating of titanium dioxide. The research results have shown that during continuous irradiation of experimental glasses with photocatalyticnano-coating by UV beams harmful chemicals smell disappears in 3–6 times faster than without irradiation and 2–3 times faster than with prior irradiation. Concentration of ammonia, hexane, acetone, ethylacetate, benzene, toluene, butylacetate and m- xylol is reduced in 2 times faster during continuous irradiation by UV lamp of titanium dioxide nano-coating than without irradiation.

There is no growth of museum *E.coli* ATCC 25922, *S.aureus* ATCC 25923, *P.aeruginosa* ATCC 27853, *C.albicans* ATCC 10231, *P.mirabilis* ATCC 14153 during 0,5, 1, 2, 2,5, 3,5, 8 and 24 h at the time of preliminary irradiation by 3 hours and continuous irradiation by UV lamp of experimental nano-coating.

Thus,photocatalytic titanium dioxide nano-coating have a high deodorizing, antimicrobial and cleansing effectiveness. Usage of photocatalitic installations with nano-coating of titanium dioxide for air purification in health care organizations, enterprises of industry, trade, municipal and agriculture is reasonable.

Keywords: nano-coating, titanium dioxidephotocatalysis, sanitary.

Поступила 03.09.2013

ПОДХОДЫ К ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ИЗДЕЛИЯ «ЭЛЕКТРОННАЯ СИГАРЕТА» КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Михина Л.И.

Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева, Академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Реферат. В работе представлены результаты гигиенической оценки электронной сигареты (э-сигареты) как возможного источника загрязнения воздуха помещений общественных и жилых зданий. С этой целью определялись: температурный режим использования безникотиновых жидкостей для заправки картриджей; химические вещества, которые могут максимально выделяться при курении электронных сигарет; концентрации веществ, которые могут влиять на формирование качества воздуха помещений жилых и общественных зданий. Исследования проводились на основе экспериментального моделирования. Основным веществом, которое образуется в струе пара при курении электронной сигареты, признан пропиленгликоль. Показано, что расчетная концентрация пропиленгликоля при курении одной сигареты с безникотиновой жидкостью за 10 мин с интервалом 3 затяжки в мин в помещении минимального объема составляет 0,17 мг/м^3, что превышает установленный действующий норматив в 5,7 раза и может вызывать активное раздражающее действие. Рекомендуется при оценке различных электронных сигарет с безникотиновыми жидкостями как возможных источников химического загрязнения воздуха помещений жилых и общественных зданий, идентифицировать качественный и количественный состав аэрозоля, образующегося во время курения.

Ключевые слова: качество воздуха помещений жилых и общественных зданий, электронная сигарета, безникотиновая жидкость для заправки картриджей, пропиленгликоль.

Введение. Основной идеей Всемирного дня без табака, который состоялся 14 мая 2013 г., была определена необходимость ратификации и выполнения странами Рамочной конвенции ВОЗ по борьбе против табака (РКБТ ВОЗ). Признано, что это необходимо для защиты нынешнего и будущих поколений от разрушительных последствий для здоровья, вызванных социальными, экологическими и экономическими последствиями воздействия табачного дыма. Запрет на рекламу и спонсорство является одним из самых эффективных по стоимости способов снижения спроса на табак и, следовательно, одним из «самых выгодных» способов борьбы против табака.

Большинство европейских стран уже приняло законы или разработало их проекты с последующей реализацией, касающиеся запрета курения табачных изделий, в законы про безопасность табачных изделий. На территории Украины действуют два основных закона: «Про заходи щодопопередження та зменшення вживання тютюнових виробів і їх шкідливого впливу на здоров'я населення» и «Про ратифікацію Рамкової конвенції Всесвітньої організації охорони здоров'я і зборотьби проти тютюну». Согласно Указу Президента Украины № 400/2011 от 06.04. 2011 государственная санитарно-эпидемиологическая служба в соответствии с возложенными на нее задачами осуществляет контроль над соблюдением содержания вредных для здоровья человека веществ и ингредиентов в табачных изделиях, которые реализуются в стране. Таким образом, мониторинг эффективности принятых мер по предупреждению и уменьшению употребления табачных изделий направлен на сокращение воздействия вредного влияния на здоровье населения [1].

В качестве альтернативы курению табачных изделий различными производителями выпускается специальное устройство доставки никотина в организм – электронная сигарета. Это устройство сразу же приобрело популярность во многих странах мира. В Украине распространение э-сигарет обусловлено тем, что они формально не попадают в категорию медицинских средств или табачных изделий и не имеют соответствующих предостережений.

В отличие от обычных сигарет при курении э-сигарет не образуется продуктов сгорания табака, а образуется «дым» прямого испарения химических веществ, т.е. пропиленгликоля, глицерина, ароматизаторов. Для э-сигарет существует понятие как активного, так и пассивного курения [2–3].

Во время курения э-сигареты влагоудерживающие агенты создают струю «дыма» парообразных веществ. Подобные соединения часто используются в качестве растворителей в аэрозольных системах для перорального применения лекарственных средств, таких как дозированные ингаляторы и распылители для клинической практики. Однако частота использования э-сигарет неконтролируема и выше, чем в случае с использованием лекарственных средств, что приводит к различным характеристикам экспозиции для человека. Показано, что качественный и количественный состав выделяемой струи «дыма» во время эксплуатации э-сигареты отличается в зависимости от состава жидкости для заполнения картриджа, времени использования жидкости, длительности затяжек и интервала между ними [4–5].

Несмотря на то, что э-сигареты активно заполняют рынок продукции для никотинозависимых потребителей, нет комплексной оценки сравнения воздействия на организм человека продуктов выделения во время курения электронной и обычной сигарет, а также э-сигарета не рассматривалась как потенциальный источник загрязнения воздуха замкнутого пространства.

Исходя из вышеизложенного, целью данного исследования являлась оценка изделия «электронная сигарета» как потенциального источника загрязнения воздушной среды помещений жилых и общественных зданий.

Материал и методы. При проведении исследования был использован метод моделирования в экспериментальных условиях.

Для определения температурного режима выделения струи пара заправочной жидкости для картриджей во время эксплуатации э-сигареты измеряли температуру поверхности нагревательного элемента во время искусственного курения.

Количественный химический анализ веществ, которые выделяются в воздух при курении э-сигареты с заправленным безникотиновой жидкостью картриджем, проводился с помощью санитарно-химических методов.

Полученные данные использовали для дальнейших расчетов перехода от модельных к природным условиям.

Для статистической обработки полученных данных использовали программу Microsoft Excel. Для характеристики варьирования результатов в работе рассчитывалось среднее стандартное отклонение. Достоверность полученных данных оценивали по критерию Стьюдента о проверке значения среднего.

Результаты и их обсуждение. Э-сигарета любого производителя с безникотиновой жидкостью представляет собой электронное устройство для имитации табакокурения путем генерации пара, который при вдыхании вызывает вкусовые ощущения настоящего табачного дыма. В основе конструкции э-сигарет лежит испаритель (парогенератор), часто называемый «атомайзером», внутри которого расположена нихромовая спираль. Нагреваясь, она превращает содержащуюся внутри жидкость в густой пар, напоминающий по внешнему виду табачный дым. Безникотиновые жидкости для э-сигарет обычно содержат влагоудерживающие агенты (пропиленгликоль, глицерин) и дополнительные компоненты (ароматизаторы, пищевые добавки).

Для моделирования эксперимента по определению диапазона температур поверхности нагревательного элемента использовалось два образца э-сигарет («SLB DSE-B-901», «SuperEgo»). Э-сигарета с ручным управлением атомайзером закреплялась в специальном держателе. С противоположной стороны на расстоянии 15 см закреплялся инфракрасный измеритель температуры поверхности MicroRay PRO. При нажатии кнопки-регулятора э-сигарета приводилась в режим искусственного курения и при этом фиксировались показания измерений температуры поверхности нагревательного элемента. До начала нагревания атомайзера проводились фоновые измерения температуры его поверхности при условиях температуры окружающей среды. Измерения проводились на протяжении времени возможного выкуривания э-сигареты (10 мин).

Результаты первого этапа исследования показали, что температура нагревательного элемента во время курения э-сигареты практически не отличается от температуры окружающей среды в данных условиях (таблица 1).

Таблица 1 — Температура поверхности нагревательного элемента электронных сигарет в нерабочем и рабочем состояниях

№	t,°C	Образец 1 (э-сигарета SLB DSE-B-901)		Образец 2 (э-сигарета SuperEgo)	
		t^1,°C	t^2,°C	t^1,°C	t^2,°C
1	27	27,7-27,9 27,77±0,08	28,1-28,4 28,27±0,1	28,0-28,8 28,43±0,34	28,3-29,1 28,67±0,33

Примечания:
t – температура воздуха помещения, где проводились исследования;
t^1– исходная температура поверхности нагревательного элемента в режиме неработающей э-сигареты;
t^2– температура поверхности нагревательного элемента в режиме работающей
э-сигареты.

Установлено, что разница между средними показателями температур поверхности нагревательного элемента в режиме неработающей и работающей электронной сигареты незначительна и составляет: для первого образца – 0,5 °С; для другого образца – 0,24 °С. Как видно из таблицы 1, температура поверхности нагревательного элемента при работающей э-сигарете достоверно не отличается от температуры окружающей среды. Следовательно, это не приведет к изменению химического состава жидкости, которой заправляют картриджи.

Известно, что при анализе различных составов безникотиновых жидких композиций, заполняющих картриджи для электронных сигарет, в составе композиций содержится 67-89% пропиленгликоля, 10–33% глицерина и дополнительных компонентов. В процессе прокуривания электронных сигарет при стандартных условиях установлено, что в паровой струе (в «дыме»), содержится высокое количество пропиленгликоля 29–94%, глицерина до – 52%.

Пропиленгликоль – бесцветная вязкая жидкость со слабым характерным запахом, сладковатым вкусом, обладающая гигроскопическими свойствами; добавка Е-1520 (разрешена для использования в большинстве стран мира). Аэрозоль в большом количестве может обладать раздражающим действием ($ЛД_{50}$ – 20000 мг/кг (для перорального введения крысам); ориентировочно безопасный уровень воздействия пропиленгликоля для атмосферного воздуха равен 0,03 мг/м^3; класс опасности – 3 [6].

Для количественного анализа веществ струи «дыма» от э-сигареты использовались четыре безникотиновые жидкости для заправки картриджей с различными ароматизаторами («Marlboro Zero», «Sweet Cherry Zero», «Pure Virginia Zero», «Vanilla Bourbon Zero»). Согласно рецептуре жидкости имели следующий состав: пропиленгликоль –70–85%; спирт бензиловый – около 1%; уксусная кислота – около 1%, остаток – этилмальтол; мальтол; искусственные и натуральные ароматизаторы, усилители вкуса и запаха, растворители.

Анализ рецептур безникотиновых жидкостей и данных литературы предоставил возможность сделать вывод, что пропиленгликоль является наиболее весомым компонентом жидкостей. Для каждой жидкости использовался отдельный картридж. Э-сигарета прикреплялась тефлоновыми трубками к шприцу и герметичному эксикатору (V=0,003 м^3), в который поступал аэрозоль жидкости для курения. Через дополнительный разъем к эксикатору был присоединен газоанализатор «Колион-1В-04» (диапазон измерения – 0–2000 мг/м^3, погрешность – 15%), с которого каждую минуту снимались показания. Воздух протягивался через систему имитации искусственного выкуривания по 100 мл 3 раза за 1 мин (300 мл). Насыщенность объема эксикатора по объему аэрозоля, который поступал при курении э-сигареты за 1 мин, составляет 0,1 м^3/м^3. Для каждой жидкости исследования проводились в 3 подхода по 10 мин. Перед исследованием измерялись фоновые концентрации веществ в помещении, где проводился эксперимент, и от эксикатора.

В таблице 2 представлены результаты анализа количественного состава аэрозоля 4-х безникотиновых жидкостей. Определено, что концентрации вещества, условно принятого за пропиленгликоль, который выделяется в воздух во время курения э-сигатеты, составляла от 89,1 до 103,4 мг/м^3: жидкость «Marlboro Zero» – 101,2 мг/м^3, жидкость «Sweet Cherry Zero» – 89,1 мг/м^3, жидкость «Pure Virginia Zero» – 103,4 мг/м^3, жидкость «Vanilla Bourbon Zero» – 95,7 мг/м^3.

Таблица 2 — Концентрация аэрозоля суммы химических веществ во время курения э-сигареты

Место отбора проб	Температура,°	Влаж-ность воздуха, %	Скорость аспирации, л/мин	Длительность отбора проб, мин	Название вещества	Концентрация, мг/м^3
Фон	27	78	Согласно паспорта прибора	10	Сумма химических веществ	0,0
Курение «Marlbor Zero»				10	Сумма химических веществ	101,2
Курение «Sweet Cherry Zero»				10	Сумма химических веществ	89,1
Курение «Pure Virginia Zero»				10	Сумма химических веществ	103,4
Курение «Vanilla Bourbon Zero»				10	Сумма химических веществ	95,7

Учитывая физические свойства этого вещества, можно предположить, что оно является компонентом струи «дыма», которая выделяется в воздух при выкуривании э-сигареты. Это дает нам возможность сравнить полученные данные с действующими нормативами пропиленгликоля и перейти от модельного эксперимента к оценке возможного натурного загрязнения воздуха помещений. Расчеты проводились для помещения с минимальной допустимой площадью и высотой [7]. Объем такого помещения составляет 17,5 м^3. Соотношение между экспериментальной и натурной насыщенностью аэрозолем объема пространства составило 1:5882,35. Что касается стандартного прокуривания сигареты, ряд исследователей считает, что его время составляет 10 мин с интервалом 3 затяжки в мин. При расчетах учитывались условия микроклимата помещения (кратность воздухообмена, температура, влажность, давление).

На основании данных, полученных при проведении модельного эксперимента, была рассчитана потенциальная концентрация химического вещества, условно принятого за пропиленгликоль, которая может создаваться во время 10-минутного курения одной э-сигареты. Она составила 0,17 мг/м^3 и превысила в 5,7 раза действующий в Украине временный норматив для атмосферного воздуха и воздуха помещений непромышленного назначения.

Заключение. Проведенные исследования показали, что при оценке различных электронных сигарет с безникотиновыми жидкостями как возможных источников химического загрязнения воздуха помещений жилых и общественных зданий необходимо идентифицировать качественный и количественный состав аэрозоля, образующегося во время курения. При этом:

1. Определена температура поверхности нагревательного элемента в режиме неработающей и работающей э-сигареты. Показано, что температура работающей э-сигареты не приведет к процессам, при которых может измениться химический состав жидкости для заправки картриджа.

2. Показано, что в воздух при курении электронной сигареты с заполненным безникотиновой жидкостью картриджем будет выделяться аэрозоль такого же состава, как и сама жидкость. На этом основании полученные результаты можно сравнивать с количественными критериями оценки пропиленгликоля.

3. Выявлено, что расчетная потенциальная концентрация химического вещества (условно принятого за пропиленгликоль), которая может создаваться в воздухе минимального помещения жилища (кухня) во время 10-минутного курения с интервалом 3 затяжки за 1 мин курения одной э-сигареты с безникотиновой жидкостью, может доходить до 0,17 мг/м^3, что превышает ОБУВ в 5,7 раза.

Литература

1. Положення про Державну санітарно-епідеміологічну службу України : Указ Президента України № 400/2011 від 06 квітня 2011 р. [Электронный ресурс]. – Режим доступу: http://www.president.gov.ua/documents/13372.html]. – Дата доступу: 20.05.2013.

2. Etter, J.F. Electronic cigarettes: a survey of users / J.F. Etter // BMC Public Health. – 2010. – 10. – P. 231.

3. Shapiro, J.A. Cigar smoking in men and risk of death from tobacco-related cancers / J.A. Shapiro, E.J. Jacobs, M.J. Thun // J. Natl Cancer Inst.– 2000. – 92. – 333–7.

4. Montharu, J. Evaluation of lung tolerance of ethanol, propylene glycol, and sorbitanmonooleate as solvents in medical aerosols / J. Montharu // J. Aerosol Med. Pulm. Drug. Deliv. – 2010. – 23. – 41–46.

5. Vardavas, C.I. Acute pulmonary effects ofusingane-cigarette: impact on respiratory flowresistance, impedance and exhaled nitricoxide / C.I. Vardavas // Chest. – 2011. – 141. – 1400–1406.

6. ГН 2.2.6.-166-2009. Ориентировочные безопасные урони воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://document.ua/orientovno-bezpechni-rivni-vplivu-obrv-zabrudnyuyuchih-recho-nor 17894.html. – Дата доступу: 20.05.2013.

7. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житловібудинки. Основніположення. – К., 2005. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://info-build.com.ua/normativ/detail.php?ID=45093].– Дата доступу: 20.05.2013.

APPROACHES TO THE HYGIENIC ASSESSMENT OF «ELECTRONIC CIGARETTES» AS A POTENTIAL SOURCE OF INDOOR AIR POLLUTION OF RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS

Mikhina L.I.

A.N. Marzeyev Institute for Hygiene and Medical Ecology, Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The results of the study on hygienic assessment of ‘e-cigarettes’ as a possible source of indoor air pollution in public and residential buildings have been presented in the paper. For this purpose we have defined: heating temperature of the liquid in the

‘e-cigarette’, pollutants which can be emitted during the smoking of «e-cigarettes», the concentrations of substances that can affect the indoor air quality formation of residential and public buildings. The study was performed based on the experimental modeling. Propylene glycol is the main substance formed in a stream of vapor when smoking «e-cigarettes». The study revealed that during smoking of one e-cigarette for 10 min with interval 3 tightening torque per minute with non-nicotine liquid in the minimum amount of space the calculated concentration of propylene glycol was 0,17 mg/m^3. This concentration is in 5,7 times higher than the existing hygienic regulations, and can cause an irritating action. For the assessment of different «e-cigarettes» with non-nicotine liquids it is recommended to identify the qualitative and quantitative composition of the aerosol produced during smoking.

Keywords: indoorairqualityofresidentialandpublicbuildings, theelectroniccigarette, non-nicotineliquidforrefillingcartridges, propyleneglycol.

Поступила 04.06.2013

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ДЕКОНТАМИНАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Ниделько А.А., Рябова Н.В.

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Реферат. В статье приведены результаты использования рогоза широколистного для деконтаминации почв, загрязненных марганцем, хромом, железом и свинцом.

Ключевые слова:деконтаминация почв, корневище рогоза широколистного, катионы тяжелых металлов.

Введение. Главная опасность тяжелых металлов состоит в том, что они способны постепенно концентрироваться в пищевых цепях и, таким образом, воздействовать на биосферу и человека [1].

Поступая в почву в больших количествах, тяжелые металлы, в первую очередь, влияют на биологические свойства почвы: изменяется общая численность микроорганизмов, сужается их видовой состав, изменяется структура микробиоценозов, падает интенсивность основных микробиологических процессов и активность почвенных ферментов [2]. Кроме того, тяжелые металлы способны изменять и более консервативные признаки почвы: структуру почвы, pH, гумусное состояние. Это приводит к частичной, а в некоторых случаях и полной утрате плодородия почв.

Для деконтаминации почв от токсичных тяжелых металлов пользуются различными приемами. Один из них основан на способности некоторых растений извлекать из почвы большое количество металлов [1].

Цель — разработать эффективный и доступный метод очистки почвы от ионов хрома, марганца, железа и свинца на основе биологической рекультивации с применением аборигенной флоры загрязненной территории – рогоза широколистного.

Исследована способность рогоза извлекать из почвы ионы тяжелых металлов. Известно, что рогоз извлекает ионы тяжелых металлов из воды [3].

Материал и методы. Исследование проводилось на базе ГУО «Гимназия г. Пружаны». Объект исследования – катионы тяжелых металлов, корневище рогоза широколистного. Предмет исследования – способность корневища рогоза широколистного адсорбировать ионы тяжелых металлов из почвы.

Образцы рогоза для опытов были взяты в пойме речки Вец напротив городского озера. На территории Пружанского района Брестской области преобладают дерново-подзолистые почвы. Анализ на наличие ионов марганца, хрома, железа и свинца в этом материале дал отрицательный результат.

Для исследования способности рогоза извлекать ионы тяжелых металлов были подготовлены пять образцов почвы: № 1 – внесено 2 г сульфата марганца; № 2 – 2 г хлорида хрома (II); № 3 – 2 г сульфата железа (III); № 4 – 2 г уксуснокислого свинца (II); № 5 – почва с минимальным содержанием исследуемых компонентов. В эти почвы в октябре были высажены образцы рогоза корневищами.

Спустя 4 месяца вегетации был проведен анализ на определение содержания металлов марганца, хрома, железа и свинца в корневищах рогоза. Так как образцы рогоза произрастали в почвах, в которые вносились соли марганца, хрома, железа и свинца, то велось определение именно этих металлов.

Наличие ионов металлов оценивалось по качественным реакциям на данные ионы [4]. Количественное определение металлов проводилось методом перманганатометрии [5].

Результаты и их обсуждение. Результаты определения наличия ионов металлов представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Содержание ионов марганца, хрома, железа и свинца в различных частях рогоза

Части камыша	Марганец Mn^{2+}	Хром Cr^{3+}	Железо Fe^{3+}	Свинец Pb^{2+}
Корневище	+++	+++	+++	+
Листья	-	-	-	-
Стебель	+	+	-	-

Из таблицы видно, что больше всего ионов тяжелых металлов содержится в корневищах рогоза, поэтому далее в корневищах было определено количественное содержание ионов тяжелых металлов.

Расчеты масс тяжелых металлов в корневище рогоза представлены в таблицах 2–5.

Таблица 2 — Определение содержания марганца в корневище рогоза

№ опыта	V ($KMnO_4$)	C (Mn^{2+})	M (Mn^{2+})
1	9 мл	0,0045 г/мл	0,1236 г
2	8 мл	0,0040 г/мл	0,1099 г
3	9 мл	0,0045 г/мл	0,1236 г

Таблица 3 — Определение содержания хрома в корневище рогоза

№ опыта	V ($KMnO_4$)	C (Cr^{2+})	m_1 (Cr^{2+})
1	8 мл	0,0040 г/мл	0,104 г
2	10 мл	0,0050 г/мл	0,130 г
3	11 мл	0,0055 г/мл	0,143 г

Таблица 4 — Определение содержания железа в корневище рогоза

№ опыта	V ($KMnO_4$)	C (Fe^{3+})	M (Fe^{3+})
1	7 мл	0,0035 г/мл	0,0652 г
2	8 мл	0,0040 г/мл	0,0745 г
3	5 мл	0,0025 г/мл	0,0466 г

Таблица 5 — Определение содержания свинца в корневище рогоза

№ опыта	V ($KMnO_4$)	C (Pb^{2+})	M (Pb^{2+})
1	12 мл	0,0060 г/мл	0,6216 г
2	13 мл	0,0065 г/мл	0,6734 г
3	12 мл	0,0060 г/мл	0,6216 г

В таблице 6 показана степень извлечения ионов тяжелых металлов из почвы корневищем рогоза.

Таблица 6 — Процент извлечения ионов тяжелых металлов из почвы

	Извлечено из почвы, г	Внесено в почву ионов металла, г	Процент извлечения из почвы
Марганец	0,4406	0,73	60,35
Хром	0,4400	0,70	62,85
Железо	0,2049	0,28	73,19
Свинец	1,15	1,27	90,55

Заключение. В результате проведенного исследования доказана возможность использования эффективного и доступного метода очистки почвы от ионов хрома, марганца, железа и свинца на основе биологической рекультивации с применением аборигенной флоры загрязненной территории – рогоза широколистного. Рекомендуется высаживать рогоз на дачных участках вблизи искусственно созданных водоемов для деконтаминации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

Исходя из проведенной работы, можно сделать следующие выводы:

Рогоз способен всасывать ионы тяжелых металлов не только из воды, но и из почвы.

Лучше всего рогоз всасывает ионы свинца (90,55%) и ионы железа (73,19%). Также рогоз неплохо адсорбирует из почвы ионы хрома и марганца (60,35 и 62,85% соответственно).

Наибольшая концентрация этих металлов обнаружена в корневище рогоза.

Литература

1. Тимофеева, С.С. Биотехнология обезвреживания сточных вод/С.С. Тимофеева // Химия и технология воды. – 1995. – №5 . – С. 525–532.

2. Габович, Р.Д. Гигиена / Р.Д. Габович. – 1984. – С. 86–93.

3. Смирнова, Н.Н. Эколого-физиологические особенности корневой системы прибрежно-водной растительности / Н.Н. Смирнова // Гидробиол. журн. – 1980. – № 3. – С.60–73.

4. Крешков, А.П. Основы аналитической химии / А.П. Крешков. – 1970.– С. 227–234.

5. Крешков, А.П. Основы аналитической химии / А.П. Крешков. – 1970. – Т. 2. – С. 244–262.

USE OF PLANTS TO DECONTAMINATE SOILS CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

Nidelko A.A., Ryabova N.V.

Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

The article presents the results of use of broad leaf cattail for decontamination of soils contaminated with manganese, chromium, iron and lead.Best cattail absorbs lead ions (90,55%) and iron ions (73,19%). Had proved ability to use an effective method of cleaning soil from ions of chrome, manganese, iron, based on bioremediation using broadleafcattail.

Keywords: soil decontamination, broad leaf cattail rhizome, heavy metal cations.

Поступила 11.06.2013

НОВЫЕ БИОМАРКЕРЫ ЭФФЕКТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС В ТЕСТЕ «ОТКРЫТОЕ ПОЛЕ» ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ БИОИНСЕКТИЦИДОВ

Орленкович Л.Н.

«Медицина труда» НИИ Охраны труда и здоровья окружающей среды Рижского медицинского университета Паула Страдыня, Латвия

Реферат. В хронических экспериментах изучено влияние биоинсектицидов на поведение белых беспородных крыс в тесте «открытое поле» по изменениям среднестатистических значений показателей и методом парных корреляций. Метод парных корреляций выявил механизм действия биопрепаратов на ориентировочно-исследовательское и эмоциональное поведение крыс в минимальных концентрациях. Обоснованы новые чувствительные и гигиенически значимые биомаркеры эффекта для оценки поведения крыс в тесте «открытое поле» с последующим использованием при обосновании гигиенических регламентов.

Ключевые слова: белые беспородные крысы, биоинсектицид, парные корреляции показателей поведенческих и вегетативных реакций крыс, гигиеническое регламентирование.

Введение. Широкое использование в сельском хозяйстве биоинсектицидов требует от токсикологов обоснования гигиенических регламентов с учетом их влияния на гомеостаз макроорганизма в целом и его отдельных систем с количественной и качественной оценкой токсического эффекта на низких уровнях воздействия. Однако воздействие биопрепаратов в хроническом эксперименте на уровне пороговых концентраций вызывает незначительные изменения ориентировочно-исследовательского и эмоционального поведения крыс в тесте «открытое поле» по среднестатистическим значениям показателей. Метод комплексной регистрации поведенческих и вегетативных реакций крыс по изменениям среднестатистических значений биомаркеров эффекта и методом парных корреляций дает возможность более точной регистрации поведения с выявлением патогенеза интоксикации и механизмов защиты гомеостаза макроорганизма от воздействия антигенов микробного происхождения. Данные исследования необходимы для обоснования новых биомаркеров эффекта при оценке поведения крыс в тесте «открытое поле» с целью использования их при санитарной стандартизации биопрепаратов.

Целью настоящей работы явилась разработка методологии оценки воздействия биоинсектицидов на поведенческие и вегетативные реакции крыс в тесте «открытое поле» методом парных корреляций в условиях хронического эксперимента.

Материал и методы. Объектами исследований явились биоинсектициды, созданные на основе энтомопатогенных грибов и бактерий вида *Bacillus thuringiensis*. В экспериментах при повторном 4-месячном ингаляционном поступлении биопрепаратов на уровне недействующей, пороговой, действующей концентраций использованы белые беспородные крысы-самцы массой 180–220 г, содержавшиеся в стандартных условиях вивария при естественном освещении на стандартном пищевом рационе. Статистическая группа состояла из 15–20 особей. Исследования проведены согласно методическим рекомендациям [1] в соответствии с правилами Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных целей (Страсбург, 1986). Перед началом хронического эксперимента методом «открытое поле» [2] оценивали ориентировочно-исследовательскую активность крыс, исключая из контрольных и опытных групп животных с пассивным типом поведения. Верификацию поведенческих и вегетативных реакций проводили в течение 10 мин, соблюдая правило поочередного тестирования животных из контрольной и опытной групп, через 1, 2, 3, 4 месяца эксперимента и 1 месяц восстановительного периода. Достоверность парных корреляций оценивали с помощью χ^2-теста (Pearson Correlation, SPSS for Windows 16). Все сильные ($0,7 \leq R \leq 1,0$) и средние ($0,5 \leq R \leq 0,6$) взаимосвязи, представленные в таблице 2, достоверны ($p<0,05$) [3].

Результаты и их обсуждение. На примере дендробациллина, созданного на основе бактерий вида *Bacillus thuringiensis var. dendrolimus*, ниже представлен анализ воздействия препарата на поведенческие и вегетативные реакции крыс в тесте «открытое поле» с учетом изменений среднестатистических биомаркеров эффекта (таблица 1) и по динамике парных корреляций между вышеуказанными показателями (таблица 2).

Таблица 1 — Показатели поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле», подвергавшихся 4-месячному ингаляционному воздействию дендробациллина

Показатели	Концентрация препарата									
	10,1±0,7 мг/м^3					50,2±2,3 мг/м^3				
	Срок воздействия (в мес.)									
	1	2	3	4	Вп	1	2	3	4	Вп
ГДА	0	0	0	0		0	0	↑	↑	0
ВДА	0	0	0	0		0	0	0	0	
Норковый рефлекс	0	0	0	0		0	0	0	↓	0
Груминг	0	0	0	0		0	0	0	↑	0
Эмоциональная реактивность	0	0	0	↑	0	0	↑	↑	↑	0
Неподвижность	0	↑	↑	↑	0	↑	↑	↑	0	

Примечания:
1 — 0 — Отсутствие изменений.
2 — ↑ —Увеличение показателя.
3 — ↓ —Снижение показателя.
4 — В.п. — 1 месяц восстановительного периода.
5 — ГДА — горизонтальная двигательная активность.
6 — ВДА — вертикальная двигательная активность.

Воздействие дендробациллина в недействующей дозе (2,3±0,2 мг/м^3) не вызывало изменений поведенческих и вегетативных реакций крыс во все сроки исследования.

Пороговая концентрация препарата (10,1±0,7 мг/м^3) через 2, 3 и 4 месяца поступления вызывала у животных увеличение количества эпизодов неподвижности (далее – КЭН), что свидетельствует о процессах торможения в ЦНС. Через 4 месяца воздействия наблюдалось увеличение эмоциональной реактивности (далее – ЭР) с одновременным нарастанием КЭН, что указывает на одновременное возбуждение вегетативной нервной системы и торможение в других отделах ЦНС. Выявленные отклонения являются проявлением пассивно-оборонительного типа поведения животных в условиях преобладания мотивации страха в результате длительного воздействия антигена и свидетельствуют о напряжении регуляторных механизмов факторов неспецифической защиты организма, не выходящих за пределы его компенсаторных возможностей. Через 1 месяц восстановительного периода отмечена нормализация показателей поведенческих и вегетативных реакций крыс (таблица 1).

Действующая концентрация препарата (50,2±2,3 мг/м^3) вызывала увеличение КЭН у подопытных животных через 1 месяц поступления, что указывает на процессы торможения в ЦНС. Два месяца воздействия препарата вызывали увеличение КЭН и ЭР, свидетельствующих об одновременном возбуждении вегетативной нервной системы и торможении в других отделах ЦНС. Три месяца воздействия препарата вызывали увеличение ЭР, ГДА и КЭН. Достоверный рост дефекаций в сочетании со значительным увеличением уровня локомоций свидетельствует о развитии эмоциональной реакции тревожности [4]. Изменения характеризуют выраженность таких крайних типов поведения, как пассивное (замирание) и активное (побежки) избегание и проявляются в условиях преобладания мотивации страха [5, 6]. В конце эксперимента выявлено увеличение ГДА, ЭР, груминга и снижение норкового рефлекса. Возбуждение вегетативной нервной системы, активное избегание, нарастание негативной (груминг) эмоциональности, а также снижение исследовательского (количество «норок») компонента поведения связаны с развитием защитного торможения в ответ на повышение общего уровня возбуждения животных, и являются ответной реакцией на токсическое воздействие действующей дозы дендробациллина. Полученные изменения указывают на существенное угнетение и перенапряжение регуляторных механизмов факторов неспецифической защиты организма, выходящих за пределы его компенсаторных возможностей. Через 1 месяц восстановительного периода показатели поведенческих и вегетативных реакций подопытных животных полностью нормализовались (таблица 1).

Использование парного корреляционного анализа для оценки динамики взаимосвязей между показателями поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» в долгосрочном эксперименте оказалось эффективным, подтвердив выдвинутые ранее А.Л. Маркель и соавт. выводы [4. 5].

Таблица 2 — Парные корреляции показателей поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» при воздействии дендробациллина

Показатели	Контроль	1 месяц воздействия			Контроль	2 месяца воздействия		
		2,3	10,1	50,2		2,3	10,1	50,2
ГДА – ВДА	+0,9	+0,9	+0,9	+0,7	+0,9	+0,9	+0,9	+0,9
ГДА – норки	+0,9	+0,6	+0,8	+0,9	+0,8	+0,5	+0,8	+0,8
ГДА – груминг	+0,6	+0,8	-	-0,7	+0,6	+0,6	-	-0,6
ГДА – ЭР	-0,7	-0,8	-0,8	-0,6	-0,6	-0,5	-0,7	-
ВДА – норки	+0,8	+0,6	+0,8	+0,6	+0,8	+0,6	+0,7	+0,7
ВДА – груминг	+0,7	+0,8	+0,5	-0,5				
ВДА – ЭР	-0,6	-0,7	-0,7	-	-0,6	-	-0,7	-
норки – груминг	+0,6	+0,5	-	-0,7				
норки – ЭР	-0,7	-	-0,7	-	-0,8	-	-0,6	-
Новые взаимосвязи:								
ГДА – неподвижность			-0,5	-0,5			-0,6	-0,7
ВДА – груминг						+0,7		-0,6
ВДА – неподвижность			-0,6	-0,6			-0,6	-0,6
норки – груминг						+0,5		-0,6
норки – неподвижность								-0,6
груминг – ЭР		-0,6	-0,5	+0,5		-0,6	-0,5	
груминг – неподвижность				+0,6				
Показатели	Контроль	3 месяца воздействия			Контроль	4 месяца воздействия		
		2,3	10,1	50,2		2,3	10,1	50,2
ГДА – ВДА	+0,9	+0,9	+0,7	+0,8	+0,9	+0,9	+0,8	+1,0
ГДА – норки	+0,8	+0,8	+0,6	+0,7	+0,9	+0,7	+0,6	+1,0
ГДА – ЭР	-0,8	-0,6	-0,7	-	-0,9	-	+0,7	-
ВДА – норки	+0,8	+0,7	+0,6	+0,8	+0,8	+0,8	+0,5	+1,0
ВДА – ЭР	-0,8	-	-	-	-0,8	+0,5	-	-
норки – ЭР	-0,8	-	-	-	-0,8	-	+0,6	-
Новые взаимосвязи:								
ГДА – груминг		+0,9	+0,5			+0,8	+0,8	+0,9

Окончание таблицы 2

ГДА – неподвижность			-0,6	-0,5				
ВДА – груминг		+0,9				+0,9	+0,7	+0,8
ВДА – неподвижность				-0,6				
норки – груминг		+0,7				+0,9		+0,9
норки – неподвижность			-0,6	-0,6				
груминг – ЭР		-0,6	-0,6			+0,6	+0,5	+0,5
ЭР – неподвижность				+0,5				

Примечания:
1 — 2,3±0,2 — Недействующая.
2 — 10,1±0,7 — Пороговая.
3 — 50,2±2,3 — Действующая концентрации дендробациллина мг/м ^{3}.

Анализ взаимосвязей между показателями поведенческих и вегетативных реакций животных в контрольной группе установил преобладание прямых парных корреляций над обратными через 1 и 2 месяца эксперимента и их равное соотношение в оставшиеся сроки исследования (таблица 2). Прямые взаимосвязи показателей ориентировочно-исследовательской активности (ГДА, ВДА и норкового рефлекса) между собой выявлялись у интактных животных во все сроки исследования, что указывает на стабильность ориентировочной и пассивно-оборонительной форм поведения животных независимо от их возраста. Прямые взаимосвязи между показателями ориентировочно-исследовательской активности (ГДА, ВДА и норкового рефлекса) и груминга через 1 месяц эксперимента характеризуют состояние конфликта и свидетельствуют о поведении смещенной активности в условиях преобладания мотивации страха, вызванного незнакомой обстановкой [5]. Сохранение единственной прямой парной корреляции ГДА и груминга через 2 месяца эксперимента и отсутствие взаимосвязей между показателями ориентировочно-исследовательской активности и грумингом в оставшиеся сроки исследования указывают на снижение эмоциональной реакции страха у интактных животных по мере адаптации к условиям тестирования [5, 6].

Обратные взаимосвязи ГДА, ВДА и норкового рефлекса с ЭР у интактных животных во все сроки исследования свидетельствуют о повышенной ориентировочно-исследовательской активности крыс и их низкой эмоциональности, когда локомоция отражает наличие исследовательского поведения, что соответствует снижению эмоциональной реакции страха [4]. Полученные нами данные изучения поведения интактных крыс в тесте «открытое поле» методом парных корреляций совпадают с результатами исследований А.Л. Маркель и соавт. [4, 5].

Анализ парных корреляций между показателями поведенческих и вегетативных реакций крыс при воздействии минимальной дозы дендробациллина установил сохранение большинства парных корреляций по сравнению с группой параллельного контроля во все сроки поступления препарата и исчезновение 1, 2 взаимосвязей в разные сроки воздействия (таблица 2). Появление прямой парадоксальной корреляции между ВДА и ЭР в конце эксперимента свидетельствует об одновременном нарастании процесса эмоционального возбуждения в вегетативной нервной системе и возбуждения в других отделах ЦНС, что связано с длительной антигенной нагрузкой на организм.

В группе новых парных корреляций выявлялись обратные взаимосвязи между грумингом и ЭР в течение 3 месяцев поступления препарата, что указывает на возникновение комплекса реакций, связанных с развитием защитного торможения в ответ на повышение общего уровня возбуждения. Прямая взаимосвязь между грумингом и ЭР в конце эксперимента указывает на процесс возбуждения в вегетативной нервной системе и торможения в других отделах ЦНС. Новые прямые парные корреляции между показателями ориентировочно-исследовательской активности (ГДА, ВДА, норковый рефлекс) и грумингом через 2, 3, 4 месяца поступления препарата характеризуют состояние конфликта и свидетельствует о поведении смещенной активности с преобладанием мотивации страха под воздействием антигена.

Таким образом, использование парного корреляционного анализа для изучения динамики взаимосвязей между показателями поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» позволило выявить изменения парных корреляций на минимальном уровне воздействия препарата.

Оценка парных корреляций между показателями поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» при воздействии пороговой дозы дендробациллина выявила сохранение большинства взаимосвязей по сравнению с группой параллельного контроля во все сроки поступления препарата и исчезновение 1, 2 взаимосвязей в разные сроки эксперимента (таблица 2). Появление прямых парадоксальных корреляций между показателями ориентировочно-исследовательской активности (ГДА, норкового рефлекса) и ЭР в конце эксперимента свидетельствует о существенном нарастании процесса эмоционального возбуждения в вегетативной нервной системе и возбуждения в других отделах ЦНС. Усиление двигательной активности, свидетельствующее о возбужденном состоянии животных, связано с компенсаторными реакциями, развивающимися в ответ на длительное воздействие пороговой дозы антигена на ЦНС подопытных животных.

Поступление дендробациллина в течение 3 месяцев выявило появление новых обратных парных корреляций ГДА, ВДА, норкового рефлекса с КЭН и груминга с ЭР в разные сроки воздействия, что указывает на возникновение комплекса реакций, связанных с развитием защитного торможения. Появление прямых взаимосвязей: ГДА с грумингом через 3 и 4 месяца эксперимента, ВДА и ЭР с грумингом через 4 месяца воздействия препарата свидетельствует о снижении ориентировочно-исследовательской активности и замещении ее другим видом деятельности – грумингом, а также о нарастании уровня возбуждения в вегетативной нервной системе. Полученные изменения характеризуют состояние конфликта и свидетельствуют о поведении смещенной активности в результате длительного воздействия пороговой концентрации антигена.

Анализ поведенческих и вегетативных реакций крыс при поступлении пороговой дозы дендробациллина свидетельствует о напряжении регуляторных механизмов факторов неспецифической защиты организма, не выходящих за пределы его компенсаторных возможностей.

Оценка парных корреляций между поведенческими и вегетативными реакциями подопытных животных при воздействии действующей дозы дендробациллина выявила сохранение 4 из 9 через 1 месяц, 3 из 7 через 2 месяца и половины взаимосвязей в оставшиеся сроки исследования по сравнению с группой параллельного контроля (таблица 2). Выявлено исчезновение 2 (через 1 месяц) и 3 парных корреляций в остальные сроки поступления препарата. Возникновение парадоксальных обратных взаимосвязей ГДА, ВДА, норкового рефлекса и груминга через 1 месяц; ГДА и груминга через 2 месяца эксперимента указывает на возбужденное состояние животных, связанное с токсическим действием препарата на ЦНС.

Появление прямых линейных функциональных зависимостей (R=+1,0) ориентировочно-исследовательской активности (ГДА, ВДА, норкового рефлекса) между собой в конце эксперимента указывает на мобилизацию защитных сил организма в ответ на длительное воздействие токсической дозы антигена (таблица 2).

Исследование новых прямых взаимосвязей груминга с ЭР и КЭН через 1 месяц, ЭР с КЭН через 3 месяца воздействия препарата, а также обратных парных корреляций ориентировочно-исследовательской активности с КЭН и грумингом в течение 3 месяцев поступления препарата свидетельствует об одновременном нарастании возбуждения и торможения в разных отделах ЦНС и возбуждения в вегетативной нервной системе в ответ на воздействие токсической дозы антигена. Появление прямых парных корреляций ориентировочно-исследовательской активности с грумингом и груминга с ЭР в конце эксперимента свидетельствует о возбужденном состоянии животных, связанном с компенсаторными реакциями, развивающимися в ответ на длительное воздействие токсической дозы препарата на ЦНС и формированием пассивно-оборонительной формы поведения.

Таким образом, оценивая полученные результаты, можно заключить, что длительное ингаляционное воздействие дендробациллина в действующей концентрации вызывало у крыс нарушение ориентировочно-исследовательского и эмоционального поведения, выражающегося в увеличении тревожности, негативной эмоциональности, повышению локомоторной активности с параллельным снижением норкового рефлекса. Усиление двигательной активности, указывающее на возбужденное состояние крыс, связано с компенсаторными реакциями, развивающимися в ответ на токсическое действие препарата на ЦНС экспериментальных животных.

Анализ состояния подопытных животных через 1, 2 и 3 месяца поступления дендробациллина в действующей дозе свидетельствует о существенном напряжении регуляторных механизмов факторов неспецифической защиты организма, а через 4 месяца воздействия – о перенапряжении вышеуказанных механизмов, выходящих за пределы его компенсаторных возможностей. Вместе с тем, тотальная мобилизация защитных сил организма позволяет нормализовать поведенческие и вегетативные реакции за 1 месяц восстановительного периода.

Заключение. Изучение механизма действия биоинсектицидов на поведенческие и вегетативные реакции белых беспородных крыс в долгосрочном эксперименте по мере увеличения уровней воздействия препаратов методом комплексной регистрации показателей ориентировочно-исследовательского и эмоционального поведения животных по изменениям среднестатистических значений биомаркеров эффекта и методом парных корреляций позволило усовершенствовать методологию оценки воздействия биопрепаратов на поведение крыс в тесте «открытое поле» с обоснованием новых биомаркеров эффекта для выявления патогенеза интоксикаций и механизмов защиты гомеостаза организма от воздействия антигенов микробного происхождения.

Полученные нами результаты сопоставимы с данными А.Л. Маркель и соавт. у интактных животных [4–5], а у крыс, подвергавшихся воздействию биопрепаратов, показано, что «уровень корреляций между параметрами изменяется в сторону повышения при увеличении адаптационной нагрузки. Приспособительный эффект наблюдается не только и не столько на самих показателях, а в системе взаимосвязей между ними» [7].

Для более корректного анализа воздействия биопрепаратов на поведение крыс в тесте «открытое поле» целесообразно снимать количественные и временные показатели на 3 и более уровнях воздействия препарата (для регистрации изменений на уровне недействующей и пороговой концентраций) у 15–16 животных (для регистрации средних ($0,5 \leq R \leq 0,6$) и сильных ($0,7 \leq R \leq 1,0$) парных корреляций) в течение 10–12 мин, так как по данным А.Л. Маркель у интактных крыс локомоция начинает отражать наличие исследовательского поведения для двигательной активности на 10- и 11-й мин. теста, что соответствует снижению эмоциональной реакции страха [4]. Для детального анализа характеристик поведения крыс в тесте «открытое поле» целесообразна регистрация параметров методом главных компонент (один из вариантов факторного анализа), предложенным А.Л. Маркель и соавт., для выявления причин, объясняющих изменчивость поведения подопытных животных [5]. Исходным материалом для факторного анализа являются данные экспериментов с получением большого набора коррелированных параметров. При факторном анализе корреляционной матрицы находят факторы, не поддающиеся измерению в эксперименте, но вычисленные и дающие возможность построить обоснованную гипотезу о реальной структуре взаимосвязей изучаемых признаков, их общности и причинной обусловленности [5].

Данные исследования необходимы для обоснования новых биомаркеров эффекта при изучении поведения крыс в тесте «открытое поле» с целью использования их при санитарной стандартизации биопрепаратов.

Выводы:

1. Эффективное использование метода парных корреляций для оценки ориентировочно-исследовательского и эмоционального поведения крыс в тесте «открытое поле» обязывает к соблюдению стандартизации экспериментов и изучению динамики парных корреляций у 15–16 животных в группе на 3 и более уровнях воздействия препарата с оценкой динамики взаимосвязей между 10 и более биомаркерами эффекта.

2. При отсутствии или незначительных изменениях среднестатистических значений показателей ориентировочно-исследовательского и эмоционального поведения крыс в тесте «открытое поле» на уровне недействующих и пороговых доз препаратов метод парных корреляций позволяет выявлять механизм действия биопрепаратов на состояние ЦНС подопытных животных на минимальных уровнях воздействия.

3. Анализ динамики взаимосвязей между показателями поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» в условиях долгосрочного эксперимента по мере увеличения уровней воздействия препаратов позволил обо-

сновать новые чувствительные и гигиенически значимые биомаркеры эффекта с оценкой степени напряженности компенсаторных механизмов при интоксикации.

4. Обоснованные биомаркеры эффекта обладают критерием вредности, позволяют выявлять механизм действия биоинсектицидов на показатели ориентировочно-исследовательского и эмоционального поведения крыс в тесте «открытое поле» с эффективным использованием полученных экспериментальных данных для обоснования гигиенических регламентов.

Литература

1. Методические рекомендации по токсикометрии / под ред. И.В. Саноцкого. – М.: Секретариат СЭВ, 1987. – 162 с.
2. Маркель, А.Л. Метод комплексной регистрации поведенческих и вегетативных реакций у крыс при проведении теста «открытого поля» / А.Л. Маркель, Р.А. Хусаинов // ЖВНД. – 1976. – Т. 26. – № 6. – С. 13–14.
3. Зайцев, В. М. Прикладная медицинская статистика / В.М. Зайцев, В. Г. Лифляндский, В.И. Маринкин. – СПб.: ООО «ФОЛИАНТ», 2006. – 432 с.
4. Маркель, А.Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте «открытого поля» / А.Л. Маркель // ЖВНД. – 1981. – Т. 31. – Вып. 2. – С. 301–306.
5. Маркель, А.Л. Факторный анализ поведения крыс в тесте «открытого поля» / А.Л. Маркель, Ю.К. Галактионов, В.М. Ефимов // ЖВНД. – 1988. – Т. 38. – Вып 5. – С. 855–863.
6. Хоничева, Н.М. Изменение врожденных форм двигательного поведения у крыс при длительной гипокинезии / Н.М. Хоничева, М. Поппай// ЖВНД. – 1979. – Т. 29. – № 5. – С. 970–977.
7. Разжевайкин, В.Н. Применение метода корреляционной адаптометрии в медико-биологических задачах. Исследование операций (модели, системы, решения) / В.Н. Разжевайкин, М. И. Шпитонков, А.Н.Герасимов. – М. : ВЦ РАН, 2002. –155 с.

NEW EFFECT BIOMARKERS FOR BIOINSECTICIDES INFLUENCE ESTIMATION OF RATS BEHAVIOUR IN THE TEST «OPEN FIELD»

Orlenkovich L.N.

Scientific Research Institute of Occupational and Environmental Health of Pauls Stradins Riga Medical University, Riga, Latvia

The research for bioinsecticides influence onwhite not purebred ratsbehavior in the test «open field» in continuouschronic exposureconditions by estimation of indices of average values changes andby a method of pair correlations has been carried out. The pair correlations method allowed revealing the mechanism of biopreparations actionon rats roughly-research and emotional behaviour in the minimal dozes. The new sensitive and hygienic significant effect biomarkers for an estimation ofbiopreparations influence on rats behaviourin the test «open field»are proved.These observations can be used at a substantiation of hygienic safety standards.

Keywords: white not purebred rats, bioinsecticid, pair correlations of rats behavioral and vegetative reactions parameters, hygienic reglamentation.

Поступила 24.06.2013

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ КОМПЛЕКСНЫХ ДЛЯ КУКУРУЗЫ И ЛЮПИНА

Петрова С.Ю., Ильюкова И.И., Гомолко Т.Н.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Изучение токсичности и отдаленных эффектов вновь разработанных удобрений необходимо с целью предотвращения неблагоприятного воздействия на организм работающих, население и окружающую среду. Основными критериями экотоксикологической оценки минеральных удобрений, на которых базируется вывод относительно их опасности, являются: количество вещества, которое поступает в окружающую среду; подвижность веществ в окружающей среде (миграция); токсичность веществ для живых организмов.

По результатам острых и подострых токсикологических экспериментов удобрение азотно-фосфорно-калийное комплексное для люпина и удобрение азотно-фосфорно-калийное комплексное для кукурузы по параметрам острой пероральной токсичности относятся к умеренно опасным веществам (3 класс опасности), обладают умеренными ирритативными свойствами (2 класс по выраженности ирритативного эффекта), не оказывают кожно-резорбтивного воздействия, удобрение азотно-фосфорно-калийное комплексное для кукурузы вызывает слабое раздражающее действие на кожные покровы. Полученные результаты при повторном внутрижелудочном введении удобрений свидетельствуют об отсутствии кумулятивной активности на уровне проявления смертельных эффектов. Коэффициент кумуляции – более 5.

Ключевые слова: токсичность, удобрения, параметры острой токсичности, кумулятивные свойства в условиях подострого внутрижелудочного введения, ирритативное, кожно-раздражающее и общерезорбтивное действие.

Введение. Препараты на основе макро- и микроэлементов в настоящее время широко используются в сельском хозяйстве [1]. В интенсивных технологиях возделывания сельскохозяственных культур химизации отведена очень важная роль, так как именно комплексная химизация способна обеспечить основной прирост урожайности. Несмотря на то, что токсиколого-гигиенические требования к новым препаратам постоянно ужесточаются, тем не менее, ни об одном из них нельзя с уверенностью сказать, что его применение абсолютно безвредно для живой природы. Агрохимической наукой хорошо изучена физиологическая роль каждого химического элемента в питании растений, формировании количества и качества сельскохозяйственной продукции. Однако максимальный эффект от применения средств химизации достижим лишь при оптимальном сочетании в агрохимикате каждого питательного элемента. Таким образом, расширение спектра средств химизации с оптимальным содержанием наиболее важных макро- и микроэлементов с учетом их взаимного влия-

ния при трансформации их в почве, биологических особенностей возделываемых культур, типа почвы и ее свойств становятся все более востребованными в практике земледелия.

Цель исследования – проведение токсиколого-гигиенических исследований удобрений комплексных для кукурузы и люпина, разработанных РУП «Институт почвоведения и агрохимии».

Согласно поставленной цели решались следующие задачи: изучить в экспериментах на лабораторных животных параметры острой токсичности в условиях однократного внутрижелудочного введения и накожного нанесения, оценить сенсибилизирующее, местно-раздражающее и кожно-резорбтивное действие на кожные покровы, ирритативное действие на слизистые оболочки, определить кумулятивные свойства при повторном внутрижелудочном введении.

Материал и методы. Объектом исследования являлись удобрение азотно-фосфорно-калийное комплексное для кукурузы, удобрение азотно-фосфорно-калийное комплексное для зернобобовых (люпина) производства РУП «Институт почвоведения и агрохимии».

Методы исследования общепринятые в лабораторной практике: токсикологические [3–7], статистические. Исследования проведены в соответствии с техническими нормативными правовыми актами, руководствами [2–7].

Результаты и их обсуждение.

Таблица 1 — Параметры токсичности (мг/кг) острого внутрижелудочного действия препаративной формой удобрений для кукурузы и люпина

Внутрижелудочно	Вид животных	Параметры токсичности			
		Экспериментальные данные			Данные досье
		DL_{16}	DL_{50}	DL_{84}	DL_{50}
Удобрение азотно-фосфорно-калийное для кукурузы	Белые крысы (самцы)	1307 мг/кг	4085 мг/кг	6863 мг/кг	>4000 мг/кг
Удобрение азотно-фосфорно-калийное для кукурузы	Белые крысы (самцы)	3400 мг/кг	3910 мг/кг	4500 мг/кг	>4000 мг/кг

В клинической картине острой интоксикации отмечена заторможенность, снижение двигательной активности, реакции на звук и прикосновение, взъерошенность шерсти.

Таким образом, клиническая картина острой интоксикации препаратом по всем характерным признакам аналогична таковой при отравлении пестицидами, содержащими вещества из химического класса хлорацетамидов и производных хинолинкарбоновой кислоты.

Следовательно, по параметрам острой внутрижелудочной токсичности (DL_{50} – 4085±145 мг/кг) удобрение азотно-фосфорно-калийное для кукурузы и удобрение азотно-фосфорно-калийное для люпина можно охарактеризовать как умеренно опасные химические соединения – 3 класс опасности [3].

Однократные инстилляции удобрения азотно-фосфорно-калийного для кукурузы и удобрения азотно-фосфорно-калийного для люпина в нижний конъюнктивальный свод глаз кроликов приводит к гиперемии и отеку век у экспериментальных животных, которые наблюдаются в течение последующих 2–3 сут. Среднесуммарный балл выраженности ирритативного действия (I_{ir}) удобрения азотно-фосфорно-калийного для кукурузы составляет 4,7 балла, для удобрения азотно-фосфорно-калийного для люпина – 5,2 балла. Следовательно, удобрения умеренно раздражают слизистые оболочки глаз и относятся ко 2 классу веществ по выраженности ирритативного действия.

Удобрение азотно-фосфорно-калийное для кукурузы при однократных 4-часовых аппликациях на лишенную шерстного покрова кожу спины белых крыс в нативном виде не обладает местно-раздражающими свойствами. Внешних проявлений раздражения кожных покровов, интоксикации и гибели подопытных животных не выявлено.

Однократные аппликации удобрения азотно-фосфорно-калийного для люпина в нативном виде на выстриженные участки кожи спины белых крыс вызывали признаки умеренно выраженного раздражения кожных покровов, проходящие на 2 сут наблюдения. Среднегрупповой суммарный балл выраженности эритемы и отека составил 1,8.

Следовательно, удобрение по выраженности кожно-раздражающих свойств при однократном местном воздействии относится к 1 классу – слабое раздражающее действие на кожные покровы.

Длительное эпикутанное воздействие удобрений в нативном виде не вызывало признаков раздражения. Клинических симптомов раздражения кожных покровов, интоксикации и гибели подопытных животных не наблюдалось на протяжении всего эксперимента.

В ходе всего эксперимента по изучению кумулятивных свойств удобрений гибели и клинических симптомов интоксикации подопытных животных не отмечено, что не позволило рассчитать коэффициент кумуляции. Однако при этом отмечаются тенденции изменения некоторых морфофункциональных показателей организма экспериментальных животных, свидетельствующих о наличии у удобрения азотно-фосфорно-калийного для кукурузы слабой функциональной способности к накоплению.

При макроскопическом исследовании и контрольные, и подопытные животные были правильного телосложения. Волосяной покров сплошной, видимые слизистые оболочки и кожные покровы нормальной окраски. Почки обычной формы, на разрезе серовато-вишневого цвета с различимой границей между корковым и мозговым веществами. Капсула гладкая, блестящая, снимается без потери вещества. Поверхность почек после снятия капсулы гладкая, блестящая. Поверхность печени гладкая, края острые, на разрезе темно-красного цвета с кровянистым соскобом. Семенники обычной формы, без видимых изменений.

Величина суммационно-порогового показателя, частота сердечных сокращений, средняя масса тела подопытных животных оставались без изменений (таблица 2).

Таблица 2 — Физиологические показатели самцов крыс, получавших удобрения азотно-фосфорно-калийные для кукурузы и для люпина, в подостром эксперименте, M±m

Изучаемые показатели	Время изучения, сут	Контроль	Для кукурузы	Для люпина
Масса, кг$^{-3}$	15 30	191,22±7,17 204,23±6,66	190,55±7,42 197,26±9,15	194,55±6,42 201,15±9,15
Суммационно-пороговый показатель, В	15 30	5,31±0,31 5,34±0,30	5,38±0,29 5,42±0,31	5,38±0,29 5,42±0,31
Частота сердечных сокращений, уд/мин	15 30	466,05±18,06 507,61±13,71	468,04±17,56 509,58±11,69	468,04±17,56 509,58±11,69
Примечание — *Достоверные различия с контролем при p<0,05.				

У подопытных самцов крыс, получавших препараты, не обнаружено статистически достоверных изменений относительных коэффициентов массы внутренних органов (таблица 3). Таким образом, показатели находились в пределах физиологической нормы для лабораторных животных (таблица 4).

Таблица 3 — Относительные коэффициенты массы внутренних органов самцов крыс, получавших удобрения для кукурузы и люпина, в подостром эксперименте, M±m

Изучаемые показатели	Время изучения, сут	Контроль	Для кукурузы	Для люпина
Почки	30	7,63±0,36	6,92±0,25	6,54±0,27
Печень	30	34,33±0,92	32,63±1,02	32,63±1,02
Сердце	30	4,48±0,29	3,98±0,16	3,98±0,16
Селезенка	30	6,11±0,33	5,89±0,27	5,89±0,27
Надпочечники	30	0,18±0,02	0,20±0,01	0,20±0,01

В ходе эксперимента не было отмечено изменений со стороны морфологического состава периферической крови у подопытных животных (таблица 4).

Таблица 4 — Гематологические показатели самцов крыс, получавших удобрения азотно-фосфорно-калийные для кукурузы и люпина, в подостром эксперименте, M±m

Изучаемые показатели	Контроль	Для кукурузы	Для люпина
Содержание гемоглобина, г/л	119,2±3,13	122,7±3,75	118,2±2,59
Содержание эритроцитов в крови, 10 ^{12}/л	6,93±0,12	5,48±0,11	6,41±0,12
Содержание тромбоцитов, 10 ^{6}/л	470,2±44,05	358,5±35,29	351,5±34,19
Содержание лейкоцитов, 10 ^{9}/л	17,95±1,45	20,03±1,74	19,03±1,54
Цветной показатель	0,48±0,01	0,47±0,01	0,47±0,01
Сегментоядерные нейтрофилы	24,69±2,51	22,72±2,43	22,72±2,43
Эозинофилы	3,41±0,55	4,05±0,97	4,05±0,97
Моноциты	8,17±1,27	8,02±1,48	8,02±1,48
Лимфоциты	63,02±2,02	63,47±2,43	63,47±2,43
Базофилы	0,29±0,16	0,47±0,31	0,47±0,31

Ежедневное поступление препарата на протяжении 1 месяца не вызывало достоверных изменений биохимических показателей сыворотки крови у подопытных животных в сравнении с контрольными (таблица 5).

Таблица 5 — Биохимические показатели самцов крыс, получавших удобрения азотно-фосфорно-калийные для кукурузы и люпина, в подостром эксперименте, M±m

Изучаемые показатели	Контроль	Для кукурузы	Для люпина
Содержание мочевины в крови, мМоль/л	5,11±0,12	5,23±0,45	4,73±0,40
Содержание хлоридов в сыворотке крови, мМоль/л	112,39±2,25	113,44±2,41	111,44±2,21
Содержание липидов в сыворотке крови, кг$^{-3}$/л	3,80±0,17	4,27±0,20	3,61±0,20
Содержание триглицеридов в сыворотке крови, мМоль/л	0,62±0,04	0,64±0,05	0,63±0,05
Содержание холестерина в сыворотке крови, мМоль/л	0,59±0,03	0,63±0,02	0,61±0,02
Содержание глюкозы в крови, мМоль/л	3,82±0,17	3,82±0,11	3,82±0,11
Содержание общего белка в сыворотке крови, г/л	72,0±1,91	71,4±2,04	69,7±2,01
Содержание креатинина в сыворотке крови, мкМоль/л	111,38±2,24	113,78±2,43	112,78±2,43
АсАТ, мкМоль/мл ч	259,11±17,85	304,58±15,61	304,58±15,61
АлАТ, мкМоль/мл ч	49,10±4,68	43,63±2,78	44,12±2,05

В таблице 6 представлены результаты изучения функционального состояния почек крыс при воздействии препарата. Длительное поступление удобрения не вызывало статистически достоверных изменений со стороны выделительной системы.

Таблица 6 — Показатели функционального состояния почек самцов крыс, получавших удобрения азотно-фосфорно-калийные для кукурузы и люпина, в подостром эксперименте, M±m

Изучаемые показатели	Контроль	Для кукурузы	Для люпина
Суточный диурез, мл	12,19±0,92	11,52±0,89	10,99±0,99
pH мочи, ед.pH	5,58 0,25	6,12±0,15	6,12±0,15
Содержание мочевины в моче, мМоль/л	167,63±21,80	162,89±16,34	165,19±15,49
Содержание хлоридов в моче, мМоль/л	114,42±7,69	126,41±5,48	124,41±5,48
Содержание креатинина в моче, мМоль/л	3221,61±245,88	3105,63±170,81	3111,63±169,81
Содержание общего белка в моче, г/л	2,13±0,36	2,23±0,37	2,02±0,37

Таким образом, существенных сдвигов со стороны изучаемых морфологических, биохимических и гематологических показателей, относительных коэффициентов массы внутренних органов у животных, занятых в эксперименте, не отмечено. Выявленные изменения носили компенсаторно-приспособительный характер, что свидетельствует о наличии у препаратов функциональной способности к накоплению. Препараты не обладают кумулятивными свойствами на уровне проявления смертельных эффектов. Коэффициент кумуляции по критерию летальности больше 5.

Выводы. По результатам острых и подострых токсикологических экспериментов удобрения азотно-фосфорно-калийные комплексные для люпина и кукурузы по параметрам острой пероральной токсичности относятся к умеренно опасным веществам (3 класс опасности), обладают умеренными ирритативными свойствами (2 класс по выраженности ирритативного действия), не оказывают кожно-резорбтивного действия, удобрение азотно-фосфорно-калийное комплексное для кукурузы оказывает слабое раздражающее действие на кожные покровы. Полученные результаты при повторном внутрижелудочном введении удобрений свидетельствуют об отсутствии кумулятивной активности на уровне проявления смертельных эффектов. Коэффициент кумуляции – более 5. Результаты исследований позволяют нам рекомендовать органам Госсаннадзора Республики Беларусь разрешить производство и применение азотно-фосфорно-калийных удобрений для люпина и кукурузы в установленном порядке и при соблюдении гигиенических требований и правил производственной санитарии. При хранении, транспортировке и применении удобрений руководствоваться требованиями Санитарных норм и правил «Требования к применению, условиям перевозки и хранения пестицидов (средств защиты растений), агрохимикатов и минеральных удобрений», утвержденными Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 149 от 27.09.2012.

При работе с удобрениями строго соблюдать меры предосторожности, указанные в инструкции по применению**.**

Литература

1. Федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ, 1999–2000 гг./ под ред. Б.А. Курляндского, К.К. Сидорова. – М., 2001. – Вып. 1.

2. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов № 4263-87: утв. МЗ СССР 13 марта 1987 г. – Киев, 1988.

3. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

4. Инструкция 2.2.3.10–24–81–2006. Требования к проведению государственной санитарно-гигиенической экспертизы средств защиты растений.

5. Зяббарова, С.А. Весовые коэффициенты как показатель воздействия факторов малой интенсивности / С.А.Зяббарова, М.Н.Куклина // Труды ЛСГ МИ. – Л., 1974. – Т.105. – С. 26–28.

6. Инструкция № 1.1.11–12–35–2004. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: утв. МЗ РБ 14.12.2004.

7. Елизарова, О.Н. Определение пороговых доз промышленных ядов при пероральном введении/ О.Н. Елизарова. – М.: Медицина, 1971.

TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC STUDIES OF COMPLEX FERTILIZERS FOR CORN AND LUPIN

Petrova S.Y., Ilyukova I.I., Gomolko T.N.

Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The study of toxicity and long-term effects of newly developed fertilizers should prevent adverse effects on the workers, the public and the environment. The main criteria for ecotoxicological evaluation of mineral fertilizers on which a conclusion about the danger of chemical fertilizers is based are: the number of substances that enter the environmental, the mobility of substances in the environment (migration), the toxicity to organisms. Based on the results of acute and sub-acute toxicological experiments the nitrogen-phosphorus-potassium complex fertilizer for the lupine and the nitrogen-phosphorus-potassium complex fertilizer for the corn according to the acute oral toxicity are moderately hazardous substances (Hazard Class 3), they have moderate irritative properties (class 2 the severity of irritative action), do not have skin-resorptive action, the nitrogen-phosphorus-potassium complex fertilizer for the corn has little irritating effect to skin. The results obtained with repeated intragastric fertilizers showed no activity at a cumulative lethal effect display. The cumulation factor is greater than 5.

Keywords: toxicity, fertilizers, parameters of acute toxicity, cumulative properties in sub acute intragastric administration, irritative, skin-irritating, and total resorptive action.

Поступила 02.05.2013

ОБОСНОВАНИЕ ОРИЕНТИРОВОЧНО БЕЗОПАСНЫХ УРОВНЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОДИФИКАТОРА МБА–100 В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ И ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Петрова Т.Е., Юркевич Е.С., Половинкин Л.В., Соболь Ю.А., Буйницкая А.В.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Установлено, что модификатор МБА-100 относится к малоопасным веществам и по параметрам токсичности близок к диэтиленгликолю и метиловому эфиру бензойной кислоты. Обоснован ориентировочно безопасный уровень воздействия (далее – ОБУВ) в воздухе рабочей зоны модификатора МБА-100: по диэтиленгликолю – 10 мг/м^3, по метиловому эфиру бензойной кислоты – 10 мг/м^3; ОБУВ в атмосферном воздухе: по диэтиленгликолю – 400 мкг/м^3, по метиловому эфиру бензойной кислоты – 2 мкг/м^3 [1, 2].

Ключевые слова: модификатор МБА-100, диэтиленгликоль, метиловый эфир бензойной кислоты, токсикологическая оценка, ОБУВ в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны.

Введение. Модификатор МБА-100 (МБА-100) получают переэтерификацией метилового эфира бензойной кислоты (побочного продукта производства ДМТ) диэтиленгликолем. Используется как исходный компонент для синтеза полиолов.

Токсикологическая характеристика основных компонентов МБА 100. LD_{50} метилового эфира бензойной кислоты при внутрижелудочном введении белым крысам – 1177–1350 мг/кг, белым мышам – 3330 мг/кг, морским свинкам – 4100 мг/кг; при нанесении на кожу кроликам – 10000 мк/кг. Обладает слабым кумулятивным действием при введении в желудок. В клинической картине острого отравления при вдыхании препарата отмечается першение в горле, кашель, одышка; при проглатывании – рвота, боли в животе, диарея. Поражаемые органы и системы: центральная нервная система, мочевыделительная система, верхние дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, печень. Обладает раздражающим действием на кожные покровы и слизистые оболочки; не обладает кожно-резорбтивным эффектом; сенсибиллизирующее, мута-, терато-, эмбрио-, гонадотропное и канцерогенное действие не изучалось. Гигиенические нормативы: $ПДК_{р.з.}$ – 10 мг/м^3; $ПДК_{атм.в-ха}$ – 2 мкг/м^3 [1, 2].

LD_{50} диэтиленгликоля при внутрижелудочном введении белым крысам – 4500–9623 мг/кг, белым мышам – 2400–6000 мг/кг, кроликам – 2200 мг/кг, морским свинкам – 2000 мг/кг; при внутрибрюшинном введении белым мышам – 850–1934 мг/кг; CL_{50} при ингаляционной затравке белых крыс (по 4 ч 5 раз в неделю) – 4500 мг/м^3, белых мышей – 6050 мг/м^3. Обладает слабым кумулятивным действием при введении в желудок. В клинической картине острого отравления при вдыхании отмечается головокружение, вялость, заторможенность, кашель, першение в горле; при попадании через рот – головная боль, тошнота, рвота, боль в животе; смертельная доза для человека при приеме внутрь – 0,5 мг/кг. Поражаемые органы и системы: центральная нервная система, дыхательная система, печень, селезенка, почки. Обладает раздражающим действием на кожные покровы и слизистые оболочки, а также кожно-резорбтивными свойствами, не установлено мута-, тератогенное, эмбриотропное, гонадотропное, сенсибилизирующее действие; канцерогенный эффект не изучался. Гигиенические нормативы: $ПДК_{р.з.}$ – 10 мг/м^3, $ПДК_{атм.в-ха}$ – 400 мкг/м^3 [1, 2].

Материал и методы. МБА-100 представляет собой бесцветную жидкость, не растворимую в воде. Молекулярная масса 136,15, температура кипения 199,6 °С, плотность – 1093,7 г/м^3.

В экспериментах использовали половозрелых беспородных животных (белых крыс, белых мышей и кроликов), которых содержали на стандартном виварном рационе. Изучение токсичности и характера биологического действия проводили в однократных и повторных экспериментах при введении в желудок, нанесении на неповрежденную кожу и слизистые оболочки глаз. Постановку опытов проводили в соответствии с существующими методическими документами [3–5].

Результаты эксперимента обрабатывали статистически, используя критерий Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. *Изучение острой токсичности и опасности при различных путях воздействия.* При определении параметров токсичности и оценке опасности развития острой интоксикации использовали нативный МБА-100 и его 25 и 50% растворы на растительном масле, которые вводили белым крысам однократно внутрижелудочно в дозах – 2500, 3750 и 5500 мг/кг. В клинической картине острого отравления отмечаются признаки поражения нервной системы и дыхательного центра – вялость, шаткая походка, поверхностное дыхание, боковое положение, судороги. Гибель части взятых в опыт животных отмечена на 1-3 сут после введения МБА-100 в дозах 3750 и 5500 мг/кг.

LD_{50}, рассчитанная по компьютерной программе RTGIC «Toxi» производства Copyright (1995) составляет 4361,5±1892 мг/кг, что позволяет отнести МБА-100 к умеренно опасным соединениям (III класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76).

Раздражающее действие на слизистые оболочки глаз при однократном воздействии. Внесение 50–100 мкл 25%-го раствора МБА-100 в растительном масле в нижний конъюктивальный свод глаз кроликов приводит к развитию слезотечения, птоза и слабо выраженной гиперемии слизистых оболочек (1 класс).

Местно-раздражающие свойства при однократном воздействии на неповрежденные кожные покровы. При однократных 4-часовых аппликациях на лишенную шерстного покрова кожу спины белых крыс (доза 20 мг/см^2, площадь 4х4 см) МБА-100 в нативном виде не обладает раздражающими свойствами (0 баллов). Внешних проявлений интоксикации и гибели подопытных животных не выявлено.

Местно-раздражающие и кожно-резорбтивные свойства при повторном эпикутанном воздействии. Оценку местно-раздражающих и кожно-резорбтивных свойств проводили в условиях 20-кратного (по 5 раз в неделю) нанесения МБА-100 в нативном виде на 2/3 поверхности кожи хвостов белых крыс (экспозиция – 4 ч). Контрольным животным аппликировали воду. Установлено, что длительное эпикутанное воздействие МБА-100 не вызывает признаков раздражения (0 баллов), клинических симптомов интоксикации и гибели подопытных крыс на всем протяжении эксперимента (таблица 1).

Таблица 1 — Морфофункциональные показатели белых крыс после повторных эпикутанных аппликаций на кожу хвостов МБА-100, M±m ($n_1=n_2=n_3=6$)

Изучаемые показатели		Контроль	Опыт
Гематологические показатели периферической крови:			
Содержание гемоглобина, г/л		149,6±3,20	151,4±2,80
Содержание эритроцитов в крови,10^{12}/л		7,72±0,10	7,90±0,15
Тромбоциты, 10^{9}/л		442,6±26,7	429,3±20,9
Содержание лейкоцитов, 10^{9}/л		17,8±2,10	18,0±1,54
Сегментоядерные нейтрофилы, %		20,6±0,77	21,1±1,14
Эозинофилы, %		1,14±0,14	1,29±0,18
Моноциты, %		1,29±0,18	1,14±0,14
Лимфоциты, %		76,6±0,90	76,4±1,41
Показатели неспецифического иммунитета:			
Активность комплимента, усл.ед.		15,8±3,12	10,1±2,10
Лизоцим сыворотки, %		48,9±0,38	49,0±0,53
ЦИК сыворотки, усл.ед.		65,0±1,60	71,3±5,00
БАСК сыворотки, %		93,8±2,01	88,3±3,70
Биохимические показатели крови:			
Содержание мочевины в крови, мМоль/л		5,13±0,47	5,65±0,14
Содержание хлоридов в сыворотке крови, мМоль/л		117,7±2,35	119,7±2,02
Содержание глюкозы в крови, мМоль/л		3,74±0,08	3,77 ± 0,08
Содержание общего белка в сыворотке крови, г/л		72,1±1,10	74,2±1,27
SH-группы в гемолизатах, мкМольSH/мл крови		0,54±	0,59±
Глутатионтрансфераза в гемолизатах, мкМоль/гHg мин		0,40±	0,39±
Глутатион восстановленный в гемолизатах, мг%		37,1±	45,4±
Общие липиды, г/л		5,1±	5,1±
Молекулы средней массы, опт.ед./мл	ТЗП	0,74±	0,87±
	ТРП	0,22±	0,25±
Битирозин в сыворотке крови, усл.ед.		0,54±	0,45±
Флуоресценция триптофанилов белков сыворотки крови, усл.ед		16,0±	16,0±
Относительные коэффициенты массы внутренних органов, кг$^{-3}$/кг:			
Почки		6,55±0,18	6,81±0,26
Печень		32,0±0,46	32,8±1,40
Сердце		3,53±0,11	3,57±0,12
Селезенка		4,46±0,17	4,62±0,45

Примечания (здесь и в таблице 2):
1 ТЗП —Тирозинсодержащие пептиды
2 ТРП —Триптофансодержащие пептиды.

В результате эксперимента установлено, что повторное эпикутанное воздействие МБА-100 не сопровождалось существенными сдвигами со стороны изучаемых морфологических, биохимических и гематологических показателей, относительных коэффициентов массы внутренних органов экспериментальных животных. Влияния на иммунологическую реактивность и антиоксидантную систему организма белых крыс также не отмечено. Таким образом, МБА-100 в условиях субхронического эксперимента не обладает кожно-резорбтивными свойствами.

Оценка кумулятивных свойств. Кумулятивные свойства изучены методом Ю.С. Кагана и В.В. Станкевича в условиях 30-суточного (по 5 раз в неделю) введения 25%-го раствора МБА-100 в растительном масле в желудок белых крыс в дозе 870 мг/кг, что составляет 1/5 от LD_{50}; контрольные животные получали растительное масло в эквивалентных количествах. На протяжении всего эксперимента гибели подопытных животных не отмечалось, что не позволило рассчитать коэффициент кумуляции. Однако при этом отмечаются изменения некоторых морфо-функциональных показателей организма экспериментальных животных, свидетельствующие о наличии у МБА-100 функциональной способности к накоплению кумулятивного эффекта. Некоторые морфофункциональные показатели, используемые при изучении кумулятивных свойств МБА-100, представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Морфофункциональные показатели белых крыс после 30-суточных введений в желудок белых крыс 25%-го раствора МБА–100 в растительном масле, M±m ($n_1=n_2=n_3=6$)

Изучаемые показатели		Контроль	Опыт
Гематологические показатели периферической крови:			
Содержание гемоглобина, г/л		134,6±2,10	137,4±2,15
Содержание эритроцитов в крови,10^{12}/л		7,65±0,06	7,70±0,07
Тромбоциты, 10^{9}/л		390,1±7,40	499,6±27,5*
Содержание лейкоцитов, 10^{9}/л		20,4±2,2	21,0±2,0
Сегментоядерные нейтрофилы, %		20,8±0,72	19,5±0,80
Эозинофилы, %		1,20±0,16	1,27±0,18
Моноциты, %		1,14±0,14	1,14±0,14
Лимфоциты, %		75,0±0,85	78,9±0,69
Показатели неспецифического иммунитета:			
Активность комплимента, усл.ед.		56,2±4,93	65,5±16,0
Лизоцим сыворотки, %		49,9±0,63	50,0±0,62
ЦИК сыворотки, усл.ед.		76,4±5,07	71,6±3,84
БАСК сыворотки, %		93,3±1,40	88,7±1,90
Биохимические показатели крови:			
Содержание мочевины в крови, мМоль/л		5,12±0,14	5,27±0,42
Содержание хлоридов в сыворотке крови, мМоль/л		99,6±0,68	100,2±0,66
Содержание глюкозы в крови, мМоль/л		3,87±0,14	3,82±0,15
Содержание общего белка в сыворотке крови, г/л		71,2±1,90	71,1±2,01
SH-группы в гемолизатах, мкМольSH /мл крови		0,53±	0,57±
Глутатионтрансфераза в гемолизатах, мкМоль/гHg мин		0,55±	0,72±
Глутатион восстановленный в гемолизатах, мг%		43,6±	44,6±
Общие липиды, г/л		3,7±	3,8±
Молекулы средней массы, опт.ед./мл	ТЗП	0,92±	0,96±
	ТРП	0,21±	0,19±
Битирозин в сыворотке крови, усл.ед.		1,15±	0,93±
Флуоресценция триптофанилов белков сыворотки крови, усл.ед		12,9±	14,1±
Относительные коэффициенты массы внутренних органов, кг$^{-3}$/кг:			
Почки		6,74±0,33	6,27±0,30
Печень		29,7±0,84	30,8±1,45
Сердце		3,51±0,37	3,39±0,28
Селезенка		4,53±0,35	3,89±0,30

Примечание — *Достоверные различия с контролем при $p<0,05$.

Внутрижелудочное введение МБА-100 вызывает возрастание тромбоцитов на 28% по сравнению с контролем ($p<0,05$). Отмечается также накопление продуктов свободного радикального окисления белков (триптофанилов) в сыворотке крови подопытных животных на 9%. Вместе с тем, МБА-100 не оказывает влияния на антиоксидантную систему организма белых крыс.

Существенных сдвигов со стороны других изучаемых морфологических, биохимических и гематологических показателей, относительных коэффициентов массы внутренних органов у экспериментальных животных не наблюдается.

Сенсибилизирующее действие. Изучение аллергенной активности МБА-100 проведено на модели воспроизведения сенсибилизации на белых мышах (по 10 в контрольной и опытной группах) при внутрикожном введении в основание хвоста опытным животным раствора изучаемого продукта в дозе по 100 мкг в смеси с полным адъювантом Фрейда (далее – ПАФ) в соотношении 1:1 (вводимый объем 60 мкл). Контрольным животным аналогично вводилась смесь диметилсульфоксид – ДМСО и ПАФ. Выявление гиперчувствительности замедленного типа ГЗТ проведено на 6-е сут опыта провокационным внутрикожным тестом опухания лапы (далее – ВТОЛ) с измерением лапы до и через 24 ч после внутрикожного введения в апоневроз задней лапы контрольных и опытных животных разрешающей дозы препарата (по 130 мкг на животное).

Установлено, что МБА-100 вызывает сенсибилизацию всех подопытных животных, что проявляется значительным возрастанием по сравнению с контролем абсолютного (на 183,2%, $p<0,05$) и относительного (в 2,1 раза, $p<0,01$) показателей ВТОЛ (таблица 3).

Таблица 3 — Аллергологические показатели белых мышей, сенсибилизированных МБА–100

ВТОЛ, единицы измерения	Группы сравнения, M±m	
	Контроль	Опыт
Абсолютный показатель, 10^{-2} мм	16,7±1,83	30,6±4,95*
Н	9/10	8/8
Балл	1,20±0,20	2,50±0,46**

Примечания:
1 Н — Числитель – количество животных со сверхнормативными показателями, знаменатель – всего в опыте.
3* Достоверное различие с контролем при p<0,05 по критерию t.
4** Достоверное различие с контролем при p<0,001 по критерию t.

Следовательно, МБА-100 относится к веществам с выраженной аллергенной активностью (2 класс) и представляет потенциальную опасность сенсибилизации лиц, контактирующих с ним, что необходимо учитывать при разработке мер безопасности.

Заключение. На основании вышеизложенного, учитывая существующие гигиенические стандарты для воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха кислоты метилового эфира бензойной кислоты ($ПДК_{р.з.}$ – 10 мг/м^3,$ПДК_{атм.в-ха}$ – 2 мкг/м^3) и диэтиленгликоля ($ПДК_{р.з.}$ – 10 мг/м^3, $ПДК_{атм.в-ха}$ – 400 мкг/м^3), которые являются основными составляющими модификатора МБА-100, рекомендованы и законодательно утверждены гигиенические регламенты (по основным составляющим компонентам): *ОБУВ в воздухе рабочей зоны модификатора МБА-100 (а):* по диэтиленгликолю – 10 мг/м^3, по метиловому эфиру бензойной кислоты – 10 мг/м^3; *ОБУВ в атмосферном воздухе модификатора МБА-100 (а):* по диэтиленгликолю – 400 мкг/м^3, по метиловому эфиру бензойной кислоты – 2 мкг/м^3

Литература

1. СанПиН РБ № 11-19-94. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ: сб.офиц. документов по медицине труда и производственной санитарии.– Минск, 1994. – Ч.2.

2. Гигиенические нормативы 2.1.6.12-46-2005. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест // Сборник официальных документов по коммунальной гигиене. – Минск, 2006. – Ч. 5.

3. Этапы и критерии гигиенической регламентации вредных веществ в воздухе рабочей зоны: метод.указания : утв. МЗ РБ № 111-97-11.

4. Методические указания 1.1.11-12-5-2000. Требования к постановке экспериментальных исследований по изучению аллергенных свойств и обоснованию ПДК химических аллергенов в воздухе рабочей зоны и атмосферы» /М-во здравоохранения РБ // Сборник официальных документов по медицине труда и производственной санитарии. – Минск: Бизнесофсет, 2004. – Ч.XIV. – С.133–156.

5. Инструкция 1.1.110-12-35-2004. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации вещества / М-во здравоохранения РБ. – Минск: РЦГЭиОЗ, 2005.

JUSTIFICATION OF TENTATIVE SAFE EXPOSURE LEVEL (TSEL) OF MODIFIER MBA-100 IN ATMOSPHERIC AND WORKING ZONE AIR

Petrova T.E., Yurkevich E.S., Polovinkin L.V., SobolYu.A., Buynitskaya A.V.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

It has been established that themodifierIBA-100 relates to alow-hazardous substancesand by parameters of toxicity it isclose to diethylene glycoland methyl benzoate.

The TSEL of МБА-100 in working zone air was proved: by diethylene glycol – 10,0 mg/m^3, by methyl benzoate – 10,0 mg/m^3, the footwear in the air: for diethylene glycol – 400,0 mg/m^3, by methyl benzoate – 2,0 mg/m^3.

Keywords: modifierМБА-100, diethylene glycol, methyl benzoate, toxicological evaluation, TSEL in atmospheric and working zone air.

Поступила 10.06.2013

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИММУНИТЕТА БЕРЕМЕННЫХ И НЕБЕРЕМЕННЫХ САМОК КРЫС, ПОДВЕРГАВШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ БИОИНСЕКТИЦИДА ЭНТОМОФТОРИНА

Ремез И.М.[1],Орленкович Л.Н.[2]
[1]НИИ Охраны труда и здоровья окружающей среды Рижского медицинского университета Паула Страдыня, Латвия
[2]ООО «Медицина труда» НИИ Охраны труда и здоровья окружающей среды Рижского медицинского университета Паула Страдыня, Латвия

Реферат. Изучено влияние биоинсектицида энтомофторина на показатели клеточного и гуморального иммунитета, клеточных и гуморальных факторов неспецифической защиты организма беременных и небеременных крыс. Выявлен механизм действия биопрепарата на систему иммунитета материнского организма. Установлен иммуномодулирующий эффект энтомофторина на низких уровнях воздействия и иммунодепрессивный в действующей дозе препарата. Отмечен более сильный ответ небеременного организма на низких уровнях воздействия препарата в отличие от материнского организма, иммунитет которого направлен на сохранение нормального течения беременности и защиту плода.

Ключевые слова: биоинсектицид, беременные и небеременные крысы, клеточный и гуморальный иммунитет, гигиеническое нормирование.

Введение. Рост и дальнейшее развитие современного сельскохозяйственного производства невозможны без разработки и внедрения новых более эффективных биоинсектицидов. Большая занятость женщин на производствах препаратов микробиологического синтеза требует от токсикологов обоснования гигиенических регламентов с учетом их влияния на генеративную функцию. Проблема санитарной стандартизации биоинсектицидов с учетом количественной и качественной оценки токсического эффекта на генеративную функцию на низких уровнях воздействия является основной задачей профилактической токсикологии при решении вопроса о возможности использования труда женщин при их производстве и применении. Данные исследования необходимы для выявления патогенеза и механизмов защиты гомеостаза материнского организма при воздействии антигенов микробного происхождения с целью обоснования гигиенических регламентов.

Целью настоящей работы явилось сравнительное изучение характера действия биоинсектицида энтомофторина на иммунитет беременного и небеременного организма в условиях хронического эксперимента.

Материал и методы. Объектом исследования явился биоинсектицид энтомофторин, созданный на основе энтомопатогенных грибов из рода *Entomophthora.* В экспериментах при повторном ингаляционном поступлении препарата в течение 20 дней на уровне недействующей, надпороговой, пороговой и действующей концентраций использованы белые беспородные самки крыс массой 250−290 г, содержавшиеся в стандартных условиях вивария при естественном освещении на стандартном пищевом рационе. Статистическая группа состояла из 15−20 особей. Исследования проведены согласно методическим рекомендациям [1] в соответствии с правилами Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных целей (Страсбург, 1986). Для исследования показателей клеточного и гуморального иммунитета, клеточных и гуморальных факторов неспецифической защиты организма беременных и небеременных животных использован комплекс методов [2−4].

Результаты и их обсуждение. На примере энтомофторина ниже представлен анализ воздействия препарата на показатели клеточного и гуморального иммунитета, клеточных и гуморальных факторов неспецифической защиты организма беременных и небеременных крыс (таблица 1, 2).

Таблица 1 — Показатели иммунитета беременных самок крыс, подвергавшихся ингаляционному воздействию энтомофторина в течение всей беременности

Показатели	Контроль	Концентрация препарата, мг/м^3			
		1,1±0,1	4,1±0,2	8,0±0,4	19,0±2,4
Масса тела животных	287,6±11,7	274,3±10,4	265,4±9,5	255,5±7,6*	245,8±8,4**
Тимус:					
k массы тимуса	0,11±0,02	0,09±0,01	0,1±0,03	0,08±0,01	0,11±0,03
Ауто-РОК в тимусе	13,9±3,3	15,2±3,7	12,0±2,5	6,5±0,9*	4,1±0,8**
Селезенка:					
k массы селезенки	0,35±0,05	0,45±0,08	0,43±0,06	0,44±0,07	0,65±0,1**
Ауто-РОК в селезенке	16,9±2,7	18,5±3,0	17,3±2,4	34,7±5,8**	10,6±1,2*
Вс$_3$-лимфоциты	19,3±3,1	18,3±3,4	18,0±3,3	19,3±2,9	9,7±1,7**
Титр антител:	4,9±0,7	4,6±0,7	4,4±0,5	3,2±0,3*	2,7±0,4**
Фагоцитоз:					
% фагоцитоза	95,5±3,7	95,0±3,6	94,3±3,7	93,2±3,5	86,3±2,2*
Фагоцитарное число	6,2±0,6	6,1±0,6	6,0±0,5	5,9±0,4	4,6±0,4*
Индекс фагоцитоза	6,3±0,5	6,2±0,7	6,1±0,6	5,9±0,5	4,0±0,3*
Белковые фракции сыворотки крови:					
Альбумин	37,7±3,8	39,1±3,8	38,8±3,1	39,3±3,5	41,6±4,1
α_1-глобулин	13,4±0,9	13,5±0,8	14,4±0,9	12,7±0,7	10,7±0,8*
α_2-глобулин	12,5±0,7	12,7±0,8	12,5±0,8	13,1±0,9	11,0±0,6
β-глобулин	15,4±0,6	15,9±0,8	14,3±0,5	16,1±0,6	20,1±0,8*
γ-глобулин	0,9±1,5	21,3±1,4	22,2±1,0	18,9±1,1	21,3±0,7

Примечания:
1. * $p \leq 0,05$.
2. ** $p \leq 0,002$.
3. Вс$_3$-лимфоциты — Вс$_3$-лимфоциты селезенки.

Таблица 2 — Показатели иммунитета небеременных самок крыс, подвергавшихся ингаляционному воздействию энтомофторина в течение 20 дней

Показатели	Контроль	Концентрация препарата, мг/м^3			
		1,1±0,1	4,1±0,2	8,0±0,4	19,0±2,4
Масса тела животных	254,6±8,7	250,8±7,2	232,5±6,4	232,2±6,1*	225,3±5,6**
Тимус:					
k массы тимуса	0,14±0,01	0,11±0,03	0,07±0,02*	0,1±0,01*	0,09±0,02*
Ауто-РОК в тимусе	17,7±1,8	17,7±1,1	15,2±2,5	14,3±2,9	11,7±1,9*
Селезенка:					
k массы селезенки	0,4±0,08	0,3±0,04	0,4±0,03	0,5±0,07	0,4±0,07
Ауто-РОК в селезенке	19,7±2,7	18,8±1,9	29,8±3,2*	33,8±5,1*	19,8±2,3
Вс$_3$-лимфоциты	25,0±3,9	24,8±4,0	27,8±4,2	23,9±2,4	13,0±2,2**
Титр антител:	4,8±0,7	4,7±0,7	4,6 0,5	3,2±0,3*	2,7±0,4*
Фагоцитоз:					
% фагоцитоза	95,0±2,9	95,4±2,6	94,3±2,6	92,5±2,5	88,2±1,3*
Фагоцитарное число	6,0±0,4	6,0±0,2	6,0±0,6	5,8±0,6	4,8±0,3*
Индекс фагоцитоза	6,2±0,7	6,1±0,2	5,7±0,4	5,6±0,2	4,2±0,4*
Белковые фракции сыворотки крови:					
Альбумин	43,8±1,4	43,5±1,0	42,6±0,9	41,9±1,1	42,8±1,2
α_1-глобулин	10,6±0,5	10,4±0,5	10,5±0,6	10,9±0,9	11,2±0,4
α_2-глобулин	12,1±0,9	12,4±0,9	12,3±0,8	10,4±0,7	12,8±0,9
β-глобулин	18,2±0,8	18,1±0,8	17,7±0,7	18,6±0,7	17,8±0,8
γ-глобулин	15,3±1,3	15,1±1,3	14,7±1,1	18,7±0,9	15,3±1,1

Примечания:
1. * $p \leq 0,05$.
2. ** $p \leq 0,002$.
3. Вс$_3$-лимфоциты — Вс$_3$-лимфоциты селезенки.

Исследование показателей клеточного и гуморального иммунитета, клеточных и гуморальных факторов неспецифической защиты организма *в недействующей концентрации (1,1±0,1 мг/м^3)* выявило, что энтомофторин не вызывал изменений в иммунокомпетентных органах беременных и небеременных животных (таблицы 1–2).

Воздействие препарата *в подпороговой концентрации (4,1±0,21 мг/м^3)* также не дает изменений в иммунокомпетентных органах и крови беременных самок крыс, в то время как у небеременных изучение показателей клеточного иммунитета выявило снижение относительной массы тимуса без соответствующего изменения функциональной активности иммунокомпетентных клеток тимуса с ростом ауторозеткообразования (ауто-РОК) в селезенке. Изменения функциональной активности иммунокомпетентных клеток селезенки расценивались как иммуномодулирующее действие препарата на Т-лимфоциты селезенки, а также как компенсаторная иммунологическая реакция, связанная с увеличением количества функционально активных элементов (таблица 2).

Таким образом, выявлен более сильный ответ небеременного организма к воздействию препарата в отличие от материнского организма, иммунитет которого направлен на сохранение нормального течения беременности и защиту плода.

Воздействие препарата *на уровне пороговой концентрации (8,0±0,4 мг/м^3)* у беременных самок привело к снижению титра антител и ауто-РОК в тимусе, сопровождающемуся увеличением числа ауто-РОК в селезенке. Полученные отклонения указывают на иммуномодулирующий эффект препарата в данной концентрации на клетки тимуса с перераспределением содержания Т-лимфоцитов между центральным (тимус) и периферическими органами иммунитета с нарастанием функциональной активности клеток-супрессоров, ведущим к снижению антителогенеза (таблица 1).

Изучение показателей клеточного и гуморального иммунитета, клеточных и гуморальных факторов неспецифической защиты организма у небеременных самок на данном уровне воздействия выявило снижение относительной массы тимуса без соответствующего изменения функциональной активности иммунокомпетентных клеток тимуса с увеличением содержания супрессорных элементов селезенки, ведущим к снижению антителогенеза. Уменьшение относительной массы тимуса отражает более негативное влияние препарата на иммунокомпетентную систему организма небеременных животных (таблица 2).

Таким образом, пороговая концентрация биопрепарата вызывала более глубокие изменения по сравнению с подпороговой дозой в системе иммунитета у беременных и небеременных животных. Однако иммуносупрессивный эффект был более выражен в группе небеременных крыс. Анализ показателей системы иммунитета беременных и небеременных крыс при поступлении пороговой дозы энтомофторина свидетельствует о напряжении регуляторных механизмов факторов специфической защиты организма, не выходящем за пределы его компенсаторных возможностей.

Изучение клеточного иммунитета у беременных самок крыс *в действующей концентрации препарата (19,0±2,4 мг/м^3)* выявило снижение ауто-РОК в тимусе и селезенке, а также количества Вс$_3$-лимфоцитов в селезенке, что расценивалось как иммунодепрессивный эффект, поскольку уменьшение числа Т-клеток наблюдалось не только в центральном органе иммунитета, но и в периферическом органе-депо − селезенке. Увеличение абсолютной и относительной массы селезенки происходило за счет элементов красной крови − эритроцитов, промиелоцитов и гранулоцитов, что подтвердилось морфологическими исследованиями структуры селезенки. Изучение белкового спектра сыворотки крови установило снижение уровня α_1-глобулина с параллельным нарастанием β-глобулина, что свидетельствует о повышении содержания

транспортных белков за счет провоспалительных [5]. Редукция всех показателей фагоцитоза указывает на угнетение клеточных факторов неспецифической защиты организма.

Изучение показателей клеточного и гуморального иммунитета, клеточных и гуморальных факторов неспецифической защиты организма у небеременных самок в данной концентрации выявило снижение относительной массы тимуса с одновременным уменьшением уровней ауто-РОК в тимусе, $Вс_3$-лимфоцитов в селезенке и титра антител, что расценивалось как угнетающее действие на Т- и В-систему иммунитета на клеточном и гуморальном уровнях. Снижение всех показателей фагоцитоза свидетельствует об редукции функциональной активности клеток иммунитета неспецифической защиты организма. Исследование показателей белковых фракций сыворотки крови изменений не выявило.

Таким образом, действующая концентрация вызывала иммунодепрессивный эффект у беременных и небеременных животных в одинаковой степени. Анализ состояния подопытных животных при поступлении энтомофторина в действующей дозе свидетельствует о перенапряжении регуляторных механизмов факторов специфической защиты организма, выходящем за пределы его компенсаторных возможностей.

Оценивая в целом полученные изменения показателей клеточного и гуморального иммунитета, клеточных и гуморальных факторов неспецифической защиты организма, следует отметить, что биоинсектицид энтомофторин, разработанный по принципу действия на генеративную функцию насекомых [6], оказывает негативное влияние на систему иммунитета материнского организма теплокровных животных. В экспериментах отмечены отличия в реакции беременного и небеременного организма на воздействие различных доз препарата. Несмотря на схожий механизм иммунологической защиты беременных и небеременных животных на поступление чужеродного антигена, выявлены различия. У небеременных самок уже на уровне подпороговой концентрации препарата наблюдались начальные признаки инволюции тимуса с компенсаторным увеличением числа Т-лимфоцитов селезенки, в то время как иммунная система беременного организма занята сохранением беременности и защитой плода и, возможно, поэтому на данном уровне воздействия препарата не включаются иммунологические механизмы взаимодействия с антигеном.

На уровне пороговой концентрации в обеих группах животных наблюдался компенсаторный рост числа Т-клеток в селезенке, вероятно, за счет супрессоров с параллельным снижением антителогенеза и показателей фагоцитоза. Однако у небеременных крыс иммуносупрессивный эффект был более выраженным, поскольку у них отмечены признаки инволюции тимуса, а у беременных выявлено лишь относительное снижение содержания Т-лимфоцитов в тимусе. Следовательно, иммунная система беременного организма, занятая сохранением беременности и защитой плода, менее активно реагирует на воздействие пороговой дозы энтомофторина.

Действующая доза препарата в одинаковой степени оказывала иммунодепрессивный эффект на беременных и небеременных животных, что выражалось в инволюции тимуса, снижении содержания Т-лимфоцитов в тимусе и В-лимфоцитов в селезенке, титра антител и показателей фагоцитоза. В материнском организме отмечено перераспределение содержания белков крови с нарастанием уровня транспортных белков за счет провоспалительных, что расценивалось как один из механизмов защиты от токсического воздействия чужеродного антигена.

Заключение. Изучение механизма действия биоинсектицида энтомофторина на показатели иммунитета белых беспородных крыс в долгосрочном эксперименте по мере увеличения уровней воздействия препарата позволило выявить различия в чувствительности беременного и небеременного организма к воздействию антигена микробного происхождения. Полученные результаты сопоставимы с данными исследований других авторов [7], так как показали, что иммунная система небеременных самок начинает реагировать на поступление антигена на меньших уровнях по сравнению с материнским организмом, так как последний занят сохранением нормального течения беременности и защитой плода.

Выводы:

1. Иммунная система является чувствительным фактором специфической защиты материнского организма при воздействии антигенов микробного происхождения.

2. Анализ показателей системы иммунитета в долгосрочном эксперименте по мере увеличения уровней воздействия энтомофторина позволил выявить различия в чувствительности беременного и небеременного организма к антигену микробного происхождения с оценкой степени напряженности компенсаторных механизмов при интоксикации.

3. При одновременном воздействии эндо- и экзогенной нагрузки на систему иммунитета материнского организма на низких уровнях поступления препарата иммунная система беременных крыс избирательно занята сохранением беременности и защитой плода. И только в действующей дозе биоинсектицида сохранение беременности и защита плода истощаются в связи с переходом на активное противодействие токсическому эффекту антигена.

Литература

1. Методические рекомендации по токсикометрии / под ред. проф. И.В. Саноцкого. − М.: Секретариат СЭВ, 1987. − 162 с.

2. Ремез, И.М. Влияние биоинсектицида энтомофторина на показатели иммунитета беременных самок крыс и их потомства / И.М. Ремез, Л.Н. Орленкович // Современные проблемы медицины труда, гигиены и экологии человека: XLVI науч.-практ. конф. с междунар. участием «Гигиена, организация здравоохранения и профпатология». − Кемерово: ООО «Примула», 2011. − С. 54−57.

3. The hen immunological complex – a new informative and indicator of ecotoxicants / I.M. Remeza[et al.] // Proceedings of the Latvian Academy of Science. − Section B. − 1998. − V. 52. − P. 217−221.

4. Электрофорез на пленках из ацетатцеллюлозы в клинической лаборатории : метод. рекомендации / И.А.Пушкарев [и др.] . − М.: Минздрав СССР, 1980. − 10 с.

5. Березов, Т.Т. Биологическая химия: учебник / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. − М.: Медицина, 2004. − 704 с.

6. Чударе, З.П. Заражение тлей различными видами энтомофторовых грибов / З.П. Чударе // Биологичекая регуляция численности вредных членистоногих. − Рига: Зинатне, 1988. − С. 38−46.

7. Сивочалова, О.В. Гинекология : учебник / О.В. Сивочалова, О.И. Линева, Л.В. Гаврилова. −М.: Академия, 2012. − 288 с.

ANALYSIS OF PREGNANT AND NON-PREGNANT FEMALE RATS IMMUNITY EXPOSED TO BIOINSECTICID ENTOMOFTORIN INFLUENCE

Remez I.M,[1], Orlenkovich L.N.[2]

[1]Scientific Research Institute of Occupational and Environmental Health of Paul Stradins Riga Medical University, Latvia;
[2]Scientific Research Institute of Occupational and Environmental Health of Paul Stradins Riga Medical University, Latvia

The research of bioinsecticide entomoftorin effect at cellular and humoral immunity as well as cellular and humoral factors of an organism nonspecific defense of pregnant and non-pregnant rats has been carried out. The mechanism of biopreparate action on the parent organism immunity system is revealed. It is established entomoftorin immunomodulatory effect atlow levels of exposure and immunodepressive effects at the preparation active dose. It is marked a strongerresponse of non-pregnant rats to preparation influence at the low levels. The parent organism immunity is directed at preservation normal current of pregnancy and fetal protection at low levels.

Keywords: bioinsecticid, pregnant and non-pregnant rats, cellular and humoral immunity, hygienic reglamentation.

Поступила 05.07.2013

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА СОХРАНЕНИЕ И РАЗМНОЖЕНИЕ *E.COLI* В ПОЧВЕ

Рубин В.М, Будкина Е.А.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В модельном эксперименте в лабораторных условиях было изучено влияние различных уровней загрязнения почвы нефтепродуктами на сохранение и размножение патогенной микрофлоры на примере *E. coli ATCC 8739.* Установлено, что концентрации нефтепродуктов 5000, 7 500 и 15 000 мг/кг оказывали угнетающее действие на тест-объект на протяжении всего эксперимента. Более низкие концентрации токсиканта (200, 500 и 1000 мг/кг) замедляли скорость отмирания патогенного агента на 1-е сут после внесения его в почву. В последующие дни опыта скорость очищения почвы от *E.coli* в опытных образцах не отличалась от контроля.

Ключевые слова: нефтепродукты, почва, *E.coli*.

Введение. Почва, являясь элементом биосферы, имеет важное значение в формировании здоровья населения и поддержании экологического благополучия. В основе этого лежит здоровая почва, которая характеризуется оптимальным биоразнообразием, постоянным самоочищением от экзогенных химических веществ и подавлением патогенной биоты [1].

Однако самоочищение почвы не безгранично, ее чрезмерное загрязнение может вызвать супрессию активности полезной микрофлоры и привести к угнетению самоочищающей способности почвы [2]. С ухудшением самоочищающей способности почвы возрастает ее эпидемическая опасность. В загрязненной почве отмечается увеличение патогенной биоты [3], поэтому чрезвычайно важно выявить не только скорость очищения почвы от нефтепродуктов, но и их влияние на сохранение и размножение патогенной микрофлоры.

Материал и методы. Для проведения эксперимента свежеотобранную дерново-подзолистую почву доводили до воздушно-сухого состояния путем просушивания в хорошо вентилируемом помещении в течение 3–4 дней при комнатной температуре на рассеянном свету, затем освобождали от посторонних включений (камни, корни растений и др.) и просеивали через сито с диаметром отверстий 2–3 мм. По 100 г подготовленной почвы вносили в конические колбы вместимостью 500 мл, увлажняли до получения влажности, составляющей 60%, приливая к ней дистиллированную воду. Через 1 сут в подготовленные увлажненные образцы вносили смесь нефтепродуктов в концентрациях 200, 500, 1000, 2000, 5000, 7500, 15000 мг/кг сухой почвы. Суспензию бактерий группы кишечной палочки *(E. coli ATCC 8739)* вносили в загрязненную почву в начале и в конце опыта (через 5 мес.). Количество *E. coli* определяли на 1,7,14 и 21 сут от момента загрязнения почвы и на 150, 151, 157, 164 и 171 сут.

Результаты и их обсуждение. В начале эксперимента установлено, что концентрации нефтепродуктов в почве 200, 500 и 1000 мг/кг замедляли сроки отмирания *E. coli* и стимулировали их размножение в первый день опыта. На 7–21-е сут скорость отмирания микроорганизмов в загрязненной почве соответствовала скорости их отмирания в контрольном образце (таблица 1).

При свежем загрязнении более высокие концентрации нефтепродуктов в почве (2 000–15 000 мг/кг) оказали угнетающее действие на *E. coli*. В 1-е сут содержание их составило 44-72%, на 7-е – 28–32%. Причиной этого может быть прямой токсический эффект нефтепродуктов на микроорганизмы либо глубокие изменения в почвенной среде.

Определение количества *E. coli* проведено через 5 мес. с момента внесения нефтепродуктов на 150, 151, 157, 164 и 171 сут (таблица 2).

Таблица 1 — Динамика содержания *E. coli* в почве, загрязненной нефтепродуктами, на 1, 7, 14 и 21 сут от момента загрязнения

Концентрация нефтепродуктов, мг/кг	Исходное загрязнение 2,5 10^4 КОЕ/г							
	Содержание *E.coli* в почве на 1 сут		Содержание *E. coli* в почве на 7 сут		Содержание *E.coli* в почве на 14 сут		Содержание *E. coli* в почве на 21 сут	
	КОЕ 10^4	%	КОЕ 10^4	%	КОЕ 10^4	%	КОЕ 10^4	%
Контроль	2,5	100	2,2	88	1,0	40	0,1	4
200	3,0	120	1,5	60	0,3	12	0	0

Окончание таблицы 1

500	2,5	100	2,2	88	1,0	40	0,1	4
1000	3,0	120	1,5	60	0,3	12	0	0
2000	1,1	44	0,8	32	0,05	2	0	0
5000	1,8	72	0,7	28	0	0	0	0
7500	1,1	44	0,8	32	0,05	2	0	0
15000	1,8	72	0,7	28	0	0	0	0

Таблица 2 — Динамика содержания *E. coli* в почве, загрязненной нефтепродуктами на, 150, 151, 157, 164 и 171 сут от момента загрязнения

Концентрация нефтепродуктов, мг/кг	Исходное загрязнение 1,0 10^6 КОЕ/г									
	Содержание *E. coli* в почве на 150 сут		Содержание *E. coli* в почве на 151 сут		Содержание E. coli в почве на 157 сут		Содержание E. coli в почве на 164 сут		Содержание E. coli в почве на 171 сут	
	КОЕ 10^6	%	КОЕ 10^6	%	КОЕ 10^6	%	КОЕ 10^6	%	КОЕ 10^6	%
Контроль	1,0	100	0,77	77	0,04	4,2	0,02	2	0	0
200	0,93	93	0,82	82	0,04	4,2	0,01	1	0	0
500	1,0	100	0,86	86	0,06	6,1	0,02	2	0	0
1000	0,61	61	1,5	150	0,02	2,2	0,0001	0,01	0	0
2000	0,64	64	0,4	40	0,08	8,4	0,002	0,2	0	0
5000	0,19	19	0,7	15	0,05	5,3	0	0	0	0
7500	0,12	12	0,02	1,5	0,02	1,5	0	0	0	0
15000	0,11	11	0,03	3,2	0,01	1,1	0	0	0	0

Через 5 мес. эксперимента дозы 5 000, 7500 и 15 000 мг/кг так же, как и в начале опыта, оказали губительное влияние на *E.coli*. По мере разложения нефтепродуктов в почве токсическое действие их в дозе 2 000 мг/кг на микроорганизм нивелировалось. Более низкие дозы поллютанта (200, 500 и 1 000 мг/кг) замедляли самоочищение почвы на 151 сут опыта. В последующие дни скорость отмирания *E.coli* была схожа с контрольными образцами.

Заключение. В проведенном эксперименте установлено губительное влияние нефтепродуктов в высоких концентрациях на клетки *E.coli* как при свежем загрязнении, так и по истечении 5 мес. При концентрациях токсиканта 200, 500, 1000 мг/кг скорость отмирания микроорганизма была замедлена в 1-е сут опыта после внесения микроорганизмов. Далее поведение кишечной палочки не отличалось от контрольного опыта, что свидетельствует об отсутствии нарушений в процессах обезвреживания патогенных микроорганизмов в почве.

Литература

1. Почвы в биосфере и жизни человека : монография / Г.В. Добронравов [и др.] – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. – 584 с.

2. Сафонникова, С.М. Гигиеническая оценка почвы в районе размещения крупного нефтехимического комплекса и регламентация в ней некоторых токсических загрязнителей : дис. канд. биол. наук / С.М. Сафонникова. – М., 1991. – 166 с.

3. Филимонова, Е.В. Научное обоснование индикаторного значения энтерококков для оценки санитарного состояния и эпидемической безопасности почвы : дис. канд. биол. наук / Е.В. Филимонова. – М., 1985.

EFFECT OF OIL PRODUCTS ON PRESERVATION AND REPRODUCTION OF *E.COLI* IN SOIL

Rubin V.M., Budkina E.A.

Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The effect of different levels of soil contamination by petroleum products on the preservation and reproduction of pathogenic organisms in the *E. coli* ATCC 8739 sample has been studied in the model experiment in the laboratory.

The concentrations of petroleum products 5000, 7500 and 15000 mg / kg exerted a depressing effect on the test object during the entire experiment. Lower concentrations of toxicant (200, 500 and 1000 mg/kg) slowed the rate of dying of a pathogenic agent on day 1 after putting it into the soil. Later, the rate of soil purification from *E.Coli* in test samples did not differ from the control.

Keywords: oil-products, soil, *E.coli*.

Поступила 27.05.2013

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАЩЕНИЯ С НЕУТИЛИЗИРОВАННОЙ ЧАСТЬЮ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПОСЛЕ МУСОРОСОРТИРОВКИ

Тетенева И.А.

Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева, Академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Реферат. Определен современный морфологический состав неутилизированной части твердых бытовых отходов (далее – ТБО) после сортировки и его физико-химические и микробиологические свойства. Показано, что для Украины наиболее перспективным путем обращения с ТБО является мусоросортировка и захоронение глубоко прессованной неутилизированной части ТБО на специализированных полигонах брикетированных отходов.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, мусоросортировка, неутилизированная часть твердых бытовых отходов после сортировки.

Введение. В последние годы в Украине введены в эксплуатацию мусоросортировочные комплексы. После отбора коммерчески привлекательных фракций остается неутилизируемая часть, состав и свойства которой отличаются от нативных ТБО. Безопасное обращение с этой фракцией является существенной гигиенической проблемой.

Возможно несколько путей дальнейшей переработки этой фракции: захоронение на полигонах, компостирование, использование ее в качестве альтернативного топлива, глубокое прессование и захоронение в виде брикетов на специализированных полигонах.

Захоронение на полигонах необработанной с малой плотностью гниющей массы отходов не приведет к уменьшению негативных последствий функционирования полигонов.

Современные технологии компостирования предусматривают процесс сбраживания всего объема ТБО, а не только его органической составляющей. Хотя характеристики конечного продукта могут быть значительно улучшены путем извлечения из отходов металла, пластика и т.д., все же он представляет собой достаточно опасный продукт и находит очень ограниченное применение (в Западной Европе такой «компост» применяют только в качестве изолирующего слоя для полигонов) [1, 2].

Использование ТБО в качестве альтернативного топлива лимитирует влажность отходов. В работе [3] представлена классификация составляющих ТБО на основе влажной субстанции с точки зрения их возможного использования. Так, для термической обработки наибольший интерес представляет бумага, текстиль, синтетические материалы. При биологической переработке отходов использование могут найти пищевые и растительные отходы, а также отсев – менее 15 мм. Границы использования этих материалов разные. При минимальной влажности растительные отходы могут подвергаться термической обработке. Упаковка и мелкие фракции рассматриваются как исходные материалы для анаэробного сбраживания. Фракции, пригодные как для термического, так и биологического использования – фракции с высоким содержанием органических веществ.

Мировой опыт рекомендует производить захоронение неутилизированной части ТБО после глубокого прессования (до плотности естественных грунтов > 1000 кг/м^3) в виде брикетов на специализированных полигонах. Глубокое прессование ТБО и складирование их в виде брикетов в корне улучшают санитарно-гигиеническую ситуацию на полигонах. Это связано с такими свойствами, как торможение гниения, замедление аэробных процессов, сокращение выделения токсичного и пожароопасного биогаза. Брикет при достаточной плотности не аккумулирует в себе атмосферные осадки. Как следствие, уменьшаются характерные для полигонного захоронения ТБО санитарно-гигиенические проблемы: загрязнение подземных вод фильтратами из тела полигона; пожары от возгорания биогаза; перенос инфекций животными, птицами; разнос легкой фракции мусора на прилегающие территории.

Вопрос влияния уплотнения на физико-химические свойства и биологическую активность частично освещен в источниках литературы относительно почв. Известно, что с плотностью связан весь комплекс физических и биофизических процессов в почве. Агрономически благоприятно, когда поры почвы, занятые водой и воздухом, имеют соотношение 1:1. Такое соотношение отражает благоприятный водный и воздушный режим в почве, способствует биологической активности. Показано, что при увеличении плотности черноземов с 0,92 до 1,24 г/см^3 скорость впитывания влаги уменьшается в 13 раз с одновременным снижением аккумуляции влаги в зимне-весенний период. Сильное уплотнение почвы ведет к созданию в слое, где находятся корни, условий, близких к анаэробным, особенно в период длительных дождей весной и осенью. Уплотнение почвы снижает ее порозность вдвое, что приводит к ухудшению водно-воздушного режима почвы. На таких почвах ухудшается рост растений.

С гигиенической точки зрения такие процессы благоприятны при полигонном захоронении отходов.

Цель работы – изучить влияние мусоросортировки на физико-химические и бактериологические свойства ТБО, обосновать более безопасный с гигиенической точки зрения способ захоронения неутилизированной части ТБО после сортировки.

Материал и методы. Исследованию подлежали ТБО, поступающие на мусоросортировочную станцию (далее – МСС) г. Киева. Санитарно-гигиеническая оценка ТБО проводилась по результатам изучения физико-химических показателей: окислительно-восстановительного потенциала (pH), влажности, содержания органических и минеральных веществ, тяжелых металлов. Для определения pH использовали потенциометрический метод на pH-метре (ГОСТ 26423-85); влажности – весовой метод (ГОСТ 28268-89). Определение содержания органических и минеральных веществ в почве проводили гравиметрическим методом в предварительно подготовленной (методом озоления) пробе. Тяжелые металлы определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре типа КАС-120.1. Подготовка проб ТБО для определения содержания тяжелых металлов проводилась методом сухого озоления: прокаливания их в муфеле с последующей обработкой раствором азотной кислоты в соответствии с «Методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» (М, 1989).

Микробиологические показатели включали определение: ОМЧ при 22 и 37 С, индекс ЛКП, индекс *E.Coli*, наличие патогенной микрофлоры. Исследования проводились по МУ № 1446-76 «Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы» (М., 1977).

Биологическая активность неутилизированной части ТБО после сортировки изучалась по показателю дегидрогеназной активности. Определение дегидрогеназной активности проводилось модифицированным методом. Для оценки активности дегидрогеназ почвы в качестве акцептора водорода применялись бесцветные соли тетразолия, которые обладают способностью восстанавливаться в красные и розовые соединения формазана. Окрашенный раствор подвергался фотоколориметрии с синим светофильтром при длине волны 540 нм. Количество дегидрогеназы определялось в относительных единицах по оптической плотности окрашенных растворов (контроль, эксперимент) в нанометрах длины волны. Погрешность измерения составляет до 8%.

Результаты и их обсуждение. Мусоросортировочная станция ООО «Гринко» (г. Киев) использует французское оборудование, рассчитанное на сортировку «сухих» отходов. Переработка ТБО осуществляется в день доставки мусора. Фракции отходов отбираются вручную. По данным МСС отсортировывается 10–20% отходов. Выделению подлежат: металлолом, тетрапак, макулатура, ПЭТФ-бутылка, полипропилен, полистирол, полиэтилен, стеклобой.

Были исследованы образцы ТБО до и после сортировки. Исходные ТБО отбирались в приемном бункере. Неутилизируемая часть отходов представляет собой смесь, состоящую из мелкой фракции, которая отбирается перед конвейером, и отходов, остающихся после конвейера.

В таблице 1 представлены среднегодовые данные фракционного состава ТБО до и после сортировки.

Таблица 1 — Среднее содержание компонентов ТБО до и после сортировки (n=12)

Компонент, %	Несортированные ТБО	Неутилизированный остаток
	M±m	M±m
Бумага и картон	15,90±3,80	8,08±3,58
Пищевые отходы	18,85±10,85	9,55±3,44
Пластмассы	5,27±2,01	1,03±0,75
Полиэтилен	11,70±1,90	9,68±3,43
Металлы	3,63±1,18	0,50±0,10
Стекло	5,00±2,35	1,23±0,85
Текстильные материалы	6,03±2,59	6,75±1,00
Кожа, резина	2,70±0,47	3,15±0,53
Нерассортированный остаток	31,60±7,40	55,7±7,1

Как видно из таблицы, в составе ТБО превалируют 3 фракции: бумага и картон, пищевые отходы и полимерные материалы. Бумага и картон представлены главным образом тетрапакетами, значительно меньше в составе ТБО канцелярской и газетной бумаги, эпизодически встречаются картонные упаковки. Надо отметить, что часть бумаги уже размокает и не может быть отсортирована. Она переходит в неутилизированный остаток.

В категорию пищевые отходы попадают только те отходы, которые имеют размеры в диаметре более 15 мм. Это остатки овощей и фруктов. Иногда в эту категорию помещают еще и так называемые «садовые отходы» или «растительные отходы», т.е. листья, ветки и др. Среди полимерных материалов превалируют ПЭТ-бутылки и полиэтиленовая упаковка. Именно эти материалы имеют относительно большой объем при незначительной массе и обусловливают низкую плотность ТБО. Металлы представлены преимущественно стальными банками из-под бытовой химии, консервными банками и крышками. Среди стекла встречались, кроме бутылок из-под пива и аптечных бутылочек, оконный стеклобой и лампы накаливания. Кожа и резина: обувь и сумки и т.д. составляли наименее значимую часть отходов. Также эпизодически нами были выделены керамические отходы. Высокое содержание нерассортированного остатка, который преимущественно состоит из пищевых отходов, значительно снижает эффективность сортировки.

В неутилизированной части доля бумаги и картона уменьшается до 5–10%, практически полностью изымаются ПЭТ-бутылки и металлические банки. По визуальным наблюдениям, основная масса неутилизованной части ТБО представляет собой смесь полиэтиленовых пакетов, переложенных гниющими пищевыми отходами с крупными вкраплениями коммерчески непригодных материалов (например, на момент исследования – текстиль).

ТБО имеют в своем составе опасные химические вещества, содержащиеся в элементах питания и др., а также бактериально загрязнены.

Таблица 2 — Результаты физико-химических исследований ТБО до и после сортировки (n=12)

Показатель	Кларк (по А.П. Виноградову)	ПДК в почве, мг/кг	Несортированные ТБО, M±m	Неутилизированный остаток, M±m
Плотность, кг/м^3			273,56±86,09	392,67±54,33
pH			5,85±0,32	5,63±0,38
Массовая часть влажности, %			37,45±6,34	51,69±12,07
Процентное содержание минеральних веществ,%			42,29±4,47	36,18±7,05

Окончание таблицы 2

Процентное содержание органических веществ, %			57,96±4,15	64,06±7,45
Свинец, мг/кг	10	32	0,73±0,32	0,068±0,02
Медь, мг/кг	20	55	62,57±35,06	72,42±31,09
Цинк, мг/кг	50	100	73,743±23,43	93,41±20,69
Кобальт, мг/кг	8	5	17,80±7,51	6,01±3,11
Никель, мг/кг	40	85	32,57±7,94	15,17±2,47
Марганец, мг/кг	850	-	50,35±14,13	58,92±12,99
Кадмий, мг/кг	0,5		0,18±0,08	0,60±0,22

Из данных таблицы следует, что ТБО имеют слабокислую реакцию, влажность 30-45%, содержание минеральных веществ составляет около 40%. Тяжелые металлы определяются в концентрациях, характерных для полигонов ТБО [5].

В процессе мусоросортировки увеличивается плотность и влажность отходов, изымаются преимущественно неорганические компоненты, что приводит к увеличению доли органических отходов в среднем на 6%. В составе ТБО снижается содержание тяжелых металлов (свинец, кобальт, никель, кадмий) и, наоборот, регистрируется некоторое повышение содержания цинка, меди и марганца, что обусловлено повышением доли пищевых и растительных отходов в структуре ТБО. В неутилизированной части ТБО содержание тяжелых металлов (свинец, кадмий, никель, кобальт) в отличие от нативных ТБО не превышает их кларки и ПДК в почве. Превышение кларков в неутилизированной части ТБО после сортировки зарегистрировано для меди (до 8 раз), цинка (до 2 раз), ПДК – для меди (до 3 ПДК) и цинка (до 1,2 ПДК).

В таблице 3 представлены результаты бактериологического анализа проб отходов мусоросортировочной станции до и после сортировки.

Таблица 3 — Результаты санитарно-бактериологических исследований ТБО до и после сортировки

Показатель	Несортированные ТБО	Неутилизированный остаток
ОМЧ, КОЕ/г (t-37°)	$2{,}9x10^6$	$1{,}1x10^6$
ОМЧ, КОЕ/г (t-22°)	$1{,}7x10^7$	$1{,}5x10^7$
Индекс ЛКП	$>2{,}4x10^6$	$>2{,}4x10^6$
Индекс *E.coli*	$>2{,}4x10^6$	$>2{,}4x10^6$
Патогенная микрофлора, в т.ч. сальмонеллы	Не выявлены	Не выявлены

Как видно из таблицы, все образцы ТБО мало отличались по бактериологическим показателям. Для всех проб характерно высокое общее микробиологическое обсеменение – несколько миллионов КОЕ в 1 г. Во всех образцах обнаружено значительное количество термофильных бактерий $1{,}4 \times 10^5 – 1{,}5 \times 10^7$ КОЕ/г, что указывает о наличии органических веществ в образцах. Показатели фекального загрязнения – БГКП, ЛКП также характеризуют исследуемые пробы как загрязненные. Патогенные бактерии не обнаружены.

Бактериологические показатели в результате мусоросортировки не изменяются, так как источник размножения микрофлоры – пищевые отходы – в процессе мусоросортировки не изымаются.

По проектным данным, неутилизированная часть ТБО после сортировки подлежала захоронению после глубокого прессования в виде брикетов на полигоне ТБО.

В связи с этим были проведены экспериментальные исследования о влиянии уплотнения на биологическую активность неутилизированной части ТБО после сортировки. Биологическая активность изучалась по показателю дегидрогеназной активности. Это простой, дешевый и быстрый метод, который может использоваться для контроля процессов биохимического разложения отходов [6].

Степень уплотнения составляла 300; 1000; 1300 кг/м^3. Со степенью уплотнения 300 кг/м^3 ТБО поступают на полигон. Величина 1000 кг/м^3 – плотность природных почв соответствует типичным характеристикам прессовального оборудования для уплотнения ТБО.

Таблица 4 — Результаты изучения влияния уплотнения на биологическую активность (по показателю дегидрогеназной активности, ед.отп. плотности) неутилизированной части ТБО после сортировки (n=12)

Плотность, кг/см^3	Термин экспозиции, сут		
	1	5	10
0,35	5,2±1,3	7,0±2,4	8,8±1,5
1,0	3,0±0,4	4,0±0,7	4,8±1,1
1,3	2,5±0,6	2,4±0,2	2,5±0,6

Как видно из таблицы, во всех исследованных пробах наблюдается ярко выраженная положительная реакция на дегидрогеназу, что свидетельствует о высокой интенсивности процессов окисления органических веществ, которые происходят в ТБО. Наиболее высокая дегидрогеназная активность наблюдается в нативных ТБО. Прессование отходов приводит к снижению дегидрогеназной активности. Так, при уплотнении отходов до 1000 кг/м^3 значение показателя уменьшается с 5,2 до 3,0 ед.опт. плотности, т.е. в 1,7 раза, дальнейшее уплотнение до 1300 кг/м^3 уменьшает активность биологических процессов по сравнению с непресованными отходами более чем в 2 раза. С продлением срока экспозиции в неуплотнен-

ных и уплотненных отходах наблюдается нарастание дегидрогеназной активности. Так, в неуплотненных ТБО прирост образования дегидрогеназы по сравнению с первыми сутками наблюдения составлял: 5-е сут – 135%, 10-е – 170%. При уплотнении отходов до 1 т/м^3 значения дегидрогеназной активности повысились соответственно на 33 и 60%. Таким образом, прессование частично замедляет интенсивность биохимических процессов в отходах. Дальнейшее уплотнение приводит к стабилизации уровня дегидрогеназной активности за период наблюдения, при этом уровень остается достаточно высоким. Эти процессы могут быть обусловлены тем, что уплотнение отходов ведет к уменьшению доступа кислорода и снижению содержания влаги. Процесс стабилизации отходов при прессовании обусловлен тем, что содержание влаги в ТБО недостаточно для активной жизнедеятельности микроорганизмов, а доступ кислорода из-за высокой плотности затруднен.

В рамках этого эксперимента также были исследованы параметры образования отжима при прессовании до 1000 кг/м^3. Требуемая степень влажности достигалась путем добавления водопроводной воды в ТБО. Как показали исследования, образование отжима начиналось при влажности ТБО более 55%. Дальнейшее уплотнение незначительно влияет на степень выделения влаги. Так, уплотнение до 1000 кг/м^3 уменьшало степень влажности на 15% (с 70 до 55%). Дальнейшее прессование до 1300 кг/м^3 приводило к потере влаги лишь на 2%.

Анализ приведенных материалов позволяет констатировать, что с гигиенической точки зрения мусоросортировка позитивно влияет на качество ТБО, что связано не только с уменьшением количества отходов, но и с изменениями морфологического состава неутилизированной части ТБО на более благоприятный для захоронения на полигонах (исключение из ТБО компонентов, которые приводят к уменьшению плотности ТПВ, имеют значительный срок разложения в почве, содержат наиболее опасные для здоровья человека химические вещества и т.п.).

Глубокое прессование (до плотности естественных грунтов) и захоронение в виде брикетов на специализированных полигонах является для Украины наиболее перспективным путем обращения с неутилизированной частью ТБО после сортировки, так как такие отходы малопригодны для термической обработки из-за высокой влажности, для компостирования – из-за значительного содержания веществ, не поддающихся биологическому разложению.

Выводы:

1. В процессе мусоросортировки частично извлекаются полимерные изделия, бумага и картон. В неутилизированной части отмечается минимальное содержание металлолома и лома стекла. Неутилизированная часть ТБО после сортировки состоит из пищевых отходов, мелких фракций (бумага, картон, стекло, смет, листья и т.п.) и фракций, которые в настоящее время не имеют коммерческого сбыта (полиэтиленовые пакеты после пищевых продуктов и др.).

2. В процессе мусоросортировки плотность отходов увеличивается с 210–300 до 350–450 кг/м^3, доля органических отходов повышается в среднем на 6% из-за преимущественного удаления при сортировке неорганических компонентов. В процессе мусоросортировки в составе ТБО снижается содержание тяжелых металлов (свинец, кобальт, никель, кадмий) и, наоборот, регистрируется некоторое повышение содержания цинка, меди и марганца, что обусловлено увеличением доли пищевых и растительных отходов в структуре ТБО. Бактериологические показатели в результате мусоросортировки не изменяются, поскольку источник размножения микрофлоры – пищевые отходы – в процессе мусоросортировки не изымаются.

3. В неуплотненной неутилизированной части ТБО после сортировки наблюдается высокая дегидрогеназная активность, что свидетельствует об интенсивных биологических процессах, происходящих в ТБО. Глубокое прессование существенно уменьшает активность биологических процессов в ТБО. Кратность превышения дегидрогеназной активности в неуплотненных ТБО по сравнению с глубокопрессованными (1300 кг/м^3) в среднем составляет 2 раза.

4. Со сроком времени в неуплотненных отходах дегидрогнезная активность возрастает. Прессование отходов до 1000 кг/м^3 приводит к замедлению процессов биологического окисления органических веществ. При степени уплотнения 1300 кг/м^3 дегидрогеназная активность остается практически на одном уровне, однако биологические процессы в уплотненных ТБО полностью не подавляются.

5. Для стабилизации биологических процессов в неутилизированной части ТБО после сортировки возможно более глубокое уплотнение отходов или применение связующих добавок.

6. Глубокое прессование (до плотности естественных грунтов) и захоронение в виде брикетов на специализированных полигонах является для Украины наиболее перспективным путем обращения с неутилизированной частью ТБО после сортировки.

Литература

1. Aguilar, F.J. Agricultural use of compost from municipal solid waste – effects on soil physical properties / F.J Aguilar, P.J. Gonzdlez // Solid Waste Technol. and Manag. – 2002. – 28, № 4. – C. 200–212.

2. Advance in high – solid anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste / Liu Guo – tao, Peng Xuya, Long Teng – rui // J. Cent. S. Univ. Technol.: Sci. and Technol. Mining and Met. – 2006. – № 13, Suppl. 1. – P. 151–157.

3. Экологическая оценка вредных веществ при комплексной утилизации муниципальных отходов / Н. П. Горох [и др.] // Экология и промышленность. – 2006. – № 4. – С. 46–51.

4. Малейко, В. В. Проблема разуплотнения почв и способы ее решения / В.В. Малейко [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ngma-meh.boom.ru/tez03/02.htm. – Дата доступа: 25.05.2013 г.

5. Твердые бытовые отходы. Технологии, оборудование. Проблемы и решения / А.М. Касимов [и др.]. – Харьков, 2006. – 301 с.

6. Tiquia, S.M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity / S.M. Tiquia // J. Applied Microbiol. – 2005. – Vol. 99, Is.4. – P. 816–828.

HYGIENE ASPECTS OF HANDLING WITH NON-UTILIZED PART OF SOLID DOMESTIC WASTE AFTER TRASH SORTING

Teteneva I.A.

A.N. Marzeyev Institute for Hygiene and Medical Ecology, Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The modern morphological structure of unutilized part of solid domestic waste (SDW) after sorting and its physical and chemical and microbiological properties have been determined. The most promising way of solid waste management and disposal in Ukraine is trash sorting and burial of strong pressed non-utilized part of SDW on the specialized polygons.

Keywords: solid domestic waste, non-utilized part of solid domestic waste, trash sorting.

Поступила 31.05.2013

СРАВНИТЕЛЬНАЯ КОЛИЧЕСТВЕННО–КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, МИГРИРУЮЩИХ ИЗ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СОСТАВОВ, ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ

Трейлиб В.В., Половинкин Л.В., Ковшова Т.В.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В статье приводятся результаты сравнительных санитарно-химических исследований степени миграции ингредиентов смазочно-охлаждающих технологических составов на минеральной и синтетической основах. Показано, что количественно-качественная эмиссия химических веществ в воздушную среду зависит от компонентного состава смазочно-охлаждающих технологических составов и температурных условий моделирования.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающие технологические составы на минеральной и синтетической основах, продукты термоокислительной деструкции, санитарно-химические методы исследования, температурные режимы.

Введение. Глобальная химизация промышленности неизбежно ведет к расширению контактов работников с различными химическими веществами. Особое место в обширной группе веществ, используемых в промышленности, занимают смазочно-охлаждающие технологические составы (далее – СОТС), представляющие собой сложные многокомпонентные композиции, состоящие из базовых жидкостей (вода, минеральное масло, синтетические углеводороды, сложноэфирные масла, полигликоли), в которые для обеспечения различных дополнительных функций добавляют свыше 20 различных химических соединений [1, 2].

Специфической особенностью применения различных СОТС является их термоокислительная деструкция. Качественный состав и количественные уровни образующихся продуктов термоокислительной деструкции зависят от компонентного состава СОТС, но доминирующая роль в интенсивности процессов термоокислительной деструкции принадлежит температурным режимам обработки металлов: чем температура выше, тем шире спектр химических веществ, поступающих в воздух рабочей зоны.

Сравнительный анализ современных рецептур СОТС, используемых в различных отраслях промышленности, показал, что в составе композиций на минеральной основе наиболее представительными ингредиентами являются минеральные и нефтяные масла, триэтаноламин, моноэтаноламин, формалин, щелочи, нитрит натрия, органические кислоты (олеиновая, борная), неонол и пеногаситель. В состав СОТС на синтетической основе входят вышеперечисленные соединения, за исключением минеральных и нефтяных масел.

Цель работы – изучить и сопоставить количественно-качественный состав химических ингредиентов, способных мигрировать в воздушную среду из СОТС на минеральной и синтетической основах, при различных температурных режимах.

Материал и методы. Объектами исследования служили СОТС на минеральной основе марки «ЭК-2М», в рецептуру которого вошли масла рапсовое и индустриальное, триэтаноламин, моноэтаноламин, калия гидроокись, нитрит натрия и синтетический СОТС «СК-1», содержащий в составе борную и олеиновую кислоты, калий едкий, моноэтаноламин, триэтаноламин, нитрит натрия и неонол. В исследованиях использовали СОТС в нативном виде.

Санитарно-химические исследования проводили в двух сериях опыта. В первой серии распыление СОТС осуществляли динамическим способом в затравочных камерах 200 л в течение 4 ч при комнатной температуре, отбор воздуха из камеры для анализа проводился через каждые 30 мин. Вторую серию опыта проводили с использованием камер для изучения продуктов горения, при этом СОТС нагревали до температуры 300 °С и подавали с помощью компрессора паро-воздушную аэрозоль в накопительную камеру в течение 30 мин с последующим анализом проб воздуха в трех повторностях.

Для анализа количественно-качественного состава химических ингредиентов, мигрирующих из СОТС в воздушную среду при различных температурных режимах, использовали общепринятые санитарно-химические методы (фотометрические, газохроматографические) [3–11]. Результаты исследований выражены в мг/м^3 и приведены в диапазоне от минимально до максимально регистрируемых значений.

Результаты и их обсуждение. Экспериментально показано, что распыление аэрозолей СОТС в затравочных камерах при комнатной температуре (технологический процесс получения) сопровождается выделением в воздушную среду технологических продуктов их синтеза. Так, из СОТС «ЭК-2М» наиболее значимы выделения следующих компонентов – масляный аэрозоль, сероводород, сернистый ангидрид, аммиак, формальдегид, нитрит натрия и триэтаноламин. При температурном режиме до 300 °С из СОТС «ЭК-2М» отмечается поступление в воздушную среду камер масляного аэрозоля, триэтаноламина, формальдегида, окиси углерода, сероводорода, сернистого ангидрида и аммиака (таблица 1).

Таблица 1 — Количественно-качественный состав ингредиентов, мигрирующих из СОТС «ЭК-2М», при различных температурных режимах

Наименование ингредиентов	Содержание ингредиентов, мг/м^3	
	Комнатная температура	Температура 300 °С
Масляный аэрозоль	10,0–12,0	0,12–0,13
Триэтаноламин	2,40–3,34	4,25–7,56
Нитрит натрия	0,027–0,038	Не обнаружено
Аммиак	0,58–0,72	1,47–2,68
Формальдегид	0,01–0,03	0,05–0,1
Сероводород	0,15–0,24	0,83–2,33
Сернистый ангидрид	21,6–22,0	23,2–43,6
Окись углерода	Не обнаружено	3,6–13,7

При этом аггравация температурного режима (до 300 °С) способствует снижению почти в 100 раз миграции из СОТС «ЭК-2М» масляного аэрозоля, что вероятнее всего, обусловлено его сгоранием и тем самым поступлением в воздушную среду окиси углерода до 13,7 мг/м^3 (при комнатной температуре окись углерода в воздушной среде отсутствовала): нитрит натрия при указанном температурном режиме не обнаруживается, а уровни миграции триэтаноламина, формальдегида, сероводорода, сернистого ангидрида и аммиака в 2–10 раз превышают таковые при комнатной температуре.

Основываясь на результатах санитарно-химических исследований, можно констатировать, что индикаторными веществами, загрязняющими воздушную среду при применении СОТС «ЭК-2М», являются масляный аэрозоль, триэтаноламин и сернистый ангидрид (комнатная температура), а при температуре 300 °С – триэтаноламин, формальдегид, окись углерода и сернистый ангидрид.

Для СОТС «СК-1» при комнатной температуре характерны выделения щелочного аэрозоля, сернистого ангидрида, триэтаноламина, аммиака и нитрита натрия. В условиях температурного режима до 300 °С из СОТС «СК-1» имеет место эмиссия щелочного аэрозоля, триэтаноламина, окиси углерода, сернистого ангидрида и аммиака (таблица 2).

Таблица 2 — Количественно-качественный состав ингредиентов, мигрирующих из СОТС «СК-1», при различных температурных режимах

Наименование ингредиентов	Содержание ингредиентов, мг/м^3	
	Комнатная температура	Температура 300 °С
Щелочной аэрозоль	1,8–4,2	6,4–8,3
Триэтаноламин	1,03–1,85	2,72–5,27
Нитрит натрия	0,048–0,051	Не обнаружено
Аммиак	0,15–0,17	0,52–2,34
Сернистый ангидрид	0,4–2,4	3,2–9,1
Окись углерода	Не обнаружено	2,2–8,4

Отсутствие в рецептуре СОТС «СК-1» индустриального масла в отличие от СОТС «ЭК-2М» обусловливает менее выраженную миграцию при температуре 300 °С в воздух окиси углерода (от 2,2 до 8,4 мг/м^3). Эмиссия определенных ингредиентов из СОТС «СК-1» –щелочной аэрозоль, триэтаноламин, аммиак и сернистый ангидрид при температурном режиме до 300 °С в 2–20 раз превышает миграцию указанных веществ при комнатной температуре.

Исходя из результатов проведенных исследований, можно заключить, что приоритетными веществами, выделяемыми из СОТС на синтетической основе («СК-1») при комнатной температуре, можно считать триэтаноламин и щелочной аэрозоль, а при температуре 300 °С – щелочной аэрозоль, триэтаноламин, сернистый ангидрид и окись углерода.

Полученные экспериментальные данные использованы при разработке Санитарных норм и правил «Санитарно-эпидемиологические требования для организаций, осуществляющих механическую обработку металлов» (утв. Постановлением МЗ РБ от 21.11.2012 № 182) и обязательны для контроля воздуха производственных помещений, в которых осуществляются технологические процессы металлообработки при различных температурных режимах с использованием СОТС.

Выводы:

1. Качественный состав и количественные уровни химических веществ, выделяющихся из СОТС в воздушную среду при комнатной температуре и температуре до 300 °С, определяются их рецептурным составом, а спектр ингредиентов, мигрирующих при термоокислительной деструкции композиций, также зависит от температурного режима их применения.

2. Индикаторными показателями воздуха рабочей зоны при использовании СОТС в обычных температурных режимах (20–30 °С) являются масляный аэрозоль, триэтаноламин и сернистый ангидрид (СОТС на минеральной основе); триэтаноламин, щелочной аэрозоль и нитрит натрия (СОТС на синтетической основе).

3. К наиболее приоритетным показателям, подлежащим контролю при использовании СОТС в высокотемпературных технологических режимах (300 °С и выше), следует считать триэтаноламин, формальдегид, окись углерода и сернистый ангидрид (СОТС на минеральной основе); щелочной аэрозоль, триэтаноламин, сернистый ангидрид и окись углерода (СОТС на синтетической основе).

Литература

1. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник / Под ред. В.М. Школьникова. – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.

2. Гигиена и токсикология смазочно-охлаждающих жидкостей / Ю.И. Кундиев [и др.] – Киев: Здоров'я, 1982. – 120 с.

3. МУ № 5836-91. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Определение масла индустриального нефелометрическим методом в воздухе рабочей зоны: утв. 10.09.1991. – М., 1992. – Вып. 11. – С. 78–79.

4. МУ № 5853-91. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Определение сероводорода фотометрическим методом в воздухе рабочей зоны: утв. 10.09.1991. – М., 1992. – Вып. 11. – С. 118–119.

5. МУ № 4574-88. Методические указания по измерению вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Методические указания по фотометрическому измерению концентраций едких щелочей и карбоната натрия в воздухе рабочей зоны: утв. 30.03.1988. – М., 1988. – Вып. 10. – С. 49–55.

6. МУ № 1637-77. Методические указания на определение вредных веществ в воздухе. Методические указания на фотометрическое определение аммиака в воздухе: утв. 18.04.1977. – М.: ЦРИА «Морфлот», 1981. – Вып. 1–5. – С. 58–60.

7. МУ № 1640-77. Методические указания на определение вредных веществ в воздухе. Методические указания на хроматографическое определение окиси углерода в воздухе: утв. 18.04.1977. – М.: ЦРИА «Морфлот», 1981. – Вып. 1–5. – С. 64–66.

8. МУ № 3126-84. Методические указания по измерению вредных веществ в воздухе. Методические указания по газохроматографическому измерению концентраций формальдегида в воздухе рабочей зоны: утв. 26.10.1984. – М., 1984. – Вып. XX. – С. 143–148.

9. МУ № 1642-77. Методические указания на определение вредных веществ в воздухе. Методические указания на определение сернистого ангидрида в воздухе: утв. 13.04.1977. – М.: ЦРИА «Морфлот», 1981. – Вып. 1–5. – С. 70–74.

10. МУ № 2742-83. Методические указания по измерению вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Методические указания по фотометрическому измерению концентраций азотистокислого натрия в воздухе рабочей зоны: утв. 22.04.1983. – М., 1983. – Вып. 8. – С. 4–7.

11. МУ № 2911-83. Методические указания по определению вредных веществ в воздухе. Методические указания по фотометрическому измерению концентрации третичных жирных аминов и аминоспиртов (триэтиламина, диметилэтаноламина, диэтилэтаноламина, триэтаноламина) в воздухе рабочей зоны: утв. 06.09.1983. – М., 1984. – Вып. XIX. – С. 137–141.

COMPARATIVE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF CHEMICALS MIGRATING FROM METALWORKING FLUIDS AT DIFFERENT TEMPERATURES

Treilib V.V., Polovinkin L.V., Kovshova T.V.

Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The results of comparative sanitary and chemical researches of metalworking fluids migration of ingredients on mineral and synthetic bases have been presented in the paper. It is shown that quantitative and high-quality emission of chemicals into environmental air depends on component structure of metalworking fluids and temperature conditions of modeling.

Keywords: metalworking fluids of mineral and synthetic bases, products of thermo oxidative degradation, sanitary and chemical methods of research, temperature modes.

Поступила 31.05.2013

ВЛИЯНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА «ЭК-2М» НА ОРГАНИЗМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАНЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Трейлиб В.В., Половинкин Л.В., Соболь Ю.А.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Исследования о влиянии смазочно-охлаждающего технологического состава на минеральной основе на организм экспериментальных животных в условиях моделирования раневой поверхности показали, что при нарушении целостности кожных покровов композиция вызывает более выраженные местно-раздражающие и кожно-резорбтивные свойства.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающие жидкости, моделирование раневой поверхности, токсикологические свойства.

Введение. Широкое использование смазочно-охлаждающих технологических составов (далее – СОТС) в машиностроении и металлообрабатывающей промышленности не только способствовало современному обеспечению технологических процессов, но и вскрыло проблему профессиональной патологии у рабочих, имеющих постоянный контакт со смазочными материалами. С гигиенических позиций наиболее выраженными неблагоприятными производственными факторами при применении СОТС являются непосредственный контакт с ними кожных покровов. При этом поражения кожи у станочников проявляются гораздо раньше и чаще по сравнению с изменениями в дыхательной системе. Помимо непосредственного контакта происходит седиментация из воздуха аэрозоля продуктов термоокислительной деструкции СОТС, что приводит к дополнительному загрязнению кожных покровов. Проникновение СОТС в раны, нанесенные металлической стружкой, приводит к возникновению единичных или многочисленных желтых узелков (гранулем) и, сочетаясь с вторичной инфекцией, к заболеванию фолликулярного аппарата кожи. Скорость проникновения компонентов СОТС и продуктов их термоокислительной деструкции в кожу зависит от физико-химических свойств, анатомо-физиологических особенностей кожи, состояния организма работающих [1, 2].

В связи с указанным интерес представляет исследование влияния СОТС на организм экспериментальных животных в условиях нарушения целостности кожных покровов, что часто встречается в реальных условиях производства, с целью разработки обоснованных профилактических мероприятий.

Материал и методы. Исследованию подвергался СОТС «ЭК-2М», представляющий собой смесь минерального масла и эмульгаторов с добавлением ингибиторов коррозии, противозадирных и бактерицидных присадок.

Местно-раздражающее и общерезорбтивное действие СОТС «ЭК-2М» изучали в условиях повторных (20-кратных, по 5 раз в неделю) аппликаций на 2/3 поверхности кожи хвостов белых крыс («пробирочный» метод, экспозиция – 4 ч в день).

В опытах использовали половозрелых самцов беспородных белых крыс (масса 200–230 г), из которых сформировали 4 группы: 1 группа (чистый контроль – вода); 2 группа (контроль с нарушением целостности кожного покрова – вода); 3 группа (СОТС «ЭК-2М») и 4 группа (СОТС «ЭК-2М» с нарушением целостности кожного покрова). Нарушение целостности кожного покрова осуществляли скарификатором, с помощью которого путем укалывания образовывали раны размером 1–2 мм на поверхности 2/3 кожи хвостов [3]. В эксперимент животных брали на следующие сутки после моделирования раневой поверхности.

Для оценки кожно-резорбтивных эффектов по завершении экспериментов использовали комплекс клинико-лабораторных тестов: гематологические (гемоглобин, эритроциты, лейкоциты), биохимические (общий белок и липиды, флуоресценция триптофанилов и битирозина, супероксиддисмутаза, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа, глутатионредуктаза, глутатионтрансфераза) и иммунологические (лизоцим, ЦИК, БАСК, комплемент).

Экспериментальные данные подвергали статистической обработке общепринятыми методами вариационной статистики. Различия между сравниваемыми средними считали достоверными при уровне статистической значимости $p<0,05$.

Результаты и их обсуждение. В ходе экспериментов установлено, что в подопытных группах 3 и 4 в условиях 20-кратного эпикутанного воздействия на хвосты белых крыс клинических симптомов интоксикации и гибели животных не наблюдалось. Визуально в подопытной группе 3 не отмечалось признаков раздражения кожных покровов, а в подопытной группе 4 имела место слабовыраженная гиперемия (до 2 баллов), особенно вокруг мест раневой поверхности.

Исходя из результатов исследований, представленных в таблице, можно говорить о том, что СОТС «ЭК-2М» способен проникать через неповрежденные и поврежденные кожные покровы, о чем свидетельствует характер изменения изучаемых показателей. Так, к концу эксперимента количество лейкоцитов в группах животных 2-4 статистически превышало контрольный уровень (группа 1) соответственно на 14,5; 30,9 и 30%, что можно трактовать как проявление воспалительных процессов в организме. В этих же группах отмечалось снижение уровня гемоглобина на 3,7; 5,1 и 2,83% соответственно по отношению к контролю.

Таблица — Морфофункциональные показатели белых крыс после 20-кратного эпикутанного воздействия эмульсола «ЭК-2М» (M±m), $n_1=n_2=n_3=n_4=7$

Показатели	Группы животных			
	Контроль	Вода	ЭК-2М	ЭК-2М
	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Гематологические показатели				
Эритроциты, 10^{12}/л	4,94±0,07	4,81±0,05	4,77±0,07	4,86±0,07
Лейкоциты, 10^9/л	11,00±0,26	12,60±0,60*	14,40±0,42*	14,30±0,60*
Гемоглобин, г/л	138,0±1,09	132,9±1,40*	131,0±1,75*	134,1±1,60*
Биохимические показатели				
Общий белок, г/л	78,4±1,85	75,5±0,76	75,4±1,40	78,5±0,98
Общие липиды, г/л	5,16±0,12	5,21±0,14	5,07±0,18	4,99±0,15
Супероксиддисмутаза, мкг/мл	30,72±2,85	33,38±4,30	32,50±3,53	47,74±4,10*
Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа, нм НАДФН г/Hb	62,13±1,29	68,51±1,56*	69,47±1,72*	73,49±2,33*
Флуоресценция триптофанилов сыворотки крови, усл. ед.	18,39±0,47	18,01±0,55	16,13±0,48*	14,96±0,36*
Флуоресценция битирозина сыворотки крови, усл. ед.	0,133±0,006	0,136±0,009	0,135±0,010	0,105± 0,003*
Глутатионредуктаза, мкМоль/г Hb мин	2,09±0,22	2,19±0,14	2,48±0,05*	2,46±0,05*
Глутатионтрансфераза, мкМоль/г Hb мин	1,17±0,026	1,21±0,042	1,28±0,045*	1,29±0,017*
Иммунологические показатели				
Лизоцим, %	53,32±1,13	56,50±1,77	61,41±1,48*	60,16±0,79*
ЦИК, усл.ед.	98,33±1,84	1,86±4,31*	81,70±0,81*	80,60±0,86*
БАСК, %	12,69±1,01	10,63±0,66	6,94±0,51*	5,36±0,54*
Комплемент, %	79,40±4,83	68,76±3,35	66,06±2,52*	64,77±3,63*

Примечание — *Статистически значимые изменения по сравнению с контролем при $p<0,05$.

Со стороны изучаемых биохимических показателей обращает на себя внимание активизация ферментов антирадикальной защиты организма, более выраженная в группе 4. Активность супероксиддисмутазы в группе 4 превышает как контрольный уровень, так и значения в группах 2, 3 соответственно в 1,55; 1,43 и 1,47 раза. Уровни глутатионредуктазы,

глутатионтрансферазы и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы в группах 3, 4 превышали контрольный (группа 1) на 18,7 и 17,7%; 9,4 и 10,3%; 11,8 и 18,3% соответственно. Отмечается снижение накопления продуктов окисления белков в сыворотке крови (триптофанилы, битирозин) в группах 3 и 4. При этом флуоресценция триптофанилов ниже в обеих подопытных группах, а флуоресценция битирозина в группе 4 снижается по отношению к группам 1–3.

Повторное эпикутанное воздействие СОТС «ЭК-2М» вызывает угнетение неспецифического иммунитета у подопытных белых крыс, которое более значимо в группе 4. Уровень лизоцима в крови к концу эксперимента увеличился на 15,2% (группа 3) и 12,8% (группа 4), а БАСК – снизился соответственно на 45,3 и 57,8% по сравнению с контролем. Отмечается уменьшение содержания ЦИК и комплемента в крови подопытных животных групп 3 (на 16,8 и 17%) и 4 (на 18%), а также группы 2 (на 17 и 13%) по отношению к контрольным значениям (группа 1).

Вывод: проведенные исследования свидетельствуют о том, что в условиях нарушения целостности кожных покровов СОТС «ЭК-2М» вызывает более выраженные местно-раздражающие и кожно-резорбтивные эффекты, что обусловливает необходимость при его применении использования средств индивидуальной защиты (перчатки, «биологические» перчатки, крем силиконовый и пр.), соблюдение правил личной гигиены, а также применение ранозаживляющих средств.

Литература

1. Кошенков, В.Н. Гигиена труда при работе со смазочно-охлаждающими жидкостями / В.Н. Кошенков // Гигиена труда и профилактика профессиональных заболеваний на промышленных предприятиях. – М.: Медицина, 1977. – С. 44–45.

2. Юшкова, Т.А. Характеристика влияния смазочно-охлаждающей жидкости на физиологические системы / Т.А. Юшкова, Т.А. Кошкина, В.В. Юшков // Химия, технология, экология неорганических соединений: сб. науч. тр. РАН: НП «Неорганические материалы»; Пермский ун-т. – Пермь, 2006. – Вып. 7 – С. 122–131.

3. Аниськова, О.Е. Антисептик для слизистых оболочек «Мукосанин» / О.Е. Аниськова, Л.В. Половинкин // Токсиколог. вестн. – 2005. – № 3. – С. 40–41.

INFLUENCE OF METALWORKING FLUID «EK-2M» ON THE BODY OF EXPERIMENTAL ANIMALS UNDER THE CONDITIONS OF THE WOUND SURFACE MODELING

Treilib V.V., Polovinkin L.V., Sobol Y.A.

Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The researches of metalworking fluids influence on mineral basis on organisms of experimental animals in the conditions of modeling of a wound surface showed that at disturbance of integrity of integuments the composition causes more expressed local-irritatant and skin-resorptive properties.

Keywords: metalworking fluids, modeling of a wound surface, toxicological properties.

Поступила 31.05.2013

ПОКАЗАТЕЛИ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА

Ушков А.А., Соболь Ю.А., Половинкин Л.В., Устименко Е.О., Бурьяк А.И., Половинкина Т.И., Сорока Л.И.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В ходе эксперимента была проведена оценка влияния полициклических ароматических углеводородов на показатели ферментативной антиоксидантной системы работников машиностроительного производства.

Ключевые слова: ферментативная антиоксидантная система, полициклические ароматические углеводороды, глутатион-S-трансфераза, супероксиддисмутаза, глутатионредуктаза, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа, глутатионпероксидаза.

Введение. Производство сегодняшнего дня характеризуется нарастающим в воздушной среде уровнем различных химических веществ. В окружающей человека среде они способны за счет своего содержания в рабочей атмосфере или различных количественных эмиссий из полимерных материалов в воздушную среду формировать негативную химическую нагрузку на организм, и тем самым, приводить к последующему развитию у части работающих предпатологических и патологических состояний. Наиболее опасными полютантами в производствах являются полициклические ароматические углеводороды, среди которых выделяются бензол, толуол, стирол и др.

Цель работы **–** роль ферментативной антиоксидантной системы в развитии предпатологических состояний организма.

Материал и методы. Объектом исследования выбраны рабочие мужского и женского пола, работающие и контактирующие с полициклическими ароматическими углеводородами в покрасочных цехах Минского автомобильного завода, имеющие различный стаж работы в данной отрасли производства. Группу сравнения составляли практически здоровые работники управления информационной технологии (далее − УИТ) завода, которые никаким образом не контактировали с лакокрасочным производством.

У исследованных групп рабочих производился забор периферической крови из пальца во время ежегодного медицинского обследования для определения активности глутатион-S-трансферазы, супероксиддисмутазы, глутатионредуктазы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, глутатионпероксидазы (в гемолизатах крови).

Определение активности глутатион-S-трансферазы проводили в гемолизатах крови. Принцип метода основан на ферментативном взаимодействии глутатионтрансферазы с 1-хлор-2,4-динитробензолом в присутствии восстановленного глутатиона с образованием продукта, имеющего максимум светопоглощения при длине волны 340 нм. Активность фермента определяли в течение 3 мин при длине волны 340 нм по накоплению конъюгата и выражали в микромолях на 1 г гемоглобина в 1 мин [1].

Определение активности супероксиддисмутазы – спектрофотометрический метод – основан на регистрации степени торможения реакции окисления кверцетина в присутствии тетраметилэтилендиамина, в которой одним из промежуточных продуктов является супероксидный анион-радикал. Степень торможения окисления кверцетина пропорциональна активности фермента [2].

Метод определения активности глутатионредуктазы основан на превращении глутатионредуктазой окисленной формы глутатиона в восстановленную. Скорость реакции рассчитывали по убыли НАДФН, определяемого спектрофотометрически при длине волны 340 нм. Расчет проводили с учетом молярного коэффициента светопоглощения для НАДФ, равного 6,22 х 10^6 $M^{-1} \cdot см^{-1}$ [3].

Метод определения активности глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (КФ 1.6.4.2.) основан на способности фермента катализировать дегидрирование глюкозо-6-фосфата, что приводит к восстановлению НАДФ и изменению оптической плотности пробы при длине волны 340 нм. Анализ проводили в соответствии с рекомендациями Н.И. Разумовской [4].

Результаты и их обсуждение. Обследованы рабочие, контактирующие с полициклическими ароматическими углеводородами в цехах окраски и металлопокрытия ОАО «Минский автомобильный завод», имеющие стаж работы на производстве. Время контакта с вредностями составляло от 1 года до 20 лет и более. Кроме того, контрольная и опытная группы по каждому изучаемому показателю были разбиты по стажу (5, 6−10 и свыше 10 лет). Контрольную группу составил практически здоровый контингент людей, которые не контактировали с вредными условиями производства. Опытную группу 1 составили маляры, непосредственно контактирующие с лакокрасочными материалами на основе полициклических ароматических углеводородов, в опытную группу 2 входили работники покрасочного цеха, не связанные с лакокрасочными материалами.

Ферментная редокс-система глутатиона имеет серьезное значение в процессах детоксикации и выполняет важную функцию интегративной системы организма, способствуя клеточной адаптации к окислительному стрессу; одним из таких ферментов, входящих в эту систему, является глутатион-S-трансфераза. Анализ показателя активности глутатион-S-трансферазы в исследованных группах (табл.) выявил, что под воздействием факторов производственной среды у лиц, непосредственно контактирующих с полициклическими ароматическими углеводородами (опытная группа 1), активность изучаемого фермента снижается.

Таблица — Показатели ферментативной антиоксидантной системы у лиц контрольной группы и работников, контактирующих с полициклическими ароматическими углеводородами

Показатели	Стаж	Контрольная группа	Опытная группа 1	Опытная группа 2
Активность глутатион-S- трансферазы (мкмоль/гHb*мин)		1,12±0,04	0,99±0,03*	1,01±0,03*
Частота встречаемости отклонений от контрольной группы (%)		0	33,7	22,1
	0−5 лет	1,02±0,06	0,97±0,05	0,98±0,05
	6−10 лет	1,13±0,04	1,02±0,04*	1,02±0,05*
	11 и < лет	1,15±0,04	1,03±0,06*	1,04±0,05*
Активность глутатионредуктазы (мкмоль/гHb*мин)		3,49±0,16	4,11±0,16*	3,26±0,15
Частота встречаемости отклонений от контрольной группы (%)		8,7	*21,2*	*14,3*
	0−5 лет	3,77±0,24	4,15±0,33*	3,36±0,35
	6−10 лет	3,53±0,29	4,26±0,25*	3,13±0,21
	11 и < лет	3,01±0,22	4,03±0,29*	2,97±0,23
Активность глутатионпероксидазы (мкмоль/гHb*мин)		275,9±9,21	324,8±6,67*	327,9±7,62*
Частота встречаемости отклонений от контрольной группы (%)		*4,2*	*24,4*	*26,3*
	0−5 лет	247,4±9,59	323,1±8,51*	321,6±15,27*
	6−10 лет	276,6±16,44	325,7±10,74*	325,0±11,82*
	11 и < лет	309,3±11,19	329,6±14,41*	331,0±12,81*
Активность супероксиддисмутазы (мкг/мл)		25,51±0,89	35,82±1,32*	25,67±1,01
Частота встречаемости отклонений от контрольной группы (%)		6,5	36,5	5,3

Окончание таблицы

	0−5 лет	26,1±1,48	36,6±2,74*	26,3±1,87
	6−10 лет	25,8±1,43	36,3±1,99*	25,2±2,24
	11 и < лет	24,5±1,59	35,5±2,30*	25,5±1,46
Активность глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, (нмоль НАДФН/гНb*мин)		4,79±0,10	5,17±0,10*	4,99±0,09
Частота встречаемости отклонений от контрольной группы (%)		*2,3*	*19,8*	*10,0*
	0−5 лет	4,80±0,17	5,03±0,13*	4,91±0,14
	6−10 лет	4,82±0,17	5,04±0,13*	4,92±0,15
	11 и < лет	4,86±0,19	5,23±0,24*	5,04±0,11*

Так, если в контрольной группе показатель составил 1,12±0,04 мкмоль/гНb*мин, то у рабочих, контактирующих с вредными условиями, он достоверно снизился до 0,99±0,03 мкмоль/гНb*мин. Опытная группа 2 характеризуется снижением показателя по отношению к контрольной, но выше, чем в опытной группе 1. Частота встречаемости отклонений от группы сравнения составила 33,7% у опытной группы 1 и 22,1% у опытной группы 2.

Рассматривая результаты активности глутатион-S-трансферазы в ранжированных группах по стажу, можно отметить, что в первой группе, где стаж составлял 0−5 лет, изменение активности изучаемого показателя находится в пределах контрольных величин. У работников, которые имели стаж работы 6−10 лет, а также 11 лет и более, наблюдается падение активности этого фермента (изменения носят статистически достоверный характер).

Эти сдвиги указывают на то, что процессы детоксикации у рабочих опытной группы находятся в напряженном состоянии и могут привести к снижению активности ферментов глутатионзависимой антиоксидантной системы, играющей важную роль в развитии перекисного окисления липидов.

Не последнее место в процессах детоксикации играет широко распространенный флавиновый фермент глутатионредуктаза, в основном содержащийся в растворимой части клетки. Фермент поддерживает высокую внутриклеточную концентрацию восстановленного глутатиона, обладает высокой специфичностью к глутатиону и играет важную роль в защите клетки от процессов перекисного окисления липидов. Показатели активности этого фермента представлены в таблице. Сравнивая результаты его активности в контрольной и опытных группах, можно отметить, что показатели рабочих, которые непосредственно контактировали с производственными вредностями (опытная группа 1), достоверно увеличились почти на 18,0%, а у опытной группы 2 этот показатель варьирует на уровне контрольных величин. Анализируя данные частоты встречаемости отклонений от контрольной группы, можно отметить, что частота отклонений в группе сравнения составляет 8,7%, а в опытных группах 1 и 2 – 21,2 и 14,3% соответственно.

Переходя к анализу стажированных групп, можно отметить, что у всех рабочих покрасочного цеха (опытная группа 1) вне зависимости от стажа работы выявлено достоверное увеличение активности изучаемого фермента − глутатионредуктазы, а у группы сравнения и опытной группы 2 эти показатели регистрируются на одинаковом уровне.

Глутатионпероксидаза – фермент-показатель антиоксидантного статуса организма, функцией которого является разрушение и инактивация перекиси водорода, обладающий высоким родством к ней, поэтому фермент защищает от низких концентраций перекиси и гидроперекисей, которые образуются чаще. Если в организме активность каталазы очень низкая или почти отсутствует, то глутатионпероксидаза играет основную роль. Недостаток или ингибирование этого фермента приводит к пероксидации липидов и затем к дестабилизации клеточных мембран. При уменьшении уровня глутатионпероксидазы снижается устойчивость организма к окислительному поражению, что может приводить к сокращению обеспечения защиты мембран от разрушающего действия пероксидных радикалов и развитию свободнорадикальной патологии.

Результаты исследования активности глутатионпероксидазы в гемолизатах крови у лиц контрольной группы и работников, контактирующих с полициклическими ароматическими углеводородами, представлены в таблице. Активность изучаемого фермента увеличивается как в опытной группе 1, рабочие которой непосредственно находятся в условиях покрасочного процесса, так и в группе 2, которую составляли лица, не связанные с лакокрасочными материалами, по сравнению с контингентом, который не контактировал с вредными условиями – на 17,7 и 19,2% соответственно. Следует отметить, что эти изменения носят достоверный характер. Отклонения от контрольной группы в опытной группе 1 составили 24,4%, а в опытной группе 2 − 26,3%.

Вследствие анализа активности фермента глутатионпероксидазы выявлено достоверное повышение активности этого фермента во всех опытных группах, ранжированных по стажу, самые высокие показатели у лиц опытных групп, имеющих стаж работы 11 лет и более.

Фермент супероксиддисмутаза занимает важную роль в защите клеток от действия супероксид-анион радикала, стабилизирует клеточные мембраны, предотвращая процессы перекисного окисления липидов, снижает уровень супероксидных радикалов и защищает от дезактивирущего действия каталазу и глутатионпероксидазу. Из приведенных в таблице данных следует, что активность этого фермента под воздействием неблагоприятных факторов производственной среды покрасочного цеха у лиц, непосредственно контактирующих с полициклическими ароматическими углеводородами (опытная группа 1), достоверно увеличивается на 40,4% по отношению к контрольной группе и составляет 35,82±1,32 мкг/мл. Анализ активности изучаемого фермента у рабочих опытной группы 2 позволяет сделать вывод об отсутствии каких-либо

изменений при сравнении с показаниями контрольной группы. Что касается частоты встречаемости отклонений от контроля, то она самая высокая в опытной группе 1 – 36,5%, а значения опытной группы 2 практически не отличаются от контроля.

Рассматривая активность изучаемого фермента у рабочих, разбитых на стажированные группы, можно сделать следующие выводы: самые высокие показатели супероксиддисмутазы в опытной группе 1 у всех стажированных; эти показания выше контрольных величин почти на 40% и носят значимый характер. Как следует из таблицы, достоверных изменений активности супероксиддисмутазы опытной группы 2 в сравнении с контрольными данными не отмечено.

Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа – фермент, содержащийся в эритроцитах и являющийся показателем ферментопатии, а нарушение образования его может привести к гемолитическим сдвигам. Хотя фермент активно принимает участие в обмене углеводов, его большое количество содержится в эритроцитах. При отсутствии глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы в эритроцитах происходит нарушение функционирования гемоглобина, что может привести к клинической гемолитической анемии. Полученные результаты активности этого фермента представлены в таблице. Если сравнивать активность этого фермента в контрольной и опытных группах, то можно отметить, что показатели рабочих, которые непосредственно контактировали с производственными вредностями (опытная группа 1) достоверно увеличивались почти на 8%, а в опытной группе 2 этот параметр находится на уровне контрольных величин. Анализируя частоту встречаемости отклонений от контрольной группы, можно отметить, что частота отклонений в опытной группе 2 составляет 10%, а у лиц, контактирующих с производственными вредностями (опытная группа 1), она почти в 2 раза выше и находится на уровне 19,8%.

Анализ активности фермента глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы у ранжированных групп по стажу показал, что у всех рабочих покрасочного цеха (опытная группа 1) вне зависимости от стажа отмечается достоверное увеличение активности изучаемого фермента, а в опытной группе 2 показатели свидетельствуют об отсутствии значимых отклонений от группы сравнения.

Заключение. Неблагоприятные факторы условий труда, главным образом химической природы, оказывают негативное влияние на ферментативную антиокидантную систему. Установлено достоверное снижение активности глутатион-S-трансферазы в гемолизатах крови у рабочих стажированных групп, а частота встречаемости отклонений от контрольной группы составляет более 33%. Наблюдается значимое увеличение активности глутатионредуктазы в группе, которая непосредственно контактирует с вредными условиями, такую же направленность имеет и частота встречаемости отклонений от контрольной группы. Аналогичная закономерность прослеживается и при анализе результатов активности супероксиддисмутазы и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы как по общим среднестатистическим показателям, так и в группах, ранжированных по стажу. Частота встречаемости отклонений от контроля самая высокая – более 36%. Показатели активности глутатионпероксидазы были выше во всех опытных и стажированных группах и носили достоверный характер. Все эти результаты указывают на напряженность со стороны ферментативной антиоксидантной системы, которая может привести к изменению функции отдельных органов и нарушению гематологических показателей.

Литература

1. Власова, С.Н. Активность глутатионзависимых ферментов эритроцитов при хронических заболеваниях печени у детей / Власова С.Н., Шабунина Е.И., Переслечина И.А. // Лабораторное дело. − 1990. − № 8. − С. 19−22.

2. Костюк В.А., Потапович А.И., Ковалева Ж.В. // Вопр. мед. химии. − 1990. − Т. 36, № 3. − С. 88 − 91.

3. Carlberg, I. Purification and characterization of the flavoenzyme glutathione reductase from rat liver / I. Carlberg, B. Mannervik // J. Biol Chem. – 1975. – Vol. 250, № 14. – P. 5475 – 5480.

4. Разумовская, Н.И. Индукция синтеза глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы в скелетной мышце, лишенной нервной импульсации / Н.И. Разумовская // Биохимия. – 1971. – Т. 36, № 7. – С. 702 – 703.

ASSESSMENT OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS INFLUENCE ON ENZYMATIC ANTIOXIDANT SYSTEM INDICATORS OF MANUFACTURE WORKERS' HEALTH STATE

Ushkov A.A., Sobol Y.A., Polovinkin L.V., Ustymenko E.O., Buryak A.I., Polovinkina T.I., Soroka, L.I.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The experiment has been carried out to assess the impact of polycyclic aromatic hydrocarbons on some indicators of the enzymatic antioxidant system of engineering production workers' health state.

Keywords: enzymatic antioxidant system, polycyclic aromatic hydrocarbons, glutathione-S-transferase, superoxide dismutase, glutathiontreductasa, glucose-6-phosphate dehydrogenase, glutathione peroxidase.

Поступила 23.05.2013

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДВУХ ОБРАЗЦОВ АБСОЛЮТИЗИРОВАННОГО ЭТИЛОВОГО СПИРТА «БИОЭТАНОЛ» И «БИОЭТАНОЛ+»

Чайковская И.А., Ушков С.А.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В экспериментах на белых крысах установлены параметры токсикометрии биоэтанола и биоэтанола+. Выявлено слабовыраженное раздражающее действие на слизистые оболочки глаз кроликов. Препараты не способны проникать через неповрежденные кожные покровы и оказывать раздражающее действие. Препараты не обладают кумулятивными свойствами на уровне проявления смертельных эффектов.

Ключевые слова: биоэтанол, биоэтанол+, токсиколого-гигиеническая оценка.

Введение. Биоэтанол (C_2H_5OH) считается важной составляющей бензина и высоко ценится благодаря содержанию кислорода и высокому октановому числу (как у бензина марки Аи-108). Использование биоэтанола в качестве топлива – это, во-первых, экономия бензина, путем его замещения; во-вторых, экологическая польза, так как использование биоэтанола, благодаря содержанию в этаноле кислорода, позволяет более полно сжигать углеводороды топлива. Десятипроцентное содержание этанола в бензине позволяет сократить выхлопы аэрозольных частиц до 50%, выбросы CO – на 30%. Добавка этанола не только экономит бензин путем его замещения, но и позволяет удалить вредную оксигенирирующую добавку МТБЭ (метилтретбутиловый эфир).

В настоящее время большая часть биоэтанола производится из кукурузы (США) и сахарного тростника (Бразилия). Сырьем для производства биоэтанола также могут быть различные сельскохозяйственные культуры с большим содержанием крахмала или сахара: картофель, сахарная свекла, батат, сорго, ячмень и т.д. В отличие от спирта, из которого производятся алкогольные напитки, топливный этанол не содержит воды и производится укороченной дистилляцией (две ректификационные колонны вместо пяти), поэтому содержит метанол и сивушные масла, а также бензин, что делает его непригодным для питья.

Образцы абсолютизированного этилового спирта – биоэтанол и биоэтанол+, разработчиком которых является учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», г. Минск, РБ, предназначены для использования в качестве компонента моторного топлива, отвечающего требованиям EN 228, для транспортных средств с бензиновыми двигателями. Биоэтанол вырабатывают путем сбраживания крахмало- и сахаросодержащего сырья, перегонки полученной спиртовой бражки, ректификации на брагоректификационных установках и обезвоживания путем молекулярной абсорбции. Выпускается двух марок: биоэтанол с содержанием этилового спирта 99,8% и биоэтанол +, представляющий собой смесь этилового спирта 89% и других органических веществ в количестве 11%.

Цель исследований – дать токсиколого-гигиеническую оценку двух образцов абсолютизированного этилового спирта биоэтанол и биоэтанол+, научно обосновать рекомендации по их безопасному использованию.

Материал и методы. Токсиколого-гигиеническое изучение образца выполнено на лабораторных животных двух видов (нелинейные белые крысы и кролики) в соответствии с действующими нормативно-техническими и методическими документами Минздрава Республики Беларусь. Объем исследований и основные методы и методические приемы представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 — Схема и объем токсиколого-гигиенических исследований образцов абсолютизированного этилового спирта биоэтанол и биоэтанол+

Название эксперимента и схемы его поведения	Вид животных и их количество	Методы исследований
Установление параметров токсичности препаратов при однократном внутрижелудочном введении подопытным животным	Крысы – 24	Клиника и выживаемость Время наблюдения – 14 сут
Изучение опасности острого отравления при однократном нанесении препаратов на кожу спины животных в дозе 20 мг/см^2 (площадь нанесения − 16 см^2)	Крысы – 12	Клиника и выживаемость Время наблюдения – 4 и 24 ч, 10 сут
Изучение влияния препаратов на слизистые оболочки и орган зрения путем однократного внесения нативных препаратов в нижний конъюнктивальный свод «опытного» глаза животных	Кролики – 9	Визуальное наблюдение в течение 10 сут
Изучение кумулятивных свойств при 30-внутрижелудочном введении препаратов в дозе 500 мг/кг (1/10 от $ЛД_{50}$)	Крысы-18	Клиника, выживаемость Сроки наблюдения: фон, 30-е сут опыта
Изучение кожно-резорбтивных и местно-раздражающих свойств при ежедневных по 4 ч в день нанесениях на кожу хвостов белых крыс в течение 10 сут	Крысы-18	Клиника, выживаемость, визуальное наблюдение

Таблица 2 — Основные методы и методические приемы, использованные при токсиколого-гигиеническом изучении биоэтанол и биоэтанол+

Метод исследования	Принцип метода	Источник
Масса тела	Взвешивание животных на весах лабораторных ВЛКТ-500М с точностью ± 20 мг	[1]
Частота сердечных сокращений	Запись ЭКГ с помощью игольчатых электродов во II стандартном отведении на аппарате ЭКПСЧ-4 и расчет частоты сердцебиения по интервалам R – R	[2]
Суммационно-пороговый показатель	Изучение суммирующей активности животных при генерации подпороговых электрических импульсов на элекронном стимуляторе ИСЭ-01	[3]
Содержание гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов, цветной показатель, лейкограмма периферической крови	Унифицированные методы клинической гематологии. Определение гемоглобина гемоглобин-цианидным методом	[4]

Окончание таблицы 2

Диурез	Сбор мочи в общеобменных клетках с предварительной водной нагрузкой 2% от массы тела	[5]
Содержание мочевины в моче и крови	Фотометрический метод индикации продуктов реакции мочевины с диацетилмонооксимом в присутствии тиосемикарбазида	[4]
Содержание хлоридов в моче и крови	Фотометрическое определение с помощью набора фирмы «Лахема»	[4]
Содержание белка в моче	Нефелометрическое определение с 3% сульфосалициловой кислотой	[4]
Содержание белка в сыворотке крови	Унифицированный метод по биуретовой реакции	[4]
Содержание глюкозы в крови	Фотометрическая индексация продуктов реакции глюкозы с о-толуидиновым реактивом	[6]
Определение активности аланин- и аспартатаминотрансфераз в сыворотке крови	В основе метода лежит колориметрическое определение 2,4-динитрофенилгидразона, образующегося в результате реакции пировиноградной и щавелевоуксусной кислот с 2,4-динитрофенилгидразином	[4]
Определение общих липидов в сыворотке крови	Продукты распада ненасыщенных липидов образуют с реактивом (состоящим из серной и орто-фосфорной кислот и ванилина) соединение, интенсивность окраски которого пропорциональна содержанию общих липидов	[4]
Относительные коэффициенты массы внутренних органов	Взвешивание на аналитических весах органов и расчет по формуле: ОКМ = масса органа / масса животного х 1000	[1]
Статистическая обработка результатов	Общепринятые методы биометрии и непараметрической статистики с использованием персональных ЭВМ	[7]

Для оценки острой внутрижелудочной токсичности белым крысам в желудок натощак с помощью иглы-зонда вводили образцы препаратов в виде 50% водных растворов в следующих дозах: 3980, 5010, 6340 и 7940 мг/кг. Животным контрольных групп в аналогичных условиях эксперимента вводили воду в эквивалентных количествах.

Наблюдение за подопытными животными осуществляли в течение 14 сут после введения препарата.

Клиническая картина острого отравления обоими продуктами: угнетение двигательной активности, некоторые животные опытных групп находились в боковом положении. Высокие токсические (летальные) дозы вызывали атаксию, адинамию, в отдельных случаях клонико-тонические судороги, паралич. Большинство животных погибало на 2-е сут после введения препарата, часть летальных исходов отмечали в период с 3 по 4-е сут. У выживших животных внешние признаки интоксикации исчезали на 2-е сут после введения препаратов.

Установлены следующие параметры токсикометрии исследуемых образцов в острых опытах:

− LD_{50} биоэтанола при внутрижелудочном введении крысам – 5430(4800–6100) мг/кг;

− LD_{50} биоэтанола+ при внутрижелудочном введении крысам – 5120 (4000–6000) мг/кг;

Следовательно, по параметрам острой внутрижелудочной токсичности изучаемые продукты относятся к малоопасным химическим соединениям (4 класс опасности согласно ГОСТ 12.1.007-76).

Изучение раздражающего эффекта при однократном воздействии на слизистые оболочки глаз подопытных животных. Инстилляции 50–100 мкл изучаемых образцов в нативном виде в нижний конъюнктивальный свод правых «опытных» глаз кроликов (левые глаза животных служили контролем – в аналогичном объеме закапывали дистиллированную воду) приводили к рефлекторному блефароспазму, слезотечению, слабому раздражению слизистой оболочки (до 2 баллов), проходящим в течение 1 сут.

Следовательно, однократное воздействие продуктов биоэтанол и биоэтанол+ в нативном виде на слизистые оболочки глаз вызывает слабовыраженные ирритативные изменения.

Изучение кожно-раздражающего действия при однократном эпикутанном нанесении. При однократных 4-часовых погружениях хвостов белых крыс в биоэтанол и биоэтанол+ в нативном виде (по 6 штук в контрольной и опытных группах) гибели экспериментальных животных, признаков раздражения, клинических симптомов интоксикации, статистически значимых изменений величины объема хвостов и суммационно-порогового показателя не регистрируется (таблица 3).

Таблица 3 — Объемы хвостов и суммационно-пороговый показатель белых крыс после 4-часовых однократных аппликаций биоэтанола и биоэтанола+, M ± м ($n_1=n_2=n_3=6$)

Изучаемые показатели	Время изучения	Контроль	Опыт 1	Опыт 2
Объем хвостов, мл	Исходный	4,75±0,05	4,65±0,20	4,58±0,16
	Через 1 ч	4,15± 0,73	4,78± 0,18	4,77±0,17
	Через 24 ч	4,78±0,05	4,67±0,19	4,63±0,17
Суммационно-пороговый показатель, В	Исходный	9,07±0,23		
	Через 1 ч	10,0±0,22	9,42±0,15	9,58±0,20
	Через 24 ч	9,92±0,08	9,67±0,10	9,75±0,17

Местно-раздражающие и кожно-резорбтивные эффекты при повторном эпикутанном воздействии. Изучение местно-раздражающего и кожно-резорбтивного действия биоэтанола и биоэтанола+ проводили при следующих условиях: 2/3 хвостов белых крыс (по 6 животных в контрольной и опытных группах) погружали в продукты 10 раз (по 5 раз в неделю), ежедневная экспозиция – 4 ч.

В ходе эксперимента не выявлено гибели животных, по своему состоянию опытные крысы не отличались от контрольных: имели гладкий шерстный покров и охотно поедали корм. Однако отмечалась некоторая заторможенность животных опытных групп. К концу эксперимента отмечалась сухость кожных покровов, явления гиперемии отсутствовали.

Данные инструментального исследования объема хвостов, физиологические показатели белых крыс представлены в таблице 4.

Таблица 4 — Физиологические показатели белых крыс и динамика изменения объема хвостов белых крыс после 10-кратных погружений хвостов в биоэтанол и биоэтанол+, M±m ($n_1=n_2=n_3=6$)

Изучаемые показатели	Время изучения, сут	Контроль	Опыт 1	Опыт 2
Масса тела, г	Исходная	184,16±3,5	181,67±2,79	182,5±2,5
	10	194,16±3,0	192,5±3,60	194,20±3,0
Суммационно-пороговый показатель, В	Исходный	9,07±0,23		
	10	9,83±0,21	9,67±0,10	9,75±0,17
Частота сердечных сокращений	Исходная	409,3±5,90		
	10	400,0±0,0	424,3±8,30	416,8±7,94
Объем хвостов, мл	Исходный	4,75±0,05	4,65±0,20	4,58±0,16
	10	4,80±0,06	4,77±0,21	4,70±0,17

Следовательно, изучаемые образцы в условиях повторного воздействия на кожные покровы не обладают местнораздражающим и кожно-резорбтивным свойствами.

Кумулятивные свойства и характер биологического действия при длительном внутрижелудочном введении. Способность биоэтанола и биоэтанола+ к кумуляции в организме изучалась в условиях 30-суточного (по 5 раз в неделю) введения их в желудок белых крыс в дозе – 500 мг/кг (1/10 от LD_{50}). Контрольные животные получали в эквивалентных объемах дистиллированную воду.

Эксперименты показали, что повторное внутрижелудочное введение биоэтанола и биоэтанола+ гибели подопытных животных не вызывает. На протяжении эксперимента отмечалась заторможенность подопытных животных.

В процессе длительного введения биоэтанола и биоэтанола+ не отмечено статистически значимых различий массы тела, суммационно-порогового показателя и частоты сердечных сокращений у подопытных животных по сравнению с контролем. Со стороны морфологических показателей крови не выявлено статистически значимых изменений у подопытных животных по сравнению с контролем.

Обнаружены статистически достоверные различия биохимических параметров крови: у подопытных животных, получающих биоэтанол (1 группа), выявлено повышенное содержание мочевины и липидов в сыворотке крови (в 1,3 и 1,4 раза соответственно), снижение содержания общего белка на 23% по сравнению с животными контрольной группы.

Оценка состояния мочевыделительной системы показала, что у животных 1 группы снижено содержание хлоридов в 1,25 раза, а у животных 2 группы величина мочевины ниже на 13,3% по сравнению с контролем.

Изучение относительных коэффициентов массы внутренних органов показало, что у животных 2 группы произошло увеличение массы желудков на 15% по сравнению с контролем, остальные коэффициенты массы внутренних органов подопытных крыс не отличались от контрольных величин (таблица 5).

Таблица 5 — Морфофункциональные показатели белых крыс после 30-суточного внутрижелудочного введения биоэтанола и биоэтанола+ ($n_1=n_2=7$)

Изучаемые показатели	Время изучения, сут	Контроль	Опыт 1	Опыт 2
Физиологические показатели:				
Масса тела, $кг^{-3}$	Исх.	180,8±3,74	177,5±3,6	176,7±3,07
	10	191,6±1,67	186,7±2,11	186,7±2,11
	30	201,8±5,68	198,0±2,68	198,7±2,11
Суммационно-пороговый показатель, В	Фон 30	8,35±0,60 9,20±0,70	9,25±0,70	9,25±0,70
Частота сердечных сокращений, уд./мин	Фон 30	520,5±13,7 515,7±11,1	524,6±10,85	524,6±10,85
Гематологические показатели периферической крови:				
Содержание гемоглобина, г/л	30	140,3±1,47	130,3±1,28	128,7±1,17
Содержание эритроцитов, 10^{12}/л	30	5,09±0,08	4,70±0,07	4,67±0,056
Содержание лейкоцитов, 10^{9}/л	30	8,30±0,48	7,3±0,20	7,07±0,13
Цветной показатель, усл.ед.	30	0,82±0,006	0,82±0,006	0,82±0,005
Морфологический состав лейкоцитов (лейкограмма):				
Сегментоядерные нейтрофилы, 10^{9}/л	30	24,8±0,31	27,2±0,20	25,5±0,76
Эозинофилы, 10^{9}/л	30	1,17±0,17	1,00±0,10	1,00±0,10
Моноциты, 10^{9}/л	30	1,3±0,21	1,80±0,31	1,17±0,17

Окончание таблицы 5

Лимфоциты,10^9/л	30	72,67±0,49	70,0±0,73	72,6±0,81
Показатели функционального состояния почек:				
Диурез, $л^{-3}$/сут	30	5,30±0,51	5,40±0,71	6,80±0,60
pH мочи	30	7,0±0,00	6,0±0,00	7,0±0,00
Содержание мочевины в моче, ммоль/л	30	461,8±20,7	469,7±14,0	400,2±15,5*
Экскреция мочевины с мочой, ммоль/сут	30	2,40±0,097	2,5±0,26	2,67±0,16
Содержание хлоридов в моче, ммоль/л	30	103,5±4,06	82,50±4,1*	104,7±5,8
Экскреция хлоридов с мочой, ммоль/сут	30	0,55±0,05	0,46±0,09*	0,70±0,05
Содержание белка в моче, г/л	30	0,098±0,005	0,09±0,011	0,098±0,007
Экскреция белка с мочой, г/сут	30	0,53±0,07	0,49±0,03	0,65±0,05
Биохимические показатели крови:				
Содержание мочевины в крови ммоль/л	30	5,78±0,33	7,55±0,42*	5,16±0,19
Содержание хлоридов в сыворотке крови, ммоль/л	30	112,7±0,84	106,5±2,40	110,5±1,36
Содержание глюкозы в крови ммоль/л	30	4,88±0,05	4,90±0,025	4,90±0,09
Активность АЛТ сыворотки крови мкмоль/л	30	0,09±0,003	0,08±0,002	0,09±0,003
Активность АСТ сыворотки крови, мкмоль/л	30	0,15±0,003	0,145±,002	0,15±0,007
Содержание общего белка в сыворотке крови, г/л	30	66,0±1,08	50,8±2,00*	66,00±2,00
Содержание липидов в сыворотке крови, г/л	30	2,7±0,15	3,7±0,16*	2,80±0,11
Относительные коэффициенты массы внутренних органов, $кг^{-3}$/кг:				
Почки	30	6,89±0,10	6,67±0,09	7,12+0,19
Печень	30	32,2±0,87	32,5±0,68	33,4±1,62
Сердце	30	4,10±0,06	3,70±0,13	3,90±0,15
Селезенка	30	5,29±0,34	4,40±0,36	4,69±0,24
Желудок	30	7,40±0,28	7,70±0,45	8,56±0,30*
Легкие	30	13,12±1,47	9,80±0,68	10,7±0,76
Примечание — *Статистически достоверные различия с соответствующим контролем при $p \leq 0,05$.				

Макроскопически слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта слабо-розового цвета, блестящие, складчатость желудка обычной формы, без изменений. Отмечена более темная окраска печени у животных обеих подопытных групп, остальные внутренние органы крыс опытной группы не отличались от таковых в контроле.

Все выявленные изменения не выходили за пределы физиологической нормы для животных и свидетельствуют о некоторой лабильности функций органов под влиянием длительных введений препаратов.

Таким образом, полученные результаты эксперимента (физиологические, гематологические и биохимические показатели подопытных животных) могут свидетельствовать об отсутствии у биоэтанола и биоэтанола+ способности к кумуляции.

Заключение. По результатам проведенных исследований образцов абсолютизированного этилового спирта биоэтанол и биоэтанол+ (ТУ BY 100050710.149-2011), разработанных учреждением Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем» (г. Минск, РБ), можно сделать следующие выводы:

− по органолептическим показателям образцы соответствуют требованиям технических условий;

− в условиях острого внутрижелудочного воздействия изучаемые образцы можно отнести в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 к малоопасным веществам (IV класс опасности);

− однократное воздействие образцов на слизистые оболочки глаз экспериментальных животных вызывает слабовыраженные признаки раздражения;

− однократное и повторное нанесение исследуемых образцов на неповрежденные кожные покровы крыс не оказывает общетоксического действия; вызывают сухость кожных покровов;

− образцы не обладают кумулятивными свойствами на уровне проявления смертельных эффектов. В условиях повторного внутрижелудочного введения в массивных дозах не способны к формированию токсических эффектов, приводящих к нарушению жизнедеятельности отдельных органов, систем и организма в целом.

Литература

1. Зяббарова, С.А. Весовые коэффициенты как показатель воздействия факторов малой интенсивности / С.А.Зяббарова, М.Н. Куклина // Труды ЛСГ МИ. – Л., 1974. – Т. 105. – С. 26–28.

2. Кост, Е.А. Справочник по клиническим лабораторным методам исследования / Е.А.Кост. – М.: Медицина, 1975.

3. Сперанский, С. В.Определение суммационно-порогового показателя при различных формах токсикологического эксперимента: метод. указания / С.В.Сперанский. – Новосибирск, 1976.

4. Колб, В.Г. Справочник по клинической химии / В.Г.Колб, В.С. Камышников. – Минск: Беларусь, 1982. – С. 80–89, 202–203.

5. Шумская, Н.И. К оценке функционального состояния почек у крыс при отравлении промышленными веществами / Н.И. Шумская // Токсикология новых промышленных химических веществ. – М.: Медицина, 1966. – Вып. 8. – С. 14–17.

6. Меньшиков, В.В. Лабораторные методы исследования в клинике: справочник / В.В.Меньшиков. – М. : Медицина, 1987. – С.49, 175, 186–187.

7. Беленький, Л.М. Количественные элементы фармакологического анализа / Л.М. Беленький. – Рига : Изд-во АН ЛатССР. – 1969.

TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF TWO SAMPLES OF ABSOLUTIZED ETHANOL «BIOETHANOL» AND «BIOETHANOL+»

Chajkovskaja I.A., Ushkov S.A.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The degree of bioethanol and bioethanol + toxicity has been established in experiments on white rats. A weakly expressed irritating effect to the mucous membranes of the eyes in rabbits has been detected. The drugs are not able to penetrate intact skin and irritate. The drugs do not have cumulative properties at the level of lethal effects.

Keywords: bioethanol, bioethanol+, toxicological and hygienic assessment.

Поступила 06.05.2013

ХАРАКТЕР ТОКСИЧЕСКОГО И АЛЛЕРГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ НОВОГО КОМБИНИРОВАННОГО МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «ЖЫЦЕНЬ»

Чернышова Е.В.[1], Шевляков В.В.[2], Эрм Г.И.[1], Филонюк В.А.[3], Буйницкая А В.[1], Студеничник Т.С.[1]
[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;
[2]Минский институт управления;
[3]Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Минск, Беларусь

Реферат. Экспериментальными исследованиями установлено, что комбинированный микробный препарат «Жыцень» (далее – МП) существенными патогенными, токсическими и токсигенными свойствами не обладает, относится к IV классу опасности, проявляет значимую сенсибилизирующую способность (II класс аллергенной активности). После месячного воздействия на белых крыс вызывает выраженную аллергизацию животных без существенных проявлений антигенной способности в отношении бактерицидной функции фагоцитов и иммуномодулирующих свойств, с выраженными проявлениями гемотоксического действия.

Ключевые слова: микробный препарат «Жыцень», токсические, аллергические, иммунотоксические и гемотоксические свойства.

Введение. Комбинированный микробный препарат «Жыцень» разработан в Белорусском государственном университете и предназначен для разложения стерни и соломы, подавления патогенной микрофлоры и подготовки почвы к посевам. Препарат представляет собой смесь жизнеспособных клеток подобранных штаммов бактерий: *Pseudomonas sp.-11*, *Bacillus sp.-49*, грибы штамма *Trichoderma sp. R-15*.

Целью настоящих исследований являлось изучение и оценка вирулентных, токсических и токсигенных свойств, аллергического, иммунотоксического и гемотоксического действия МП в соответствии с общепринятыми методическими подходами [1–3], а также обоснование необходимых мер профилактики его вредного действия на организм работников при производстве и применении.

Результаты и их обсуждение. Однократное интраназальное введение МП белым крысам и мышам в максимальных концентрациях не приводило к гибели опытных животных и клиническим проявлениям интоксикации.

При внутрижелудочном введении МП белым крысам в максимальной дозе – по $1{,}23\times10^{10}$ кл./жив. установлена гибель 1 из 6 животных опытной группы; $ЛД_{50}$ при внутрижелудочном введении белым крысам – более $6{,}22\times10^{10}$ м.кл/кг.

Однократное внутрибрюшинное введение белым мышам МП в максимальной дозе $3{,}58\times10^{9}$ кл./жив. сопровождалось гибелью более половины животных опытной группы (5 из 8), визуально определялись признаки интоксикации сразу после введения. При повторении эксперимента с дозой в 10 раз меньше не констатированы гибель и клинические проявления интоксикации. Следовательно, $ЛД_{50}$ при внутрибрюшинном введении белым мышам более $1{,}03\times10^{10}$ кл./кг и менее $1{,}02\times10^{11}$ м.кл./кг, что определяет отнесение МП к IV классу опасности.

Подкожное введение в лапу белым мышам фильтрата культуральной жидкости МП в дозе по 0,5 $см^3$/жив. не приводило к гибели опытных животных, величина отека и время его регрессии не отличались от контроля при отсутствии некроза кожи, что свидетельствует об отсутствии у МП существенных способностей выделять экзотоксины, т.е. токсигенных свойств.

Внутрибрюшинное введение белым мышам убитой нагреванием микробной культуры МП в дозе по 1,0 $см^3$ ($4{,}1\times10^{9}$ кл./мл) приводило к гибели только 1 животного опытной группы (из 6) без существенных признаков интоксикации, что свидетельствует об отсутствии у МП существенной вирулентности (IV класс опасности) и токсигенности (способности выделять экзотоксины). Исследованиям подвергали препарат с концентрацией (титром) живых бактерий $4{,}1\times10^{9}$ КОЕ/$см^3$.

Выявление сенсибилизирующего действия проводилось на 6-е сут опыта интраназального введения белым крысам МП в дозе по 0,1 $см^3$ ($4{,}1\times10^{8}$ кл./жив.) провокационным тестом опухания лапы (далее – ВТОЛ) путем внутрикожного введения опытным и контрольным животным в апоневроз коллатеральных задних лап МПЖ в дозе по $1{,}23\times10^{6}$ кл./жив. в объеме 0,06 $см^3$.

Результатами исследований установлено, что препарат при 5-кратном введении вызывал развитие у 7 из 11 животных опытной группы выраженную гиперчувствительность замедленного типа (далее – ГЗТ), что регистрировалось по возрастанию у них в 3,9 раза абсолютного показателя ВТОЛ по сравнению с контролем ($p<0{,}01$), а также относительной величины ВТОЛ в баллах, которая превышала таковую в контроле в 9 раз ($p<0{,}01$).

Частота положительных провокационных кожных реакций у более половины опытных животных при существенной значимости различий относительного показателя ВТОЛ в контроле и опыте по критерию Стьюдента при $p<0{,}01$ и критерию «Х» при $p<0{,}05$ свидетельствует о выраженной сенсибилизирующей способности МП (2 класс аллергенной активности).

Иммунотоксическое действие может проявляться аллергизацией, иммунизацией и неспецифической иммуномодуляцией организма. Поэтому в хроническом ингаляционном эксперименте (после месячного воздействия в концентрации МП на уровне $1{,}39\times10^{10}$ м.кл./м^3) изучены все три возможных иммунотоксических эффекта.

После завершения месячного ингаляционного эксперимента у белых крыс определяли по ВТОЛ возможное развитие ГЗТ (клеточноопосредованный тип) и гиперчувствительность немедленного типа (далее – ГНТ), активная кожная анафилаксия.

Длительное ингаляционное воздействие МП сопровождалось индукцией у животных опытной группы высокозначимой активной кожной анафилаксической реакции (таблица 1), так как абсолютные (на 286,5%, $p<0{,}01$) и относительные уровни ВТОЛ (на 440%, $p<0{,}01$) у опытных крыс были существенно выше, чем в контрольной группе.

Таблица — Иммуноаллергологические показатели белых крыс после месячного ингаляционного воздействия МП

Показатели	Ед. изм.	Группы сравнения (M±m)	
		Контроль	МПК
ВТОЛ: Активная кожная анафилаксия (через 1 ч)	10^{-2}мм Н[1] Балл	9,60±2,37 4/10 0,50±0,22	27,5±4,25** 10/10 2,20±0,39**
ГЗТ (через 24 ч)	10^{-2}мм Н Балл	9,70±1,80 5/10 0,50±1,67	31,6±
РСЛЛ	%	15,7±7,54	23,8±6,45
РСНСТ: % возрастания к контролю индекс стимуляции	% усл. ед.	12,4±2,32 0,96±0,01	22,4±7,92 1,08±0,03**
РДТК	%	0,23±0,06	0,38±0,12
Активность комплемента сыворотки крови	усл. ед.	92,4±9,61	106,6±2,68
ЦИК сыворотки крови	усл. ед.	72,3±2,55	74,1±3,49
НСТ-тест Спонтанный: возрастание к контролю Зн-стимулированный: возрастание к контролю Индекс стимуляции Величина фагоцитарного резерва	 % % ед. %	 16,7±2,49 34,5±6,94 1,15±0,04 14,8±5,05	 13,3±6,20 40,1±9,37 1,24±0,06 26,2±6,55
Лизоцим сыворотки крови	%	62,3±2,16	45,9±1,60
БАСК	%	59,0±6,75	72,7±5,20
Т-лимфоциты	% 10^9/л	36,1±3,47 1,70±0,22	$27{,}9\pm2{,}44^0$ $1{,}16\pm0{,}16^0$

Примечания:
** Достоверные различия с контролем по критерию t при $p<0{,}01$.
*** Достоверные различия с контролем по критерию t при $p<0{,}001$.
^{0} Достоверная тенденция различий с контролем по критерию t при $p<0{,}1$.
Н[1] – Числитель – количество животных с положительными (сверхнормативными) результатами, знаменатель – всего в опыте.

В то же время реагиновые антитела в сыворотке крови животных в опыте по РДТК выявлялись в довольно низком титре со средним уровнем, несколько превышающим контрольный ($p>0{,}05$), вероятно, в результате потребления антител в аллергической реакции, что свидетельствует о развитии у животных выраженного аллергического процесса немедленного анафилактического типа.

О развитии выраженной ГЗТ у опытных животных после месячного воздействия препарата свидетельствуют более высокие уровни абсолютного (на 325,8%, $p<0{,}001$) и относительного показателей ВТОЛ, которые возрастали в опыте через 24 ч после внутрикожной провокационной пробы в 5,4 раза по сравнению с контролем ($p<0{,}001$).

Стимуляция препаратом гранулоцитов крови опытных животных сопровождалась существенным ростом количества образующегося формазана в клетках в результате его восстановления кислородными метаболитами – на 180,6% по сравнению с контролем, но недостоверно ($p>0{,}05$). При этом значительно повышался интегральный показатель реакции спонтанного НСТ-теста (далее – РСНСТ) – индекс стимуляции ($p<0{,}01$). Данный факт свидетельствует о специфической активации в гранулоцитах кислородного метаболизма и о специфическом гипериммунном ответе гранулоцитов крови.

У белых крыс в опыте уровень циркулирующих иммунокомплексов (далее – ЦИК) в сыворотке крови незначительно превышал контрольный ($p>0{,}05$), что указывает на отсутствие существенного развития в организме в ответ на воздействие МП аллергического процесса иммунокомплексного типа. Также не определено значимых различий по отношению к контролю уровней реакции специфического лейколизиса (далее – РСЛЛ) и комплементарной активности сыворотки крови, что свидетельствует об отсутствии формирования в организме в ответ на воздействие МП процессов аллергизации по комплементзависимому цитотоксическому типу реакции.

Ингаляционное воздействие препарата не вызывало у животных опытной группы существенных сдвигов спонтанного уровня генерации фагоцитами супероксидных радикалов по сравнению с контролем (таблица), как и изменений в клетках уровня кислородного метаболизма при стимуляции гранулоцитов известным активатором теста восстановления

нитросинего тетразолия (НСТ-тест) опсонизированным зимозаном, что подтверждает мало отличающиеся от контроля величины интегрального показателя индекса стимуляции и фагоцитарного резерва фагоцитов. Это свидетельствует о низкой антигенной активности препарата.

Активность комплемента в сыворотке крови белых крыс в опыте существенно не отличалась от контроля. Содержание лизоцима в сыворотке крови опытных животных и интегральный показатель антимикробной резистентности крови – бактерицидная активность сыворотки крови (далее – БАСК) мало отличались от контрольных величин. Со стороны относительных и абсолютных показателей Т-лимфоцитов в опыте также не отмечены значимые сдвиги в сравнении с контрольными. Следовательно, ингаляционное воздействие МПЖ не сопровождается иммуномодулирующим эффектом.

Качественно-количественные показатели «красного» кроветворения у животных опытной группы после ингаляционного воздействия МП характеризовались существенным снижением по сравнению с контрольной группой количества и увеличением среднего объема эритроцитов при одновременном повышении среднего содержания уровня гемоглобина в эритроцитах и среднеклеточного гемоглобина, что отразилось на достоверном снижении гематокрита без существенных изменений других гематологических показателей.

Со стороны периферической крови по сравнению с контрольной группой не выявлены значимые различия (за исключением значительного снижения в крови количества нейтрофильных клеток).

Следовательно, длительное ингаляционное воздействие препарата на организм животных сопровождается гемотоксическими проявлениями.

Выводы. На основании результатов выполненных экспериментальных токсиколого-гигиенических и иммуноаллергологических исследований можно заключить следующее:

1. Комбинированный микробный препарат «Жыцень» на основе вышеуказанных штаммов бактерий в стандартных максимальных дозах и концентрациях при различных путях поступления в организм лабораторных животных не проявляет существенных патогенных свойств: $ЛД_{50}$ МП при внутрижелудочном введении белым крысам более $6{,}22 \times 10^{10}$ м.кл./кг, при внутрибрюшинном введении белым мышам – более $1{,}02 \times 10^{10}$ 10^{10} м.кл./кг, что определяет отнесение МП к IV классу опасности.Комбинированный микробный препарат «Жыцень» не проявляет токсигенных и токсических свойств.

2. Микробный препарат «Жыцень» в максимально возможной дозе ($4{,}1 \times 10^{8}$ кл./жив.) вызывал при недельной ингаляции развитие в организме опытных животных выраженной гиперчувствительности замедленного типа. По классификационным критериям препарат обладает выраженной сенсибилизирующей способностью (II класс аллергенной активности).

3. При ингаляционном (интраназальном) воздействии в максимально возможной концентрации ($1{,}39 \times 10^{10}$ м.кл./м^3) в течение месяца препарат вызывал у белых крыс индукцию выраженного аллергизирующего эффекта преимущественно по немедленному анафилактическому и замедленному клеточноопосредованному типам гиперчувствительности с отсутствием развития механизмов иммунокомплексного и комплементзависимого цитотоксического типов аллергических реакций. МП не проявлял существенной антигенной способности в отношении бактерицидной функции фагоцитов и иммуномодулирующих свойств с выраженными гемотоксическими проявлениями.

4. С учетом проявления выраженного аллергенного действия микробного препарата «Жыцень» при его производстве и применении следует в обязательном порядке предусмотреть меры коллективной (приточно-вытяжная механическая вентиляция) и индивидуальной защиты (средства индивидуальной защиты органов дыхания, очки, спецодежда), технологические меры, направленные на предупреждение или ограничение поступления его в воздух рабочей зоны (герметизация, укрытие и внутренняя аспирация оборудования), а также меры первичной и вторичной медицинской профилактики.

Литература

1. Беленький, Л.М. Количественные элементы фармакологического анализа / Л.М. Беленький. – Рига: Изд-во АН ЛатССР, 1969. – 176 с.

2. Требования к постановке экспериментальных исследований по изучению аллергенных свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций химических аллергенов в воздухе рабочей зоны и атмосферы: метод. указания № 1.1.11-12-5-2003 // Сб. офиц. документов по медицине труда и производственной санитарии / М–во здравоохранения РБ. – М., 2004. – Ч. XIV. – С. 133–156.

3. Экспериментальное обоснование ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах производственной и окружающей среды: метод. указания № 5789/1-91. – М.: МЗ СССР, 1993. – 23 с.

NATURE OF TOXIC AND ALLERGIC EFFECTS ON THE BODY OF THE NEW COMBINED MICROBIAL PREPARATION «ZHYTSEN»

Chernyshova E.V.[1], Shevlaykov V.V.[2], Erm G.I.[1], Filonuk V.A.[3], Buinitskaya A.V.[1], Studenichnik T.S.[1]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[2]Minsk Institute of Management;

[3]Ministry of Health of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

The experimental studies have established that the combined microbial preparation «Zhytsen» have not significant pathogens, toxic and toxigenic properties, refers to class IV risk, has significant sensitizing ability (class 2 of allergenic activity). In response to inhalation on albino rats within a month preparation causes expressed allergy animals without significant antigenic ability in point of the bactericidal function of phagocytes and immunomodulatory properties, with severe manifestations hemototoxic action.

Keywords: microbial preparation Zhytsen, toxic, allergic, immunomodulating and hemotoxic properties.

Поступила 30.05.2013

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «АНТОЙЛ», ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЖИРОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Шевляков В.В.[1], Филонюк В.А.[2], Студеничник Т.С.[3], Эрм Г.И.[3], Буйницкая А.В.[3], Сычик Л.М.[4]

[1]Минский институт управления;

[2]Министерство здравоохранения Республики Беларусь;

[3]Республиканский научно-практический центр гигиены;

[4]Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Реферат. Экспериментальными исследованиями установлено, что комбинированный микробный препарат «Антойл» существенными патогенными, токсическими, токсигенными и раздражающими свойствами не обладает. При ингаляционном поступлении в организм в максимальной концентрации препарат проявляет выраженную аллергенную активность (II класс), слабое угнетающее иммуномодулирующее действие при отсутствии гемотоксических свойств, что определяет необходимость соблюдения обоснованных мер профилактики при его производстве и применении.

Ключевые слова: комбинированный микробный препарат «Антойл», токсические, раздражающие, сенсибилизирующие, иммуномодулирующие и гемотоксические свойства.

Введение. В ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» разработан комбинированный микробный препарат «Антойл» (далее – МПА), предназначенный для интенсификации очистки сточных вод от жировых веществ.

Препарат представляет собой мутную культуральную жидкость светло-коричневого цвета, со специфическим запахом, содержащую равнопропорциональную смесь жизнеспособных клеток селективно подобранных бактерий с общим титром бактериальных клеток в препаративной форме МПА не менее $4{,}0x10^9$ КОЕ/г.

В соответствии с санитарным законодательством все новые вещества, в т.ч. биологической природы, перед опытно-промышленным производством и применением должны подвергаться токсиколого-гигиеническим исследованиям в объеме первичной токсикологической оценки для обоснования мер безопасности.

Целью настоящих исследований является изучение и оценка токсических, сенсибилизирующих, иммунотоксических и гемотоксических свойств нового комбинированного микробного препарата «Антойл», обоснование необходимых мер профилактики его вредного действия на организм работников при производстве и применении.

Исследования выполнены в соответствии с [1–10].

Результаты и их обсуждение. Однократное интраназальное введение МПА белым крысам и мышам в максимальных стандартных концентрациях не приводило к гибели опытной группы и клиническим проявлениям интоксикации (табл. 1).

При внутрижелудочном введении МПА белым крысам в максимальной стандартной дозе по $5{,}4x10^9$ кл./жив. установлена гибель 1 из 6 животных опытной группы; у них в течение 1–3 ч после введения отмечались явления адинамии. $ЛД_{50}$ при внутрижелудочном введении белым крысам составляет более $2{,}52x10^{10}$ м.кл./кг.

Таблица 1 — Параметры вирулентности, токсигенности и токсичности МПА

Вид и количество животных (средняя масса животных в опыте)	Способ введения	Доза, м.кл./жив.	Критерии эффектов		Оценка действия, $ЛД_{50}$
			гибель	клиника	
Белые крысы – 6 к. + 6 оп. Белые мыши – 6 к. + 6 оп.	Интраназально по 0,1 $см^3$ Интраназально по 0,02$см^3$	$1{,}8x10^8$ $3{,}6x10^7$	0/6 0/6	н.о. н.о.	Отсутствие Отсутствие
Белые крысы – 6 к.+ 6 оп. (214,2 г)	Внутрижелудочно по 3 $см^3$	$5{,}4x10^9$	1/6	Адинамия	$ЛД_{50}$>$2{,}52x10^{10}$ м.кл./кг
Белые мыши–6 к.+8 оп. (33,74 г)	Внутрибрюшинно по 0,5 $см^3$ на 20 г массы	$1{,}52x10^9$	1/8	Адинамия	$ЛД_{50}$>$4{,}49x10^{10}$ м.кл./кг
Белые мыши–6 к.+6 оп. (22,9 г)	Подкожно по 0,5 $см^3$ фильтрата	$9{,}0x10^8$	0/6	Н.о.	Токсигеность – отсутствие
Белые мыши–6 к.+6 оп. (27,6 г)	Внутрибрюшинно по 1,0 $см^3$ убитой культуры	$1{,}8x10^9$	0/6	Адинамия	Токсичность – отсутствие

Примечание — Н.о. — Не обнаружено.

При однократном внутрибрюшинном введении МПА белым мышам в максимально возможной стандартной дозе по $1{,}52x10^9$ м.кл./жив. наступала гибель только 1 животного (из 8) в течение 1-х суток, визуально определялись признаки интоксикации сразу после введения: адинамия, взъерошенность шерсти, отказ от пищи. В последующие сутки эксперимента опытные мыши оставались активными, охотно поедали корм и имели гладкий шерстяной покров. Следовательно, $ЛД_{50}$ при внутрибрюшинном введении белым мышам более $4{,}49x10^{10}$ м.кл./кг, что определяет отнесение МПА к IV классу опасности.

Подкожное введение в лапу белым мышам фильтрата культуральной жидкости МПА в дозе по 0,5 $см^3$/жив. не приводило к гибели опытных животных, величина отека и время его регрессии не отличались от контроля при отсутствии некроза кожи. Это свидетельствует о том, что у МПА не имеется существенных способностей выделять экзотоксины, т.е. токсигенных свойств.

Внутрибрюшинное введение белым мышам убитой нагреванием микробной культуры МПА в дозе по 1,0 $см^3$ ($1{,}810^9$ м.кл./мл) не приводило к гибели животных и существенным признакам интоксикации, за исключением кратков-

ременной заторможенности после введения. Это свидетельствует об отсутствии у МПА существенной вирулентности (IV класс опасности), а также токсигенности (способности выделять экзотоксины) и токсичности (патогенности эндотоксинов).

При однократных 4-часовых аппликациях МПА на выстриженные участки кожи спины белых крыс в объеме 0,32 $см^3$/16 $см^2$ не выявлено видимых признаков интоксикации и гибели животных на протяжении всего периода наблюдения. Явления раздражения и воспаления кожных покровов на местах аппликаций (гиперемия, сухость, отек) не обнаружены, что подтверждается данными инструментального исследования толщины кожной складки на опытных участках кожи крыс через 16 ч после воздействия, не имевших значимых различий с таковыми на контрольных «окошках».

Инстилляция 50 мкл нативного препарата в нижний конъюнктивальный свод глаз кроликов сразу после внесения вызывала у отдельных животных кратковременное рефлекторное слезотечение, проходящее спустя 5-10 мин наблюдения. В последующий период изменений со стороны конъюнктивы и других структур глаза не отмечено.

Следовательно, изучаемый МПА не проявляет раздражающие кожу и слизистые оболочки глаз свойства.

Выявление сенсибилизирующего действия проводилось на 6-е сут опыта интраназального введения белым крысам препарата в дозе по 0,1 $см^3$ ($1,8x10^8$ кл./жив.) провокационным тестом опухания лапы (далее – ВТОЛ) путем внутрикожного введения опытным и контрольным животным в апоневроз коллатеральных задних лап МПА в дозе по $1,8x10^6$ кл./жив. в объеме 0,06 $см^3$.

Установлено (табл. 2), что препарат при 5-кратном введении вызывал у 9 из 12 опытных животных выраженную гиперчувствительность замедленного типа (далее – ГЗТ), что регистрировалось по возрастанию у них в 4,2 раза абсолютного показателя теста опухания лапы по сравнению с контролем ($p<0,01$), а также относительной величины ВТОЛ в баллах, которая превышала таковую в контроле в 4,6 раза ($p<0,01$).

Таблица 2 — Показатели выявления гиперчувствительности замедленного типа у белых крыс после недельного интраназального воздействия препаратом МПА

Показатель	Ед. измерения	Группы сравнения (M±m)	
		контроль (n=10)	опыт (n=12)
ВТОЛ через 24 ч после внутрикожного тестирования:			
абсолютные величины	10^{-2} мм	3,50±1,69	14,7±1,94**
	tк	–	3,61
относительные величины	Н	2/10	9/12
	Балл	0,20±0,13	0,92±0,19**+
	tк	–	3,06
	«Х»	–	4,71

Примечания:
* Достоверные различия с контролем по критерию t при $p<0,05$.
** Достоверные различия с контролем по критерию t при $p<0,01$.
+ Достоверные различия с контролем по критерию Х при $p<0,05$.
Н – числитель – количество животных с положительными (сверхнормативными) результатами, знаменатель – всего в опыте.

Частота положительных провокационных кожных реакций у более половины опытных животных при существенной значимости различий относительного показателя ВТОЛ в контроле и опыте по критерию t Стьюдента при $p<0,05$ и по критерию «Х» при $p<0,05$ свидетельствует о выраженной сенсибилизирующей способности препарата «Антойл» (II класс аллергенной активности).

Иммунотоксическое действие может проявляться аллергизацией, иммунизацией и неспецифической иммуномодуляцией организма. Поэтому в хроническом ингаляционном эксперименте на уровне $7,27x10^9$ м.кл./$м^3$ изучены все три возможных иммунотоксических эффекта.

После завершения месячного ингаляционного эксперимента у белых крыс определяли по ВТОЛ возможное развитие ГЗТ (клеточноопосредованный тип) и ГНТ (активная кожная анафилаксия).

Длительное ингаляционное воздействие МПА сопровождалось индукцией у опытных животных высоко значимой активной кожной анафилаксической реакции (табл. 3), так как абсолютные (на 284,2%, $p<0,001$) и относительные уровни ВТОЛ (на 533,3%, $p<0,01$) у опытных крыс были существенно выше, чем в контрольной группе.

В то же время реагиновые антитела в сыворотке крови опытных животных по РДТК выявлялись в довольно низком титре со средним уровнем, несколько превышающим контрольный ($p>0,05$). Различий в абсолютном количестве базофилов крови в опыте и контроле не установлено.

О развитии выраженной ГЗТ у животных опытной группы после месячного воздействия препарата свидетельствуют более высокие уровни абсолютного (на 211,4 %, $p<0,01$) и относительного показателей ВТОЛ, которые возрастали в опыте через 24 ч после внутрикожной провокационной пробы в 5 раз по сравнению с контролем ($p<0,05$).

Стимуляция препаратом гранулоцитов крови опытных животных сопровождалась незначительным снижением количества образующегося формазана в клетках в результате его восстановления кислородными метаболитами, но при этом значительно повышался интегральный показатель РСНСТ – индекс стимуляции ($p<0,001$). Данный факт свидетельствует о специфической активации в гранулоцитах кислородного метаболизма и о специфическом гипериммунном ответе гранулоцитов крови.

У опытных белых крыс уровень циркулирующих иммунокомплексов в сыворотке крови значительно превышал контрольный (на 121,3%, $p<0,05$), что показывает развитие в организме в ответе на воздействие МПА аллергического процесса иммунокомплексного типа.

У опытных животных определено повышение по отношению к контролю уровней реакции специфического лейколизиса (на 160,9%) и комплементарной активности сыворотки крови (на 110%), что свидетельствует о формировании

в организме в ответ на воздействие МПА слабого аллергического процесса по комплементзависимому цитотоксическому типу реакции.

Определение антигенности препарата осуществляли по оценке его влияния на фагоцитарную функциональную активность гранулоцитов крови по тесту восстановления нитросинего тетразолия (НСТ-тесту).

Установлено (табл. 3), что ингаляционное воздействие препарата вызывало у опытных животных значительное снижение (в 3,82 раза) спонтанного уровня генерации фагоцитами супероксидных радикалов по сравнению с контролем ($p<0,001$). При стимуляции гранулоцитов крови опытных животных известным активатором НСТ-теста опсонизированным зимозаном определялось значительное угнетение в клетках уровня кислородного метаболизма – на 53,4% по сравнению с контролем ($p<0,001$), а также существенное снижение резерва фагоцитов ($p<0,05$).

Данные результаты свидетельствуют о выраженной антигенной активности препарата, проявляющейся значимой ингибицией кислородного метаболизма в гранулоцитах крови и существенным угнетением их функциональной бактерицидной способности.

Активность комплемента и содержание лизоцима в сыворотке крови опытных белых крыс существенно не отличались от контроля.

Таблица 3 — Иммуноаллергологические показатели белых крыс после месячного ингаляционного воздействия МПА

Показатели	Ед. изм.	Группы сравнения (М±	
		контроль	МПК
ВТОЛ: Активная кожная анафилаксия (через 1 ч)	 10^{-2}мм Н Балл	 760±1,93 3/10 0,30±0,15	 21,6±2,85*** 9/10 1,60±0,31**
ГЗТ (через 24 ч)	10^{-2}мм Н Балл	7,00±1,29 2/10 0,20±0,13	14,8±2,34** 7/10 1,00±0,26*
РСЛЛ	Н %	4/10 9,82±4,12	5/10 15,8±5,65
РСНСТ: % возрастания к контролю индекс стимуляции	 % усл. ед	 16,4±3,66 0,89±0,03	 13,1±3,34 1,05±0,01***
РДТК	%	0,08±0,04	0,14±0,04
Абсолютное количество базофилов	В $мм^3$	3,42±0,41	4,15±0,57
Активность комплемента сыворотки крови	Усл. ед.	106,6±8,96	116,9±5,89
ЦИК сыворотки крови	Усл. ед.	60,0±2,38	72,8±4,10*
НСТ-тест Спонтанный: возрастание к контролю Зн-стимулированный: возрастание к контролю индекс стимуляции Величина фагоцитарного резерва	 % % ед. %	 31,4±3,40 61,4±5,33 1,23±0,03 30,0±3,32	 8,22±2,26*** 28,6±3,67*** 1,19±0,03 20,4±2,79*
Лизоцим сыворотки крови	%	43,4±1,12	42,3±1,28
БАСК	%	81,2±3,27	83,5±3,13
Т-лимфоциты	% 10^9/л	22,8±1,69 1,39±0,13	21,2±1,55 1,00±0,10*

Примечания:
* Достоверные различия с контролем по критерию t при $p<0,05$.
** Достоверные различия с контролем по критерию t при $p<0,01$.
*** Достоверные различия с контролем по критерию t при $p<0,001$.
Н – числитель – количество животных с положительными (сверхнормативными) результатами, знаменатель – всего в опыте.

Интегральный показатель антимикробной резистентности крови БАСК также мало отличался от контроля.

Однако со стороны абсолютного содержания в крови Т-лимфоцитов у опытных крыс отмечено его достоверное снижение в сравнении с контрольным уровнем.

Следовательно, ингаляционное воздействие МПА сопровождается слабым угнетающим иммуномодулирующим действием на организм.

Качественно-количественные показатели красного кроветворения у опытных животных (табл. 4) после ингаляционного воздействия препаратом характеризовались отсутствием существенных различий с контролем, за исключением уменьшения вариабельности количества эритроцитов в крови при малом отличии их абсолютного числа по сравнению с контролем.

Со стороны периферической крови по сравнению с контрольной группой не выявлено значимых отличий в содержании лейкоцитов, относительном и абсолютном количестве клеточных элементов белого ростка кроветворения.

Следовательно, длительное ингаляционное воздействие препарата на организм животных не сопровождается существенными гемотоксическими проявлениями.

Таблица 4 — Показатели периферической крови белых крыс после месячного ингаляционного воздействия МПА

Показатели, ед. изм.	Ед. изм.	Группы сравнения (М±	
		Контроль	Опыт – МПР
Эритроциты	10^{12}/л	5,65±0,23	5,70±0,22
Средний объем эритроцитов	усл. ед.	55,1±0,63	55,7±1,32
Коэффициент вариации эритроцитов	усл. ед.	0,126±0,002	0,120±0,002*
Стандартное отклонение эритроцитов	усл. ед.	29,9±0,85	27,7±0,44*
Гемоглобин	г/л	113,5±3,78	115,2±2,84
Среднее содержание Hb в эритроцитах	мкг/кл	365,4±3,28	361,7±3,81
Среднеклеточный Hb	усл. ед.	20,1±0,31	20,2±0,50
Гематокрит	усл. ед.	0,31±0,04	0,31±0,01
Тромбоциты	10^{9}/л	653,5±46,0	631,6±54,5
Средний объем тромбоцитов	усл. ед.	5,69±0,12	5,64±0,16
Коэффициент вариации тромбоцитов	усл. ед	15,3±0,02	15,4±0,19
Тромбоцитарная масса	усл. ед	3,74±0,33	3,57±0,24
Лейкоциты	10^{9}/л	7,58±0,42	6,48±0,63
Лейкоформула:			
нейтрофилы	%	8,21±0,85	6,43±0,63
–//–	10^{9}/л	1,15±0,31	0,82±0,07
базофилы	%	4,87±0,81	2,75±0,96
–//–	10^{9}/л	0,04±0,01	0,02±0,002
лимфоциты	%	76,0±1,97	74,6±1,92
–//–	10^{9}/л	6,16±0,51	$4,96±0,44^{0}$
эозинофилы	%	4,20±0,64	5,45±1,19
–//–	10^{9}/л	0,34±0,06	0,40±0,14
моноциты	%	6,37±0,43	6,87±0,44
–//–	10^{9}/л	0,52±0,06	0,46±0,05
Примечание — *Обозначения (таблица 2) .			

Выводы. На основании результатов выполненных экспериментальных токсиколого-гигиенических и иммуноаллергологических исследований можно заключить следующее:

1. Микробный препарат «Антойл» на основе смеси бактерий в стандартных максимальных дозах и концентрациях при разных путях поступления в организм лабораторных животных не проявляет существенных патогенных свойств: $ЛД_{50}$ МПА при внутрижелудочном введении белым крысам – более $2,52x10^{10}$ м.кл./кг, при внутрибрюшинном введении белым мышам – более $4,49x10^{10}$ м.кл./кг, что определяет отнесение МПА к IV классу опасности.Комбинированный микробный препарат «Антойл» не проявляет токсигенных и токсических свойств.

2. Комбинированный микробный препарат «Антойл» не обладает кожно-раздражающим и ирритативным действием.

3. Микробный препарат «Антойл» в максимально возможной дозе ($1,8x10^{8}$ кл./жив.) вызывает при недельной ингаляции развитие в организме опытных животных выраженной гиперчувствительности замедленного типа. По классификационным критериям препарат обладает выраженной сенсибилизирующей способностью (II класс аллергенной активности).

4. При ингаляционном (интраназальном) воздействии в максимально возможной концентрации (на уровне $7,27x10^{9}$ м.кл./$м^3$) в течение месяца препарат вызывал у опытных белых крыс индукцию выраженного аллергизирующего эффекта преимущественно по немедленному анафилактическому и замедленному клеточноопосредованному типам гиперчувствительности с менее выраженным развитием механизмов иммунокомплексного и комплементзависимого цитотоксического типов аллергических реакций. Обладает значимой антигенной способностью, проявляющейся глубокой ингибицией кислородного метаболизма в фагоцитах крови, вызывает слабые проявления угнетающего иммуномодулирующего действия при отсутствии гемотоксических свойств.

5. На основании результатов токсиколого-гигиенических исследований комбинированный микробный препарат «Антойл» может быть рекомендован для опытно-промышленного использования по назначению со строгим соблюдением мер профилактики вредного действия на организм работников.

6. Условия труда работающих при производстве и применении препарата должны соответствовать требованиям действующих СанПиН 2.2.3.12-17-2003 «Гигиенические требования к хранению, применению и транспортировке пестицидов и агрохимикатов» и других технических нормативных правовых актов.

7. Работающие в контакте с микробным препаратом должны проходить предварительные в соответствии с МУ № 03/082-9107 от 26.07.1991 «Критерии профессионального отбора лиц, поступающих на аллергоопасные работы» и периодические медицинские осмотры согласно «Инструкции о порядке проведения обязательных медицинских осмотров работающих», утвержденной постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.04.2010 № 47; особое внимание при медосмотрах следует обращать на иммуноаллергологический статус работников.

8. Использование комбинированного микробного препарата «Антойл» в качестве средства интенсификации очистки сточных вод от жировых веществ не будет приводить к загрязнению почвы, поскольку используемые штаммы бактерий являются природными микроорганизмами.

9. Поскольку микробный препарат «Антойл» представляет аллергоопасность при ингаляционном поступлении в организм, то для постоянного промышленного использования необходима разработка его ПДК в воздухе рабочей зоны и метода контроля по характерному штамму бактерий.

Литература

1. Экспериментальное обоснование ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах производственной и окружающей среды: Методические указания № 5789/1-91. – М.: МЗ СССР, 1993. – 23 с.

2. Постановка исследований по изучению раздражающих свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций избирательно действующих раздражающих веществ в воздухе рабочей зоны: Инструкция 1.1.10-13-57-2005 / Мин-во здравоохранения РБ. – Мн., 2005. – 16 с.

3. Оценка воздействия вредных химических соединений на кожные покровы и обоснование предельно допустимых уровней загрязнений кожи: Инструкция 1.1.10-13-56-2005 / Мин-во здравоохранения РБ. – Мн., 2005. – 23 с.

4. Требования к постановке экспериментальных исследований по изучению аллергенных свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций химических аллергенов в воздухе рабочей зоны и атмосферы: Методические указания № 1.1.11-12-5-2003 // Сб. офиц. документов по мед. труда и произв. санитарии. – Ч. XIV / Мин-во здравоохранения РБ. – Минск, 2004. – С. 133-156.

5. Архипова, О.Г. Методы исследования в профпатологии / Под ред. О.Г. Архиповой. – М.: Медицина, 1988.– С. 68-84.

6. Кост, Е.А. Справочник по клиническим лабораторным методам исследования / Е.А. Кост. – М.: Медицина, 1975. – 326 с.

7. Вильчинский, М.П. Упрощенная методика избирательной окраски базофильных гранулоцитов крови / М.П. Вильчинский // Лабор. дело.– 1972. – № 1. – С. 58-60.

8. Кузовкова, Н.А. Колориметрические методы исследования в иммунологии: метод. рекомендации / Н.А. Кузовкова, Т.Е. Злотник, С.В. Жаврид. – Мн., 1992. – 12 с.

9. Шубик, В.М. Методические рекомендации по иммунологическому обследованию профессионально работающих с источниками ионизирующих излучений / В.М. Шубик [и др.]. – Л., 1981. – 15 с.

10. Ремизов, П.И. Методы определения естественной (неспецифической) резистентности организма: учебное пособие / П.И. Ремизов, Г.А. Башмаков. – Л.: ВМА им. С.М. Кирова, 1976. – 64 с.

TOXICAL AND HYGIENIC RESEARCH OF A NEW COMBINED MICROBIAL PREPARATION «ANTOIL », INTENDED FOR THE SEWAGE TREATMENT INTENSIFICATION FROM FATTY SUBSTANCES

Shevlaykov V.V.[1], Filonyuk V.A.[2], Studenichnik T.S.[3], Erm G.I.[3], Buinitskaya A.V.[3], Sychik S.I.[4]

[1]Minsk Institute of management;

[2]Ministry of health of the Republic of Belarus;

[3]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[4]Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

The combined microbic preparation «Antoil» does not possess essential pathogenic, toxic, toxigenic and irritating properties. At inhalation intake into an organism of the maximum concentration the preparation shows the expressed allergenic activity (class 2), weak manifestations of oppressing immunomodulatory effects and the lack of hem toxic properties that determines the need to observe reasonable preventive measures during its production and use.

Keywords: the combined microbial preparation «Antoil», toxic, irritating, sensitizing, immunomodulatory and hem toxic properties.

Поступила 07.05.2013

АЛЛЕРГЕННЫЕ И ИММУНОТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМБИНИРОВАННОГО МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «АГРОМИК», ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ТРИТИКАЛЕ

Шевляков В.В.[1], Филонюк В.А.[2], Студеничник Т.С.[3], Эрм Г.И.[3], Чернышова Е.В.[3], Буйницкая А.В.[3]

[1]Минский институт управления;

[2]Министерство здравоохранения Республики Беларусь;

[3]Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Экспериментальными исследованиями установлено, что микробный препарат «АгроМик» обладает умеренной сенсибилизирующей способностью (III класс аллергенной активности). При ингаляционном поступлении в организм в максимальной концентрации проявляет антигенную способность в отношении угнетения бактерицидной функции фагоцитов, умеренные иммуномодулирующие свойства и выраженное гемотоксическое действие, что определяет необходимость соблюдения обоснованных мер профилактики при его производстве и применении.

Ключевые слова: комбинированный микробный препарат «АгроМик», токсические, раздражающие, сенсибилизирующие, иммуномодулирующие и гемотоксические свойства.

Введение. Комбинированный микробный препарат «АгроМик» (далее – МПА), предназначенный для стимуляции роста и повышения урожайности тритикале, разработан в ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси». Препарат представляет собой мутную культуральную жидкость светло-серого цвета, со специфическим запахом, содержащую смесь

жизнеспособных штаммов ассоциативных азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов рода *Agrobacterium* и *Pseudomonas*, а также арбускулярные микоризные грибы (далее – АМГ).

Согласно представленным копиям Актов, выданных Витебской государственной академией ветеринарной медицины, входящие в состав препарата штаммы бактерий и АМГ являются непатогенными и нетоксичными.

Целью настоящей работы являлось изучение сенсибилизирующих и иммунотоксических свойств нового комбинированного микробного препарата «АгроМик», обоснование необходимых мер профилактики его вредного действия на организм работников при производстве и применении.

Исследования выполнены в соответствии с [1–2].

Результаты и их обсуждение. Исследованиям подвергали МПА с концентрацией живых бактерий $2,7x10^7$ КОЕ/$см^3$.

Выявление сенсибилизирующего действия проводилось на 6-е сут опыта интраназального введения белым крысам препарата в дозе по 0,1 $см^3$ ($2,7x10^6$ кл./жив.) провокационным тестом опухания лапы (далее – ВТОЛ) путем внутрикожного введения опытным и контрольным животным в апоневроз коллатеральных задних лап МПА в дозе по $1,62x10^6$ кл./жив. в объеме 0,06 $см^3$.

Установлено, что препарат при 5-кратном введении вызывал у 6 из 10 опытных животных выраженную гиперчувствительность замедленного типа (далее – ГЗТ). Частота положительных провокационных кожных реакций у половины опытных животных при существенной значимости различий относительного показателя ВТОЛ в контроле и опыте только по критерию t Стьюдента при $p<0,05$, но отсутствие достоверных различий по критерию «Х» свидетельствует об умеренно выраженной сенсибилизирующей способности препарата (III класс аллергенной активности).

Иммунотоксическое действие может проявляться аллергизацией, иммунизацией и неспецифической иммуномодуляцией организма. Поэтому в хроническом ингаляционном эксперименте изучены все три возможных иммунотоксических эффекта.

После завершения месячного ингаляционного эксперимента у белых крыс определяли по ВТОЛ возможное развитие ГЗТ (клеточноопосредованный тип) и ГНТ (активная кожная анафилаксия).

Длительное ингаляционное воздействие МПА сопровождалось индукцией у опытных животных высоко значимым уровнем активной кожной анафилаксической реакции, так как абсолютные (на 190%, $p<0,01$) и относительные ВТОЛ (на 180%, $p<0,01$) у опытных крыс были существенно выше, чем в контрольной группе (табл. 1).

В сыворотке крови опытных животных по реакции дегрануляции тучных клеток (далее – РДТК) выявлялись реагиновые антитела в довольно высоком титре со средним уровнем, существенно превышающим таковой в контрольной группе ($p<0,05$), что свидетельствует о развитии у опытных животных значимого аллергического процесса немедленного анафилактического типа. Различий в абсолютном количестве базофилов крови в опыте и контроле не установлено.

Таблица 1 — Иммуноаллергологические показатели белых крыс после месячного ингаляционного воздействия МПА

Показатели	Ед. изм.	Группы сравнения (M±m)	
		контроль	МПА
ВТОЛ: Активная кожная анафилаксия (через 1 ч)	 10^{-2}мм Н Балл	 30,3±4,15 10/10 2,50±0,43	 57,7±6,69** 10/10 4,50±0,31**
ГЗТ (через 24 ч)	10^{-2}мм Н Балл	22,4±3,14 9/10 1,70±0,34	28,7±3,10 10/10 2,40±0,31
РСЛЛ	%	6,08±1,48	11,8±3,75
РСНСТ: % возрастания к контролю индекс стимуляции	 % усл. ед	 24,8±4,53 1,03±0,02	 18,6±1,84 1,04±0,02
РДТК	%	0,09±0,05	0,27±0,07*
Абсолютное количество базофилов	$мм^3$	2,82±1,30	3,50±1,32
Активность комплемента сыворотки крови	усл. ед.	79,1±14,3	79,1±16,4
ЦИК сыворотки крови	усл. ед.	59,4±3,25	81,7±1,56***
НСТ-тест Спонтанный: возрастание к контролю Зн-стимулированный: возрастание к контролю индекс стимуляции Величина фагоцитарного резерва	 % % ед. %	 19,6±3,10 40,7±3,42 1,17±0,03 20,5±3,07	 13,8±2,11 31,9±1,88* 1,16±0,02 18,1±2,72
Лизоцим сыворотки крови	%	64,8±1,12	65,9±0,82
БАСК	%	94,0±1,23	92,8±1,49
Т-лимфоциты	% 10^9/л	24,3±2,19 1,35±0,20	16,5±1,48** 0,76±0,13*

Примечания:
* Достоверные различия с контролем по критерию t при $p<0,05$.
** Достоверные различия с контролем по критерию t при $p<0,01$.
*** Достоверные различия с контролем по критерию t при $p<0,001$.
Н – числитель – количество животных с положительными (сверхнормативными) результатами, знаменатель – всего в опыте.

О развитии слабовыраженной ГЗТ у опытных животных после месячного воздействия препарата свидетельствует некоторое превышение абсолютного и относительного показатели ВТОЛ через 24 ч после внутрикожного тестирования опытных животных по сравнению с контрольными, но разница была недостоверна.

Стимуляция препаратом гранулоцитов крови опытных животных не приводила к существенным изменениям в количестве образующегося формазана в клетках в результате его восстановления кислородными метаболитами по сравнению с контролем. При этом и интегральный показатель РСНСТ – индекс стимуляции – не имел различий с контролем. Данный факт свидетельствует об отсутствии специфической активации в гранулоцитах кислородного метаболизма и о низком специфическом гипериммунном ответе гранулоцитов крови.

У опытных белых крыс уровень циркулирующих иммунокомплексов в сыворотке крови значительно превышал контрольный (на 137,5%, $p<0,05$), что подтверждает развитие в организме в ответ на воздействие МПА аллергического процесса иммунокомплексного типа.

В опытной группе не определено значимых различий по отношению к контролю реакции специфического лейколизиса и комплементарной активности сыворотки крови, что свидетельствует об отсутствии формирования в организме в ответ на воздействие МПА процессов аллергизации по комплементзависимому цитотоксическому типу реакции.

Определение антигенности препарата осуществляли по оценке его влияния на фагоцитарную функциональную активность гранулоцитов крови по тесту восстановления нитросинего тетразолия (НСТ-тесту).

Установлено, что ингаляционное воздействие препарата не вызывало у опытных животных существенных сдвигов спонтанного уровня генерации фагоцитами супероксидных радикалов по сравнению с контролем при значимой ингибиции продукции в клетках уровня кислородного метаболизма при стимуляции гранулоцитов известным активатором НСТ-теста опсонизированным зимозаном. Однако величины интегрального показателя индекса стимуляции и фагоцитарного резерва фагоцитов мало отличаются от контроля. Это свидетельствует об умеренной антигенной способности препарата.

Активность комплемента в сыворотке крови белых крыс опытной группы существенно не отличалась от контроля. Содержание лизоцима в сыворотке крови опытных животных, как и интегральный показатель антимикробной резистентности крови – бактерицидная активность сыворотки крови (далее – БАСК) мало отличались от таковых в контроле.

Со стороны относительных и абсолютных показателей содержания в крови Т-лимфоцитов у опытных крыс отмечено их значимое снижение в сравнении с контрольным уровнем. Следовательно, ингаляционное воздействие МПА сопровождалось проявлениями угнетающего иммуномодулирующего действия на организм.

Качественно-количественные показатели красного кроветворения у опытных животных (табл. 2) после ингаляционного воздействия препаратом характеризовались существенным снижением по сравнению с контрольными животными числа эритроцитов с соответствующим возрастанием вариабельности и тенденцией к уменьшению их объема. Это отразилось на достоверном компенсаторном увеличении среднего содержания гемоглобина в эритроцитах, однако общее содержание гемоглобина в крови, как и гематокрит, были значимо снижены. Отмечалось и значительное уменьшение объема тромбоцитов на фоне некоторого сокращения их количества в крови, но общая их масса снижена незначительно.

Со стороны периферической крови по сравнению с контрольной группой выявлены значимое повышение удельного веса в крови нейтрофильных клеток при одновременном существенном снижении относительного и абсолютного количества лимфоцитов и базофилов, содержания моноцитов, что характерно при развитии в организме аллергического воспалительного процесса.

Следовательно, длительное ингаляционное воздействие МПА на организм животных сопровождается выраженными гемотоксическими проявлениями со стороны как «красного», так и «белого» ростка кроветворения.

Таблица 2 — Показатели периферической крови белых крыс после месячного ингаляционного воздействия МПА

Показатели, ед. изм.	Ед. изм.	Группы сравнения (M±m)	
		контроль	опыт – МПР
Эритроциты	10^{12}/л	5,99±0,16	5,47±0,16*
Средний объем эритроцитов	усл. ед.	55,9±0,87	53,7±0,78^{0}
Коэффициент вариации эритроцитов	усл. ед.	0,117±0,004	0,127±0,003*
Стандартное отклонение эритроцитов	усл. ед.	27,4±0,68	28,8±0,73
Гемоглобин	г/л	116,9±2,14	107,5±2,26**
Среднее содержание Hb в эритроцитах	мкг/кл	349,8±3,39	367,3±3,82**
Среднеклеточный Hb	усл. ед.	19,6±0,39	19,7±0,36
Гематокрит	усл. ед.	33,5±0,70	29,3±0,78***
Тромбоциты	10^{9}/л	629,5±48,7	575,4±56,6
Средний объем тромбоцитов	усл. ед.	6,08±0,07	5,72±0,06**
Коэффициент вариации тромбоцитов	усл. ед	15,1±0,05	15,0±0,04
Тромбоцитарная масса	усл. ед	3,82±0,29	3,30±0,33
Лейкоциты	10^{9}/л	9,14±1,36	6,30±0,96
Лейкоформула:			
нейтрофилы	%	12,2±1,60	18,0±1,30*
–//–	10^{9}/л	1,15±0,23	1,12±0,09
базофилы	%	0,70±0,10	0,20±0,09**
–//–	10^{9}/л	0,09±0,03	0,02±0,006***
лимфоциты	%	72,7±1,65	64,4±1,40**

Окончание таблицы 2

–//–	10^9/л	6,71±1,06	4,01±0,22*
эозинофилы	%	4,30±0,40	4,30±0,30
–//–	10^9/л	0,37±0,05	0,29±0,04
моноциты	%	10,4±1,20	8,10±0,90
–//–	10^9/л	0,85±0,09	0,48±0,07**
Примечание — *Обозначения (таблица 1).			

Заключение. На основании результатов экспериментальных токсиколого-гигиенических и иммуноаллергологических исследований можно сделать следующие выводы:

1. Микробный препарат «АгроМик» в максимально возможной дозе ($2,7x10^6$ кл./жив.) вызывал при недельной ингаляции развитие в организме опытных животных гиперчувствительности замедленного типа. По классификационным критериям препарат обладает умеренно выраженной сенсибилизирующей способностью (III класс аллергенной активности).

2. При ингаляционном (интраназальном) воздействии в максимально возможной концентрации (на уровне $1,11x10^8$ м.кл./$м^3$) в течение месяца препарат вызывал у опытных белых крыс индукцию выраженного аллергизирующего эффекта преимущественно по немедленному анафилактическому и иммунокомплексному типам гиперчувствительности со слабовыраженным развитием механизмов замедленного клеточноопосредованного типа аллергических реакций. Проявляет умеренную антигенную способность в отношении угнетения бактерицидной функции фагоцитов и умеренные иммуномодулирующие свойства, выраженное гемотоксическое действие на организм.

3. С учетом проявления сенсибилизирующего и иммунотоксического действия микробного препарата «АгроМик» при его производстве и применении следует в обязательном порядке предусмотреть меры коллективной (приточно-вытяжная механическая вентиляция) и индивидуальной защиты (СИЗ органов дыхания, очки, спецодежда), технологические меры, направленные на предупреждение или ограничение поступления его в воздух рабочей зоны (герметизация, укрытие и внутренняя аспирация оборудования), а также меры первичной и вторичной медицинской профилактики.

Литература

1. Экспериментальное обоснование ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах производственной и окружающей среды : метод. указания № 5789/1-91. – М.: МЗ СССР, 1993. – 23 с.

2. Требования к постановке экспериментальных исследований по изучению аллергенных свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций химических аллергенов в воздухе рабочей зоны и атмосферы : метод. указания № 1.1.11-12-5-2003 // Сб. офиц. документов по мед. труда и произв. санитарии / М-во здравоохранения РБ. – Мн., 2004. – Ч. XIV. – С. 133–156.

ALLERGIC AND IMMUNOTOXIC PROPERTIES OF THE COMBINED MICROBIAL PREPARATION «AGROMIK», INTENDED FOR STIMULATING GROWHT AND TRITICALE HARVEST PRODUCTIVITY

Shevlaykov V.V.[1], Filonyuk V.A.[2], Studenichnik T.S.[3], Erm G.I.[3], Chernyshova E.V.[3], Buinitskaya A.V.[3]

[1]Minsk Institute of Management;

[2]Ministry of Health of the Republic of Belarus;

[3]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

Experimental studies have established that the microbial preparation «Agromik» have moderate sensitizing ability (class 3 of allergenic activity). The inhalation intake of a maximum concentration shows the ability of antigen against the oppression of bactericidal function of phagocytes, moderate immunomodulatory properties and expressed hemototoxic action that determines the need to observe reasonable prevention measures during its manufacture and use.

Keywords: combined microbial preparation «Agromik», allergic, sensitizing immunomodulatory and hemotoxic properties.

Поступила 05.07.2013

ТОКСИКОЛОГО–ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПО БЕЗОПАСНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСНОГО МИКРОБНОГО УДОБРЕНИЯ

Шевляков В.В.[1], Филонюк В.А.[2], Эрм Г.И.[3], Студеничник Т.С.[3], Буйницкая А.В.[3], Чернышова Е.В.[3]

[1]Минский институт управления;

[2]Министерство здравоохранения Республики Беларусь;

[3]Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Экспериментальными исследованиями установлено, что полифункциональное комплексное микробное удобрение существенными патогенными, токсическими, токсигенными и раздражающими свойствами не обладает. При внутрикожном введении в организм в стандартной концентрации препарат проявляет слабую аллергенную активность (IV класс), что определяет необходимость соблюдения обоснованных мер профилактики при его производстве и применении.

Ключевые слова: полифункциональное комплексное микробное удобрение, токсические, раздражающие и сенсибилизирующие свойства.

Введение. В ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» совместно с ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси» разработано новое полифункциональное комплексное микробное удобрение (далее – ПКМУ), полученное

путем микробиологической ферментации птичьего помета и предназначенное для применения в качестве питательного органо-минерального субстрата при возделывании сельскохозяйственных культур. Препарат обеспечивает высокую продуктивность растений и экологическую безопасность сельскохозяйственного производства.

Согласно Удостоверению качества ПКМУ, представленному ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси», технологические условия ферментации подстилочного помета птицефабрик обеспечиваются аэрацией субстрата для поддержания микробиологического процесса и температурным режимом обработки при 70° С.

Согласно Акту о наработке опытной партии ПКМУ для токсиколого-гигиенической оценки от 15.03.2012 ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси» препарат представляет собой сыпучую, однородную массу темного цвета, pH 7,41, влажность до 25%, содержание органического вещества – 74,1%. Содержание в % на сухое вещество: общего азота – 4,5, нитратного азота – 3,8, аммиачного азота – 0,7, общего фосфора ($P_2 0_5$) – 6,2, калия – (K_2O) – 5,6, кальция (CaO) – 1,2, магния (MgO) – 2,8, железа (Fe_2O_3) – 0,9. Продукт ферментации содержит микроэлементы (медь, цинк, марганец), необходимые для роста растений. Содержание тяжелых металлов (кадмий, свинец, никель) не превышает предельно допустимых концентраций. Общий титр агрономически ценных бактерий в образце ПКМУ составляет $1,4x10^9$ КОЕ/г. Микробный ценоз конечного продукта ферментации представлен аммонифицирующими микроорганизмами ($1,3x10^8$ КОЕ/г), усваивающими минеральный азот ($3,8x10^8$ КОЕ/г а.с.в.) и олигонитрофильными м.о. ($3,3x10^8$ КОЕ/г). Отсутствует грибная флора, а также динитрифицирующие и нитрифицирующие группы микроорганизмов.

Полученное путем ферментации ПКМУ не обладает фитотоксичностью, оказывает ростстимулирующий эффект на развитие индикаторных растений (кресс-салат).

Согласно санитарному законодательству все новые вещества, в т.ч. биологической природы, перед опытно-промышленным производством и применением должны подвергаться токсиколого-гигиеническим исследованиям в объеме первичной токсикологической оценки для обоснования мер безопасности для здоровья работающих.

Целью настоящих исследований являлось изучение и оценка патогенных, токсических, раздражающих и сенсибилизирующих свойств нового полифункционального комплексного микробного удобрения, обоснование необходимых мер профилактики его вредного действия на организм работников при производстве и применении.

Материал и методы. Микробный препарат с титром $1,4x10^9$ КОЕ/г для исследований представлен ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси» (Акт о наработке опытной партии ПКМУ для токсиколого-гигиенической оценки от 15.03.2012).

Токсиколого-гигиеническое изучение препарата выполнено на лабораторных животных трех видов (рандомбредные белые крысы, мыши и кролики) в соответствии с действующими нормативно-техническими и методическими документами Минздрава Республики Беларусь [1–5].

Исследованиям подвергали экстракт из препарата, полученный путем взбалтывания в течение 10 мин навески препарата в количестве 10 г в объеме 100 $см^3$ стерильного физиологического раствора с последующей фильтрацией взвеси через бумажный фильтр. Экстракт содержал растворимые компоненты с содержанием $1,4x10^8$ м.кл./ $см^3$.

Результаты и их обсуждение. Однократное интраназальное введение экстракта из ПКМУ (в соотношении 1 г на 10 $см^3$ стерильного физиологического раствора) белым крысам и мышам в максимально возможных концентрациях по микроорганизмам не приводило к гибели опытных животных и клиническим проявлениям интоксикации (таблица 1).

Таблица 1—— Параметры вирулентности, токсигенности и токсичности ПКМУ

Вид и количество животных (средняя масса опытных животных)	Способ введения	Доза, м.кл./жив.	Критерии эффектов		Оценка действия, $ЛД_{50}$
			гибель	клиника	
Белые крысы – 6 к.+ 6 оп. Белые мыши – 6 к.+ 6 оп.	Интраназально по 0,1 $см^3$ Интраназально по 0,02 $см^3$	$1,4x10^7$ $2,8x10^6$	0/6 0/6	н.о. н.о.	Отсутствие Отсутствие
Белые крысы – 6 к.+ 6 оп. (204,4 г)	Внутрижелудочно по 3 $см^3$	$4,2x10^8$	0/6	н.о.	$ЛД_{50}$>2,05х 10^9 м.кл./кг
Белые мыши – 6 к.+ 8 оп. (28,9 г)	Внутрибрюшинно по 1,0 $см^3$ на 20 г массы	$1,4x10^8$	1/8	Адинамия	$ЛД_{50}>7,0x10^9$ м.кл./кг
Белые мыши – 6 к.+ 6 оп. (29,2 г)	Подкожно по 0,5 $см^3$ фильтрата	$7,0x10^7$	0/6	н.о.	Токсигеность – отсутствует
Белые мыши – 6 к.+ 6 оп. (25,7 г)	Внутрибрюшинно по 1,0 $см^3$ убитой культуры	$1,4x10^8$	0/6	Адинамия	Токсичность - отсутствует
Примечание. н.о. — Не обнаружено.					

При внутрижелудочном введении экстракта из ПКМУ белым крысам в максимально возможной дозе по $4,2x10^8$ кл./жив. гибели животных в опытной группе не наблюдалось. $ЛД_{50}$ при внутрижелудочном введении белым крысам экстракта по микроорганизмам – более $2,05x10^9$ м.кл./кг.

Согласно Акту проведения проверки на патогенность и токсичность ПКМУ на основе птичьего помета от 15.03.2012 (УО ВГАВМ), 5-кратное внутрижелудочное введение взвеси препарата в дозе по 0,6 мл белым мышам также не приводило к токсическим эффектам в течение 30 дней наблюдения.

Однократное внутрибрюшинное введение экстракта из ПКМУ белым мышам в максимально возможной дозе по $1,4x10^8$ м.кл./20 г жив. сопровождалось гибелью 1 из 8 опытных животных в течение 1 сут после введения, у других животных определялись кратковременные признаки интоксикации сразу после введения (адинамия). В последующие сутки

наблюдения опытные мыши оставались активными, охотно поедали корм и имели гладкий шерстяной покров. Следовательно, $ЛД_{50}$ при внутрибрюшинном введении белым мышам экстракта по микроорганизмам более $7{,}0x10^9$ м.кл./кг, что определяет отнесение ПКМУ к IV классу опасности.

Подкожное введение в лапу белым мышам экстракта из ПКМУ в дозе по 0,5 $см^3$/жив. не приводило к гибели опытных животных, величина отека и время его регрессии не отличались от контроля при отсутствии некроза кожи. Это свидетельствует о том, что у содержащихся в ПКМУ микроорганизмов существенной способности выделять экзотоксины, т.е. токсигенных свойств, не обнаружено.

Внутрибрюшинное введение белым мышам экстракта из ПКМУ с убитой нагреванием микробной культурой в дозе по 1 $см^3$ ($1{,}4x10^8$ м.кл./мл) не приводило к гибели опытных животных и существенным признакам интоксикации, за исключением кратковременной заторможенности после введения. Это свидетельствует об отсутствии у содержащихся в ПКМУ микроорганизмов вирулентности, а также токсигенности (способности выделять экзотоксины) и патогенности эндотоксинов, существенной токсичности ПКМУ (IV класс опасности).

При однократных 4-часовых аппликациях экстракта из ПКМУ на выстриженные участки кожи спины белых крыс в объеме 0,32 $см^3$/16 $см^2$ не выявлено видимых признаков интоксикации и гибели животных на протяжении всего периода наблюдений. Явления раздражения и воспаления кожных покровов на местах аппликаций (гиперемия, сухость, отек) не обнаружены, что подтверждается данными инструментального исследования толщины кожной складки на опытных участках кожи крыс через 16 ч после воздействия, не имевших значимых различий с таковыми на контрольных «окошках».

Инстилляция 50 мкл экстракта из ПКМУ в нижний конъюнктивальный свод глаз кроликов сразу после внесения вызывала у всех животных кратковременные блефароспазм и рефлекторное слезотечение, проходящие спустя 10-20 мин наблюдения. В последующий период визуальных изменений со стороны конъюнктивы и других структур глаза не отмечено.

Следовательно, изучаемое ПКМУ не проявляет раздражающих кожу и кожно-резорбтивных свойств, не обладает существенным ирритативным действием при однократном воздействии на слизистые оболочки глаз.

Выявление сенсибилизирующего действия проводилось на 6-е сут опыта внутрикожного введения белым мышам экстракта из препарата в смеси с ПАФ в дозе по 0,1 $см^3$ ($9{,}8x10^6$ м.кл./жив.) провокационным тестом опухания лапы (ВТОЛ) путем внутрикожного введения опытным и контрольным животным в апоневроз коллатеральных задних лап в дозе по 0,07 $см^3$ экстракта. Результаты представлены в таблице 2.

Установлено, что экстракт из препарата при внутрикожном введении в ПАФ вызывал развитие у опытных животных слабовыраженной гиперчувствительности замедленного типа (далее – ГЗТ), что регистрировалось по малозначимому возрастанию как абсолютной величины отека лапы у опытных крыс (в 1,64 раза выше контрольной, $p>0{,}05$), так и относительного значения ВТОЛ в баллах, что по сравнению с контролем имело только статистически значимую тенденцию к превышению и было недостоверно как по критерию t Стьюдента ($p<0{,}1$), так и по критерию «Х» ($p>0{,}05$).

Результаты провокационного тестирования контрольных животных (положительные провокационные кожные реакции с выраженностью 2–4 балла регистрировались с учетом ложноположительных в контроле только у 3 опытных животных (37,5%) с отсутствием статистической значимости различий ВТОЛ в контроле и опыте по критерию t и «Х» при $p>0{,}05$) свидетельствуют о слабой сенсибилизирующей способности ПКМУ (IV класс аллергенной активности).

Таблица 2 — Показатели выявления гиперчувствительности замедленного типа у белых мышей, сенсибилизированных внутрикожным введением экстракта из ПКМУ

Показатель	Ед. изм.	Группы сравнения (M±m)	
		контроль (n=8)	опыт (n=8)
ВТОЛ через 24 ч после внутрикожного тестирования:			
абсолютные величины	10^{-2} мм	12,2±2,71	20,0±4,45
	tк	–	1,49
относительные величины	Н	4/8	7/8
	Балл	0,63±0,26	$1{,}89±0{,}46^0$
	tк	–	1,89
	«Х»	–	2,9

Примечания:
^{0} Достоверные различия с контролем при з<0,1.
Н – числитель – количество животных с положительными кожными пробами, знаменатель – всего в опыте.

Выводы. На основании результатов выполненных экспериментальных токсиколого-гигиенических исследований в острых и подострых опытах можно заключить следующее:

1. Полифункциональное комплексное микробное удобрение в максимально испытанных дозах и концентрациях по содержащимся микроорганизмам при разных путях поступления в организм лабораторных животных не проявляет существенных токсических свойств: $ЛД_{50}$ при внутрижелудочном введении экстракта из препарата белым крысам – более $2{,}05x10^9$ м.кл./кг, при внутрибрюшинном введении белым мышам – более $7{,}0x10^9$ м.кл./кг, что определяет отнесение препарата к IV классу опасности.

2. Содержащиеся в препарате микроорганизмы не проявляют токсигенных и патогенных токсических свойств в максимально возможных испытанных дозах.

3. Не выявлено при однократном воздействии значимого раздражающего кожу и слизистые оболочки действия ПКМУ.

4. Препарат обладает слабой сенсибилизирующей способностью (IV класс аллергенной активности).

5. На основании результатов токсиколого-гигиенических исследований ПКМУ рекомендован для опытно-промышленного использования по назначению с соблюдением мер профилактики возможного вредного действия на ор-

ганизм работников. Нормирование содержания препарата в продуктах питания не требуется. Использование препарата в качестве удобрения сельскохозяйственных растений не будет приводить к загрязнению почвы, поскольку он является натуральным органо-минеральным субстратом.

6. Условия труда работающих при производстве и применении микробного препарата должны соответствовать требованиям действующих Санитарных норм и правил. С учетом проявления слабого сенсибилизирующего действия препарата при его производстве и применении следует предусмотреть меры коллективной (приточно-вытяжная механическая вентиляция) и индивидуальной защиты (СИЗ органов дыхания, очки, спецодежда), технологические меры, направленные на предупреждение или ограничение поступления его в воздух рабочей зоны, а также меры первичной и вторичной медицинской профилактики.

7. Характеристика токсических и специфических вредных свойств полифункционального комплексного микробного удобрения, обоснованные общие меры гигиенической безопасности при его производстве и применении должны учитываться при разработке технических регламентов и условий.

Литература

1. Экспериментальное обоснование ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах производственной и окружающей среды: метод. указания № 5789/1-91. – М.: МЗ СССР, 1993. – 23 с.

2. Постановка исследований по изучению раздражающих свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций избирательно действующих раздражающих веществ в воздухе рабочей зоны: инструкция 1.1.10-13-57-2005 / Мин-во здравоохранения РБ. – Минск, 2005. – 16 с.

3. Оценка воздействия вредных химических соединений на кожные покровы и обоснование предельнодопустимых уровней загрязнений кожи: инструкция 1.1.10-13-56-2005 / Мин-во здравоохранения РБ. – Минск, 2005. – 23 с.

4. Требования к постановке экспериментальных исследований по изучению аллергенных свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций химических аллергенов в воздухе рабочей зоны и атмосферы: методические указания № 1.1.11-12-5-2003 // Сб. офиц. документов по мед. труда и произв. санитарии. – Ч. XIV / Мин-во здравоохранения РБ. – Минск, 2004. – С. 133–156.

5. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: инструкция 1.1.11-12-35-2004 / Мин-во здравоохранения РБ. – Минск, 2005. – 43 с.

TOXICOLOGY AND HYGIENIC SUBSTANTIATION OF REQUIREMENTS FOR SAFE PRODUCTION AND USE OF MULTIFUNCTIONAL COMPLEX MICROBIC FERTILIZER

Shevlaykov V.V.[1], Filonyuk V.A.[2], Erm G.I.[3], Studenichnik T.S.[3], Buinitskaya A.V.[3], Chernyshova E.V.[3]

[1]Minsk Institute of Management;

[2]Ministry of Health of the Republic of Belarus;

[3]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The research has revealed that the multifunctional complex microbic fertilizer does not possess essential pathogenic, toxic, toxigenic and irritating properties. At intradermal introduction in an organism of a standard concentration of the preparation shows a weak allergenic activity (class 4) that that determines the need to observe reasonable preventive measures during its production and use.

Keywords: multifunctional complex microbic fertilizer, toxic, irritating and sensibilizing properties.

Поступила 07.05.2013

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОХРАТОКСИНА А НА *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*

Богдан А.С., Бондарук А.М., Журихина Л.Н., Федоренко Е.В., Морозова Е.А.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Результаты токсикометрии в остром и хроническом экспериментах на *Tetrahymena pyriformis* показали, что охратоксин А является чрезвычайно опасным микотоксином — I класс опасности. Охратоксин А в концентрациях, соответствующих медиане и 90 процентили алиментарной нагрузки, снизил адаптационный потенциал популяции *T. pyriformis* на 21%.

Ключевые слова: охратоксин А, токсичность, опасность, *Tetrahymena pyriformis*.

Введение. Одно из ведущих мест в ряду приоритетных загрязнителей пищевых продуктов занимают микотоксины — токсичные продукты жизнедеятельности микроскопических плесневых грибов. Известно более 250 видов грибов, продуцирующих около 500 микотоксинов. Охратоксины А, В и С продуцируются грибами *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus carbonarius* и *Penicillium viridicatum*. Чаще как природный загрязнитель пищевых продуктов и кормов обнаруживается охратоксин А (ОТА), в редких случаях — охратоксин В. Продукты переработки зерновых формируют более чем 50% экспозиции популяции ОТА, менее значимый вклад формируют вино, виноградный сок и кофе [1].

ЛД50 охратоксина А при внутрижелудочном поступлении животным разных видов варьирует от 1 до 58 мг/кг, что соответствует I–II классу опасности. В экспериментальных исследованиях выявлено его нефротоксическое действие. Подтверждения острого токсического действия ОТА на человека отсутствуют, однако, имеются убедительные доказательства постоянного поступления токсина с пищей. Результаты биомониторинга, проводимого во многих странах Европы, в Канаде, Японии, свидетельствуют о высокой частоте обнаружения охратоксина А в сыворотке крови здоровых людей (в некоторых случаях — у 100% обследованных) в средней концентрации 0,14—0,88 нг/мл. В ряде стран Европы ОТА выявляется и в женском молоке. В связи с этим в странах ЕС величина допустимого суточного потребления охратоксина А снижена до 5 нг/кг. Высказывается предположение о возможной этиологической роли охратоксина А в развитии заболевания «балканская эндемическая нефропатия» [2]. МАИР классифицирует ОТА как возможное канцерогенное для человека соединение (группа 2В) [3].

Методики оценки риска алиментарной нагрузки химическими веществами предусматривают количественную оценку вероятности ущерба для здоровья человека, связанного с действием химических веществ. Базовой информацией для проведения исследований такого рода является токсикологическая характеристика in vivo веществ, риск от воздействия которых предполагается оценить.

Цель работы — изучить токсичность охратоксина А и оценить риск алиментарной нагрузки охратоксином А при изолированном воздействии на T. pyriformis.

Материал и методы. *Материал исследования* — охратоксин А (Ochratoxin A) ГСО 7441—2001, раствор в смеси бензола и уксусной кислоты (99:1), концентрация 50 мкг/мл.

ОТА является контаминантом природного происхождения, обладающим высокой токсичностью, иммуносупрессивными и канцерогенными свойствами. ОТА способен в значительных количествах накапливаться в пищевых продуктах.

Тест-объект исследований — лабораторная культура одноклеточных организмов инфузорий *T. pyriformis*, штамм W, произрастающая в среде известного состава и являющаяся изолированной популяцией организмов, рост которой подчиняется общим закономерностям роста популяций. Количество химического вещества, вносимого в культуру *T. pyriformis*, рассчитывается в мг/мл культуры.

Жизненный цикл развития популяции T. pyriformis — совокупность фаз развития, пройдя которые популяция достигает максимальной численности. В питательной среде стандартного состава (пептон — 2%, глюкоза — 0,5%, натрий хлористый — 0,1%, дрожжевой экстракт — 0,1%, pH — 7,2) жизненный цикл популяции T. pyriformis осуществляется за 96 ч. За это время она проходит лаг-фазу (0–24 ч), логарифмическую фазу (24–48 ч), фазу замедленного роста (48–72 ч) и к 96 ч вступает в стационарное состояние.

Исследование токсических свойств ОТА при остром, подостром и хроническом воздействии на *T. pyriformis* и изучение его биологического действия на тест-объект в концентрациях, изоэффективных среднему и высокому уровню алиментарной нагрузки [5], проводилось согласно инструкции [6].

Острый эксперимент проводили на популяции *T. pyriformis* в стационарной фазе роста. Эффект токсического действия учитывали по реакции «жизнь–смерть». Длительность острого эксперимента — 30 мин. Рассчитывали дозы ОТА (в мг/мл культуры), вызывающие гибель 16, 50, 84% организмов: $ЛД_{16}$, $ЛД_{50}$, $ЛД_{84}$.

Изучение токсичности ОТА в хроническом эксперименте осуществляли на протяжении жизненного цикла популяции T. pyriformis. По результатам подсчета численности популяции в лаг-фазе, логарифмической фазе, фазе замедленного роста и стационарном состоянии рассчитывали показатели: $ЕД_{16}$, $ЕД_{50}$, $ЕД_{84}$ — дозы химического вещества, вызывающие в хроническом эксперименте угнетение генеративной функции T. pyriformis на 16, 50, 84% по отношению к контролю; $К_{кум}$ определяли делением $ЕД_{50}$ в стационарной фазе на $ЕД_{50}$, полученную в логарифмической фазе роста хронического эксперимента; Z_{chr} — зона хронического действия, определяли делением $ЛД_{50}$ на $ЕД_{50}$.

При изучении биологической активности ОТА в хроническом эксперименте рассчитывали показатели, характеризующие закономерности роста популяций: константа мгновенной скорости роста, время генерации, число поколений; осуществляли графический анализ роста популяции в среде культивирования, содержащей возрастающие концентрации ОТА; рассчитывали коэффициент адаптогенности ($К_{ад}$) — интегральный показатель, характеризующий адаптационный потенциал популяции. Анализируя полученные данные, определяли максимальную неэффективную дозу (МНД) и рассчитывали показатель $ЛД_{50}$/МНД.

По полученным критериям количественной оценки токсических свойств ОТА в экспериментах на *T. pyriformis*, определяли класс опасности этого микотоксина по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Результаты и их обсуждение. Острую токсичность ОТА исследовали на культуре *T. pyriformis* в стационарной фазе плотностью 918 000 организмов/мл. По 100 000 инфузорий в соответствующем объеме вносили в 1 мл растворов ОТА концентраций 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0 мкг/мл. Экспозиция 30 мин при 25 С (таблица 1).

Таблица 1 — Подготовка проб для определения острой токсичности ОТА на *T. pyriformis*

№ № проб	Раствор ОТА 10 мкг/мл, мл	H_2O, мл	Культура *T. pyriformis*, мл	Концентрация ОТА, мкг/мл
К (контроль)	0	1,0	0,109	0
1	0,05	0,95	0,109	0,5
2	0,10	0,90	0,109	1,0
3	0,15	0,85	0,109	1,5
4	0,20	0,80	0,109	2,0
5	0,25	0,75	0,109	2,5
6	0,30	0,70	0,109	3,0
7	0,40	0,60	0,109	4,0

ОТА в концентрации 4 мкг/мл вызвал мгновенную гибель инфузорий. Под действием ОТА в концентрации 3 мкг/мл гибель инфузорий наступила в течение 2 мин. Форма инфузорий при этом не изменилась.

Под действием охратоксина А в концентрациях 0,5, 1,0, 1,0, 2,0 мкг/мл инфузории в течение 30 с округлялись, становились малоподвижными. Затем форма инфузорий нормализовалась, лишь у отдельных особей отмечались незначительные изменения. Летальность инфузорий находилась в пределах 2%. В среде культивирования, содержащей охратоксин А в концентрации 2,5 мкг/мл, у инфузорий резко увеличивалась выделительная вакуоль, они становились круглыми, плоскими и прозрачными. Гибель организмов составила 34%.

При исследовании хронической токсичности ОТА популяция *T. pyriformis* культивировалась в среде, содержащей препарат в концентрациях от 0,01 до 0,10 мкг/мл (таблица 2).

Таблица 2 — Подготовка проб для изучения хронической токсичности ОТА на *T. pyriformis*

Среда культивирования, 10 мл		Содержание ОТА, мкг/мл	№ № проб
Содержание раствора ОТА (5 мкг/мл), мл	Содержание ОТА, мкг/10 мл		
0	0	0	К–1, К–2, К–3
0,02	0,10	0,01	1–1, 1–2, 1–3
0,04	0,20	0,02	2–1, 2–2, 2–3
0,08	0,40	0,04	3–1, 3–2, 3–3
0,12	0,60	0,06	4–1, 4–2, 4–3
0,16	0,80	0,08	5–1, 5–2, 5–3
0,20	1,00	0,10	6–1, 6–2, 6–3

В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей ОТА в концентрации 0,01 мкг/мл, численность популяции через 24 ч инкубации снизилась на 12% по отношению к контрольному уровню ($p<0,05$). Через 48 и 72 ч она превышала контрольный уровень на 4 и 5% соответственно ($p>0,05$). При вступлении популяции в стационарное состояние численность ее в среде культивирования, содержащей ОТА в концентрации 0,01 мкг/мл, превысила численность популяции в контроле на 22% ($p<0,05$) (таблица 3).

В среде культивирования, содержащей ОТА в концентрациях 0,02–0,1 мкг/мл, численность популяции через 24, 48 и 72 ч инкубации была ниже, чем в контроле ($p<0,05$). При этом скорость роста популяции снижалась пропорционально увеличению концентрации ОТА в среде культивирования. Через 96 ч инкубации в среде культивирования, содержащей ОТА в концентрации 0,02 мкг/мл, численность популяции статистически не отличалась от контрольного уровня; при увеличении концентрации ОТА до 0,04 мкг/мл численность популяции снизилась на 15%, до 0,06 мкг/мл — на 46%, 0,08 мкг/мл — на 75% и 0,1 мкг/мл — на 95% по отношению к контролю ($p<0,05$). Популяция в логарифмической фазе роста (48 ч) была наиболее чувствительной к токсическому действию ОТА. При вступлении популяции *T. pyriformis* в фазу замедленного роста и стационарное состояние отмечалось снижение токсического эффекта ОТА в концентрациях 0,02, 0,04, 0,06, 0,08 мкг/мл (таблица 3).

Таблица 3 — Изменение численности популяции *T. pyriformis*, культивируемой в среде, содержащей ОТА

ОТА, мкг/мл	Время инкубации, ч			
	24	48	72	96
0 (контроль)	21000±1005	447000±8519	710000±9516	834000±10100
0,01	18000±927	463000±4041	749000±12124	1020000±25400*
0,02	16000±441*	349000±6207*	653000±9815*	872000±19633*
0,04	14000±167*	224000±39500*	567000±24826*	711000±2887*

Окончание таблицы 3

0,06	8000±1590*	49000±3420*	274000±56368*	449000±49871*
0,08	8000±333*	36000±2255*	58000±4619*	213000±35218*
0,10	3000±501*	16000±1833*	23000±5812*	41000±12238*
Численность популяции, % к контролю				
0 (контроль)	100±4,8	100±1,9	100±2,9	100±1,3
0,01	88±4,4	104±0,9	105±1,8	122±2,6*
0,02	76±21*	78±1,2*	92±1,2*	104±2,6
0,04	67±0,7*	50±8,7*	80±3,5*	85±0,3*
0,06	41±7,7*	11±0,7*	39±8,0*	54±6,1*
0,08	8±0,6*	8±0,6*	8±0,6*	25±4,3*
0,10	3±0,3*	3±0,3*	3±0,9*	5±1,4*

Методом пробит-анализа летальности организмов в остром эксперименте и угнетения генеративной функции инфузорий в хроническом эксперименте рассчитаны параметры острой и хронической токсичности ОТА (таблица 4).

Таблица 4 — Основные параметры токсичности ОТА по результатам оценки влияния на *T. pyriformis*

Показатель токсичности	Величина токсичности	Класс опасности
Острая токсичность		
$ЛД_{16}$, мкг/мл	1,93	–
$ЛД_{50}$, мкг/мл	2,65±0,003	1
$ЛД_{84}$, мкг/мл	3,38	–
Хроническая токсичность в лаг-фазе (24 ч)		
$ЕД_{16}$, мкг/мл	0,008	–
$ЕД_{50}$, мкг/мл	0,058±0,00025	–
$ЕД_{84}$, мкг/мл	0,108	–
Хроническая токсичность в логарифмической фазе (48 ч)		
$ЕД_{16}$, мкг/мл	0,020	–
$ЕД_{50}$, мкг/мл	0,033±0,000024	–
$ЕД_{84}$, мкг/мл	2,44	–
Хроническая токсичность в фазе замедленного роста (72 ч)		
$ЕД_{16}$, мкг/мл	0,034	–
$ЕД_{50}$, мкг/мл	0,054±0,000029	–
$ЕД_{84}$, мкг/мл	0,072	–
Хроническая токсичность в стационарной фазе роста (96 ч)		
$ЕД_{16}$, мкг/мл	0,041	–
$ЕД_{50}$, мкг/мл	0,064±0,000030	
$ЕД_{84}$, мкг/мл	0,086	–
$Ккум_{chr}$	1,94	4
Z_{chr}	41,4	1

По результатам токсикометрии в остром и хроническом экспериментах на *T. pyriformis* ОТА является чрезвычайно токсичным микотоксином со слабо выраженными кумулятивными свойствами и широкой зоной хронического действия. По токсикологическим параметрам ОТА относится к II классу опасности (чрезвычайно опасное соединение).

Биологическое действие ОТА на *T. pyriformis* исследовали в диапазоне концентраций 10^{-18}–10^{-4} мг/мл (10^{-15}–10^{-1} мкг/мл). При этом учитывали параметры его острой и хронической токсичности, а также экспозицию ОТА, рассчитанную по результатам изучения фактического питания частотным методом. На уровне медианы потребления продуктов, возможных источников ОТА (зерновые и продукты их переработки, алкогольные напитки, чай, кофе) суточная экспозиция составляет 0,008 мкг/кг. На уровне 90 процентили — 0,020 мкг/кг. В экстраполяции на *T. pyriformis* это соответствует концентрациям ОТА в среде культивирования 2×10^{-8} и 6×10^{-8} мг/мл (таблица 5).

Таблица 5 — Приготовление растворов для изучения биологического действия ОТА

Исходный раствор		Этанол, мл	Промежуточный раствор		Среда Б, мл	Рабочий раствор		№ № проб
мкг/мл	мл		мкг/мл	мл		мкг/мл	мг/мл	
50	0,2	0,8	10,0	0,1	10	10^{-1}	10^{-4}	11–1,2,3
50	0,2	9,8	1,0	0,1	10	10^{-2}	10^{-5}	10–1,2,3
1,0	1,0	9,0	10^{-1}	0,1	10	10^{-3}	10^{-6}	9–1,2,3
10^{-1}	1,0	9,0	10^{-2}	0,1	10	10^{-4}	10^{-7}	8–1,2,3
10^{-2}	1,0	9,0	10^{-3}	0,1	10	10^{-5}	10^{-8}	7–1,2,3
10^{-3}	1,0	9,0	10^{-4}	0,1	10	10^{-6}	10^{-9}	6–1,2,3
10^{-4}	1,0	9,0	10^{-5}	0,1	10	10^{-7}	10^{-10}	5–1,2,3

Окончание таблицы 5

10^{-5}	1,0	9,0	10^{-6}	0,1	10	10^{-8}	10^{-11}	4–1,2,3
10^{-6}	1,0	9,0	10^{-7}	0,1	10	10^{-9}	10^{-12}	3–1,2,3
10^{-7}	0,1	9,9	10^{-9}	0,01	10	10^{-12}	10^{-15}	2–1,2,3
10^{-9}	0,01	9,99	10^{-12}	0,01	10	10^{-15}	10^{-18}	1–1,2,3
–	–	1,0	–	–	10	–	–	К–1,2,3

Через 48 ч инкубации в пробах, содержащих ОТА в концентрации 10^{-9} мг/мл и выше, у отдельных особей наблюдались морфофункциональные отклонения от контроля. Количество измененных и погибших особей нарастало на последующих этапах жизненного цикла популяции.

Анализ параметров, характеризующих рост популяции *T. pyriformis* (константа скорости роста, время генерации, число поколений), выявил фазовые колебания в зависимости «доза — время — эффект». Эти колебания на этапах интерфазной активности 24–48–72 ч характеризовались чередованием стимулирующих и ингибирующих эффектов в диапазоне сверхмалых (10^{-18}–10^{-12} мг/мл) и малых (10^{-11}–10^{-9} мг/мл) концентраций, отсутствием выраженного физиологического эффекта для ОТА в концентрации 10^{-8} –10^{-7} мг/мл и ярко выраженным ингибирующим действием на популяцию ОТА в концентрациях 10^{-6} –10^{-4} мг/мл. При вступлении популяции в стационарную фазу ингибирующее действие ОТА проявилось для всех исследованных концентраций (таблица 6, рисунок).

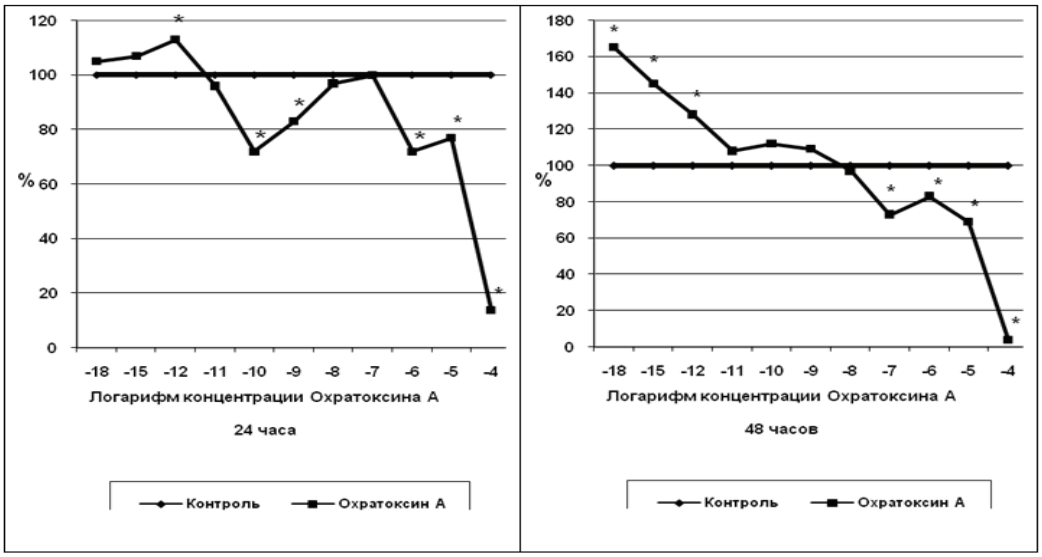
Таблица 6 — Показатели жизнедеятельности *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде с ОТА

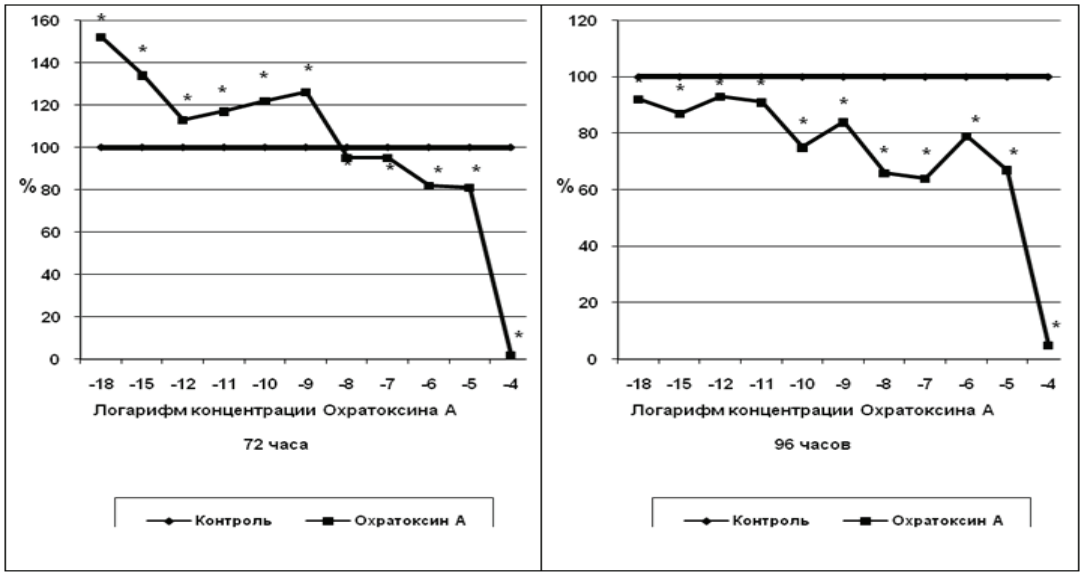
Концентрация, мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
Константа мгновенной скорости роста				
0 (контроль)	0,111±0,0008	0,107±0,0010	0,080±0,0001	0,065±0,0001
10^{-18}	0,113±0,0020	0,117±0,0000****	0,086±0,0004****	0,064±0,0002****
10^{-15}	0,114±0,0028	0,115±0,0007****	0,084±0,0003****	0,063±0,0001****
10^{-12}	0,116±0,0019	0,112±0,0002**	0,082±0,0002****	0,064±0,0002*
10^{-11}	0,109±0,0024	0,108±0,0015	0,082±0,0001****	0,064±0,0001****
10^{-10}	0,097±0,0041*	0,109±0,0008	0,083±0,0000***	0,062±0,0004**
10^{-9}	0,103±0,0038	0,109±0,0009	0,083±0,0001****	0,063±0,0000****
10^{-8}	0,110±0,0019	0,104±0,0007*	0,079±0,0002*	0,060± 0,0000****
10^{-7}	0,111±0,0015	0,100±0,004**	0,079±0,0001**	0,060±0,0001****
10^{-6}	0,098±0,0006****	0,103±0,0009*	0,077±0,0004***	0,062±0,0001****
10^{-5}	0,100±0,0033*	0,099±0,0006***	0,077±0,0001****	0,061±0,00041****
10^{-4}	0,021±0,0040****	0,043±0,0040****	0,034±0,0011****	0,030±0,0008****
Время генерации				
0 (контроль)	6,22±0,046	6,49±0,006	8,68± 0,024	10,70±0,022
10^{-18}	6,11±0,107	5,91±0,002****	8,09±0,040****	10,85±0,025****
10^{-15}	6,09±0,152	6,05±0,038***	8,26±0,032****	10,94±0,016****
10^{-12}	5,96±0,097	6,20±0,011**	8,85±0,018****	10,82±0,025*
10^{-11}	6,35±0,139	6,40±0,091	8,45±0,006****	10,87±0,002****
10^{-10}	7,15±0,314*	6,36±0,046	8,40±0,002****	11,23±0,069**
10^{-9}	6,73±0,252	6,39±0,055	8,35±0,013****	11,01±0,009****
10^{-8}	6,30±0,110	6,68± 0,043	8,76±0,024*	11,46±0,005****
10^{-7}	6,23±0,082	6,92±0,031**	8,76±0,009**	11,51±0,012****
10^{-6}	7,08±0,041****	6,74±0,060*	8,98±0,043***	11,11±0,018****
10^{-5}	6,93±0,234*	7,00±0,044***	9,00±0,012****	11,44±0,012****
10^{-4}	35,35±5,67*	16,27±0,829****	20,18±0,634****	22,88±0,585****
Число поколений				
0 (контроль)	3,86±0,029	7,39±0,072	8,30±0,013	8,97±0,018
10^{-18}	3,93±0,068	8,12±0,003****	8,90±0,013****	8,85±0,021****
10^{-15}	3,95±0,096	7,93±0,050***	8,72±0,033****	8,78±0,012****
10^{-12}	4,03±0,065	7,75±0,014**	8,47±0,018****	8,87±0,020*
10^{-11}	3,78±0,083	7,50±0,105	8,52±0,006****	8,83±0,014****
10^{-10}	3,37±0,142*	7,55±0,055	8,58±0,003****	8,55±0,053**
10^{-9}	3,57±0,130	7,52±0,064	8,63±0,013****	8,72±0,008****
10^{-8}	3,81±0,066	7,18±0,046	8,22±0,022*	8,38±0,004****
10^{-7}	3,86±0,051	6,94±0,031**	8,22±0,008**	8,34±0,009****
10^{-6}	3,39±0,034****	7,12±0,063*	8,01±0,039***	8,64±0,014****
10^{-5}	3,47±0,114*	6,86±0,043***	8,00±0,010****	8,39±0,009****
10^{-4}	0,72±0,138****	2,97±0,159****	3,58±0,116****	4,20±0,106****
Численность популяции				
0 (контроль)	29000±577	337000±17140	629000±5696	1006000±12858
10^{-18}	30500±1443	556000±1155****	956000±28868****	920000±13317****

Окончание таблицы 6

10^{-15}	31000±2000	490000±16653***	845000±19743****	876000±7572****
10^{-12}	33000±1453	430000±4163**	709000±8743****	936000±13317*
10^{-11}	28000±1590	365000±25673	736000±3055****	911000±8667****
10^{-10}	21000±1965*	375000±14621	763000±1764	751000±27088**
10^{-9}	24000±2083	367000±16220	790000±7211****	845000±4372****
10^{-8}	28000±1302	291000±9262	597000±9333*	665000±1732****
10^{-7}	29000±1041	246000±5292**	597000±3333**	647000±4041****
10^{-6}	21000±289****	279000±12347*	517000±13872***	799000±7688****
10^{-5}	22000±1691*	233000±7055***	511000±3712****	671000±4055****
10^{-4}	3000±333****	16000±1800****	24000±2000****	37000±2646****

Примечание (здесь и в таблице 7 статистически достоверные изменения по отношению к контролю при уровне значимости):
* — $p<0,05$.
** — $p<0,02$.
*** — $p<0,01$.
**** — $p<0,001$.





Примечание — *Статистически достоверные изменения по отношению к контролю.
Рисунок — Изменение численности популяции *Tetrahymena pyriformisна* этапах жизненного цикла в среде культивирования, содержащей охратоксин А

Количественная оценка адаптационных колебаний численности популяции *T. pyriformis* в первом жизненном цикле под воздействием ОТА выявила статистически достоверное увеличение ее адаптационного потенциала в среде, содержащей токсин в концентрациях 10^{-18}, 10^{-15}, 10^{-12} мг/мл, на 12,16 и 5% соответственно ($p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,05$), и снижение адапта-

ционного потенциала на 19–24% (p<0,001) под влиянием ОТА в концентрациях 10^{-8} –10^{-5} мг/мл. ОТА в концентрации10^{-4} мг/мл снизил адаптационный потенциал *T. pyriformis* на 96%. Фазы ингибирования и стимулирования показателей жизнедеятельности популяции *T. pyriformis* под влиянием ОТА в концентрациях 10^{-11}, 10^{-10}, 10^{-9} мг/мл уравновешивали друг друга и коэффициент адаптогенности не отклонялся от контрольного уровня более чем на 4% (p>0,05), т.е. популяция находилась в состоянии гомеостаза (таблица 7).

Таблица 7 — Биологическое действие ОТА на *T. pyriformis* в хроническом эксперименте

ОТА, мг/мл	$К_{ад}$	ОТА, мг/мл	$К_{ад}$
0 (контроль)	1,00±0,001	10^{-9}	1,01±0,015
10^{-18}	1,12±0,021****	10^{-8}	0,79±0,006****
10^{-15}	1,16±0,006****	10^{-7}	0,76±0,006****
10^{-12}	1,05±0,009*	10^{-6}	0,81±0,007****
10^{-11}	1,02±0,015	10^{-5}	0,81±0,007****
10^{-10}	0,96±0,019	10^{-4}	0,04±0,0,001****

Таким образом, ОТА в концентрации 10^{-8} мг/мл, соответствующей суточной алиментарной нагрузке этим микотоксином, оказал неблагоприятное воздействие на одноклеточный организм и популяцию, проявившееся в морфофункциональных нарушениях у отдельных особей и снижении адаптационного потенциала популяции.

Одним из показателей опасности вещества является максимальная неэффективная доза хронического эксперимента ($МНД_{chr.}$). Несмотря на то что ОТА проявил биологическую активность в сверхмалых концентрациях (10^{-18}–10^{-12} мг/мл), мы, при определении $МНД_{chr.,}$ руководствовались практикой современного гигиенического нормирования, которое осуществляется не на сверхмалых дозах, а на так называемых малых дозах веществ. При определении $МНД_{chr.}$ учитывали следующие критерии: наличие/отсутствие морфологических и функциональных отклонений у тест-объекта, колебания численности популяции на этапах интерфазной активности, адаптационный потенциал популяции. Исходя из этих критериев $МНД_{chr.}$ для ОТА10^{-9} мг/мл. Таким образом, по величине $МНД_{chr.}$ ОТА относится к I классу опасности.

Заключение. Результаты токсикометрии в остром и хроническом экспериментах на *T. pyriformis* показали, что охратоксин А является чрезвычайно опасным микотоксином — I класс опасности. Охратоксин А в концентрациях, соответствующих медиане и 90 процентили алиментарной нагрузки, снизил адаптационный потенциал популяции Tetrahymena pyriformis на 21%.

Литература

1. JECFA. Safety evaluation of certain mycotoxins in food.(WHO Food Additives Series 47 FAO Food and Nutrtiun Paper 74). – Geneva : WHO, 2001. – 691 p.

2. Voo, St. Ochratoxin A — etiological co-factor in Balkan endemic nephropathy? / St. Voo [et al.] //Conference of the Romanian Society of Allergology and Clinical Immunology and Romanian Society for Immunology with International Participation, Bucharest, Apr. 5–7, 2002. – Rom. Arch. Microbiol. And Immunol. – 2002. –Vol. 61, № 1–2. – P. 47–48.

3. Кравченко, Л.В. Биобезопасность, микотоксины — природные контаминанты пищи / Л.В. Кравченко, В.А. Тутельян // Вопр. питания. – 2005. – № 3. – С. 3—13.

4. Куценко, С.А. Основы токсикологии : Научно-методическое издание / С.А. Куценко. – СПб.: Фолиант, 2004. – 720 с.

5. Оценка алиментарной химической нагрузки на население: инструкция по применению: утв. 15.12.2011, № 018-1211; авт.-сост. Е.В. Федоренко, В.Г. Цыганков, Т.Г. Холупко / МЗ РБ. – Минск, 2011. – 14 с.

6. Инструкция по гигиенической оценке химических веществ, многокомпонентных смесей и полимерных материалов на Tetrahymena pyriformis: утв. 11.07.2002, № 20-0102 / авт.-сост. А.С. Богдан; МЗ РБ. – Минск, 2002. – 63 с.

TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF OCHRATOXIN A WITH TETRAHYMENA PYRIFORMIS

Bogdan A.S., Bondaruk A.M., Fedorenko E.V., Zhurihina L.N., Morozova E.A.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

By the results of toxicometry in acute and chronic experiments with *Tetrahymena pyriformis* ochratoxin A is an extremely dangerous mycotoxin — 1 class of danger. Ochratoxin A in concentrations corresponding to a median and the 90^{th} percentile of alimentary load reduced the adaptive capacity of the population of Tetrahymena pyriformis by 21%.

Keywords: ochratoxin A, toxicity, danger, Tetrahymena pyriformis.

Поступила 02.07.2013

ТОКСИЧНОСТЬ И БЕЗВРЕДНОСТЬ НИТРИТА НАТРИЯ, ЙОДАТА КАЛИЯ И ОХРАТОКСИНА А ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА TETRAHYMENA PYRIFORMIS

Богдан А.С., Бондарук А.М., Журихина Л.Н., Федоренко Е.В, Свинтилова Т.Н.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Комбинированное действие смеси нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А по токсикологическому параметру ($ЛД_{50}$) характеризуется потенцированием токсического эффекта в 1,52 раза, а по функциональному показателю (угнете-

ние генеративной функции в хроническом эксперименте) снижением токсического эффекта на этапах интерфазной активности популяции *Tetrahymena pyriformis*: от действия более чем аддитивного (потенцирование) в лаг-фазе, аддитивного (суммация) в логарифмической фазе и менее чем аддитивного (антагонизм) в фазе замедленного роста и стационарном состоянии.

Охратоксин А, нитрит натрия и йодат калия, внесенные в сбалансированную среду культивирования *T. pyriformis* на основе натуральных пищевых продуктов в концентрациях, изоэффективных среднему и высокому уровню алиментарной нагрузки, снизили биотический и адаптационный потенциал популяции до 24%.

Ключевые слова: нитриты, йод, охратоксин А, комбинированное действие, *Tetrahymena pyriformis*.

Введение. Качество и безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов являются одним из актуальных вопросов общественного здравоохранения. В современных экологических условиях пищевые продукты являются основным источником поступления в организм человека ряда чужеродных соединений — контаминантов (токсичных элементов, микотоксинов, стойких органических соединений и др.). Стабильно высокими остаются спектр и уровни применения пищевых добавок различных функциональных классов. С целью уменьшения распространенности состояний микронутриентной недостаточности расширяется ассортимент продуктов питания, обогащенных различными биологически активными веществами, обладающими функциональными свойствами (витамины, минеральные вещества, аминокислоты, пребиотики и др.).

В сложившейся практике регламентации химических веществ (контаминанты, пищевые добавки, обогащающие добавки) в составе пищевых продуктов используют данные токсикологических исследований. Гигиенические регламенты разработаны для отдельных контаминантов без учета их комбинированного действия. Условия применения индивидуальных нормативов при одновременном присутствии в пищевых продуктах двух и более ксенобиотиков в действующем санитарном законодательстве не оговорены. Но в случаях синергизма индивидуальные нормативы ксенобиотиков не могут гарантировать безопасность пищи. Тем самым определяется приоритетность проблемы комбинированного действия ксенобиотиков в приложении к гигиене питания.

Существенно, что в гигиене питания задача регламентации комбинированного действия ксенобиотиков тесно связана с необходимостью учета региональных особенностей формирования токсикологического спектра веществ, одновременно присутствующих в пище, как по набору ксенобиотиков так и по количественным соотношениям между ними, а также с необходимостью учета особенностей структуры потребления пищевых продуктов в конкретном регионе. В каждом конкретном случае возникает практический вопрос об адекватности индивидуальных нормативов или необходимости введения более жестких допустимых уровней. Поэтому первостепенное значение приобретают прикладные аспекты теории комбинированного действия ксенобиотиков, сопряженные с ускоренными методами гигиенической оценки ксенобиотиков и их смесей.

Цель работы — изучить токсические эффекты комбинированного действия контаминанта пищевой продукции охратоксина А, пищевой добавки нитрита натрия, обогащающей добавки йод в составе йодата калия и оценить безвредность рациона, содержащего эти ксенобиотики на уровне алиментарной нагрузки на лабораторном тест-объекте *T. pyriformis.*

Материал и методы. *Объекты исследования*: охратоксин А (ochratoxin A) ГСО 7441–2001; натрий азотистокислый (нитрит натрия, $NaNO_2$), ГОСТ 4197–74, ч.д.а.; калий йодноватокислый (йодат калия, KJO_3), ГОСТ 4232–74, х.ч.; консервы для детского питания «Говядина», изготовитель фирма «HAME», РФ; 5. Хлопья «4 вида зерновых», изготовитель фирма «NORDIC» (Финляндия).

Методы исследования. Исследования осуществляли согласно нормативно-методической документации, утвержденной Министерством здравоохранения Республики Беларусь [1].

В первой серии экспериментов изучали комбинированное действие трехкомпонентной смеси ксенобиотиков (охратоксин А, нитрит натрия, йодат калия) в остром и хроническом экспериментах на *T. pyriformis*.

Характер комбинированного действия смеси нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А выявляли и оценивали на основе сопряженного анализа дозовых зависимостей, полученных для смеси и отдельных ее компонентов. При этом учитывался методический опыт по проведению таких исследований в гигиене труда. Применительно к *T. pyriformis* были адаптированы уже разработанные методы и формулы [2].

Оценку комбинированного действия ксенобиотиков в летальных дозах осуществляли с применением принятой в токсикологии общей формулы:

$$K_{кд} = \frac{ЛД_{50_{эксп}}}{Д_{экв}}, \quad (1)$$

где $ЛД_{50}$ — средняя смертельная доза смеси, полученная экспериментальным путем;

$Д_{экв}$ — эквивалентная доза для исследуемой смеси веществ, рассчитанная с учетом удельной дозы ($Д_i$) каждого компонента (i) смеси и результатов определения его средней смертельной дозы.

$K_{кд}$ равен 1 при аддитивном действии компонентов смеси, когда эффект смеси равен эффекту при изолированном воздействии ее компонентов в изоэффективных дозах; более 1 — при более чем аддитивном действии компонентов смеси (потенцирование эффектов); менее 1 — при менее чем аддитивном действии компонентов смеси (антагонизм эффектов).

В хроническом эксперименте комбинированное действие компонентов смеси нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А исследовали аналогичным путем по функциональному показателю $ЕД_{50}$ (угнетение генеративной функции).

При составлении данной смеси учитывали их средние смертельные дозы, определенные в остром эксперименте ($ЛД_{50}$). Соотношение компонентов в фиксированной смеси исследуемых ксенобиотиков составило: $NaNO_2$ — 42,629%, KJO_3 — 57,363%, охратоксин А — 0,008%.

Во второй серии на *T. pyriformis* оценивали безвредность нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А на уровне медианы и 90 процентили алиментарной нагрузки в среде культивирования на основе натуральных пищевых продуктов, сбалансированной по содержанию пищевых веществ (рацион). Дозы охратоксина А, нитрита натрия и йодата калия рассчитывали с использованием коэффициента, разработанного для экстраполяции данных, полученных на *T. pyriformis*, на человека и наоборот [3]. При выборе концентраций исследуемых соединений учитывали алиментарную нагрузку человека контаминантами, пищевыми и обогащающими добавками при минимальном, среднем и максимальном их содержании в пищевых продуктах,

допустимом суточном поступлении, условно безопасным суточном поступлении, а также при среднем и высоком уровне потребления пищевых продуктов. Уровни нагрузок охратоксином А, йодом и нитритами, рассчитанные для человека, экстраполировали на T. pyriformis по формуле:

$$Д_{Тр} = \frac{Д_{чел} \times 4}{80000} = Д_{чел} : 20000, \quad (2)$$

где $Д_{Тр}$ (доза для *T. pyriformis* в мг/мл среды) равняется $Д_{чел}$ (суточное потребление в мг), поделенной на суточное потребление белка человеком в мг и умноженное на содержание белка в среде культивирования *T. pyriformis* в мг/мл.

Безвредность рациона исследовали на протяжении жизненного цикла популяции *T. pyriformis*: лаг-фаза (0–24 ч), логарифмическая фаза (48–72 ч), фаза замедленного роста (72–96 ч), стационарное состояние (96 ч). Осуществляли визуальный анализ состояния одноклеточных организмов, графический анализ кривой роста популяции и математический анализ основных показателей жизнедеятельности популяции (константа мгновенной скорости роста, время генерации, число поколений, численность популяции), культивируемой в среде, содержащей опытные, контрольные образцы продуктов.

На этапах интерфазной активности рассчитывали биотический потенциал (БП) популяции:

$$БП = \frac{N_t}{2000} : t, \quad (3)$$

где БП — величина прироста популяции за единицу времени в расчете на 1 особь. При идеальных условиях, когда ресурсы среды ничем не ограничены, эта величина стабильна. БП характеризует внутреннюю потенциальную способность данной популяции к росту.

Для оценки адаптационного потенциала популяции на протяжении жизненного цикла определяли коэффициент адаптогенности ($К_{ад}$):

$$Кад_{24-96} = \frac{N_{o-24} + N_{o-48} + N_{o-72} + N_{o-96}}{N_{k-24} + N_{k-48} + N_{k-72} + N_{k-96}} \quad (4)$$

Полученные экспериментальные данные обработывали статистически с определением средней арифметической каждого вариационного ряда, среднеквадратичного отклонения, стандартной ошибки, коэффициента вариации и установления степени вероятности нулевой гипотезы по сравнению с контролем путем вычисления критерия Стьюдента–Фишера. Оценку аналитической надежности методов исследования осуществляли путем статистического контроля правильности и воспроизводимости. При $p<0,05$ различие средних арифметических сравниваемых рядов считали статистически достоверными [4].

Результаты и их обсуждение. Результаты изучения комбинированного действия смеси нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А по ее токсичности в остром эксперименте (по $ЛД_{50}$) указывает на потенцирование токсического эффекта в 1,52 раза (таблица 1).

Таблица 1 — Результаты оценки комбинированного действия смеси нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А по токсичности

Показатель	Компоненты смеси			Смесь
	нитрит натрия	йодат калия	охратоксин А	
Содержание в смеси ($Д_i$), мг/мл	3,05	4,10	0,00057	7,15057
Летальность в% (E_i)	0	12,5	1	50
Сумма E_i,%	13,5			
Доза эквивалентная ($Д_{экв}$), мг/мл	4,69			
$ЛД_{50}$ смеси, ($Д_{эксп}$), мг/мл	7,15±0,011			
Коэффициент комбинированного действия ($К_{кд}$)	1,52			

Изучение комбинированного действия смеси нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А в хроническом эксперименте по функциональному показателю (угнетение генеративной функции) выявило действие более, чем аддитивное (потенцирование), в лаг-фазе, аддитивное (суммация) в логарифмической фазе и менее, чем аддитивное (антагонизм), в фазе замедленного роста и стационарном состоянии популяции *T. pyriformis* (таблица 2).

Таблица 2 — Результаты оценки комбинированного действия смеси нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А по степени угнетения генеративной функции популяции *T. pyriformis* в хроническом эксперименте

Показатель	Компоненты смеси			Смесь
	нитрит натрия	йодат калия	охратоксин А	
Лаг-фаза (24 ч)				
Содержание в смеси ($Д_i$), мг/мл	0,138	0,262	0,000024	0,400024
Угнетение функции, % (E_i)	2	31	4	50
Сумма E_i,%	37			
Доза эквивалентная ($Д_{экв}$), мг/мл	0,22			
$ЕД_{50}$ смеси, ($Д_{эксп}$), мг/мл	0,40±0,002			
Коэффициент комбинированного действия ($К_{кд}$)	1,82			
Логарифмическая фаза (48 ч)				
Содержание в смеси ($Д_i$), мг/мл	0,064	0,121	0,000011	0,185

Окончание таблицы 2

Угнетение функции, % (E_i)	0	48	0	50
Сумма E_i,%	48			
Доза эквивалентная ($Д_{экв}$), мг/мл	0,180			
$ЕД_{50}$ смеси, ($Д_{эксп}$), мг/мл	0,185±0,00055			
Коэффициент комбинированного действия ($К_{кд}$)	1,03			
Фаза замедленного роста (72 ч)				
Содержание в смеси ($Д_i$), мг/мл	0,155	0,294	0,000027	0,449027
Угнетение функции, % (E_i)	17	42	7,5	50
Сумма E_i,%	66,5			
Доза эквивалентная ($Д_{экв}$), мг/мл	0,63			
$ЕД_{50}$ смеси, ($Д_{эксп}$), мг/мл	0,45±0,0005			
Коэффициент комбинированного действия ($К_{кд}$)	0,71			
Стационарная фаза фаза (96 ч)				
Содержание в смеси ($Д_i$), мг/мл	0,166	0,314	0,000029	0,480029
Угнетение функции, % (E_i)	33	44	6	50
Сумма E_i,%	83			
Доза эквивалентная ($Д_{экв}$), мг/мл	0,87			
$ЕД_{50}$ смеси, ($Д_{эксп}$), мг/мл	0,48±0,0004			
Коэффициент комбинированного действия ($К_{кд}$)	0,55			

Результаты изучения и оценки комбинированного действия смеси нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А в остром и хроническом экспериментах на *T. pyriformis* показали, что наиболее существенный вклад в реализацию токсического эффекта вносит йодат калия. Следует отметить отсутствие кумулятивных свойств ($К_{кум}$ 2,60) и снижение токсического эффекта смеси в хроническом эксперименте по мере вступления популяции в стационарную фазу роста.

Безвредность нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А при разных уровнях внесения в среду культивирования, сбалансированную по содержанию пищевых веществ

На *T. pyriformis* проводили оценку рациона, составленного на основе натуральных пищевых продуктов без добавления (контроль) и с добавлением ксенобиотиков (опыт). Компонентами рациона являлись консервы мясные для питания детей раннего возраста (с 6 месяцев) «Говядина» производства фирмы «HAME» (Россия), хлопья «4 вида зерновых» (рожь, пшеница, ячмень, овес) производства фирмы «NORDIC» (Финляндия).

С использованием этих компонентов приготовлена пищевая смесь, сбалансированная по содержанию основных пищевых веществ. Соотношение белков, жиров и углеводов — 1:0,6:4; животных и растительных белков — 1:1. На основе пищевой смеси приготовлена среда для культивирования *T. pyriformis* № 1, обеспечивающая умеренный рост популяции и среда № 2, обеспечивающая ее максимальный рост. Содержание белка в среде № 1 (2 мг/мл) эквивалентно суточному потреблению 40 г, в среде № 2 (4 мг/мл) — суточному потреблению 80 г (таблица 3).

Таблица 3 — Пищевая и энергетическая ценность среды культивирования на основе детского питания (консервы «Говядина» и хлопья «4 вида зерновых»

Показатель	Среда № 1	Среда № 2
Белки, мг/мл	2,0	4,0
Жиры, мг/мл	1,2	2,4
Углеводы, мг/мл	8,0	16,0
Энергетическая ценность, кал/мл	50	100
Соотношение «белки:жиры:углеводы»	1:0,6:4	1:0,6:4

Йодат калия, нитрит натрия и охратоксин А в среду культивирования № 1 (опыт) вносили в количестве, эквивалентном медиане суточного потребления. В среду культивирования № 2 (опыт) — в количестве, эквивалентном 90 процентили суточного потребления (таблица 4).

Таблица 4 — Содержание ксенобиотиков в среде культивирования *T. pyriformis*

Ксенобиотики	Среда № 1, медиана	Среда № 2, 90 процентиль
Йодат калия, мг/мл	10^{-5}	10^{-4}
Нитрит натрия, мг/мл	10^{-5}	10^{-4}
Охратоксин А, мг/мл	$2{,}4\times10^{-8}$ мг/мл	6×10^{-8} мг/мл

В среду культивирования № 1 и № 2 контрольных образцов ксенобиотики не вносились. Каждый образец исследовали в 6 повторностях.

Анализ роста популяции *T. pyriformis* в среде культивирования № 1 и № 2 на протяжении жизненного цикла показал, что этапы ее жизнедеятельности составляют четко разграниченные лаг-фазу, логарифмическую фазу роста, когда скорость роста достигает максимальной величины, через 72 ч скорость роста замедляется, численность популяции достигает максимума и сохраняется на том же уровне к 96 ч (таблица 5).

Показатели жизнедеятельности *T. pyriformis* (скорость роста, время генерации, число поколений) в среде культивирования № 1, содержащей ксенобиотики в концентрации, эквивалентной медиане суточного потребления, претерпели фазовые колебания по отношению к этим показателям в среде культивирования № 1 контрольного образца на этапах интерфазной активности.

Таблица 5 — Жизнедеятельность *T. pyriformis* в среде культивирования на основе натуральных продуктов

Показатель	Время инкубирования, ч			
	24	48	72	96
Среда № 1 (контроль)				
Скорость роста	0,1095±0,00175	0,0990±0,00080	0,0710±0,00038	0,0530±0,00084
Время генерации	6,337±0,1997	7,004±0,0568	9,762±0,0516	13,094±0,2072
Число поколений	3,792±0,0605	6,856±0,0554	7,377±0,0391	7,341±0,1161
Численность популяции	28000±1195	232500±8857	333000±9099	329500±26330
Биотический потенциал	0,58±0,040	2,42±0,093	2,31±0,063	1,72±0,138
Коэффициент адаптогенности	1,00 ± 0,033			
Среда № 1 (опыт)				
Скорость роста	0,128±0,0080*	0,0959±0,00038*	0,0694±0,00047*	0,05199±0,00053
Время генерации	5,427±0,1142*	7,229±0,02823*	9,988±0,05589*	13,340±0,1367
Число поколений	4,438±0,1137*	6,640±0,0261*	7,210±0,0484*	7,200±0,0731
Численность популяции	44000±3347*	200000±3676*	297000±10010*	296000±14629
Показатель	Время инкубирования, ч			
	24	48	72	96
Биотический потенциал	0,92±0,069*	2,08±0,061*	2,06±0,069*	1,54±0,077
Коэффициент адаптогенности	0,91±0,022*			
Среда № 2 (контроль)				
Скорость роста	0,1296±0,00191	0,1072±0,00080	0,0823±0,00039	0,0616±0,00018
Время генерации	5,352±0,0773	6,469±0,0483	8,426±0,0398	11,244±0,0332
Число поколений	4,487±0,0660	7,421±0,0554	8,545±0,0404	8,538±0,0251
Численность популяции	45000±2121	343500±13219	748000±22119	744000±12787
Биотический потенциал	0,94±0,062	3,58±0,062	5,19±0,206	3,87±0,092
Коэффициент адаптогенности	1,00 ± 0,033			
Среда № 2 (опыт)				
Скорость роста	0,1275±0,00142	0,1066±0,00085	0,0785±0,00005*	0,0609±0,00009*
Время генерации	5,438±0,0613	6,500±0,0513	8,825±0,0023*	11,385±0,0164*
Число поколений	4,415±0,0493	7,386±0,0585	8,159±0,0049*	8,432±0,0121*
Численность популяции	43000±1436	335000±13768	571500±1936*	691000±5788*
Биотический потенциал	0,88±0,029	3,49±0,143	3,97±0,013*	3,60±0,042*
Коэффициент адаптогенности	0,87±0,005*			

В лаг-фазе биотический потенциал и численность популяции в опыте увеличились в 1,6 раза по сравнению с контролем ($p<0,01$). На остальных этапах жизненного цикла в среде № 1, содержащей ксенобиотики, он снизился по сравнению с контролем: через 48 ч на 14%, через 72 ч — на 11% ($p<0,05$), через 96 ч — на 10% ($p<0,05$). Количественная оценка адаптационных колебаний численности популяции в среде культивирования, содержащей йодат калия, нитрит натрия и охратоксин А в концентрациях, соответствующих медиане суточного потребления, выявила снижение адаптационного потенциала популяции на 9% по отношению к контролю ($p<0,05$) (таблица 5).

В среде культивирования № 2, содержащей йодат калия, нитрит натрия и охратоксин А в концентрациях, эквивалентных 90 процентили суточного потребления, биотический потенциал популяции снизился по отношению к контролю на всех этапах интерфазной активности. Через 72 и 96 ч экспозиции изменение показателей жизнедеятельности популяции в среде с ксенобиотиками были статистически достоверными по отношению к контролю. Через 72 ч численность и биотический потенциал популяции снизились на 24% по сравнению с контролем ($p<0,001$), через 96 ч — на 7% ($p<0,05$). Адаптационный потенциал популяции *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде, содержащей йодат калия, нитрит натрия и охратоксин А в концентрациях, эквивалентных 90 процентили суточного потребления, снизился по отношению к контролю на 13% ($p<0,001$) (таблица 5).

Заключение. Комбинированное действие смеси нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А по токсикологическому параметру ($ЛД_{50}$) характеризуется потенцированием токсического эффекта в 1,52 раза, а по функциональному показателю (угнетение генеративной функции в хроническом эксперименте) — снижением токсического эффекта на этапах интерфазной активности популяции *T. pyriformis*: от действия более, чем аддитивного (потенцирование) в лаг-фазе, аддитивного (суммация) в логарифмической фазе и менее, чем аддитивного (антагонизм), в фазе замедленного роста и стационарном состоянии.

Комбинированное действие охратоксина А, нитрита натрия и йодата калия на популяцию *T. pyriformis*, внесенных в среду культивирования на основе натуральных пищевых продуктов в концентрациях, соответствующих среднему уровню алиментарной нагрузки, характеризовалось снижением биотического и адаптационного потенциала популяции на 11 и 9% соответственно ($p<0,05$), а в концентрациях, соответствующих высокому уровню алиментарной нагрузки, — снижением биотического и адаптационного потенциала популяции на 24% и 13% ($p<0,05$).

Литература

1. Инструкция по гигиенической оценке химических веществ, многокомпонентных смесей и полимерных материалов на Tetrahymena pyriformis: утв. 11.07.2002, № 20-0102 / авт.-сост. А.С. Богдан / МЗ РБ. – Минск, 2002. – 63 с.

2. Постановка экспериментальных исследований по изучению характера комбинированного действия химических веществ с целью разработки профилактических мероприятий: метод.указания: утв. 06.12.85, № 4050–85 / МЗ СССР. – М., 1987. – 47 с.

3. Богдан, А.С. Экстраполяция результатов оценки биологически активных веществ на Tetrahymena pyriformis на теплокровных животных и человека / А.С. Богдан // Актуальные проблемы научного обеспечения санитарно-эпидемического благополучия населения и пути их реализации: материалы объединенного Пленума Респ. проблемной комиссии по гигиене и Правления научного общества гигиенистов / Под ред. В.П. Филонова, С.М. Соколова. – Минск: Респ. центр гигиены и эпидемиологии, 2000. – С. 106–107.

4. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц; пер. с англ. – М.: Практика, 1998. – 459 с.

THE TOXICITY AND HARMLESSNESS OF SODIUM NITRITE, POTASSIUM IODATE AND OCHRATOXIN A AT THE COMBINED EFFECT ON TETRAHYMENA PYRIFORMIS

Bogdan A.S, Bondaruk A.M. Žurihina L.N., Fedorenko E.V., Svintilova T.N.,
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The combined effect of the mixture of sodium nitrite, potassium iodate and ochratoxin A by toxicology parameter (DL_{50}) is characterised by potentiation of the toxic effect at 1,52, and byfunctional index (inhibition of generative function at chronic experiment) by reduction of the toxic effect on the stages of the interphase activity of the population of T. pyriformis: from the action of more than additive (potentiation) in a lag phase, additive (summation) in a logarithmic phase and less than additive (antagonism) in a phase of slow growth and steady state.

Ochratoxin A, sodium nitrite and potassium iodate which were included in the balanced medium of T. pyriformis cultivation based of natural food substances in concentrations, iso effective to the middle and the high level of alimentary load, reduced the biotic and the adaptation potential of the population to 24%.

Keywords: nitrite, iodine, ochratoxin A, combinedeffect, T. pyriformis.

Поступила 02.07.2013

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ НА *TETRAHYMENA PYRIFORMIS* БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ И БЕЗВРЕДНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Богдан А.С., Бондарук А.М., Цыганков В.Г.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Обоснованы методические подходы к оценке безвредности и биологической ценности пищевой продукции на *Tetrahymena pyriformis,* заключающиеся в разбивке пищевой продукции на группы с близким нутриентным составом и энергетической ценностью; в определении баланса этих групп продуктов в суточных рационах различной энергетической ценности, в составлении таблиц для расчета концентраций продуктов в среде культивирования *T. pyriformis*, соответствующих различным уровням потребления продуктов населением. Разработаны и экспериментально апробированы два варианта стандарта сравнения, необходимого при изучении биологической ценности и безвредности пищевых продуктов на *T. pyriformis*.

Ключевые слова: пищевая продукция, безвредность, биологическая ценность, методы оценки, биотестирование, *T. pyriformis*.

Введение. По экспертным оценкам, одним из приоритетных направлений развития науки и технологий на период до 2030 г. является развитие фундаментальных и прикладных исследований по медико-биологической оценке безопасности новых и традиционных источников пищи [1].

Проблема безопасности пищевых продуктов в настоящее время находится в центре внимания не только мировой общественности, но и политиков, и государственных чиновников. Это объясняется не только тем, что с фактором питания связано состояние здоровья отдельного человека и популяции в целом, но и тем, что вопросы безопасности пищевых продуктов имеют существенное значение для мировой торговли.

С гигиенических позиций качество продуктов питания включает в себя 3 основных компонента [2]:

1) пищевая ценность продуктов питания, которая предусматривает насыщенность их жизненно важными веществами, обеспечивающими потребность человеческого организма в энергии, пищевых, пластических и биологически активных веществах. При достижении оптимальной структуры питания обеспечиваются высокая работоспособность и первичная профилактика многих заболеваний (сердечно-сосудистых, атеросклероза, онкологических и др.), повышается иммунная резистентность и усиливается защита от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды;

2) безопасность продуктов питания, поскольку пища может быть основным носителем и источником потенциально опасных химических и биологических агентов. В связи с этим разработаны стандарты безопасности — предельно допустимые концентрации и другие регламенты, соблюдение которых обеспечивает безопасность пищевых продуктов для человека;

3) высокие потребительские свойства продуктов питания, которые придают им соответствующий цвет, запах, вкус, внешний вид.

Высокое качество пищевых продуктов должно предусматривать соблюдение всех 3 компонентов, но одним из основных принципов формирования качества продовольственных товаров является их безопасность [2].

В системе управления качеством пищевой продукции основой для выработки необходимых управляющих решений является количественная оценка уровня качества. Методы определения показателей качества пищевой продукции делятся на измерительные, регистрационные, органолептические и счетные. Измерительные методы, в свою очередь, подразделяются на физические, химические, биологические, микробиологические.

Биологические методы используют для определения пищевой и биологической ценности продукции. Их подразделяют на физиологические и микробиологические. Физиологические методы применяют для установления степени усвоения и переваривания питательных веществ, безвредности, биологической ценности. Микробиологические методы применяют для определения степени обсемененности продукции различными микроорганизмами.

В гигиеническом отношении продукция должна быть безопасной и безвредной. Для оценки безопасности пищевой продукции на современном этапе широкое распространение находят такие инструментальные методы как инфракрасная спектрометрия (ИКС), газовая хроматография, высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), хромато-масс-спектрометрия, атомно-абсорбционная спектрометрия, фотометрия, капиллярный электрофорез.

Сдерживающим фактором загрязнения пищевой продукции ксенобиотиками являются гигиенические регламенты. Гигиенические регламенты, установленные для контаминантов пищевой продукции и для пищевых добавок, в сочетании с высокочувствительными унифицированными аналитическими методами контроля в какой-то степени обеспечивают их безопасность для потребителя, но не гарантируют ее полностью. Это обусловлено тем, что в организм человека с пищей поступает практически непрогнозируемая совокупность разнообразных веществ: токсичные элементы, пестициды, диоксины, пищевые добавки, ароматизаторы, биологически активные вещества растений и др. Все они находятся в сложных и разнообразных связях друг с другом и с пищевыми веществами продукта. В данном случае только при взаимодействии двух систем — продукт–организм — можно составить объективное суждение о безвредности продукта.

Для оценки безвредности некоторых видов пищевой продукции, в частности, специализированной, в качестве биологических тест-систем широко используются животные и люди. В теории доказательственной медицины такие испытания называются доклиническими (лабораторными) и клиническими. Токсикологические испытания и оценки качества пищевой продукции проводятся на стадии постановки ее на производство. Изучаются возможное канцерогенное, мутагенное действие продукции, токсичность, потенциальная аллергенность, биологическая ценность, усвояемость и другие показатели. Большинство экспериментальных испытаний продукции проводятся на грызунах (мыши, морские свинки, крысы), но могут использоваться и иные тест-системы (планарии, одноклеточные, дафнии, отдельные органы и ткани) [3].

Современные доклинические и клинические исследования пищевой продукции весьма длительны и высокозатратны, что делает их малодоступными для многих производителей. Исследования последних лет показали, что перспективным и реальным является создание таких систем контроля безопасности, в которых объединяющим началом всех измерений служат биотесты — исследование на живых модельных организмах. Биотестирование как способ получения обобщенной информации о качестве пищевой продукции, кормов сельскохозяйственных животных, объектов окружающей среды и объектов искусственного происхождения имеет высокий потенциал научного и практического применения. ВОЗ и международные медико-биологические общества не только одобряют, но и настоятельно рекомендуют и поддерживают использование методов биотестирования в экспериментальных исследованиях. На необходимость такой модернизации методов оценки качества пищевых продуктов указывает и Комитет экспертов ВОЗ и ФАО [4].

В литературе анализируются преимущества и недостатки применения альтернативных тест-объектов в токсиколого-гигиенических исследованиях. Исходя из анализа преимуществ и недостатков применения различных тест-объектов в разных областях биотестирования, в качестве перспективных моделей для широкого использования в различных областях биотестирования авторы рекомендуют простейших одноклеточных — инфузорий (*T. pyriformis, Paramecium caudatum, Stylonyc hiamytilus, Colpoda steinii*) [5].

Инфузории *T. pyriformis* с 1947 г. применяют в лабораториях мира для оценки биологической ценности белков. Основанием для выбора T. pyriformis в качестве тест-объекта для установления биологической ценности субстратов, содержащих белок, послужила ее способность использовать интактные белки. У инфузорий этого рода, как и у высших животных, наблюдаются две фазы ферментативного процесса переваривания пищи: кислая и щелочная [6]. По данным Hegedus Mihaly (1971 г.), коэффициент корреляции между показателями биологической ценности, определенными на T. pyriformis и белых крысах, составил 0,72–0,80.

В Республике Беларусь инфузории *T. pyriformis* используют в качестве тест-объекта для оценки продовольственного сырья, полученного с применением интенсивных технологий выращивания, с 70-х гг. прошлого столетия. Исследования продовольственного сырья и пищевых продуктов, проведенные параллельно на *T. pyriformis* и белых крысах в лаборатории гигиены питания и пищевой токсикологии БелНИСГИ, выявили высокую корреляцию полученных результатов (r=0,93–0,98) и показали необходимость разработки новых критериев и методов оценки их качества на одноклеточных, особенно, если продукция получена с применением химических веществ или обогащена биологически активными веществами [7].

Цель работы — обосновать методические подходы и критерии оценки на T. pyriformis биологической ценности и безвредности пищевой продукции разных групп.

Материал и методы. Объекты исследования: пищевая продукция, рационы питания. Методы исследования — обзорно-аналитический, токсиколого-гигиенический, статистический.

Результаты и их обсуждение. Анализ отечественных и зарубежных источников, а также результатов наших предыдущих исследований по медико-биологической оценке пищевой продукции, выработанной по различным технологиям, показал, что биотестирование пищевой продукции на *T. pyriformis* требует индивидуализации методических подходов к оценке безвредности и биологической ценности продукции разных групп. Важными методическими моментами при проведении испытаний являются: выбор концентраций исследуемого продукта, состава среды культивирования *T. pyriformis* на его основе и состава стандарта сравнения.

При разработке методических подходов к оценке пищевой продукции на *T. pyriformis* мы руководствовались необходимостью экстраполяции полученных результатов на человека. Поэтому учитывали суточную потребность человека в пищевых и биологически активных веществах.

Для решения поставленных задач проводили анализ химического состава пищевых продуктов. По его результатам все пищевые продукты, имеющие схожий нутриентный состав и энергетическую ценность, объединены в отдельные группы: мясные, молочные, жиры, зерно и продукты его переработки, плодоовощная продукция и отдельно картофель. Его нельзя отнести ни к зерновым — из-за низкого содержания белка, ни к группе овощей — из-за относительно высокого содержания крахмала.

По выделенным группам проанализированы суточные рационы энергетической ценностью от 2000 до 8000 ккал. Для каждой группы продуктов в составе рационов рассчитана средняя величина «ккал/г», названная «условной энергетической плотностью (УЭП)» (таблица 1).

Таблица 1 — Основные группы продуктов в составе рационов, сбалансированных по макро- и микронутриентам

Группа продуктов	Доля от массы рациона, %	Доля от энергии рациона, %	УЭП, ккал/г	Белки, г/г	Жиры, г/г	Углеводы, г/г
Мясо, рыба, морепродукты	8,0	10,0	1,41	0,17	0,08	0,00
Молочные продукты	18,0	11,0	0,68	0,04	0,03	0,04
Жиры	1,2	9,0	8,34	0,00	0,92	0,00
Продукты переработки зерна	8,0	17,0	2,29	0,09	0,02	0,43
Картофель	14,0	10,0	0,80	0,02	0,00	0,16
Овощи, зелень	14,0	3,0	0,24	0,02	0,00	0,04
Фрукты, ягоды, соки	27,0	12,0	0,47	0,005	0,00	0,10
Сахар, мед, кондитерские	10,0	28,0	3,21	0,005	0,00	0,94

С использованием величин УЭП и суточной потребности в энергии рассчитано содержание продуктов (г) в рационах с разной энергетической ценностью, а также их эквивалентное содержание (мг/мл) в среде культивирования *T. pyriformis*. Для этого применили выведенный ранее коэффициент экстраполяции (20 000) данных, полученных в экспериментах на *T. pyriformis* на теплокровных животных и наоборот (таблица 2).

Группа мясных продуктов в составе рационов характеризуется отсутствием углеводов. Поэтому при исследовании мяса и продуктов его переработки на *T. pyriformis* в среду культивирования необходимо вносить углеводы. При исследовании жиров в питательную среду для инфузорий следует вносить и углеводы, и белки. Зерновые продукты и картофель могут быть единственными источниками пищевых веществ в среде культивирования тест-объекта. При исследовании меда, кондитерских изделий среда культивирования *T. pyriformis* должна дополняться белком.

Таблица 2 — Содержание основных групп пищевых продуктов в рационах и среде культивирования *T. pyriformis*

Группа продуктов	% от энергии рациона	УЭП, ккал/г	2000 ккал			4000 ккал			6000 ккал			8000 ккал		
			ккал	г	мг/мл	ккал	г	мг/мл	ккал	г	мг/мл	ккал	г	мг/мл
Мясо, море- и рыбопродукты	10,0	1,41	200	142	7,1	400	284	14,2	600	425	21,2	800	567	28,4
Молочные продукты	11,0	0,68	220	323	16,2	440	647	32,4	660	970	48,5	880	1294	64,7
Жиры	9,0	8,34	180	22	1,1	360	43	2,2	540	65	3,25	720	86	4,3
Зерновые продукты	17,0	2,29	340	148	7,4	680	297	14,8	1020	445	22,2	1360	594	29,7
Картофель	10,0	0,80	200	250	12,5	400	500	25	600	750	37,5	800	1000	50
Овощи и зелень	3,0	0,24	60	250	12,5	120	500	25	180	750	37,5	240	1000	50
Фрукты, ягоды, соки	12,0	0,47	240	511	25,6	480	1021	51	720	1532	76,6	960	2042	102
Сахар, мед, кондитерские	28,0	3,21	560	174	8,7	1120	349	17,4	1680	523	26,2	2240	698	34,9

Пищевую продукцию исследовали на *T. pyriformis* в концентрациях, изоэффективных разным уровням суточного потребления, а также в концентрациях, обеспечивающих максимальный рост тест-объекта.

В Единых санитарных требованиях ТС приведены адекватные (АУ) и верхние допустимые уровни (ВДУ) суточного потребления пищевых и биологически активных веществ в составе рациона энергетической ценностью 2300 ккал. С использованием коэффициента экстраполяции рассчитано содержание минеральных элементов (МЭ) и витаминов в 1 мл среды культивирования *T. pyriformis*, соответствующее АУ и ВДУ потребления (таблицы 3–4).

Таблица 3 — Содержание МЭ в среде культивирования T. pyriformis, соответствующее АУ и ВДУ потребления человеком

Элемент, ион	Суточная доза для человека согласно Единым санитарным требованиям ТС		Содержание в 1 мл среды культивирования T. pyriformis	
	АУ	ВДУ	АУ	ВДУ
Кальций	1000 мг	2500 мг	0,0500 мг/мл	0,1250 мг/мл
Магний	400 мг	800 мг	0,0200 мг/мл	0,0400 мг/мл
Фосфор	800 мг	1600 мг	0,0400 мг/мл	0,0800 мг/мл
Калий	2500 мг	3500 мг	0,1250 мг/мл	0,1750 мг/мл
Натрий	1300 мг	1300 мг	0,0650 мг/мл	0,0650 мг/мл
Железо	18 мг	40 мг	0,0009 мг/мл	0,0020 мг/мл
Цинк	12 мг	25 мг	0,0006 мг/мл	0,0013 мг/мл

Окончание таблицы 3

Йод	150 мкг	300 мкг	0,0075 мкг/мл	0,0150 мкг/мл
Селен	75 мкг	150 мкг	0,0038 мкг/мл	0,0075 мкг/мл
Медь	1 мг	3 мг	0,0500 мкг/мл	0,1500 мкг/мл
Молибден	70 мкг	600 мкг	0,0035 мкг/мл	0,0300 мкг/мл
Хром	50 мкг	250 мкг	0,0025 мкг/мл	0,0125 мкг/мл
Марганец	2 мг	5 мг	0,1000 мкг/мл	0,2500 мкг/мл
Кремний	30 мг	50 мг	0,0015 мг/мл	0,0025 мг/мл
Кобальт	10 мкг	30 мкг	0,0005 мкг/мл	0,0015 мкг/мл
Фтор	4 мг	6 мг	0,2000 мкг/мл	0,3000 мкг/мл
Ванадий	15 мкг	60 мкг	0,0008 мкг/мл	0,0030 мкг/мл
Бор	2 мг	6 мг	0,1000 мкг/мл	0,3000 мкг/мл
Серебро	30 мкг	70 мкг	0,0015 мкг/мл	0,0035 мкг/мл
Алюминий	20 мг	50 мг	0,0010 мг/мл	0,0025 мг/мл

Таблица 4 — Содержание витаминов в среде культивирования *T. pyriformis*, соответствующее адекватному и верхнему допустимому уровню потребления человеком

Витамины и витаминоподобные вещества	Суточная доза для человека согласно Единым санитарным требованиям ТС		Содержание в 1 мл среды культивирования *T. pyriformis*	
	АУ	ВДУ	АУ	ВДУ
B_1 (тиамин)	1,5 мг	5 мг	0,0001 мг/мл	0,0005 мг/мл
B_2 (рибофлавин)	1,8 мг	6 мг	0,0001 мг/мл	0,0003 мг/мл
B_3 (РР, ниацин)	20 мг	60 мг	0,0010 мг/мл	0,0030 мг/мл
B_4 (холин-хлорид)	0,5 г	1 г	0,0250 мг/мл	0,0500 мг/мл
B_5 (пантотенат)	5 мг	15 мг	0,0003 мг/мл	0,0009 мкг/мл
B_6 (пиридоксин)	2 мг	6 мг	0,0001 мг/мл	0,0003 мг/мл
B_9 (B_c, фолацин)	400 мкг	600 мкг	0,0200 мкг/мл	0,0200 мкг/мл
B_{12} (кобаламин)	3 мкг	9 мкг	0,0002 мкг/мл	0,0006 мкг/мл
$B_н$ (биотин)	50 мкг	150 мкг	0,0025 мкг/мл	0,0075 мкг/мл
B_8 (инозит)	500 мг	1500 мг	0,0250 мг/мл	0,0750 мг/мл
ПАБК (парааминобензойная кислота	100 мг	300 мг	0,0050 мг/мл	0,0150 мг/мл
С (аскорбиновая кислота)	90 мг	900 мг	0,0045 мг/мл	0,0450 мг/мл
А (ретинол)	0,9 мг РЭ	3 мг РЭ	0,0450 мкг/мл	0,1500 мкг/мл
Е (токоферолы)	15 мг ТЭ	150 мг ТЭ	0,0008 мг/мл	0,0078 мг/мл
Д (кальциферол)	10 мкг (400 МЕ)	15 мкг (600 МЕ)	0,0005 мкг/мл	0,0008 мкг/мл
К (филлохиноны)	120 мкг	360 мкг	0,0060 мкг/мл	0,0180 мкг/мл

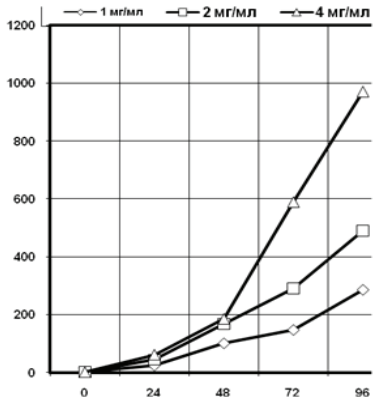
При исследовании биологической ценности пищевых продуктов в качестве внутреннего стандарта обычно используют казеин — общепринятый в международной практике исследований эталон сравнения и пересчета. Использование казеина в эксперименте имеет некоторые сложности технического характера. Поэтому мы исследовали рост *T. pyriformis* в средах культивирования, содержащих в качестве белкового компонента помимо казеина альбумин человеческой сыворотки, молочный белок копреципитат, пептон казеиновый. Углеводной составляющей среды культивирования служили глюкоза, крахмал, мальтодекстрин. Источником витаминов являлся дрожжевой экстракт или смесь витаминов. В среду культивирования вносились также минеральные элементы.

Согласно правилам рационального питания содержание белков и углеводов в рационе человека в пропорции 1:4 является оптимальным.

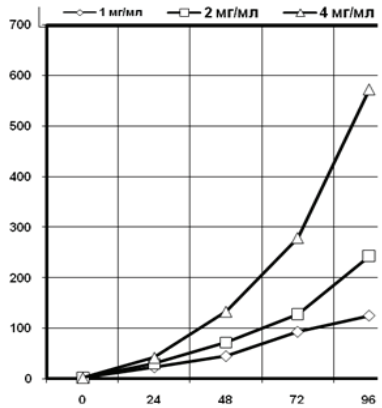
Изучено влияние состава среды культивирования на рост *T. pyriformis* при содержании белков углеводов в пропорции 1:4. В состав среды № 1 входили казеин (белковый компонент), глюкоза (источник углеводов), МЭ, дрожжевой экстракт (источник витаминов). В среде № 2 источником углеводов являлся крахмал, а вместо витаминов взята смесь водо- и жирорастворимых витаминов, кроме этого, в среду вносили жир (смесь свиного жир и подсолнечного масла). В состав сред № 3 и № 4 входили глюкоза, МЭ, витамины, но источником белка в среде № 3 являлся копреципитат, а в среде № 4 — пептон казеиновый. Рост популяции во всех случаях исследовался при концентрации белка 1, 2, 4 мг/мл (рисунок 1).

Графический анализ кривых роста популяции *T. pyriformis* на протяжении жизненного цикла не выявил какие-либо патологические отклонения во всех средах культивирования. Максимальный рост наблюдался при концентрации белка в питательной среде 4 мг/мл. Но в случае, когда источником витаминов в среде культивирования являлся дрожжевой экстракт (среда № 1), рост популяции происходил на более высоком уровне, чем в средах № 2, 3, 4, содержащих смесь синтезированных витаминов. Источником углеводов в средах № , 4, как и в среде № 1, была глюкоза, в среде № — крахмал. Следовательно, можно предположить, что причиной более низкой генеративной активности *T. pyriformis* в средах № 2, 3, 4 являются синтезированные витамины (рисунок).

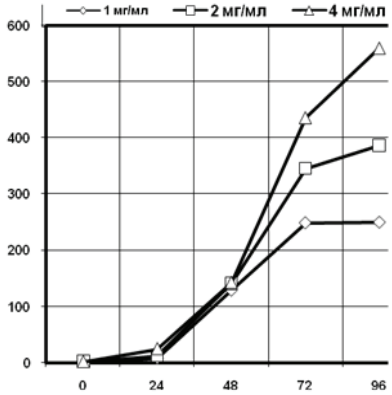
Нарастание численности популяции в средах № 2 (источник белка казеин) и № 4 (источник белка пептон казеиновый) происходит с одинаковой скоростью. В среде № 3 (источник белка копреципитат) численность популяции была вдвое выше, чем в средах № 2 и 4. Через 96 ч инкубации, при вступлении популяции в стационарную фазу роста численность ее в средах № 2, 3, 4 при содержании белка 4 мг/мл находилась на одном уровне (рисунок).



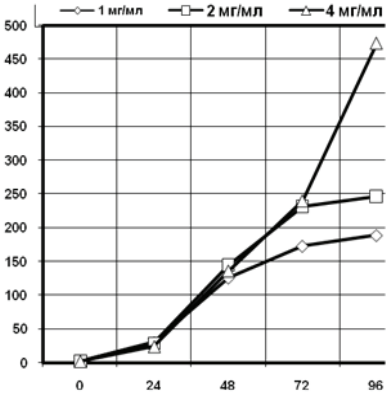
Состав среды: казеин, глюкоза, МЭ, дрожжевой экстракт № 1



Состав среды: казеин, крахмал, МЭ, витамины № 2



Состав среды: копреципитат, глюкоза, МЭ, витамины № 3



Состав среды: пептон казеиновый, глюкоза, МЭ, витамины № 4

Рисунок — Рост популяции *Tetrahymena pyriformis* в среде культивирования разного состава с концентрацией белка 1, 2, 4 мг/мл. Соотношение белков и углеводов в среде 1:4

Инфузории во всех исследованных средах не имели видимые морфологические и функциональные нарушения. В среде с витаминами однородность культуры сохранялась при многократных пересевах на ту же среду. Наличие жира в среде № 2 не оказало видимого влияния на рост инфузорий.

Проведенный анализ показал, что в качестве стандартного белка при исследовании биологической ценности и безвредности пищевой продукции можно использовать наряду с казеином молочный белок копреципитат и пептон казеиновый. Предлагается использовать два стандарта.

Состав стандарта № 1: белок (казеин, копреципитат, пептон), углеводы (глюкоза, крахмал, мальтодекстрин), МЭ, дрожжевой экстракт.

Состав стандарта № 2: белок (казеин, копреципитат, пептон), углеводы (глюкоза, крахмал, мальтодекстрин), МЭ, витамины.

Выбор стандарта зависит от состава исследуемого продукта и от цели эксперимента, так стандарт № 2 следует использовать при биотестировании витаминосодержащих специализированных пищевых продуктов.

Заключение. Обоснованы методические подходы к оценке безвредности и биологической ценности пищевой продукции на *T. pyriformis,* заключающиеся в разбивке пищевой продукции на группы с близким нутриентным составом и энергетической ценностью; в определении баланса этих групп продуктов в суточных рационах различной энергетической ценности, в составлении таблиц для расчета концентраций продуктов в среде культивирования *T. pyriformis*, соответствующих различным уровням потребления продуктов населением. Разработаны и экспериментально апробированы два варианта стандарта сравнения, необходимого при изучении биологической ценности и безвредности пищевых продуктов на *T. pyriformis*.

Литература

1. Актуализированный долгосрочный прогноз развития направлений фундаментальных исследований в Российской Федерации на период до 2030 г. – М.: ИПРАН, 2013. – 52 с.

2. Онищенко, Г.Г. Качество продуктов питания: гигиенические требования, стандарты качества / Г.Г. Онищенко // Вопр. питания. – 2004. – № 3. – С. 9–13.

3. Научно-практический комментарий к Федеральному закону «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (постатейный) [Электронный ресурс]. – 24.02.2013. – 16 с. – Режим доступа: http://tso.su/doc/komment.doc. — Дата доступа: 15.04.2013.

4. Трахтенберг, И.М. Приоритетные аспекты экспериментальных исследований безопасности лекарственных средств / И.М. Трахтенберг, Н.В. Кокшарева // Совр. пробл. токсикологии. – № 1. – С. 4–10.

5. Виноходов, Д.О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий: автореф. дис. … д-ра биол. наук: 03.00.23 / Д.О. Виноходов. – СПб., 2007. – 40 с.

6. Dunn, M.S. Biological value of proteins determined with Tetrahymena gelei. A. / M.S. Dunn, .B. Rockland. // Proc. Soc. Biol. Med. – 1947. – Vol. 64. – P. 377–379.

7. Изучение качества продукции растениеводства, выращенной в условиях интенсификации производства и техногенного загрязнения окружающей среды / А.С. Богдан [и др.]. // Современная методология решения научных проблем гигиены: сб. науч. тр. – Минск, 1992. – С. 216–230.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF BIOLOGICAL VALUE AND HARMLESSNESS OF FOOD PRODUCTS WITH T. PYRIFORMIS

Bogdan A.S., Bondaruk A.M., Tsygankov V.G.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

Summary. Methodological approaches to the assessment of harmlessness and biological value of food products with *T. pyriformis* which consist in dividing of food products into groups with similar nutritious structure and food energy; in finding the balance of these groups of products in daily rations with various food energy, in tabulation for the calculation of product concentrations in the cultivation medium.

Keywords: food products, harmlessness, biological value, assessment methods, biotesting, *T. pyriformis*.

Поступила 02.07.2013

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ НА *T. PYRIFORMIS* БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ И БЕЗВРЕДНОСТИ ЗЕРНА ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР

Бондарук А.М., Богдан А.С., Долгина Н.А., Свинтилова Т.Н.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Разработан метод определения биологической ценности и безвредности зерна злаковых культур на *T. pyriformis*, учитывающий удельную энергетическую плотность зерновых в суточном рационе человека,их долю от массы и энергии рациона, с экстраполяцией результатов на содержание зерна в среде культивирования *T. pyriformis*. По результатам исследования на T. pyriformis зерна ржи, пшеницы, ячменя и овса установлено, что наиболее высокой биологической ценностью, по отношению к стандартному белку характеризуется зерно овса (147%), затем ячменя (112%), ржи (86%) и пшеницы (65%).

Ключевые слова: зерно злаковых культур, биологическая ценность, безвредность, оценка на *T. pyriformis*.

Введение. Зерновые продукты — основа питания человека. В пищевом рационе населения большинства стран мира они составляют 50% и более от его суточной энергетической ценности. Для человека зерновые продукты являются главным источником растительного белка и углеводов, витаминов группы В и минеральных солей.

Интенсификация сельскохозяйственного производства, внедрение новых технологий хранения и переработки зерна обусловливают необходимость оценки качества зерна и пищевых продуктов на его основе. Наиболее объективным критерием пищевой ценности и безвредности продуктов является живой организм. В последние годы в качестве биотестов особую популярность стали приобретать одноклеточные простейшие — инфузории.

Цель работы — совершенствование методических подходов к оценке безвредности и биологической ценности зерна злаковых культур на *T. pyriformis*.

Материал и методы. Объекты исследования: зерно озимых ржи, пшеницы, ячменя и овса урожая 2012 г., выращенных в Беларуси. Зерно приобретено в ИП «Яриго Олег» г. Минска. Продается как диетический продукт для проращивания.

В ориентировочном эксперименте исследован рост *T. pyriformis* в среде культивирования, содержащей возрастающие количества зерна. Зерно промывали этанолом, высушивали и измельчали сначала в лабораторной зерновой мельнице дважды по 5 мин, затем в истирателе вибрационном ИВ-1 в течение 25 мин. Измельченное зерно просеивали через сито с величиной ячеек 200 мкМ. На дистиллированной воде готовили гомогенаты с содержанием в 1 мл 10, 20, 40. 60, 80 и 100 мг измельченного зерна, pH доводили до 7,2. Гомогенаты разливали по 10 мл в 50-милиметровые конические стерильные колбочки с ватно-марлевыми пробками. Каждую пробу исследовали 3 раза. Колбочки выдерживали в течение 30 мин при 85°С. После охлаждения в каждую колбочку вносили по 20 000 (2000/мл) инфузорий *T. pyriformis* в стационарной фазе роста. Пробы 96 ч выдерживали в инкубаторе при температуре 25±0,1°С. Регистрацию состояния инфузорий и подсчет организмов осуществляли на следующих этапах жизненного цикла популяции: через 24 ч (лаг-фаза), 48 ч (логарифмическая фаза), 72 ч (фаза замедленного роста) и 96 ч (стационарная фаза). Оценивали состояние организмов, наличие гибели, характер роста популяции.

Графический анализ кривой роста популяции в среде, содержащей зерно ржи, пшеницы и ячменя показал, что наибольшей численности популяция достигает через 96 ч инкубации. В пределах концентраций 10–40 мг/мл численность популяции нарастает пропорционально увеличению концентрации зерна в среде культивирования. С увеличением концентраций зерна рост популяции замедляется. В среде на основе ржи пик численности популяции соответствует концентрациям 40–60 мг/мл, пшеницы — 40–100 мг/мл, ячменя и овса — 80 мг/мл (рисунок 1).

Исходя из потребления продуктов переработки зерна с рационом, рассчитали содержание зерна в среде культивирования *T. pyriformis*. При этом учитывали такие критерии, как условная энергетическая плотность (2,29 ккал/г), доля зерновых от массы (8%) и энергии рациона (17%). Расчет проводили для рационов с энергетической ценностью 2000, 4000 и 8000 ккал (таблица 1).

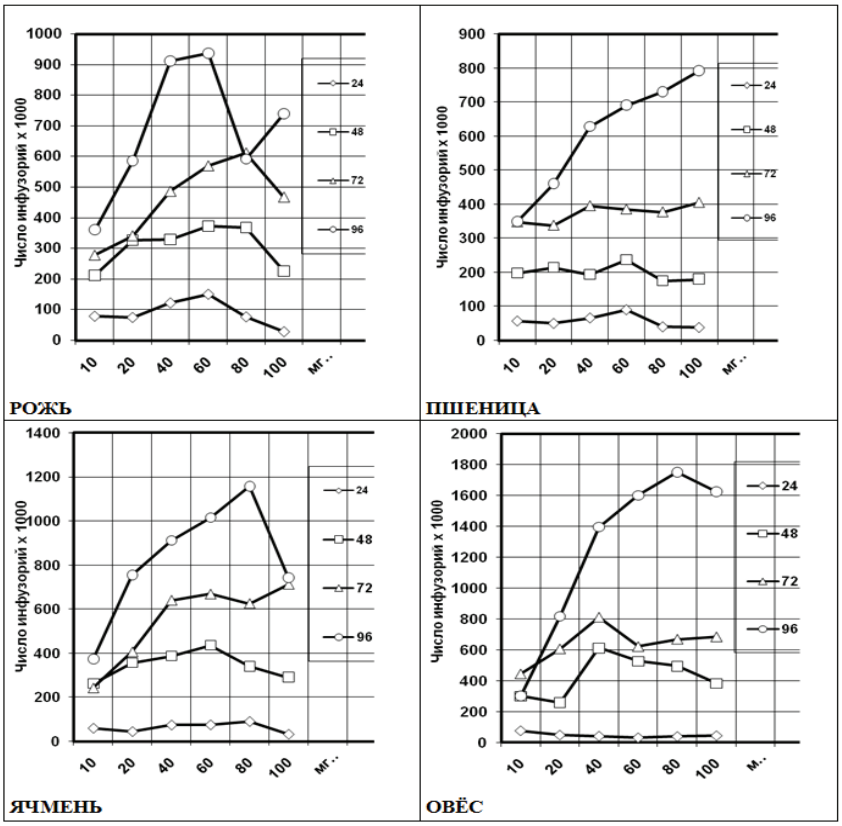


Рисунок 1 — Рост популяции *Tetrahymena pyriformis* в среде культивирования, содержащей рожь, пшеницу, ячмень и овёс в разных концентрациях

Таблица 1 — Содержание зерна в среде культивирования *T. pyriformis,* исходя из потребления продуктов переработки зерна с рационом разной энергетической ценности

Энергетическая ценность рациона, ккал	Доля в рационе		Содержание в культуральной среде	
	ккал	г	мг/мл	кал/мл
2000	340	148	7,4	17
4000	680	297	14,8	34
8000	1360	594	29,7	68

С учетом содержания основных пищевых веществ в зерне злаковых культур (таблица 2) рассчитана пищевая и энергетическая ценность среды культивирования *T. pyriformis* на основе зерна (таблица 3).

Таблица 2 — Содержание основных пищевых веществ в зерне злаковых культур [1]

Зерновые	Белки, г/100 г	Жиры, г/100 г	Углеводы, г/100 г	Энергетическая ценность, ккал/100 г
Рожь	9,9	2,2	55,5	287
Пшеница	11,2	2,1	56,4	290
Ячмень	10,3	2,4	49,4	264
Овес	10,0	6,2	37,6	250

Таблица 3 — Пищевая и энергетическая ценность среды культивирования *T. pyriformis* на основе зерна злаковых культур

Зерно, мг/мл	Белки, мг/мл	Жиры, мг/мл	Углеводы, мг/мл	кал/мл
7,5	0,75	0,225	3,75	20
15	1,50	0,45	7,50	40
30	3,00	0,90	15,00	80
40	4,00	1,20	20,00	108

Таким образом, для исследования биологической ценности и безвредности зерна и продуктов его переработки на *T. pyriformis* содержание продукта в среде культивирования должно составлять 7,5, 15, 30 и 40 мг/мл (количество белка в среде при этом составит 0,75, 1,5, 3,0 и 4,0 мг/мл). Такое содержание зерна в среде культивирования *T. pyriformis* при экстраполяции на человека соответствует его суточному потреблению 150, 300, 600 и 800 г.

Анализировали показатели, характеризующие безвредность зерна: скорость роста, время генерации, число поколений популяции, биотический потенциал (БП). Биологическую ценность зерна оценивали по отношению к стандартному белку,

рассчитывая показатель «стандартизованная относительная биологическая ценность» (СОБЦ%), а также показатель «коэффициент эффективности белка» (КЭБ). Экспериментальные данные обрабатывали статистически с определением средней арифметической каждого вариационного ряда, среднего квадратичного отклонения, стандартной ошибки, коэффициента вариации, критерия Стьюдента. При уровне значимости менее 0,05 различия средних арифметических показателей безвредности и биологической ценности считали статистически достоверными [2].

Результаты и их обсуждение. Биологическую оценку зерна и продуктов его переработки осуществляли по отношению к стандартному белку казеину. Содержание белка в среде культивирования, содержащей казеин, составляло 1, 2, 4 мг/мл при соотношении «белки – углеводы) 1:4. Источником углеводов являлась глюкоза, витаминов — дрожжевой экстракт.

Скорость роста популяции, произраставшей в средах, содержащих белок во всех исследованных концентрациях, наиболее высокой была через 24 ч инкубации и снизилась к 96 ч. Численность популяции нарастала плавно в течение 48 ч инкубации. Показатели жизнедеятельности популяции в среде, содержащей белок в концентрациях 2 и 4 мг/мл, рассчитанные через 48 ч инкубации, были близкими. На этапах 72 ч и 96 ч резко возрос биотический потенциал популяции в среде с концентрацией белка 4 мг/мл, превысив биотический потенциал популяции в среде с концентрацией белка 2 и 1 мг/мл в 2 и 4 раза соответственно (таблица 4).

Таблица 4 — Жизненный цикл T. pyriformis, культивируемой в стандартной среде

Концентрация, мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
Константа скорости роста				
1	0,105±0,0050	0,082±0,0015	0,060±0,0003	0,050±0,00005
2	0,130±0,0005	0,092±0,0011	0,069±0,0003	0,057±0,00012
4	0,143±0,0008	0,094±0,0003	0,079±0,0002	0,064±0,00006
Время генерации				
1	6,62±0,319	8,51±0,163	11,62±0,063	13,78±0,100
2	5,34±0,022	7,51±0,087	10,03±0,040	12,10±0,026
4	4,84±0,026	7,34±0,020	8,78±0,026	10,76±0,010
Число поколений				
1	3,64±0,171	5,64±0,110	6,20±0,033	6,97±0,007
2	4,49±0,018	6,39±0,074	7,18±0,029	7,94±0,017
4	4,95±0,027	6,54±0,018	8,20±0,024	8,92±0,009
Численность популяции				
1	25000±2900	101000±7900	147000±3300	250000±1150
2	45000±570	169000±8700	290000±5800	490000±5800
4	62000±1150	186000±2300	589000±9700	970000±5800
Биотический потенциал				
1	0,53±0,061	1,05±0,082	1,02±0,024	1,30±0,006
2	0,94±0,012	1,76±0,092	2,01±0,040	2,55±0,029
4	1,29±0,023	1,94±0,024	4,09±0,062	5,05±0,029

При анализе состояния популяции *T. pyriformis*, произраставшей в среде культивирования, содержащей зерно ржи, пшеницы, ячменя и овса в концентрациях, соответствующих суточному потреблению зерновых продуктов в количестве 150, 300, 600 и 800 г, не выявлены какие-либо морфологические и функциональные нарушения у отдельных особей. Инфузории были нормальной грушевидной формы, нормального размера, равномерно заполняли всю каплю, имели нормальный характер движения. На протяжении жизненного цикла популяции не отмечена гибель организмов.

Анализ показателей жизнедеятельности популяции *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде, содержащей рожь, показал, что скорость роста, время генерации, число поколений изменялись соответственно прохождению популяцией стадий жизненного цикла и концентрации зерна в среде культивирования. В среде культивирования, содержащей зерно ржи в концентрациях 30 и 40 мг/мл, биотический потенциал популяции и ее численность не имели резких различий (таблица 5).

Таблица 5 — Жизненный цикл T. pyriformis, культивировавшейся в среде на основе ржи

Концентрация, мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
Константа скорости роста				
7,5	0,115±0,0022	0,097±0,0004	0,067±0,0010	0,052±0,0003
15	0,129±0,0014	0,106±0,0009	0,072±0,0004	0,059±0,0003
30	0,121±0,0023	0,106±0,0007	0,079±0,0003	0,064±0,0002
40	0,108±0,0037	0,106±0,0003	0,076±0,0001	0,063±0,0002
Время генерации				
7,5	6,02±0,002	7,17±0,031	10,38±0,147	13,20±0,072
15	5,38±0,059	6,53±0,054	9,60±0,058	11,72±0,060
30	5,73±0,059	6,55±0,044	8,78±0,030	10,92±0,033
40	6,43±0,210	6,52±0,020	9,08±0,009	11,04±0,044

Окончание таблицы 5

Число поколений				
7,5	4,00±0,076	6,69±0,029	6,94±0,100	7,27±0,039
15	4,46±0,050	7,35±0,061	7,50±0,044	8,19±0,041
30	4,20±0,081	7,33±0,049	8,20±0,028	8,79±0,026
40	3,75±0,128	7,37±0,023	7,93±0,008	8,69±0,035
Численность популяции				
7,5	32000±1760	207000±4100	249000±18200	310000±8300
Концентрация, мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
15	44000±1580	327500±13400	363500±10700	585000±16700
30	37000±2140	322500±11200	588000±11500	887500±16200
40	27500±2620	330000±5200	487000±2600	830000±20200
Биотический потенциал				
7,5	0,53±0,036	2,16±0,043	1,73±0,127	1,61±0,043
15	0,92±0,033	3,41±0,139	2,53±0,074	3,05±0,088
30	0,77±0,045	3,56±0,148	4,08±0,030	4,62±0,084
40	0,57±0,055	3,44±0,055	3,38±0,020	4,32±0,107

Скорость роста популяции *T. pyriformis*, культивируемой в среде на основе пшеницы, в лаг-фазе была выше по сравнению с популяцией, культивируемой в среде, содержащей рожь. На последующих этапах жизненного цикла популяции отмечалось снижение скорости роста популяции более выраженное, чем у ржи. Соответственно снизился ее биотический потенциал и численность. Однако эти изменения не носили патологический характер для популяции, культивируемой в среде на основе пшеницы, и свидетельствуют лишь о более низкой пищевой ценности продукта, а не о присутствии в нем ксенобиотиков (таблица 6).

В среде культивирования, содержащей 7,5, 15, 30 и 40 мг/мл зерна ячменя и овса, биотический потенциал популяции *T. pyriformis* повышался по мере увеличения концентрации зерна в среде на всех этапах жизненного цикла популяции. Показатели жизнедеятельности популяции *T. pyriformis*, культивируемой в среде на основе ячменя и овса, соответствовали концентрации зерна и стадии жизненного цикла популяции без патологических отклонений. Численность популяции в среде, содержащей ячмень в концентрациях 30 и 40 мг/мл, была более высокой, чем в среде на основе ржи в тех же концентрациях. Наиболее высокий биотический потенциал имела популяция, культивировавшаяся в среде на основе овса. Численность популяции в среде, содержащей овес в концентрации 40 мг/мл, в 1,5 раза превышала численность популяции в стандартной среде (таблицы 7, 8).

Таблица 6 — Жизненный цикл *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде на основе пшеницы

Концентрация, мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
Константа скорости роста				
7,5	0,123±0,0013	0,086±0,0008	0,062±0,0006	0,050±0,0006
15	0,124±0,0016	0,090±0,0011	0,068±0,0006	0,054±0,0004
30	0,111±0,0023	0,094±0,0003	0,068±0,0004	0,060±0,0002
40	0,146±0,0011	0,095±0,0018	0,073±0,0004	0,060±0,0002
Время генерации				
7,5	5,63±0,059	8,02±0,072	11,26±0,119	13,73±0,170
15	5,61±0,072	7,74±0,092	10,12±0,087	12,90±0,099
30	6,24±0,128	7,41±0,027	10,24±0,062	11,62±0,032
40	4,76±0,036	7,29±0,137	9,44±0,055	11,58±0,032
Число поколений				
7,5	4,26±0,045	5,98±0,054	6,40±0,067	7,00±0,086
15	4,28±0,056	6,21±0,075	7,12±0,062	7,44±0,057
30	3,86±0,079	6,48±0,024	7,04±0,044	8,26±0,023
40	5,04±0,038	6,59±0,124	7,63±0,044	8,29±0,023
Численность популяции				
7,5	38500±1200	127000±4800	169500±7800	257500±14900
15	39000±1500	149000±8000	279500±12400	349500±13500
30	29000±1580	178000±3000	263000±8400	613000±9760
40	66000±1730	193500±16400	396000±12100	628000±10100
Биотический потенциал				
7,5	0,80±0,020	1,32±0,050	1,18±0,055	1,34±0,078
15	0,81±0,033	1,55±0,082	1,94±0,087	1,82±0,070
30	0,61±0,033	1,86±0,032	1,83±0,058	3,19±0,050
40	1,38±0,038	2,02±0,171	2,75±0,087	3,27±0,052

Таблица 7 — Жизненный цикл *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде на основе ячменя

Концентрация, мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
Константа скорости роста				
7,5	0,095±0,0012	0,093±0,0008	0,069±0,0004	0,054±0,0004
15	0,120±0,0011	0,102±0,0005	0,073±0,0002	0,059±0,0002
30	0,120±0,0017	0,109±0,0006	0,081±0,0002	0,066±0,0001
40	0,150±0,0005	0,110±0,0001	0,080±0,0001	0,067±0,0002
Время генерации				
7,5	7,32±0,093	7,42±0,064	10,07±0,053	12,96±0,091
15	5,80±0,052	6,81±0,031	9,46±0,027	11,74±0,031
30	5,81±0,085	6,34±0,034	8,54±0,018	10,54±0,021
40	4,62±0,015	6,31±0,008	8,65±0,014	10,32±0,027
Число поколений				
7,5	3,28±0,042	6,47±0,056	7,15±0,037	7,41±0,052
15	4,14±0,037	7,04±0,032	7,61±0,022	8,18±0,021
30	4,14±0,060	7,58±0,040	8,43±0,018	9,10±0,018
40	5,20±0,017	7,60±0,010	8,32±0,013	9,30±0,025
Численность популяции				
7,5	19500±560	178000±7200	285000±7100	341500±11900
15	35000±920	264500±8000	392000±5800	579500±8500
30	35000±1430	383000±10500	689500±8600	1102000±13700
40	73500±870	388500±2600	640000±5800	1260000±21500
Биотический потенциал				
7,5	0,41±0,011	1,85±0,075	1,98±0,049	1,78±0,062
15	0,74±0,018	2,76±0,062	2,72±0,040	3,02±0,045
30	0,74±0,029	3,99±0,108	4,79±0,060	5,74±0,072
40	1,53±0,017	4,05±0,031	4,44±0,038	6,56±0,098

Таблица 8 — Жизненный цикл *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде на основе овса

Концентрация, мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
Константа скорости роста				
7,5	0,102±0,0025	0,104±0,0009	0,075±0,0003	0,056±0,0004
15	0,118±0,0028	0,113±0,0004	0,079±0,0004	0,063±0,0001
30	0,108±0,0017	0,113±0,0005	0,083±0,0002	0,067±0,0001
40	0,129±0,0022	0,122±0,0006	0,083±0,0002	0,068±0,0005
Время генерации				
7,5	6,81±0,166	6,64±0,058	9,20±0,039	12,46±0,050
15	5,91±0,138	6,15±0,020	8,82±0,041	11,08±0,021
30	6,41±0,101	6,16±0,027	8,39±0,023	10,40±0,010
40	5,38±0,090	5,68±0,027	8,32±0,020	10,14±0,073
Число поколений				
7,5	3,53±0,087	7,23±0,062	7,93±0,033	7,70±0,031
15	4,07±0,096	7,81±0,025	8,17±0,037	8,67±0,017
30	3,75± 0,059	7,80±0,035	8,58±0,023	9,23±0,009
40	4,46±0,074	8,44±0,040	8,65±0,020	9,47±0,067
Численность популяции				
7,5	23000±1400	302000±12500	455000±10400	417500±8800
15	34000±2250	448500±7900	575000±14400	812500±9550
30	27000±1100	445500±10700	765000±12400	1198000±7490
40	44000±2250	697500±19300	806000±11600	1428000±21500
Биотический потенциал				
7,5	0,49±0,029	3,32±0,192	3,16±0,071	2,17±0,047
15	0,71±0,045	4,67±0,084	3,99±0,100	4,23±0,052
Концентрация, мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
30	0,56±0,024	4,64±0,110	5,31±0,088	6,24±0,039
40	0,92±0,047	7,27±0,020	5,60±0,080	7,44±0,326

Проведен графический анализ нарастания численности популяции *T. pyriformis* в стационарной фазе по мере увеличения содержания ржи, пшеницы, ячменя и овса в среде культивирования. Установлено, что в среде на основе пшеницы и ржи численность популяции достигла максимума при содержании зерна в среде культивирования 30–40 мг/мл. В среде на основе ячменя и особенно овса в этих концентрациях численность популяции увеличивалась пропорционально повышению содержания зерна в среде культивирования (рисунок 2).

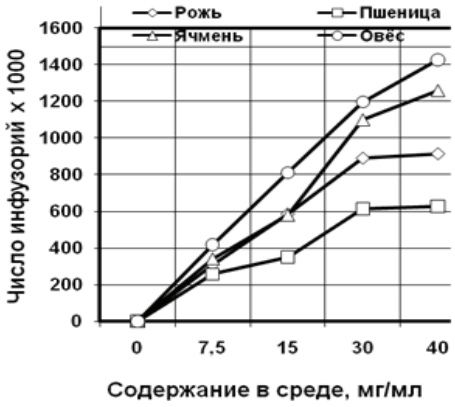


Рисунок 2 — Численность популяции *T. pyriformis* в стационарной фазе роста в среде, содержащей рожь, пшеницу, ячмень и овес в концентрациях, соответствующих суточному потреблению продуктов переработки зерна с рационами разной энергетической ценности

Биологическая ценность зерна ржи, пшеницы, ячменя и овса исследовалась при вступлении популяция *T. pyriformis* в стационарное состояние (96 ч) в среде культивирования, содержащей зерно в концентрации 40 мг/мл, что обеспечивает уровень белка в среде 4 мг/мл.

Биологическая ценность белков пшеницы и ржи была ниже, чем у стандартного белка казеина на 35 и 15% соответственно ($p<0,05$). Биологическая ценность белков ячменя и овса превышала биологическую ценность казеина соответственно на 12 и 47% ($p<0,05$) (таблица 9).

Таблица 9 — Биологическая ценность зерна ржи, пшеницы, ячменя и овса

Образец	Биологическая ценность	
	КЭБ	СОБЦ
Стандартный белок (казеин)	2,42±0,015	100±0,58
Зерно ржи	2,08±0,049*	86±2,00*
Зерно пшеницы	1,57±0,025*	65±0,91*
Зерно ячменя	2,69±0,077*	112±3,17*
Зерно овса	3,57±0,157*	147 6,50*

Наиболее высокой биологической ценностью характеризовалось зерно овса, затем, в убывающем порядке — ячменя, ржи, пшеницы.

Таким образом, апробация разработанного метода биологической оценки зерна злаковых культур позволила установить, что исследованные образцы зерна ржи, пшеницы, ячменя и овса, предназначенного для здорового питания, не оказывают вредного действия на организм в концентрациях, соответствующих низкому, среднему и высокому уровню потребления в составе суточного рациона, а также осуществить сравнительную оценку биологической ценности зерна различных злаковых культур.

Заключение. Разработан метод определения биологической ценности и безвредности зерна злаковых культур на *T. pyriformis*, учитывающий удельную энергетическую плотность зерновых в суточном рационе человека, долю зерновых от массы и энергии рациона, с экстраполяцией результатов на содержание зерна в среде культивирования *T. pyriformis*. По результатам исследования на *T. pyriformis* зерна ржи, пшеницы, ячменя и овса установлено, что наиболее высокой биологической ценностью, по отношению к стандартному белку характеризуется зерно овса (147%), затем идет ячмень (112%), рожь (86%) и пшеница (65%).

Литература

1. Химический состав пищевых продуктов: справ. таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов: в 2 кн. / Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – Кн. 2. – 360 с.

2. Прозоровский, В.Б. Статистическая обработка результатов фармакологических исследований / В.Б. Прозоровский // Психофармакол. биол. наркология. – 2007. – Т. 7, № 3–4. – С. 2000–2120.

METHODOLOGICAL FEATURES OF THE RESEARCH OF BIOLOGICAL VALUE AND HARMLESSNESS OF CEREALS GRAINCROPS WITH T. PYRIFORMIS

Bondaruk A.M., Bogdan A.S., Dolgina N.A., Svintilova T.N.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The method of determination of biological value and harmlessness of cereals grain crops with T. pyriformis has been developed. The method considers specific power density of grain in a daily ration of a person, a share of grain from weight and from energy of a ration, with extrapolation of the results on the content of grain in the cultivation medium of T. pyriformis. By results of the research of grain of rye, wheat, barley and oats with T. pyriformis it is established that the highest biological value, in relation to standard protein, characterizes oats grain (147%), then barley (112%), rye (86%) and wheat (65%).

Keywords: cereals grain crops, biological value, harmlessness, assessment with T. pyriformis

Поступила 02.07.2013

АДАПТАЦИЯ *T. PYRIFORMIS* К КОМБИНИРОВАННОМУ ДЕЙСТВИЮ НИТРИТА НАТРИЯ, ЙОДАТА КАЛИЯ И ОХРАТОКСИНА А В ПРОЛОНГИРОВАННОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Бондарук А.М., Богдан А.С., Цыганков В.Г.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Адаптация *T. pyriformis* к пролонгированному воздействию пищевой добавки нитрита натрия, обогащающей добавки йодата калия и контаминанта охратоксина А в концентрациях, соответствующих их реальному поступлению с пищевыми продуктами, характеризовалась стимуляцией биотического и адаптационного потенциала в первом жизненном цикле популяции. Нарастание ингибирующих эффектов на последующих этапах культивирования *T. pyriformis* в среде, содержащей нитрит натрия, йодат калия и охратоксин А в максимально допустимых концентрациях, привело к снижению адаптационного резерва популяции в седьмом жизненном цикле на 77±0,6%. В среде культивирования, содержащей эти вещества на уровне 90 процентиля алиментарной нагрузки, адаптационный резерв популяции снизился на 66±0,2%. В контроле в тех же условиях эксперимента адаптационный потенциал популяции T. pyriformis сохранился на 101±1,5%.

Ключевые слова: ксенобиотики, нитрит натрия, охратоксин А, йодат калия, адаптация, *T. pyriformis*.

Введение. Ранее было показано, что йод в составе йодата и йодида калия при изолированном воздействии на *T. pyriformis* на протяжении жизненного цикла популяции в концентрациях, соответствующих среднему и высокому уровню алиментарной нагрузки этими соединениями, не вызвал статистически значимых изменений в показателях жизнедеятельности популяции. Нитрит натрия в указанных условиях повысил адаптационный потенциал популяции на 20%, а охратоксин А снизил на 21% ($p<0,05$) [1–2].

Цель работы — оценить комбинированное действие нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А в концентрациях, соответствующих МДУ и 90 процентили алиментарной нагрузки, в пролонгированном эксперименте на T. pyriformis на протяжении семи жизненных циклов популяции.

Материал и методы. *Материал исследования*: охратоксин А ГСО 7441–2001, натрий азотистокислый (нитрит натрия, $NaNO_2$) ГОСТ 4197–74, ч.д.а., калий йодноватокислый (йодат калия, KIO_3) ГОСТ 4232–74, х.ч. (ксенобиотики).

Охратоксин А (ОТА) является контаминантом природного происхождения, обладающей высокой токсичностью, иммуносупрессивными и канцерогенными свойствами, способен в значительных количествах накапливаться в пищевых продуктах.

Нитриты широко применяются в качестве пищевых добавок при производстве пищевых продуктов массового потребления (колбасные, мясные изделия, сыры).

Йод в составе йодата или йодида калия вносится в поваренную соль, которую используют в производстве широкого спектра пищевых продуктов (колбасные, мясные и рыбные изделия, консервированная продукция) и в домашнем хозяйстве.

Тест-объект исследований — лабораторная культура одноклеточных организмов инфузорий *T. pyriformis*, штамм W, произрастающая в среде известного состава и являющаяся изолированной популяцией организмов, рост которой подчиняется общим закономерностям роста популяций.

Исследования осуществлялись согласно нормативно-методической документации**,** утвержденной Министерством здравоохранения Республики Беларусь [3, 4]. Принцип методов исследований на *T. pyriformis* заключается в анализе характера роста популяции в среде культивирования, содержащей исследуемые объекты.

При постановке пролонгированного эксперимента использовали среду культивирования, сбалансированную по содержанию макро- и микронутриентов (таблица 1).

Таблица 1 — Среда культивирования *T. pyriformis* в эксперименте по биологической оценке комбинированного действия нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А на уровнях алиментарной нагрузки

Характеристика среды культивирования	Наименование компонентов среды
Компоненты, содержащие белки	Пептон казеиновый, Fluka
Компоненты, содержащие углеводы	Мальдодекстрин (Франция), глюкоза (Россия)
Минеральные соли марки х.ч.	NaCl, $Al_2SO_4K_2SO_424H_20$, KH_2PO_4, $MgSO_4$, $CaCO_3$, $MnSO_4$, Zn SO_4, Cu SO_4, $CoCl_2$, NaF, $Fe_2(SO_4)_3$

Окончание таблицы 1

Витамины фирмы «Sigma-Aldrich»	Тиамин, рибофлавин, пиридоксин, ниацин, пантотенат, аскорбиновая кислота, фолиевая кислота, холин-хлорид, инозит, биотин, цианокобаламин, парааминобензойная кислота, викасол, ретинол, токоферол, холекальциферол
Содержание белков, мг/мл	4
Содержание углеводов в т.ч.: полисахариды, моносахариды	16 12 4
Соотношение «белки:углеводы»	1:4
Соотношение «моносахара:полисахара»	1:3

Ксенобиотики (нитрит натрия, йодат калия и охратоксин А) вносили в среду культивирования на максимально допустимом уровне содержания в пищевых продуктах (МДУ) для нитрита натрия и охратоксина А и физиологической суточной потребности (ФСП) в йоде для йодата калия и высоком уровне (90 процентиль) алиментарной суточной нагрузки. При расчете концентраций исходили из массы суточного рациона 2,5 кг и доли в рационе обогащенных йодом продуктов — 10% (таблицы 2, 3).

Таблица 2 — Подготовка проб для исследования пищевых продуктов, содержащих нитриты, йод и охратоксин А, на *T. pyriformis*

Условия опыта	$NaNO_2$	KIO_3 10% обогащения	Охратоксин А
МДУ, ФСП	Не более 50 мг/кг	200 мкг/сутки I 337 мкг/сутки KIO_3	Не более 0,005 мг/кг
Уровень алиментарной нагрузки (рацион 2,5 кг)			
90 процентиль	4,05 мг/сутки	272,6 мкг/сутки KIO_3	1,2 мкг/сутки
Внесение растворов в 100 мл продукта, в мл			
На уровне МДУ	Раствор 5 мг/мл 1,0 мл	Раствор 10 мкг/мл 1,35 мл	Раствор 0,5 мкг/мл 1,0 мл
На уровне 90 процентили	Раствор 0,5 мг/мл 0,32 мл	Раствор 10 мкг/мл 3,2 мл	Раствор 0,05 мкг/мл 1,0 мл
Внесение растворов в 10 мл среды культивирования T. pyriformis, в мл			
На уровне МДУ	Раствор 5 мг/мл 0,1 мл	Раствор 10 мкг/мл 0,135 мл	Раствор 0,5 мкг/мл 0,1 мл
На уровне 90 процентили	Раствор 0,05 мг/мл 0,32 мл	Раствор 10 мкг/мл 0,32 мл	Раствор 0,05 мкг/мл 0,1 мл

Таблица 3 — Содержание нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А в сбалансированной среде культивирования *T. pyriformis*

№ № пробы	Характеристика пробы	$NaNO_2$, мг/мл	KIO_3, мг/мл	Охратоксин А, мг/мл
К—1, 2, 3, 4, 5, 6	Сбалансированная среда культивирования	0	0	0
1—1, 2, 3, 4, 5, 6	МДУ	5×10^{-2}	$1{,}35\times10^{-4}$	5×10^{-6}
2—1, 2, 3, 4, 5, 6	90 процентиль алиментарной нагрузки	$1{,}6\times10^{-3}$	$3{,}2\times10^{-4}$	5×10^{-7}

Изучение токсичности и биологической активности ксенобиотиков в 384-часовом пролонгированном эксперименте осуществляли при семикратном пересеве популяции *T. pyriformis*, культивируемой в среде, содержащей исследуемые объекты, в свежеприготовленную среду, содержащую объекты в тех же концентрациях. Семикратный пересев, т.е. воздействие объекта на протяжении 7 жизненных циклов популяции, соответствует его действию на 7 поколений теплокровного животного.

В интервалах, когда популяция находилась в логарифмической фазе роста (48, 96, 144, 192, 240, 288 ч), контролировали физиологическое состояние инфузорий, подсчитывали их число и рассчитывали показатели, характеризующие закономерность роста популяций: время генерации, число поколений, константа скорости роста. На этапах интерфазной активности в первом и седьмом жизненном циклах рассчитывали биотический потенциал (БП) популяции по формуле:

$$БП = \frac{N_t}{2000} : t \qquad (1)$$

В первом и седьмом жизненном циклах рассчитывали коэффициенты адаптогенности ($К_{ад\text{-}1}$ и $К_{ад\text{-}7}$) и резерв адаптации ($Р_{ад\text{-}1}$ и $Р_{ад\text{-}7}$, в%) по формулам:

$$К_{ад\text{-}1} = \frac{N_{о\text{-}24} + N_{о-48} + N_{о-72} + N_{о-96}}{N_{к-24} + N_{к-48} + N_{к-72} + N_{к-96}} \qquad (2)$$

$$К_{ад\text{-}7} = \frac{N_{о\text{-}312} + N_{о-336} + N_{о-360} + N_{о-384}}{N_{к-312} + N_{к-336} + N_{к-360} + N_{к-384}} \quad (3)$$

$$Р_{ад\text{-}к} = \frac{N_{к\text{-}312} + N_{к-336} + N_{к-360} + N_{к-384}}{N_{к-24} + N_{к-48} + N_{к-72} + N_{к-96}} \times 100\% \quad (4)$$

$$Р_{ад\text{-}о} = \frac{N_{о\text{-}312} + N_{о-336} + N_{о-360} + N_{о-384}}{N_{о-24} + N_{о-48} + N_{о-72} + N_{о-96}} \times 100\%, \quad (5)$$

где $N_о$— число организмов в опыте; $N_к$ — число организмов в контроле, t — время.

Подсчитывали суммарное число поколений, сменившихся в логарифмической фазе роста ($\sum n$).

Результаты и их обсуждение. В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей нитрит натрия и охратоксин А на уровне МДУ и йодат калия на уровне физиологической потребности, содержание нитрита натрия составило 5×10^{-2}, йодата калия $1{,}35\times10^{-4}$, охратоксина А 5×10^{-6} мг/мл (таблица 3). При комбинированном воздействии на *T. pyriformis* йодата калия, нитрита натрия и охратоксина А в указанных концентрациях на протяжении первого жизненного цикла популяции отмечались фазовые колебания показателей жизнедеятельности популяции по отношению к контролю. Так, в лаг-фазе наблюдалось снижение скорости роста и БП популяции, культивировавшейся в среде с ксенобиотиками, имеющее статистическую значимость по отношению к контролю, и приведшее к уменьшению ее численности на 14% ($p<0{,}05$). В логарифмической фазе роста снижение указанных показателей составляло 10% ($p>0{,}05$). Через 72 ч инкубации биотический потенциал популяции *T. pyriformis* увеличился на 26% по отношению к контролю ($p<0{,}05$). Соответственно возросли и другие показатели ее жизнедеятельности, и численность популяции увеличилась на 58% ($p<0{,}05$). По достижении популяцией стационарного состояния (96 ч) ее биотический потенциал и численность превышали контрольный уровень на 51% ($p<0{,}05$) (таблица 4).

Таблица 4 — Жизнедеятельность *T. pyriformis* в среде культивирования, содержащей нитрит натрия, йодат калия и охратоксин А в максимально допустимой концентрации

Показатель	Время инкубирования, ч			
	24	48	72	96
Первый жизненный цикл (контроль)				
Скорость роста	0,1215±0,00208	0,1064±0,00057	0,0744±0,00020	0,0573±0,00028
Время генерации	5,713±0,0970	6,514±0,03487	9,321±0,0249	12,105±0,0586
Число поколений	4,207±0,07191	7,369±0,03938	7,725±0,02059	7,931±0,0383
Численность популяции	37000±1874	331000±9013	423000±6020	489000±12862
Численность, %	100±5	100±3	100±1	100±3
Биотический потенциал	0,78±0,039	3,45±0,094	2,94±0,034	2,55±0,054
МДУ				
Скорость роста	0,1156±0,00109*	0,10403±0,00092	0,0807±0,00016*	0,0616±0,00012*
Время генерации	6,001±0,05801*	6,666±0,05941	8,592±0,0172*	11,262±0,0212*
Число поколений	4,0041±0,0377*	7,204±0,06381	8,380±0,0167*	8,524±0,0160*
Численность популяции	32000±810*	296000±12894	667000±7636*	737000±8028*
Численность, % к контролю	86±2*	90±4	158±2*	151±2*
Биотический потенциал	0,67±0,018*	3,09±0,136	4,63±0,053*	3,84±0,041*
Седьмой жизненный цикл (контроль)				
Скорость роста	0,1125±0,00104	0,1070±0,00029	0,0752±0,00034	0,0570±0,00032
Время генерации	6,162±0,0561	6,479±0,0174	9,220±0,0414	12,153±0,0674
Число поколений	3,897±0,0360	7,409±0,0199	7,810±0,0350	7,900±0,0442
Численность популяции	30000±2760	340000±4676	449000±10852	479000±14991
Численность, %	100±2	100±1	100±2	100±3
Биотический потенциал	0,62±0,016**	3,54±0,049	3,12±0,075	2,50±0,078
МДУ				
Скорость роста	0,0844±0,00285*	0,0719±0,00115*	0,0584±0,00035*	0,0475±0,00030*
Время генерации	8,264±0,3118*	9,653±0,1480*	11,866±0,0914*	14,588±0,0911*
Число поколений	2,923±0,0986*	4,977±0,0794*	6,069±0,04708*	6,582±0,0411*
Численность популяции	15000±946*	63000±3736*	135000±4462*	192000±5462*
Численность, % к контролю	54±2*	19±1*	30±1*	40±1*
Биотический потенциал	0,34±0,008***	0,87±0,018***	0,94±0,030***	1,00±0,027***

Примечание (здесь и в таблицах 5, 6):
* — Статистически достоверные изменения при уровне значимости < 0,05 по отношению к контролю.
** — То же по отношению к показателям первого жизненного цикла.
*** — То же по отношению к показателям первого жизненного цикла и контроля.

В седьмом жизненном цикле популяции *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде, сбалансированной по содержанию пищевых веществ, скорость роста, время генерации и число поколений не имели статистически значимых отличий от этих же показателей в первом жизненном цикле. Только БП популяции в лаг-фазе седьмого жизненного цикла был ниже, чем в лаг-фазе первого жизненного цикла ($p<0,05$). Пролонгированное культивирование *T. pyriformis* в среде того же состава, но содержащей нитрит натрия и охратоксин А на уровне МДУ и йодат калия на уровне ФСП, оказало ингибирующее воздействие на популяцию, проявившееся в нарастающем снижении скорости роста популяции. БП популяции на этапах интерфазной активности седьмого жизненного цикла снизился по отношению к контролю: в лаг-фазе — на 46%, логарифмической фазе — на 81%, фазе замедленного роста — на 70% и стационарной фазе — на 60% ($p<0,05$) (таблица 4, рисунок 1).

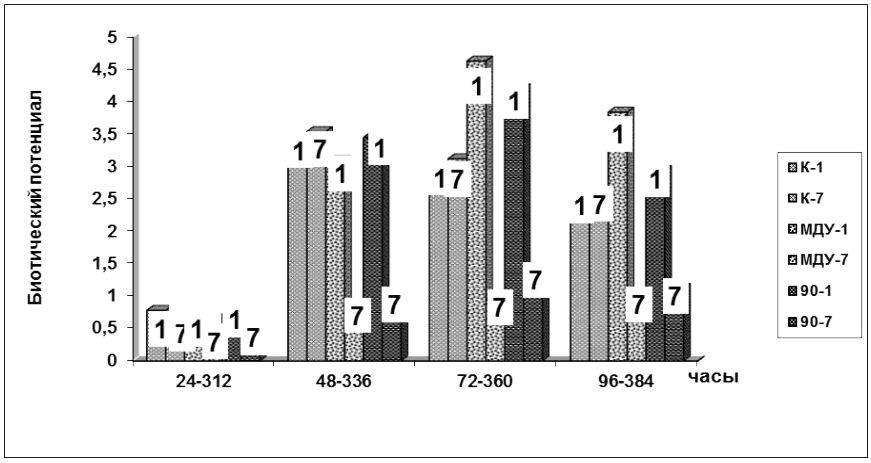


Рисунок 1 — БП *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде, сбалансированной по пищевым веществам без ксенобиотиков (контроль) и содержащей нитрит натрия, йодата калия и охратоксин А на уровне МДУ и 90 процентили алиментарной химической нагрузки: 1 — первый жизненный цикл; 7 — седьмой жизненный цикл; 24–312 ч — лаг-фаза; 48–336 ч — логарифмическая фаза; 72–336 ч — замедленная фаза; 96–384 ч — стационарная фаза первого и седьмого жизненного цикла; К — контроль.

В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей нитрит натрия, йодат калия и охратоксин А на уровне 90 процентили суточного потребления пищевых продуктов при 10% обогащении йодом, содержание нитрита натрия составило $1,6\times10^{-3}$, йодата калия $3,2\times10^{-4}$, охратоксина А 5×10^{-7} мг/мл (таблица 3). Содержание нитрита натрия и охратоксина А было ниже МДУ, а йодата калия — выше ФСП в йоде. Изменения показателей жизнедеятельности популяции *T. pyriformis*, культивировавшейся в данной среде, носили тот же характер, что и в среде, содержащей указанные компоненты на уровне МДУ, но с менее выраженным стимулирующим эффектом в первом жизненном цикле и менее выраженным ингибирующим эффектом в седьмом (таблица 5, рисунок 1).

Таблица 5 — Жизнедеятельность *T. pyriformis* в среде культивирования, содержащей нитрит натрия, йодат калия и охратоксин А, на уровне 90 процентили

Показатель	Время инкубирования, ч			
	24	48	72	96
Первый жизненный цикл (контроль)				
Скорость роста	0,1215±0,00208	0,1064±0,00057	0,0744±0,00020	0,0573±0,00028
Время генерации	5,713±0,0970	6,514±0,03487	9,321±0,0249	12,105±0,0586
Число поколений	4,207±0,07191	7,369±0,03938	7,725±0,02059	7,931±0,0383
Численность популяции	37000±1874	331000±9013	423000±6020	489000±12862
Численность, %	100±5	100±3	100±1	100±3
Биотический потенциал	0,78±0,039	3,45±0,094	2,94±0,034	2,55±0,054
90 процентиль				
Скорость роста	0,1185±0,00106	0,1064±0,00036	0,0793±0,00045*	0,0588±0,00041*
Время генерации	5,852±0,05156	6,512±0,0222	8,742±0,0486*	11,790±0,0826*
Число поколений	4,103±0,0366	7,371±0,0250	8,238±0,0423*	8,144±0,0565*
Численность популяции	34000±889	331000±5696	605000±17971*	567000±21548*
Численность, % к контролю	92±2	100±2	143±5*	116±4*
Биотический потенциал	0,72±0,018	3,45±0,059	4,20±0,139*	2,94±0,072*
Седьмой жизненный цикл (контроль)				
Скорость роста	0,1125±0,00104	0,1070±0,00029	0,0752±0,00034	0,0570±0,00032
Время генерации	6,162±0,0561	6,479±0,0174	9,220±0,0414	12,153±0,0674
Число поколений	3,897±0,0360	7,409±0,0199	7,810±0,0350	7,900±0,0442

Окончание таблицы 5

Численность популяции	30000±2760	340000±4676	449000±10852	479000±14991
Численность, %	100±2	100±1	100±2	100±3
Биотический потенциал	0,62±0,016**	3,54±0,049	3,12±0,075	2,50±0,078
90 процентиль				
Скорость роста	0,0964±0,00161*	0,0798±0,00054*	0,0634±0,00074*	0,0487±0,00028*
Время генерации	7,196±0,1217*	8,688±0,0582*	10,942±0,1277*	14,234±0,0811*
Число поколений	3,339±0,0556*	5,526±0,0371*	6,585±0,0765*	6,746±0,0384*
Численность популяции	20000±768*	92000±2390*	193000±10141*	215000±5698*
Численность, % к контролю	68±3*	27±1*	43±2*	45±1*
Биотический потенциал	0,43±0,015***	0,96±0,024***	1,39±0,015*	1,12±0,030***

Количественная оценка адаптационных колебаний численности популяции в среде, содержащей нитрит натрия, йодат калия и охратоксин А, по отношению к контролю выявила стимуляцию адаптационных механизмов популяции в первом жизненном цикле. В среде культивирования, содержащей эти ксенобиотики на уровне МДУ, адаптационный потенциал популяции в первом жизненном цикле увеличился в 1,36 раза. В среде культивирования, содержащей ксенобиотики на уровне 90 процентили алиментарной нагрузки, адаптационный потенциал популяции в первом жизненном цикле увеличился в 1,20 раза. При пролонгированном воздействии нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А на популяцию отмечалось нарастание ингибирующих эффектов. Так, в логарифмической фазе популяции, в среде культивирования без ксенобиотиков на протяжении семи жизненных циклов сменилось 51,71±0,232 поколение. В среде культивирования, содержащей ксенобиотики на уровне МДУ, — 41,22±0,453 ($p<0,05$) поколения, на уровне 90 процентиля — 42,92±0,338 ($p<0,05$). Адаптационный потенциал популяции *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде, содержащей ксенобиотики, снизился в седьмом жизненном цикле как по отношению к контролю, так и по отношению к первому жизненному циклу. Адаптационный резерв популяции, культивировавшей в сбалансированной по макро- и микронутриентам среде, в условиях эксперимента сохранился полностью (101±1,5%). В среде культивирования, содержащей исследуемые ксенобиотике в максимально допустимых концентрациях, адаптационный резерв сохранился на 23±0,4% ($p<0,05$). В среде культивирования, содержащей нитрит натрия, йодат калия и охратоксин А, на уровне 90 процентили — на 34±0,8% ($p<0,05$) (таблица 6).

Таблица 6 — Биологическое действие ксенобиотиков на *T. pyriformis* в пролонгированном эксперименте

Образец	Коэффициент адаптогенности		Адаптационный резерв,%	Сумма поколений в лаг-фазе
	1-й жизненный цикл	7-й жизненный цикл		
0 (контроль)	1,00±0,008	1,00±0,016	101±1,5	51,71±0,232
МДУ	1,36±0,025*	0,31±0,006***	23±0,4**	41,22±0,453*
90 процентиль	1,20±0,009*	0,40±0,009***	34±0,8**	42,92±0,338*

Таким образом, биологическое действие смеси нитрита натрия, йодата калия и охратоксина А при внесении их в среду культивирования *T. pyriformis*, содержащую пептон, мальтодекстрин, глюкозу, 12 минеральных веществ и 16 витаминов в сбалансированном соотношении, в концентрациях на уровне МДУ и 90 процентили алиментарной химической нагрузки характеризуется активацией адаптационных механизмов в первом жизненном цикле популяции, физиологическим проявлением которых являются фазовые колебания биотического потенциала популяции с преобладанием стимулирующих эффектов, и истощением адаптационных резервов при пролонгированном воздействии на популяцию на протяжении семи жизненных циклов.

Заключение. Адаптация *T. pyriformis* к пролонгированному воздействию пищевой добавки нитрита натрия, обогащающей добавки йодата калия и контаминанта охратоксина А в концентрациях, соответствующих их реальному поступлению с пищевыми продуктами, характеризовалась стимуляцией биотического и адаптационного потенциала в первом жизненном цикле популяции. Нарастание ингибирующих эффектов на последующих этапах культивирования *T. pyriformis* в среде, содержащей нитрит натрия, йодат калия и охратоксин А на максимально допустимом уровне, привело к снижению адаптационного резерва популяции в седьмом жизненном цикле на 77±0,6%. В среде культивирования, содержащей эти вещества на уровне 90 процентили алиментарной нагрузки, адаптационный резерв популяции снизился на 66±0,2%. В контроле при тех же условиях эксперимента адаптационный потенциал популяции T. pyriformis сохранился на 101±1,5%.

Литература

1. Использование биотестирования на *T. pyriformis* для оценки риска алиментарной нагрузки нитритом натрия / А.С. Богдан [и др.] // Здоровье и окружающая среда [Электронный ресурс]: сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр гигиены, Бел. науч. о-во гигиенистов; редкол.: Л.В. Половинкин [и др.]. – Электрон.дан. – Минск: ГУ «Республиканская научная медицинская библиотека», 2012. – Вып. 21. – С. 521–533.

2. Токсиколого-гигиеническая оценка йодата и йодида калия на *T. pyriformis* / А.С. Богдан [и др.] // Здоровье и окружающая среда [Электронный ресурс]: сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр гигиены, Бел. науч. о-во гигиенистов; редкол.: Л.В. Половинкин [и др.]. – Электрон.дан. – Минск : ГУ «Республиканская научная медицинская библиотека», 2012. – Вып. 21. – С. 533–547.

3. Комплексная биологическая оценка объектов природного и искусственного происхождения на *T. pyriformis*: метод. рекомендации № 33-9608/ МЗ РБ; авт.-сост. А.С. Богдан. – Минск, 1996. – 19 с.

4. Инструкция по гигиенической оценке химических веществ, многокомпонентных смесей и полимерных материалов на *T. pyriformis*: утв. 11.07.2002, № 20-0102 / МЗ РБ; авт.-сост. А.С. Богдан. – Минск, 2002. – 63 с.

ADAPTATION OF T. PYRIFORMIS TO THE COMBINED EFFECT OF SODIUM NITRITE, POTASSIUM IODATE AND OCHRATOXIN A IN THE PROLONGED EXPERIMENT

Bondaruk A.M., Bogdan A.S., Tsygankov V.G.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The adaptation of T. pyriformis to the prolonged influence of a food additive of sodium nitrite, enriching additive of potassium iodate and the contaminant of ochratoxin A in the concentrations corresponding to their real receipt with food products was characterized by stimulation of biotic and adaptation potential in the first life cycle of population. The increase of inhibiting effects at the subsequent stages of the cultivation of *T. pyriformis* in the medium containing sodium nitrite, potassium iodate and ochratoxin A in the most admissible level led to the decrease in the adaptation reserve of population in the seventh life cycle by 77±0.6%. In the cultivation medium containing these substances at the level of the 90th percentile of alimentary load the adaptation reserve of population decreased by 66±0.2%. In the control, under the same experimental conditions, the adaptation potential of *T. pyriformis* population remained for 101±1.5%.

Keywords: xenobiotics, sodium nitrite, ochratoxin A, potassium iodate, adaptation, *T. pyriformis.*

Поступила 02.07.2013

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОФЕ, ПОСТАВЛЯЕМОГО В ТОРГОВУЮ СЕТЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Борщенская Т.И.[1], Бацукова Н.Л.[1], Мельситова И.В.[2], Кудина В.А.[1], Данилюк Ю.С.[1]
[1]Белорусский государственный медицинский университет;
[2]Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Реферат. Представлены результаты исследования качества образцов кофе вида «Арабика», поставляемого в торговую сеть Республики Беларусь из стран Юго-Восточной Азии (Индия, Индонезия), Латинской Америки (Мексика, Бразилия, Перу) и Африки (Уганда, Эфиопия). Установлено, что качество выбранных образцов кофе по исследованным параметрам (массовая доля влаги и экстрактивных веществ, содержание кофеина), включая органолептические свойства (внешний вид, цвет, аромат, вкус), в целом, соответствуют требованиям ГОСТ 6805-2004 «Кофе жареный натуральный». Отмечено, что по рассмотренным показателям, контролируемым ГОСТ, исследованные образцы отличались по качеству незначительно (достоверность различий при $p<0,05$).

Ключевые слова: качество кофе, кофеин, массовая доля влаги и экстрактивных веществ.

Введение. В настоящее время кофе является одним из самых распространенных тонизирующих напитков. Производство его в мире постоянно растет и составляет приблизительно 5,2—6 миллионов тонн в год. Свежее кофейное зерно содержит около 2 тысяч веществ, формирующих влияние кофе на здоровье человека. Основным веществом, обусловливающим физиологические свойства кофе, является алкалоид кофеин, содержание которого колеблется от 0,7 до 1,5% в натуральном виде и не менее 2,8% в растворимом [1, 2]. Кофеин возбуждает и нормализует работу центральной нервной системы (ЦНС). Он признан прекрасным тонизирующим средством, устраняющим вялость, сонливость, апатию, снимающим усталость и стимулирующим работу всех органов человека. Кофеин в физиологических дозах оказывает значительное влияние на энергетический баланс человека и способен стимулировать снижение жировой массы тела. Однако превышение индивидуальной дозы потребления кофе вызывает формирование зависимости, а также повышает рефлекторную возбудимость спинного мозга, возбуждает дыхательный и сосудодвигательный центры [3].

В Республику Беларусь кофе поступает из более чем 10 стран мира, причем не только из стран, выращивающих кофе (Индонезия, Бразилия), но и из стран, перерабатывающих его (США, Италия, Австрия, Германия и др.). В последнее время в связи с ростом рынка потребителей число импортеров существенно увеличилось. Поэтому представляет интерес оценка качества кофе, поставляемого в торговую сеть республики.

Цель работы — установить соответствие качества образцов кофе «Матадор» требованиям ГОСТ 6805-2004 «Кофе жареный натуральный» [4].

Материал и методы. В данной работе исследовали некоторые образцы кофе вида «Арабика», поставляемого в торговую сеть Республики Беларусь из стран Юго-Восточной Азии (Индия, Индонезия), Латинской Америки (Мексика, Бразилия, Перу) и Африки (Уганда, Эфиопия).

Определение свойств кофе проводилось в соответствии с методикой ГОСТ 6805-2004 «Кофе жареный натуральный»:

– органолептические свойства оценивали по внешнему виду и цвету, аромату и вкусу;

– определение массовой доли влаги проводили методом высушивания;

– метод определения массовой доли экстрактивных веществ основан на их извлечении из навески анализируемого кофе кипячением с водой. Массу извлеченных экстрактивных веществ после выпаривания воды определяли взвешиванием;

– определение кофеина в кофе осуществляли фотометрическим методом, основанным на гидролитическом окислении кофеина в тетраметилпурпуровую кислоту (ТМПК) с последующим фотометрическим измерением интенсивности окраски ее раствора.

Полученные данные подвергнуты статистической обработке с использованием математических приемов адекватных поставленным задачам.

Результаты и их обсуждение. При гигиенической оценке качества кофе важнейшим показателем является содержание кофеина. В соответствии с ГОСТ 6805-2004 массовая доля кофеина в пересчете на сухое вещество должна составлять не менее 0,7%. Результаты проведенного исследования показали, что все образцы кофе соответствуют нормам и, более того, даже значительно превышают 0,7% (рисунок 1).Установлена достоверность различий при $p<0,05$.

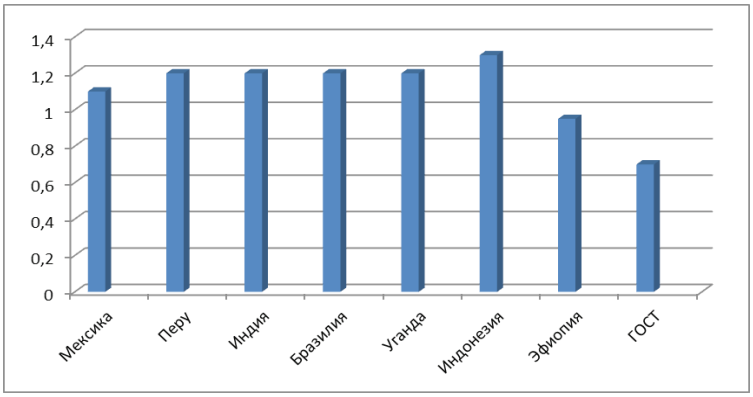


Рисунок 1 — Массовая доля (%) кофеина в исследованных образцах кофе

Необходимо также отметить соответствие содержания экстрактивных веществ требованиям, предъявляемым ГОСТ (таблица 1).

Таблица 1 — Массовая доля экстрактивных веществ в исследованных образцах кофе

Страна произрастания	Массовая доля экстрактивных веществ, %	
Мексика	22,0	В соответствии с нормами ГОСТ массовая доля экстрактивных веществ в кофе должна составлять 20–35%.
Перу	25,3	
Индия	22,4	
Бразилия	21,8	
Уганда	22,6	
Индонезия	21,3	
Эфиопия	21,3	

Незначительные отклонения отмечены при исследовании массовой доли влаги. В соответствии с нормами ГОСТ массовая доля влаги не должна превышать 5,5%. Так, образец кофе из Уганды не соответствует нормам: массовая доля влаги в нем превышает установленные нормы на 0,3%. Остальные образцы соответствуют требованиям ГОСТ (рисунок 2).

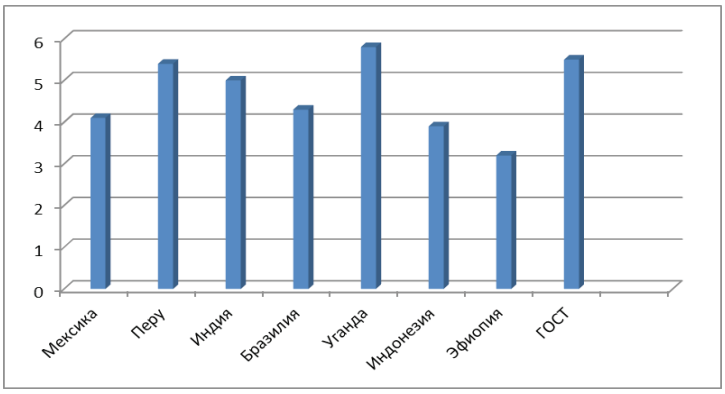


Рисунок 2 — Массовая доля (%) влаги в исследованных образцах кофе

Важнейшими для потребителей характеристиками качества кофе являются его органолептические свойства. В соответствии с требованиями ГОСТ 6805-2004 натуральный кофе в зависимости от степени обжаривания разделяется на светлообжаренный, среднеобжаренный, темнообжаренный и высшей степени обжаривания. Взятые для исследования образцы относились к средне- и темнообжаренным. Зерна кофе были равномерно обжаренными, коричневого или темно-коричневого цвета с матовой или маслянистой поверхностью, обладали выраженным или ярко выраженным ароматом, приятным, насыщенным или горьковатым, достаточно жестким (Перу, Уганда) вкусом, не имели посторонних привкусов и запахов. Таким образом, все исследованные образцы кофе по органолептическим свойствам соответствовали требованиям, предъявляемым к высшему сорту (таблица 2).

Таблица 2 — Органолептические свойства исследованных образцов кофе

Страна произрастания	Внешний вид зерен	Аромат	Вкус
Мексика	Среднеобжаренные — коричневого цвета, с матовой поверхностью	Ярко выраженный	Приятный, насыщенный
Перу	Темнообжаренные — темно-коричневого цвета с маслянистой поверхностью	Выраженный	Горьковатый, достаточно жесткий

Окончание таблицы 2

Индия	Среднеобжаренные — коричневого цвета с матовой поверхностью	Выраженный	Приятный
Бразилия	Среднеобжаренные — коричневого цвета с матовой поверхностью	Ярко выраженный	Приятный, насыщенный
Уганда	Темнообжаренные — темно-коричневого цвета с маслянистой поверхностью	Выраженный	Горьковатый, достаточно жесткий
Индонезия	Среднеобжаренные — коричневого цвета с матовой поверхностью	Выраженный	Приятный
Эфиопия	Среднеобжаренные — коричневого цвета с матовой поверхностью	Ярко выраженный	Приятный

Заключение. Установлено, что качество выбранных образцов кофе по исследованным параметрам (содержание кофеина, массовая доля экстрактивных веществ, влаги), включая органолептические свойства (внешний вид, цвет, аромат и вкус) практически полностью соответствуют требованиям ГОСТ 6805-2004 «Кофе жареный натуральный». Исключение составил образец из Уганды, массовая доля влаги в котором превышала установленные нормы на 0,3%. Отмечено, что по показателям, контролируемым ГОСТ, исследованные образцы отличались по качеству незначительно (достоверность различий при $p<0,05$).

Таким образом, можно сделать заключение о достаточно высоком качестве кофе, поставляемого в торговую сеть Республики Беларусь.

Литература

1. Нахмедов, Ф.Г. Технология кофепродуктов / Ф.Г. Нахмедов. – М.: Легкая и пищ. пром-ть, 2000. – 184 с.

2. Чепурной, Н.П. Идентификация и фальсификация продовольственных товаров: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.П. Чепурной. – М.: Дашков и К, 2004. – 460 с.

3. Кофе в РБ [Электронный ресурс]. –Режим доступа: http://www.rusteaco.ru. — Дата доступа: 20.04.2013 г.

4. ГОСТ 6805-2004. Кофе натуральный жареный. – Минск, 2006.

HYGIENIC QUALITY ASSESSMENT OF COFFEE SUPPLIED TO THE COMMERCIAL NETWORK OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Borshchenskaya T.I.[1], Batsukova N.L.[1], Melsitova I.V.[2], Kudina V.A.[1], Danilyuk Yu.S.[1]

[1]Belarusian State Medical University;

[2]Belarusian State University, Minsk, Belarus

The results of the research of quality of Arabic coffee type supplied to the commercial network of the Republic of Belarus from South-East Asia (India and Indonesia), Latin America (Mexico, Brazil and Peru) and Africa (Uganda and Ethiopia) have been presented in this paper. It is established that the quality of the selected samples of coffee on the parameters for mass fraction of moisture and extractive substances, caffeine content) including organoleptic properties (appearance, color, aroma and taste) comply with 6805–2004 State Standard requirements «Coffee roasted natural».

It is noted that for the considered parameters controlled by the State Standard the studied samples differed for quality slightly.

Keywords: quality of coffee, caffeine, mass fraction of moisture, extractive substances.

Поступила 11.06.2013

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ БАД К ПИЩЕ НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ В ХРОНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ИНФУЗОРИЯХ TETRAHYMENA PYRIFORMIS

Журихина Л.Н.[1], Цыганков В.Г.[1], Лосева Л.П.[2], Осипова Т.С.[1], Морозова Е.А.[1]

[1]Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск;

[2]Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь

Реферат. В результате проведенной токсиколого-гигиенической оценки на *T. pyriformis* в хронических экспериментах семена лимонника китайского отнесены к III классу опасности (умеренно опасны), корни и корневища родиолы розовой — к IV классу опасности (мало опасны), порошок спирулины — к III классу опасности (умеренно опасен), трава эхинацеи пурпурной — ко II классу опасности (высоко опасна), биологически активная добавка (БАД), содержащая указанные растительные компоненты в соотношении 15:25:40:20, — к IV классу (мало опасна). Все исследованные растительные препараты и БАД характеризовались слабо выраженными кумулятивными свойствами.

Ключевые слова: биологически активные добавки к пище, семена лимонника китайского, корни и корневища родиолы розовой, порошок спирулины, трава эхинацеи пурпурной, токсичность, *T. pyriformis*.

Введение. Современные доклинические и клинические исследования БАД весьма длительны и высоко затратны. В этой связи многообещающим представляется такой методический подход к оценке токсичности и обнаружению биологической (фармакологической) активности, как биотестирование. В литературе имеются указания на необходимость разработки экспресс-методов оценки общей токсичности, которые могли бы быть использованы в качестве валидационных тестов в процессе функционирования системы менеджмента качества. Это могут быть альтернативные классическим методы с использованием биосистем доорганизменного уровня, например культур клеток и эмбрионов птиц, беспозвоночных животных и одноклеточных организмов [1].

Альтернативные биомодели должны отвечать ряду требований, в том числе сопоставимости с физиологической реакцией высших животных, отличаться быстротой и экономичностью по сравнению с традиционными методами, а также специфическими свойствами, позволяющими расширить представление о спектре действия тестируемого фактора на биосистему. Этим требованиям отвечают одноклеточные животные инфузории. Использование данных тест-объектов в токсикологических исследованиях удовлетворяет также современным этическим представлениям и нормам, ограничивающим применение высших животных в фармакологических и других экспериментальных исследованиях [2].

Цель работы — провести токсиколого-гигиеническую оценку на *T. pyriformis* в хронических экспериментах семян лимонника китайского (Schisandra chinensidis semina); корней и корневищ родиолы розовой (Rhodiola rosea erhizomatae tradices); порошка спирулины (Spirulina platensis); травы эхинацеи пурпурной (Echinacea purpureae herba) и БАД на этапе разработки, состоящей из перечисленных компонентов в соотношении 15:25:40:20.

Материал и методы. Изучение токсичности объектов в хроническом эксперименте осуществляли на протяжении жизненного цикла популяции *T. pyriformis*. Исходными при постановке хронического эксперимента являлись результаты первичной токсикологической оценки. Суспензии исследуемых объектов разливали в стерильные колбочки с ватно-марлевыми пробками. Каждую концентрацию исследовали не менее чем в трех повторностях. Колбочки с суспензиями стерилизовали при 85°С в течение 30 мин. После охлаждения в пробы вносили по 20000 инфузорий в стационарной фазе роста. Пробы в течение 96 ч выдерживали в термостате при 25°С. Регистрацию состояния инфузорий и подсчет организмов осуществляли через 24 ч (лаг-фаза), 48 ч (логарифмическая фаза), 72 ч (фаза замедленного роста), 96 ч (стационарная фаза). Для этого из каждой колбочки стерильно отбирали по 1 мл пробы.

В нативном препарате отмечали состояние организмов: наличие погибших, характер морфологических и функциональных изменений.

После фиксации 1 каплей 5% раствора йода подсчитывали число организмов в счетной камере Фукса–Розенталя в 10 больших квадратах. Умножая среднее число организмов в 1 квадрате на 5000 (если отобранный инокулят не разводился) или на 20000 (при разведении инокулята в 4 раза), получали число особей в 1 мл культуры.

Параметры хронической токсичности исследуемых объектов определяли в диапазоне концентраций, когда угнетение скорости роста популяции было пропорциональным увеличению концентрации препарата [3].

Угнетение роста (ЕД) для каждой из доз рассчитывали по формуле:

$$ЕД\ (\%) = 100 — (N_о/N_к \times 100),$$

где $N_о$— число организмов в опыте; $N_к$ — число организмов в контроле.

При оценке результатов хронического эксперимента учитывались следующие показатели:

– $ЕД_{50}$ — доза, вызывающая угнетение генеративной функции на 50% в логарифмической (24–48 ч) и стационарной (72–96 ч) фазе роста;

– $К_{кум}$ — коэффициент кумуляции при хроническом воздействии, рассчитываемый отношением $ЕД_{50}$, определенной в стационарной фазе к $ЕД_{50}$ и логарифмической фазе роста. Коэффициент кумуляции более 1 позволяет предположить наличие у БАД адаптогенных свойств;

– Z_{chr} — зона хронического действия, рассчитываемая отношением средней смертельной дозы, определенной в остром эксперименте к дозе, угнетающей рост популяции на 50% в стационарной фазе хронического эксперимента;

– МНД — максимальная неэффективная доза, устанавливаемая по лимитирующему показателю;

– $ЛД_{50}$/МНД — показатель опасности, рассчитываемый отношением средней смертельной дозы, определенной в остром эксперименте, к максимальной недействующей дозе, определенной в хроническом эксперименте.

По результатам оценки объектов на *T. pyriformis* осуществляли гигиеническую классификацию этих объектов по показателям токсичности и опасности (таблица 1). Отнесение исследуемого объекта к классу опасности проводили по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Таблица 1 — Гигиеническая классификация БАД по результатам изучения их токсичности на *T. pyriformis* (в хроническом эксперименте)

Показатель	Класс по убывающей степени токсичности и опасности				
	I (чрезвычайно опасные)	II (высокоопасные)	III (умеренно опасные)	IV (мало опасные)	V (не токсичные)
$К_{кумchr}$	менее 0,1	0,10–0,30	0,31–0,49	0,50–1,0	более 1,0
Z_{chr}	более 10	10,0–5,0	4,9–2,5	менее 2,5	—
МНД, мг/мл	менее 10^{-6}	10^{-6}–10^{-4}	10^{-4}–10^{-1}	более 10^{-1}	—
$ЛД_{50}$/МНД	более 10^{6}	10^{6} – 10^{5}	10^{5}–10^{4}	менее 10^{4}	—

Результаты и их обсуждение. При исследовании хронической токсичности семян лимонника китайского популяция *T. pyriformis* культивировалась на протяжении жизненного цикла в среде, содержащей препарат в концентрациях от 0,25 до 1,0 мг/мл.

В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей семена лимонника китайского в концентрации 1 мг/мл, через 24 ч наблюдалась 100% летальность простейших. В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей препарат в концентрациях 0,25, 0,5 и 0,75 мг/мл, численность популяции через 24 ч инкубации снизилась на 21% и 54% соответственно по отношению к контрольному уровню ($p>0,05$) (таблица 2).

Таблица 2 — Изменение численности популяции *T. pyriformis*, культивируемой в среде, содержащей семена лимонника китайского

Семена лимонника китайского, мг/мл	Время инкубации, ч			
	24	48	72	96
0 (контроль)	14000±542	209000±5531	590000±9539	816000±3000
0,25	11000±1030*	210000±4760	497500±13860*	813000±5196
0,5	6500±465*	79500±1406*	326000±13892*	684000±22516*
0,75	6500±387*	44500±1095*	207000±10816*	615000±4582*
Семена лимонника китайского, мг/мл	Время инкубации, ч			
	24	48	72	96
Численность популяции, % к контролю				
0 (контроль)	100±3,9	100±2,6	100±1,6	100±0,0
0,25	79±7,4*	100±2,3	84±2,3*	100±0,6
0,5	46±3,3*	38±0,7*	55±2,3*	84±2,8*
0,75	46±2,8*	21±0,5*	35±1,8*	75±0,6*

Через 48 и 96 ч в концентрации 0,25 мг/мл она достигла контрольного уровня. При вступлении популяции в стационарное состояние численность ее в среде культивирования, содержащей семена лимонника в концентрациях 0,5 и 0,75 мг/мл, снизилась по отношению к контролю на 16% и 25% соответственно ($p<0,05$).

Методом пробит-анализа угнетения генеративной функции инфузорий под действием препарата в хроническом эксперименте рассчитаны параметры хронической токсичности семян лимонника китайского (таблица 3).

Таблица 3 — Хроническая токсичность семян лимонника китайского по результатам оценки на *T. pyriformis*

Показатель токсичности	Величина токсичности	Класс опасности
Логарифмическая фаза (48 ч)		
$ЕД_{16}$, мг/мл	0,28	—
$ЕД_{50}$, мг/мл	0,52±0,0009	—
$ЕД_{84}$, мг/мл	0,75	—
Стационарная фаза роста (96 ч)		
$ЕД_{16}$, мг/мл	0,55	—
$ЕД_{50}$, мг/мл	0,79±0,0003	—
$ЕД_{84}$, мг/мл	1,03	—
$К_{кумchr}$	1,52	IV
Z_{chr}	4,13	III
$МНД_{chr}$, мг/мл	0,25	IV
$ЛД_{50}/МНД_{chr}$	13,04	IV

По результатам токсиколого-гигиенической оценки в хроническом эксперименте на *T. pyriformis* семена лимонника китайского относятся к III классу опасности по зоне хронического действия со слабо выраженными кумулятивными свойствами.

При исследовании хронической токсичности корней и корневищ родиолы розовой популяция *T. pyriformis* культивировалась на протяжении жизненного цикла в среде, содержащей препарат в концентрациях 0,45, 0,75, 1,5 мг/мл (таблица 4).

Таблица 4 — Изменение численности популяции *T. pyriformis*, культивируемой в среде, содержащей корни и корневища родиолы розовой

Корни и корневища родиолы розовой, мг/мл	Время инкубации, ч			
	24	48	72	96
0 (контроль)	8000±803	176000±7140	603500±5783	871000±10350
0,45	15000±201*	359500±64182*	887500±8027*	1067500±7107*
0,75	13000±772*	50000±1839*	102000±4481*	379500±10540*
1,5	5000±335*	9500±833*	6000±335*	4500±214*
Численность популяции, % к контролю				
0 (контроль)	100±10,0	100±4,1	100±1,0	100±1,2
0,45	187±2,5*	204±36,5*	147±1,3*	123±0,8*
0,75	162±9,6*	28±1,0*	17±0,7*	44±1,2*
1,5	62±4,2*	5±0,5*	1±0,1*	1±0,02*

В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей корни и корневища родиолы розовой в концентрации 0,45 мг/мл, на протяжении всего жизненного цикла популяции наблюдалась стимуляция роста простейших по отношению к контрольному уровню. В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей препарат в концентрации 0,75 мг/мл, численность популяции через 48 и 96 ч инкубации снизилась на 72 и 56% соответственно по отношению к контрольному уровню. В концентрации 1,5 мг/мл угнетение роста инфузорий увеличилось и достигло в логарифмической и стационарной фазе роста 95 и 99% соответственно по отношению к контрольному уровню (см. таблицу 4).

Методом пробит-анализа угнетения генеративной функции инфузорий под действием препарата в хроническом эксперименте рассчитаны параметры хронической токсичности корней и корневищ родиолы розовой (таблица 5).

Таблица 5 — Хроническая токсичность корней и корневищ родиолы розовой по результатам оценки на *T. pyriformis*

Показатель токсичности	Величина токсичности	Класс опасности
Логарифмическая фаза (48 ч)		
$ЕД_{16}$, мг/мл	0,3	—
$ЕД_{50}$, мг/мл	0,70±0,0169	—
$ЕД_{84}$, мг/мл	1,10	—
Стационарная фаза роста (96 ч)		
$ЕД_{16}$, мг/мл	0,53	—
$ЕД_{50}$, мг/мл	0,76±0,0005	—
$ЕД_{84}$, мг/мл	0,99	—
$К_{кумchr}$	1,09	V
Z_{chr}	0,43	IV
$МНД_{chr}$, мг/мл	0,45	IV
$ЛД_{50}/МНД_{chr}$	0,73	IV

По результатам токсиколого-гигиенической оценки в хроническом эксперименте на *T. pyriformis* корни и корневища родиолы розовой относятся к IV классу опасности (по зоне хронического действия) со слабо выраженными кумулятивными свойствами.

При исследовании хронической токсичности спирулины популяция *T. pyriformis* культивировалась на протяжении жизненного цикла в среде, содержащей растительный препарат в концентрациях 5, 10, 25 мг/мл.

В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей спирулину в концентрациях 5 и 10 мг/мл, на протяжении всего жизненного цикла наблюдалась стимуляция роста простейших. Численность популяции возрастала до 200% и более по отношению к контрольному уровню ($p<0,05$). В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей препарат в концентрации 25 мг/мл, численность популяции в лаг-фазе была на уровне контроля, в фазе логарифмического роста снизилась на 77% по отношению к контрольному уровню ($p<0,05$). В фазах замедленного роста и стационарной в указанной концентрации снижение численности популяции достигло 97% по отношению к контролю ($p<0,05$) (таблица 6).

Таблица 6 — Изменение численности популяции *T. pyriformis*, культивируемой в среде, содержащей порошок спирулины

Порошок спирулины, мг/мл	Время инкубации, ч			
	24	48	72	96
0 (контроль)	20500±250	198000±3715	638500±7940	629000±8890
5,0	32000±1265*	588500±12307*	1118500±10220*	1446000±9697*
10,0	39000±1352*	1173500±737165	1064000±5568*	1686000±24780*
25,0	22500±760*	45500±1432*	16500±671*	16500±671*
Численность популяции, % к контролю				
0 (контроль)	100±1,2	100±1,9	100±1,2	100±1,4
5,0	156±6,2*	297±6,2*	175±1,6*	230±1,5*
10,0	190±6,6*	593±372,3	167±0,9*	268±3,9*
25,0	110±3,7*	23±0,7*	3±0,1*	3±0,1*

Методом пробит-анализа угнетения генеративной функции инфузорий под действием препарата в хроническом эксперименте рассчитаны параметры хронической токсичности спирулины (таблица 7).

Таблица 7 — Хроническая токсичность спирулины по результатам оценки на *T. pyriformis*

Показатель токсичности	Величина токсичности	Класс опасности
Логарифмическая фаза (48 ч)		
$ЕД_{16}$, мг/мл	15,40	—
$ЕД_{50}$, мг/мл	20,90±0,04	—
$ЕД_{84}$, мг/мл	26,40	—
Стационарная фаза роста (96 ч)		
$ЕД_{16}$, мг/мл	13,80	—
$ЕД_{50}$, мг/мл	17,65±0,04	—
$ЕД_{84}$, мг/мл	21,50	—
$К_{кумchr}$	0,84	IV
Z_{chr}	4,37	III
$МНД_{chr}$, мг/мл	10,0	IV
$ЛД_{50}/МНД_{chr}$	7,72	IV

По результатам токсиколого-гигиенической оценки в хроническом эксперименте на *T. pyriformis* спирулина относится к III классу опасности (по зоне хронического действия) со слабо выраженными кумулятивными свойствами.

При исследовании хронической токсичности травы эхинацеи пурпурной популяция *T. pyriformis* культивировалась на протяжении жизненного цикла в среде, содержащей растительный препарат в концентрациях 4,25 и 4,5 мг/мл.

В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей траву эхинацеи в концентрации 4 мг/мл, на протяжении всего жизненного цикла популяции наблюдалась стимуляция роста простейших. В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей препарат в концентрации 4,25 мг/мл, численность популяции в фазе логарифмического роста увеличилась на 7%, однако в стационарной фазе снизилась на 28% по отношению к контрольному уровню ($p<0,05$). Трава эхинацеи в концентрации 4,5 мг/мл вызвала угнетение роста популяции на тех же фазах развития на 21% и 43% соответственно по отношению к контрольному уровню ($p<0,05$). В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей траву эхинацеи в концентрации 4,8 мг/мл наблюдалась 100% гибель инфузорий (таблица 8).

Таблица 8 — Изменение численности популяции *T. pyriformis*, культивируемой в среде, содержащей траву эхинацеи

Трава эхинацеи, мг/мл	Время инкубации, ч			
	24	48	72	96
0 (контроль)	19000±641	212000±1960	496000±6396	660000±7182
4,25	13000±539*	226000±3688*	264500±13440*	472000±4394*
4,5	15500±258*	168000±1116*	236000±5689*	375500±5252*
Численность популяции, % к контролю				
0 (контроль)	100±3,4	100±0,9	100±1,2	100±1,1
4,25	68±2,8*	107±1,7*	53±2,7*	72±0,7*
4,5	82±1,4*	79±0,5*	48±1,1*	57±0,8*

Методом пробит-анализа летальности угнетения генеративной функции инфузорий под действием препарата в хроническом эксперименте рассчитали параметры хронической токсичности травы эхинацеи пурпурной (таблица 9).

Таблица 9 — Хроническая токсичность травы эхинацеи пурпурной по результатам оценки на *T. pyriformis*

Показатель токсичности	Величина токсичности	Класс опасности
Логарифмическая фаза (48 ч)		
$ЕД_{16}$, мг/мл	4,38	—
$ЕД_{50}$, мг/мл	4,68 ±0,001	—
Показатель токсичности	Величина токсичности	Класс опасности
$ЕД_{84}$, мг/мл	4,98	—
Стационарная фаза роста (96 ч)		
$ЕД_{16}$, мг/мл	4,15	—
$ЕД_{50}$, мг/мл	4,5±0,001	—
$ЕД_{84}$, мг/мл	4,85	—
$К_{кумchr}$	0,97	IV
Z_{chr}	6,64	II
$МНД_{chr}$, мг/мл	4,0	IV
$ЛД_{50}/МНД_{chr}$	7,48	IV

По результатам токсиколого-гигиенической оценки в хроническом эксперименте на *T. pyriformis* по зоне хронического действия эхинацея пурпурная относится к II классу опасности со слабо выраженными кумулятивными свойствами.

При исследовании хронической токсичности БАД, состоящей из перечисленных компонентов, популяция *T. pyriformis* культивировалась на протяжении жизненного цикла в среде, содержащей препарат в концентрациях 1,2, 1,5 и 1,8 мг/мл. В исследованных концентрациях наблюдалось снижение токсического эффекта БАД на протяжении жизненного цикла популяции *T. pyriformis*. Так, в пробах с концентрацией 1,2 мг/мл численность инфузорий в фазах логарифмического и стационарного роста составила 32% и 103% соответственно по отношению к контрольному уровню ($p<0,05$) (таблица 10).

Таблица 10 — Изменение численности популяции *T. pyriformis,* культивируемой в среде, содержащей БАД

БАД, мг/мл	Время инкубации, ч			
	24	48	72	96
0 (контроль)	15000±577	243500±1605	599000±3531	853500±9942
1,2	3500±289*	77500±7923*	410500±7311*	877500±10414
1,5	2500±167*	33000±1527*	283000±5410*	618500±10298*
1,8	1000±167*	19000±307*	82000±1190*	181500±3844*
Численность популяции, % к контролю				
0 (контроль)	100±3,8	100±0,7	100±0,6	100±1,2
1,2	23±1,9*	32±3,3*	68±1,2*	103±1,2
1,5	17±1,1*	14±0,6*	47±0,9*	72±1,2*
1,8	7±1,1*	8±0,1*	14±0,2*	21±0,5*

В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей БАД в концентрации 1,5 мг/мл, на тех же фазах развития популяции численность популяции составила 14 и 72% соответственно по отношению к контрольному уровню ($p<0,05$). В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей БАД в концентрации 1,8 мг/мл, на тех же фазах развития численность популяции составила 8 и 21% соответственно по отношению к контрольному уровню ($p<0,05$) (таблица 10).

Методом пробит-анализа угнетения генеративной функции инфузорий под действием БАД в хроническом эксперименте рассчитаны параметры ее хронической токсичности (таблица 11).

Таблица 11 — Хроническая токсичность БАД на этапе разработки ее состава по результатам оценки на *T. pyriformis*

Показатель токсичности	Величина токсичности	Класс опасности
Логарифмическая фаза (48 ч)		
$ЕД_{16}$, мг/мл	0,27	—
$ЕД_{50}$, мг/мл	0,89±0,0026	—
$ЕД_{84}$, мг/мл	1,51	—
Стационарная фаза роста (96 ч)		
$ЕД_{16}$, мг/мл	1,41	—
$ЕД_{50}$, мг/мл	1,63±0,0003	—
Показатель токсичности	Величина токсичности	Класс опасности
$ЕД_{84}$, мг/мл	1,84	—
$К_{кумchr}$	1,83	V
Z_{chr}	1,71	IV
$МНД_{chr}$, мг/мл	1,20	IV
$ЛД_{50}/МНД_{chr}$	2,32	IV

По результатам токсиколого-гигиенической оценки в хроническом эксперименте на *T. pyriformis* БАД на этапе ее разработки относится к IV классу опасности с невыраженными кумулятивными свойствами. Коэффициент кумуляции равный 1,83 (>1,0) позволяет предположить наличие у БАД адаптогенных свойств.

Заключение. По результатам токсиколого-гигиенической оценки на *T. pyriformis* в хронических экспериментах семена лимонника китайского относятся к III классу опасности (умеренно опасны), корни и корневища родиолы розовой — к IV классу опасности (мало опасны), порошок спирулины — к III классу опасности (умеренно опасен), трава эхинацеи пурпурной — ко II классу опасности (высоко опасна), БАД, содержащая указанные растительные компоненты в соотношении 15:25:40:20, — к IV классу (мало опасна). Все исследованные растительные препараты и БАД характеризуются слабо выраженными кумулятивными свойствами.

Литература

1. Зуев, Е.Т. Новые биотехнологии, методы контроля и менеджмент качества в производстве напитков: автореф. дис … д-ра биол. наук: 03.00.23, 05.02.23 / Е.Т. Зуев. – М., 2004. – 404 с.

2. Виноходов, Д.О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий: автореф. дис. … д-ра биол. наук: 03.00.23 / Д.О. Виноходов. – СПб., 2007. – 40 с.

3. Комплексная гигиеническая оценка специализированного спортивного питания: метод. рекомендации: утв. экспертной комиссией науч.-исслед. ин-та физ. культуры и спорта Респ. Беларусь от 10.11.2008 г. / Науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта Респ. Беларусь, ГУ «Респ. науч.-практ. центр гигиены»; авт.-сост. А.С. Богдан [и др.]. – Минск, 2008. – 127 с.

TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF MULTICOMPONENT FOOD SUPPLEMENTS AT THE DESIGN STAGE TO THE CHRONIC EXPERIMENT ON TETRAHYMENA PYRIFORMIS

Zhurihina L.N.[1], Tsygankov V.G.[1], Loseva L.P.[2], Osipova T.S.[1], Morozova E.A.[1]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk;

[2]Grodno State University named after Janka Kupala, Grodno, Belarus

According to the results of toxicological and epidemiological assessment on *T. pyriformis* in chronic experiments of Chinese magnolia seeds are of danger class 3 (moderately hazardous), roots and rhizomes of Rhodiola rosea — to hazard class 4 (hardly dangerous), spirulina powder — danger class 3 (moderately dangerous), herb Echinacea purpurea — to hazard class 2 (highly dangerous), dietary supplements containing these plant components in the ratio of 15:25:40:20 — class 4 (a little dangerous). All the tested herbal medicines and dietary supplements are characterized by mild cumulative properties.

Keywords: biologically active food supplements, Chinese magnolia seeds, roots and rhizomes of Rhodiola rosea, spirulina powder, herb Echinacea purpurea, toxicity, *T. pyriformis*.

Поступила 20.05.2013

ПЕРВИЧНАЯ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ К ПИЩЕ И ЕЕ КОМПОНЕНТОВ НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ

Журихина Л.Н., Цыганков В.Г., Осипова Т.С., Морозова Е.А.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В результате проведенной первичной токсикологической оценки семена лимонника китайского, трава эхинацеи пурпурной, корни и корневища родиолы розовой, порошок спирулины относятся соответственно к III, IV, II, V клас-

су токсичности, а биологически активная добавка к пище (БАД), состоящая из указанных компонентов в соотношении 15:20:25:40 соответственно — к III классу токсичности. Коэффициент комбинированного действия заданного соотношения исходных растительных компонентов БАД определен как менее чем аддитивный, что свидетельствует о снижении токсического эффекта смеси.

Ключевые слова: биологически активные добавки к пище, семена лимонника китайского, корни и корневища родиолы розовой, порошок спирулины, трава эхинацеи пурпурной, токсичность, Tetrahymena pyriformis.

Введение. В настоящее время четко прослеживается тенденция к росту состояний иммунодефицита среди населения. Ухудшающаяся экологическая обстановка, хронический стресс, малоподвижный образ жизни, несбалансированное питание — это те факторы, которые при постоянном воздействии вызывают снижение общей резистентности организма. Вследствие этого растет уровень заболеваемости органов дыхания, желудочно-кишечного тракта, нарушается гормональная регуляция, снижается иммунитет [1].

В связи с этим особую популярность приобретают препараты растительного происхождения, которые комбинируются в разнообразные многокомпонентные БАД, применяемые для профилактики состояний иммунодефицита, т.к. позволяют повысить неспецифическую резистентность организма человека к неблагоприятным факторам внешней среды.

Одними из наиболее распространенных компонентов БАД растительного происхождения являются эхинацея пурпурная, лимонник китайский, спирулина, родиола розовая.

Эхинацея пурпурная — растение (Echinacea purpurea (L.) Moench.), семейства Сложноцветные (Asteraceae), сочетает в себе иммуномодулирующие, противовоспалительные, противовирусные, тонизирующие свойства [2]. Она является источником целого ряда биологически активных веществ (БАВ), все органы растения содержат эфирные масла, полисахариды, органические кислоты, витамины А и С, дубильные вещества, флавоноиды. Основными действующими веществами, обладающими иммуностимулирующей активностью, являются гидрокси коричные кислоты [3].

Лимонник — растение из рода Лимонник (Schisandra), семейства Лимонниковые (Schisandraceae), известен как адаптоген, способный в значительной степени снизить дефицит БАВ, а во многих случаях оказать лечебно-профилактическое воздействие при некоторых заболеваниях. В плодах содержатся органические кислоты (8,5–20%) — главным образом лимонная, яблочная, винная; витамины: аскорбиновая кислота, тиамин, рибофлавин. В семенах обнаружены тонизирующие вещества (около 0,012% схизандрина и схизандрол), жирное масло (до 34%), эфирное масло, которое высоко ценится в парфюмерии за тонкий пряно-лимонный аромат. В медицине используется как лекарственное средство, оказывающее адаптогенное, общетонизирующее и психостимулирующее действие. Схизандрин способствует повышению возбудимости центральной нервной системы и стимулирует работу сердца и дыхательного аппарата, повышает артериальное давление, усиливает процессы возбуждения в структурах головного мозга и рефлекторную деятельность, увеличивает работоспособность и уменьшает утомление при физических и умственных нагрузках [4].

Спирулина — сине-зеленая нитчатая микроводоросль (Spirulina platensis*)*, семейство Осциллаториевые (Oscillatoriaceae), широко культивируется во многих странах. Химический состав биомассы включает в себя множество различных групп соединений: белки (50,8%); витамины С, Е и группы В; свободные аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты; эссенциальные фосфолипиды; полисахариды (15,7%); пигменты: фикоцианин С (9–15%), каротиноиды (30–180%), хлорофилл а. Большая часть макро- и микроэлементов, содержащихся в биомассе Spirulina platensis, находится в форме органических соединений. В частности, микроэлементы — катионы d-элементов образуют хелатные комплексы с аминокислотами и полипептидами. Белки являются значимой группой биологически активных соединений биомассы Spirulina platensis благодаря высокому содержанию и сбалансированному аминокислотному составу [5].

Родиола розовая — многолетнее травянистое растение семейства толстянковых (Crassulaceae). Вытяжка из корня родиолы розовой оказывает психостимулирующее действие. Ученые установили, что в золотом корне или в корне родиолы розовой (Rhodiola rosea L.) обнаружены следующие химические соединения: органические кислоты (щавелевая, лимонная, яблочная, галловая, янтарная, кофейная, окси коричная); углеводы (глюкоза, фруктоза, сахароза); алкалоиды (астрагалин, родионин, родалин, родалидин, розин, розавин, розарин, родиолгин, родиозин, родиолин, ацетилродалгин, родиолгидин); эфирные масла, цитраль, β-фенилацетат и минеральные вещества (Zn, Cu, Ti, Mn) [6].

Для большинства растительных продуктов отсутствуют научные данные по их фармакокинетике и фармакодинамике, токсикологии, неблагоприятным побочным реакциям, эффектам при длительном, бесконтрольном применении [7].

Наряду с частым отсутствием доказательства эффективности и информации о фармакологически активных компонентах, наблюдаются колебания качественных и количественных параметров как между продуктами, так и в пределах одного продукта, отсутствует мониторинг за условиями заготовки и хранения растительного сырья, контаминацией и фальсификацией фитопрепаратов. Когда используются неочищенные препараты из экстрактов растительного сырья, реальная доза активных компонентов часто варьирует, непредсказуема или просто неизвестна. Для растительного сырья как природного продукта характерно отсутствие стандартного состава действующих компонентов, насчитывающих в ряде случаев нескольких сотен, причем профиль их содержания варьирует в разных частях растения (корни, листья, стебли, семена) и подвержен влиянию климатогеографического расположения, времени сбора, условий переработки и хранения [7].

Цель работы — первичная токсикологическая оценка БАД, а также составляющих ее компонентов: семян лимонника китайского (Schisandra chinensidis semina), корней и корневищ родиолы розовой (Rhodiola roseae rhizomatae tradices), порошка спирулины (Spirulina platensis), травы эхинацеи пурпурной (Echinacea purpureae herba), с расчетом коэффициента комбинированного действия. БАД состоит из перечисленных компонентов в соотношении 15:25:40:20. Три компонента БАД (семена лимонника китайского, корни и корневища родиолы розовой, трава эхинацеи пурпурной) входят в Государственную фармакопею Республики Беларусь, т.е. являются лекарственным растительным сырьем. Представленная БАД находится на стадии разработки состава, ее выпуск предполагается в капсулированной форме.

Материал и методы. Для работы использовали T. pyriformis в стационарной фазе роста, поддерживаемой в стандартной питательной среде при 25°С. В зависимости от токсичности исследуемого объекта длительность острого эксперимента составляла 0,5–4 ч, подострого — 24 ч. Эффект токсического действия оценивался по альтернативному состоянию «жизнь — смерть».

Растительное сырье измельчали в лабораторной мельнице дважды по 5 мин, затем просеивали через сито с диаметром ячеек 0,2 мм. Готовили суспензии растений, pH которых доводили до 7,1–7,2. Определяли смертельную и недействующую концентрацию и готовили несколько промежуточных концентраций. По 1 мл раствора каждой концентрации вносили в два десятимиллилитровых флакона. В каждую пробу добавляли инокулят инфузорий в стационарной фазе роста (100 000 ± 1000 организмов). По истечении срока инкубации под микроскопом в нативном препарате наблюдали картину интоксикации. В счетной камере Фукса–Розенталя подсчитывали число погибших инфузорий до их фиксации и общее число инфузорий после фиксации 5% раствором йода. При подсчете процента летальности учитывали число лизировавших организмов.

Пробит-анализ прямой летальности проводили с использованием общепринятых в токсикологии методов, в частности метода В.Б. Прозоровского. По результатам расчета процента летальности тест-объекта в остром и подостром экспериментах устанавливали основные параметры токсичности — $ЛД_{16}$, $ЛД_{50}$, $ЛД_{84}$. Коэффициент кумуляции (Ккум) рассчитывали отнесением $ЛД_{50}$ подострого эксперимента к $ЛД_{50}$ острого эксперимента.

По результатам оценки объектов на *T. pyriformis* осуществляли гигиеническую классификацию по показателям токсичности и опасности (таблица 1). Отнесение вредного вещества к классу опасности проводили по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Таблица 1 — Гигиеническая классификация токсичности и опасности вредных веществ по результатам изучения их токсичности на *T. pyriformis*

Показатель	Классы по убывающей степени токсичности и опасности				
	I	II	III	IV	V
$ЛД_{50}$, мг/мл	менее 0,1	0,1–1,0	1,1–20	21–50	более 50
$Ккум_{ас.}$	менее 0,1	0,10–0,30	0,31–0,49	0,50–1,0	более 1,0

Изучено комбинированное действие БАД в остром токсикологическом эксперименте по средней смертельной дозе ($ЛД_{50}$). Его характер оценивали путем сопряженного анализа дозовых зависимостей, полученных для смеси и отдельных ее компонентов:

$$К_{кд} = \frac{ЛД_{50\,эксп}}{Д_{экв}},$$

где $К_{кд}$ — коэффициент комбинированного действия, равный 1 при аддитивном действии компонентов смеси; более 1 — при более чем аддитивном действии компонентов смеси (потенцирование эффектов); менее 1 — при менее чем аддитивном действии компонентов смеси (антагонизм эффектов);

$ЛД_{50эксп}$ — средняя смертельная доза смеси веществ, определенная экспериментально;

$Д_{экв}$ — эквивалентная доза для исследуемой смеси веществ, рассчитанная с учетом удельной дозы каждого компонента смеси и результатов определения его средней смертельной дозы.

Результаты и их обсуждение. По результатам определения $ЛД_{50}$ в остром эксперименте, семена лимонника китайского отнесли к III классу токсичности, трава эхинацеи пурпурной — к IV классу токсичности, корни и корневища родиолы розовой — ко II классу токсичности и порошок спирулины — к V классу токсичности. На этапе разработки состава БАД, содержащая данные органы растений в соотношении 15:20:25:40 соответственно, относится к III классу токсичности.

БАД и исследованные изолированно ее компоненты характеризуются слабо выраженными кумулятивными свойствами (IV класс опасности) (таблица 2).

Таблица 2 — Токсикологические параметры семян лимонника китайского, травы эхинацеи пурпурной, корней и корневищ родиолы розовой, порошка спирулины и БАД по результатам исследований на *T. pyriformis*

БАД и ее компоненты	Параметры токсичности, мг/мл			Ккум	Класс токсичности и опасности
	$ЛД_{16}$	$ЛД_{50}$	$ЛД_{84}$		
В остром эксперименте					
Семена лимонника китайского	2,40	3,26±0,003	4,12	—	III
Трава эхинацеи пурпурной	19,35	29,90±0,022	40,45	—	IV
Корни и корневища родиолы розовой	0,05	0,33±0,0007	0,60	—	II
Порошок спирулины	12,8	77,2±0,29	167,20	—	V
БАД	2,38	2,78±0,0018	3,22	—	III
В подостром эксперименте					
Семена лимонника китайского	1,17	1,67±0,001	2,18	0,51	IV
Трава эхинацеи пурпурная	14,00	16,55±3,58	19,05	0,55	IV
Корни и корневища родиолы розовой	0,12	0,25±0,0006	0,62	0,76	IV
Порошок спирулины	20,00	73,6±0,11	127,00	0,95	IV
БАД	1,75	2,38±0,0069	2,99	0,86	IV

Для определения коэффициента комбинированного действия четырехкомпонентной смеси, содержащей семена лимонника китайского, корни и корневища родиолы розовой, порошок спирулины, траву эхинацеи пурпурной в соотношении 15:25:40:20, в остром эксперименте рассчитывали эквивалентные дозы каждого компонента смеси с учетом $ЛД_{50}$ БАД (таблица 3). Результаты изучения комбинированного действия указанной смеси (БАД на этапе разработки ее состава) по ее токсичности в остром эксперименте ($ЛД_{50}$) указывают на снижение токсического эффекта смеси, т.к. коэффициент комбинированного действия равен 0,76, менее 1 (менее чем аддитивное действие компонентов смеси) (таблица 3).

Таблица 3 — Результаты оценки комбинированного действия компонентов БАД по токсичности

Показатели	Компоненты БАД				БАД
	Семена лимонника китайского	Трава эхинацеи пурпурной	Корни и корневища родиолы розовой	Порошок спирулины	
Содержание в смеси ($Д_i$), мг/мл	0,417	0,556	0,695	1,112	2,78
Летальность (E_i), %	0	0	91	20	50
Сумма E_i, %	>100				
Доза эквивалентная ($Д_{экв}$), мг/мл	3,65				
$ЛД_{50}$ смеси ($Д_{эксп}$), мг/мл	2,78±0,0018				
$К_{кд}$	0,76				

Заключение. По результатам первичной токсикологической оценки, семена лимонника китайского, трава эхинацеи пурпурной, корни и корневища родиолы розовой, порошок спирулины относятся соответственно к III, IV, II, V классу токсичности, а БАД, состоящая из указанных компонентов в соотношении 15:20:25:40 соответственно, — к III классу токсичности.

Коэффициент комбинированного действия заданного соотношения исходных растительных компонентов БАД определен как менее чем аддитивный, что свидетельствует о снижении токсического эффекта смеси.

Литература

1. Куркин, В.А. Фенилпропаноиды как самостоятельный класс биологически активных соединений: учеб. пособие. – Самара, 2005. – С. 128.

2. Флавоноиды травы эхинацеи пурпурной // Химия растительного сырья / В.А. Куркин [и др.]. – 2010. — № 4. – С. 87–89.

3. Фитохимический состав представителей рода эхинацея и его фармакологические свойства / В.Н. Самородов [и др.] // Химико-фармацевт. журн. – 1996. – Т. 30, № 4. – С. 32–37.

4. Пантюхин, А.В. Теоретические аспекты разработки биологически активных добавок в виде корригированных сиропов / А.В. Пантюхин, С.В. Райкова, А.А. Архангельская // Научные ведомости БелГУ. Сер. Медицина. Фармация. – 2011. – № 4 (99). – Вып. 13. – С. 177–186.

5. Определение токсичности и антиоксидантной активности биомассы спирулины платенсис и лекарственных форм на ее основе / П.П. Пурыгин [и др.] // Вестн. СамГУ. — Естественнонаучная серия. – 2007. – № 6 (56). – С. 393–399.

6. Стасюк, О.Н. Экспериментальное исследование влияния родиолы розовой на познавательную деятельность / О.Н. Стасюк, Е.В. Альфоносова // Биологич. науки. – 2012. – № 5. – С. 193–196.

7. Решетько, О.В. Регуляторный статус и проблема безопасности средств растительного происхождения / О.В. Решетько // Ремедиум. – 2010. – № 5. – С. 30–33.

PRIMARY TOXICOLOGICAL EVALUATION OF FOOD SUPPLEMENTS AND THEIR COMPONENTS AT THE STAGE OF ELABORATION

Zhurihina L.N., Tsygankov V.G., Osipova T.S., Morozova E.A.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

Following the primary toxicological evaluation of Chinese magnolia, seeds, herb Echinacea purpurea roots and rhizomes of Rhodiola rosea, spirulina powder refer to the third, fourth, second, fifth class of toxicity, respectively, and food supplements consisting of the above components in a ratio of 15:20:25:40 — to a third class of toxicity, respectively.

The combined coefficient of the specified ratio of initial plant components of food supplements is defined as less than additive, showing decrease in toxicity of the mixture.

Keywords: biologically active food supplements, Chinese magnolia seeds, roots and rhizomes of Rhodiola rosea, spirulina powder, herb Echinacea purpurea, toxicity, *Tetrahymena pyriformis*.

Поступила 20.05.2013

БЕЛКОВАЯ ЦЕННОСТЬ ПИЩЕВОГО РАЦИОНА СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

Ивко Н.А.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Проведена гигиеническая оценка рационов питания членов национальных команд Республики Беларусь по лыжным гонкам и биатлону на учебно-тренировочных сборах в СК «Динамо» (Раубичи). Выявлена несбалансированность белковой составляющей рационов питания спортсменов. Показано, что рацион питания лыжников и биатлонистов необходимо скорректировать по аминокислотному составу. Используемые в питании спортсменов продукты с повышенной биологической ценностью должны носить углеводно-минеральную направленность.

Ключевые слова: лыжники, биатлонисты, рацион питания, белковая ценность.

Введение. Белки являются главным, наиболее ценным и незаменимым компонентом питания. Это основной строительный материал организма, необходимый для образования новых мышечных волокон, восстановления травмированных и замены отмерших тканей во всех органах. Количественное содержание этих основных пищевых компонентов является строго индивидуальным для представителей различных видов спорта в зависимости от уровня энерготрат и направленности их тренировочной или соревновательной деятельности [1]. Так, в скоростно-силовых видах спорта рекомендуется рацион питания, при котором белки обеспечивают 17–18% энерготрат, в отдельных случаях до 20% (например, штанги-

сты, культуризм). Для спортсменов, специализирующихся в видах спорта с преимущественным проявлением выносливости, — 14–15%. Наращиванию мышечной массы, либо развитию силы, либо выносливости способствует равномерное поступление белка с пищей в течение дня (4–6 раз) в сбалансированном соотношении с углеводами и жирами, являющимися источником энергии для процессов белкового синтеза. Особенностью питания спортсменов циклических видов спорта является не столько набор большой мышечной массы, как то, что мышцы должны быть легкими и выносливыми или «быстрыми». В связи с тем, что под влиянием тренировочных и соревновательных нагрузок угнетаются процессы переваривания и всасывания пищевых веществ у спортсменов, белки в рационе должны быть легкоусвояемыми. Для поддержания нормального состояния белкового обмена у спортсменов значение имеет как количество, так и качество белка. Пищевые белки должны обеспечивать поступление в организм 20 протеиногенных аминокислот, из которых 8 являются незаменимыми. При этом определяет рост и развитие организма аминокислота, находящаяся в минимальном количестве (лимитирующая). В спорте особое внимание уделяется трем аминокислотам с разветвленной углеводной цепью или «branch chain amino acids» (BCCA) из класса алифатических аминокислот, которые представлены валином, изолейцином и лейцином. Они стимулируют глюкозо-аланиновый цикл, что улучшает обеспечение мышечного сокращения энергией.

ВОЗ определила суточную потребность в аминокислотах, которые нашли отражение в формуле сбалансированного питания [2]. В то же время систематическая физическая нагрузка требует повышенного по сравнению с этим минимумом количества аминокислот. При сравнении фактического аминокислотного состава различных пищевых белков с оптимальным (при определении аминокислотного скора) выяснилось, что не все они полноценны. Наиболее близки к «идеальному» животные белки. Большинство растительных белков содержат недостаточное количество одной или даже двух незаменимых аминокислот. Показано, что приемлемый уровень сбалансированности аминокислотного состава может быть обеспечен в том случае, если включать в рацион не менее 55–65% белков животного происхождения [1].

Материал и методы. С целью определения белковой обеспеченности фактического питания спортсменов циклических видов спорта обследованы среднесуточные рационы питания членов национальных команд Республики Беларусь по лыжным гонкам и биатлону на учебно-тренировочных сборах (УТС) в СК «Динамо» (Раубичи) в летний и осенний сезоны. Для оценки потребности в энергии изучены энерготраты спортсменов в типичные тренировочные дни путем хронометража. Анализ 44 суточных рационов (в летний сезон — 19, в осенний — 25 меню-раскладок) проведен расчетом нутриентного состава среднесуточных рационов питания спортсменов с помощью программы «Библиотека продуктов». Биологическую ценность рационов питания спортсменов оценивали по аминокислотному составу (8 незаменимых и 11 заменимых аминокислот) пищевого белка [3]. Статистическая обработка результатов проведена с использованием интегрированной системы STATISTICA 6,0.

Результаты и их обсуждение. При гигиенической оценке рационов питания лыжников и биатлонистов установлено, что их энергетическая ценность не всегда соответствовала уровню расхода энергии (не менее 6000 ккал). Так, например, осенью энергоценность рационов питания спортсменов была ниже суточных энерготрат на 8,5% и 12% соответственно для лыжников и биатлонистов. В процессе тренировочного периода можно допускать 10% дефицит поступления энергии с пищей (за счет углеводов и жиров) с целью повышения способности организма высокотренированных спортсменов эффективно использовать резервы питательных веществ. Результаты оценки показали, что рацион питания лыжников и биатлонистов являлся несбалансированным. Соотношение белков, жиров и углеводов составляло в среднем 1:(1,15–1,3):(2,3–2,87) вместо рекомендуемого 1:0,9:4 [1]. Среднесуточный рацион спортсменов характеризовался повышенной долей содержания жиров и сниженной — углеводов. Известно, что не только снижение калорийности, но и недостаточность углеводов в питании приводят к повышению деградации белков в организме.

Установлено, что рационы питания спортсменов были достаточно обеспечены белком. Так, в обеих группах спортсменов абсолютная и относительная белковая квоты были на уровне рекомендуемой нормы (15–16% и 190–236 г соответственно при рекомендуемом потреблении 14–15% и 187,5–225 г). Однако выявлено сниженное поступление растительных белков по сравнению с рекомендуемым. Соотношение животной и растительной фракций составляло в среднем 72/28% (рекомендуется 65/35%), а их весовой вклад — соответственно 150–170/57–66 г (рекомендуется 136/74 г).

Рацион питания спортсменов оценен и по аминокислотному составу. При этом учитывалась формула сбалансированного питания, отражающая стабильные условия жизнедеятельности [2]. Установлено, что в пищевом белке среднесуточных рационов питания спортсменов содержание большинства как незаменимых, так и заменимых аминокислот в 2,5–3 и более раза превышали потребность в них взрослого человека при умеренной физической нагрузке. В то же время содержание метионина и цистина находилось на уровне верхней границы рекомендуемого потребления (таблица 1). Известно, что серосодержащие аминокислоты (метионин, цистеин, а также глутамин) играют значительную роль в антиоксидантной защите организма. Указывается на то, что метионин, цистеин, а также гистидин и глутаминовая кислота относятся к естественным комплексообразователям и могут успешно применяться для нейтрализации токсичных веществ [4].

Таблица 1 — Содержание аминокислот в пищевом белке среднесуточных рационов питания спортсменов национальных команд Республики Беларусь по лыжным гонкам и биатлону в условиях централизованных УТС в СК «Динамо» (Раубичи)

Количество аминокислот	Потребность взрослого человека при умеренной физической нагрузке, в 80–100 г белка[1]	Содержание в пищевом белке полного среднесуточного рациона питания, г			
		Лыжники		Биатлонисты	
		Июнь	Сентябрь	Июнь	Сентябрь
Незаменимые аминокислоты	нет данных	94,94±1,62	87,50±3,07**	77,59±3,14º	87,03±4,25++
Валин	3,0–4,0	12,79±0,283	11,0±0,76	10,36±0,40º	11,59±0,56
Изолейцин	3,0–4,0	10,68±0,235	9,76±0,34**	8,63±0,34º	9,67±0,48++
Лейцин	4,0–6,0	16,4±1,87	15,7±1,08	13,2±1,35	16,46±0,81

Окончание таблицы 1

Лизин	3,0–5,0	15,98±0,52	14,6±0,54	12,9±0,5º	14,31±0,69
Метионин	2,0–4,0	5,75±0,172	5,21±0,18**	4,58±0,18º	5,15±0,25++
Треонин	2,0–3,0	9,82±0,24	9,02±0,31**	7,92±0,31º	8,86±0,43++
Триптофан	1,0	3,59±0,12	3,28±0,11**	2,79±0,12º	3,20±0,16++
Фенилаланин	2,0–4,0	10,86±0,29	9,86±0,36**	8,57±0,36º	9,74±0,50++
Заменимые аминокислоты	нет данных	141,7±16,64	134,6±4,78	117,9±3,97	120,1±14,6
Аланин	3,0	12,3±0,63	11,08±0,44	9,81±0,39º	10,81±0,58
Аргинин	5,0–6,0	12,9±0,46	11,46±0,42*	10,2±0,41º	11,45±0,62+
Аспарагиновая кислота	6,0	20,7±0,63	18,52±0,64*	16,3±0,53º	18,36±0,73+
Гистидин	1,5–2,0	8,18±0,15	7,65±0,26	65,0±0,31º	7,65±0,34
Глицин	3,0	9,46±0,48	8,44±0,36	7,3±0,35º	8,37±0,49
Глутаминовая кислота	16,0	45,7±1,29	40,49±1,61*	35,5±1,35º	40,13±2,19+
Оксипролин	нет данных	0,67±0,086	0,69±0,085	0,54±0,057	0,67±0,086
Пролин	5,0	15,3±0,54	13,70±0,54**	11,5±0,52º	13,48±0,71++
Серин	3,0	11,8±0,41	10,57±0,37**	9,03±0,35º	10,37±0,45++
Тирозин	3,0–4,0	9,45±0,25	8,55±0,31**	7,5±0,33º	8,46±0,45++
Цистин	2,0–3,0	3,28±0,11	2,91±0,12**	2,65±0,13º	2,96±0,17++

Примечания (здесь и в таблице 2):
[1] — Из формулы сбалансированного питания по А.А. Покровскому.
* — Достоверные отличия между рационами питания лыжников в разные месяцы при p<0,05.
** — Отличия между рационами питания лыжников в разные месяцы при p<0,1.
+ — Достоверные отличия между рационами питания биатлонистов в разные месяцы при p<0,05.
++ — Отличия между рационами питания биатлонистов в разные месяцы при p<0,1.
º — Достоверные отличия между рационами питания лыжников и биатлонистов в июне при p<0,05.

Изменение поступления белка с осенним рационом питания по сравнению с летним сопровождалось изменением содержания ряда незаменимых и заменимых аминокислот. Так, в сезонной динамике в рационе питания лыжников наблюдалось уменьшение поступления некоторых заменимых аминокислот — аргинина, аспарагиновой и глутаминовой кислот (p<0,05), а также пролина, серина, тирозина и цистина (p<0,1). Установлено также некоторое уменьшение в рационе нескольких незаменимых аминокислот (p<0,1) — изолейцина, метионина, треонина, триптофана и фенилаланина. У биатлонистов соответственно увеличению в сезонной динамике содержания в рационе белка выявлены те же тенденции, но с противоположной направленностью.

При пересчете содержания аминокислот на 1 г пищевого белка выявлено, что достоверных отличий в их содержании в составе белковой составляющей рационов питания лыжников и биатлонистов не отмечалось (таблица 2). Однако не только содержание метионина и цистина, но и аргинина находилось ниже потребности в них взрослого человека, занятого умеренными физическими нагрузками. Аргинин называют «веществом молодости», т.к. эта аминокислота используется для синтеза ряда гормонов у человека (например, гормона роста). В то же время аргинин наряду с глутамином, аминокислотами с разветвленной целью имеет важное регуляторное значение и обладает прямыми иммуномодулирующими свойствами [4].

Таблица 2 — Содержание аминокислот в 1 г пищевого белка среднесуточных рационов питания спортсменов национальных команд Республики Беларусь по лыжным гонкам и биатлону в условиях централизованных УТС в СК «Динамо» (Раубичи)

Аминокислоты	Потребность взрослого человека при умеренной физической нагрузке, мг в 1 г белка[1]	Содержание в 1 г белка среднесуточного рациона питания, мг			
		Лыжники		Биатлонисты	
		Июнь	Сентябрь	Июнь	Сентябрь
Незаменимые аминокислоты	нет данных	404,2±8,34	416,7±5,07	416,02±5,60	418,4±5,5
Валин	35,0–43,75	54,3±0,63	52,3±3,14	55,6±0,44	55,7±0,44
Изолейцин	35,0–43,75	45,4±0,63	46,4±0,21**	46,3±0,33	46,4±0,37
Лейцин	60,0–62,5	70,2±7,81	75,5±4,56	72,1±7,18	79,1±0,88
Лизин	50,0	67,7±0,99	69,7±0,9	69,5±0,85	68,9±1,1
Метионин	30,0–37,5	24,4±0,35	24,83±0,33	24,6±0,29	24,75±0,51
Треонин	25,0–31,25	41,7±0,48	42,9±0,37	42,5±0,36	42,6±0,52
Триптофан	10,0–12,5	15,2±0,14	15,62±0,22	14,95±0,25	15,41±0,33
Фенилаланин	30,0–37,5	46,1±0,42	46,9±0,26	45,9±0,5	46,74±0,34
Заменимые аминокислоты	нет данных	605,3±69,0	640,3±3,14	633,5±5,76	581,3±65,05
Аланин	37,5	51,7±1,44	52,7±0,60	52,7±1,28	51,9±0,87
Аргинин	55,0–68,75	54,7±0,48	54,5±0,36	54,6±0,61	54,9±0,67

Окончание таблицы 2

Аспарагиновая кислота	60,0–75,0	87,8±0,99	88,2±0,76	87,5±1,16	88,5±1,3
Гистидин	30,0–37,5	34,9±1,12	36,6±0,94	34,9±1,25	36,9±1,04
Глицин	30,0–37,5	40,0±1,18	40,1±0,59	39,2±1,24	40,1±0,59
Глутаминовая кислота	160,0–200,0	193,7±2,03	192,4±1,95	190,4±2,29	192,5±3,19
Оксипролин	нет данных	2,81±0,29	3,28±0,35	2,93±0,36	3,20±0,34
Пролин	50,0–62,5	64,9±0,81	65,1±1,14	61,4±1,21	64,8±1,59++
Серин	30,0–37,5	49,8±0,59	50,3±0,46	48,5±0,48	50,0±0,53++
Тирозин	35,0–43,75	40,1±0,82	40,7±0,45	40,2±0,72	40,6±0,76
Цистин	25,0–31,25	13,9±0,31	13,8±0,26	14,2±0,33	14,2±0,5

Для удовлетворения потребности организма в незаменимых аминокислотах и обеспечения необходимого уровня синтетических процессов основное значение имеет сбалансированность незаменимых аминокислот в пищевом рационе. Дефицит или избыток даже одной аминокислоты, вызывает дисбаланс и лимитирует синтез белка, резко изменяя при этом обмен остальных аминокислот и, возможно, является причиной ряда патологических состояний. Считается, что рибосомы не в состоянии продлить свою активность по созданию белковой цепи, если одна или несколько аминокислот в оптимальный срок не поступают в организм. Сбалансированность незаменимых аминокислот между собой и благоприятные соотношения их с другими компонентами пищевого рациона позволяют удовлетворить потребность организма в незаменимых аминокислотах при минимальном их количестве. Кроме того, для нормального синтеза белка в организме все незаменимые аминокислоты должны быть биологически доступны одновременно. Если они поступают в несбалансированном соотношении, синтез белка в организме идет на уровне лимитирующей аминокислоты, а оставшиеся неиспользованными аминокислоты подвергаются дезаминированию и превращению в гликоген и жир.

Известно, что обмен цистина и тирозина тесно связан соответственно с метионином и фенилаланином. Вследствие этого последние могут в определенной степени удовлетворять потребность организма в цистине и тирозине. Поэтому при оценке рационов учитывали суммарное содержание серосодержащих (метионин + цистин) и ароматических (фенилаланин + тирозин) аминокислот.

Установлено, что летом и осенью среднесуточные рационы питания лыжников и биатлонистов являлись несбалансированными по аминокислотному составу. При этом лимитирующих аминокислот в рационах питания спортсменов выявлено не было. Однако скоры некоторых аминокислот значительно отличались от 100%. Так, рационы питания спортсменов были избыточны по лизину (скор более 123%), фенилаланину с тирозином (скор более 143%) и триптофану (таблицы 3 и 4).

Таблица 3 — Содержание незаменимых аминокислот в среднесуточном рационе питания спортсменов национальных команд Республики Беларусь по лыжным гонкам в условиях централизованных УТС в СК «Динамо» (Раубичи)

Незаменимые аминокислоты	Оптимальное содержание в 1 г белка, мг[2]	Содержание в рационе питания			
		Июнь		Сентябрь	
		мг в 1 г белка	скор, %	мг в 1 г белка	скор, %
Валин	50	54,3±0,63	108,6±1,26	52,3±3,14	104,6±6,28
Изолейцин	40	45,4±0,63	113,4±1,59	46,4±0,21	116,1±0,53**
Лейцин	70	70,2±7,81	100,3±11,2	75,5±4,56	107,9±6,52
Лизин	55	67,7±0,99	123,2±1,8	69,7±0,9	126,7±1,63
Метионин+цистин	35	38,3±0,59	109,4±1,68	38,6±0,36	110,4±1,04
Треонин	40	41,7±0,48	104,2±1,21	42,9±0,37	107,3±0,09**
Триптофан	10	15,2±0,14	152,0±1,38	15,62±0,22	156,2±2,18
Фенилаланин+ тирозин	60	86,2±1,19	143,7±1,98	87,6±0,43	146,0±0,72

Примечания (здесь и в таблице 4):
[2] — В идеальном белке, по данным экспертов ФАО и ВОЗ для взрослых [4].
** — Отличия между рационами питания лыжников в разные месяцы при $p<0,1$.

Таблица 4 — Содержание незаменимых аминокислот в среднесуточном рационе питания спортсменов национальных команд Республики Беларусь по биатлону в условиях централизованных УТС в СК «Динамо» (Раубичи)

Незаменимые аминокислоты	Оптимальное содержание в 1 г белка, мг [2]	Содержание в рационе питания			
		Июнь		Сентябрь	
		мг в 1 г белка	скор, %	мг в 1 г белка	скор, %
Валин	50	55,6±0,44	111,2±0,88	55,7±0,44	111,4±0,89
Изолейцин	40	46,3±0,33	115,7±0,82	46,4±0,37	116,1±0,92
Лейцин	70	72,1±7,18	103,1±10,3	79,1±0,88	113,0±1,26
Лизин	55	69,5±0,85	126,3±1,55	68,9±1,1	125,2±2,0
Метионин+цистин	35	38,7±0,42	110,7±1,19	38,9±0,75	111,3±2,15
Треонин	40	42,5±0,36	106,2±0,89	42,6±0,52	106,5±1,29
Триптофан	10	14,9±0,25	149,5±2,52	15,4±0,33	154,1±3,29
Фенилаланин + тирозин	60	86,1±1,16	143,5±1,93	87,4±0,79	145,6±1,32

Триптофана было больше всего (скор более 149,5%). В то же время при отсутствии лимитирующих аминокислот в рационах питания спортсменов можно отметить так называемые ограничивающие аминокислоты. Ими являются лейцин и треонин (также серосодержащие аминокислоты), скоры которых были близки к 100%. В рационе питания лыжников к ним можно добавить валин. Необходимо отметить то, что лейцин и валин являются аминокислотами с разветвленной цепью, а треонин участвует в биосинтезе изолейцина [4].

При анализе качества пищевого белка рационов питания спортсменов по их аминокислотному составу в качестве эталона использовали состав незаменимых аминокислот женского молока и яиц согласно стандарту ФАО (Международная организация по питанию и сельскому хозяйству). Это связано с тем, что аминокислотный состав молочного белка наиболее близок к аминокислотному составу мышечной ткани человека, а по содержанию незаменимых аминокислот и аминокислот с разветвленной цепью превосходит все остальные белки животного и растительного происхождения. Сравнение показало, что хотя исследуемые рационы питания спортсменов были сбалансированы по лейцину, лизину и фенилаланину, в них отмечались несбалансированность по таким незаменимым аминокислотам, как валин, изолейцин, метионин и триптофан (таблица 5).

Таблица 5 — Сбалансированность незаменимых аминокислот в среднесуточных рационах питания спортсменов национальных команд Республики Беларусь по лыжным гонкам и биатлону в условиях централизованных УТС в СК «Динамо» (Раубичи)

Незаменимые аминокислоты	Стандарт ФАО [3]	Величина отношения аминокислот к треонину в рационе питания			
		Лыжники		Биатлонисты	
		Июнь	Сентябрь	Июнь	Сентябрь
Треонин	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Валин	1,5	1,3±0,01	1,22±0,07	1,31±0,02	1,31±0,015
Изолейцин	1,5	1,09±0,008	1,08±0,009	1,09±0,01	1,09±0,015
Лейцин	1,7	1,69±0,19	1,76±0,11	1,71±0,17	1,86±0,14
Лизин	1,5	1,63±0,023	1,62±0,012	1,64±0,011	1,62±0,013
Метионин	0,8	0,59±0,01	0,58±0,006	0,58±0,006	0,58±0,009
Триптофан	0,5	0,36±0,004	0,36±0,003	0,35±0,005	0,36±0,005
Фенилаланин	1,0	1,11±0,009	1,09±0,013	1,08±0,014	1,1±0,01

Примечание — [3] Отражает желаемую величину сбалансированности незаменимых аминокислот в пище в сопоставлении с естественной сбалансированностью их в белке яиц и женского молока.

Заключение. Полученные данные по рационам питания спортсменов национальных команд Республики Беларусь по лыжным гонкам и биатлону на централизованных УТС в СК «Динамо» (Раубичи) позволяют сказать, что рационы питания были достаточны по белку, однако при этом наблюдалось несоответствие физиологическим нормам по его структуре. Так, в белковой квоте выявлено меньшее поступление растительных белков — 57–66 г вместо рекомендуемых 74 г.

При сравнении с суточной дозировкой, по данным ВОЗ, поступление аминокислот вместе с пищевым белком в рационах лыжников и биатлонистов характеризовалось более низким поступлением метионина и цистина, а также аргинина в пересчете на 1 г белка.

Состав пищевого белка по незаменимым аминокислотам в сравнении с «идеальным белком» отличался избыточным содержанием лизина, триптофана, фенилаланина с тирозином. Их скоры составили соответственно более 123, 143 и 149,5%. При этом ограничивающими аминокислотами могут являться лейцин и треонин (скоры близки к 100%).

При анализе качества белков рационов питания спортсменов установлена несбалансированность по таким незаменимым аминокислотам, как валин, изолейцин, метионин и триптофан.

Дисбаланс аминокислотного состава пищевого белка может приводить к неполному усвоению белка, образованию избытка окисляемых аминокислот, к вторичному нарушению обеспеченности витаминами и микроэлементами. При дисбалансе аминокислот могут появляться токсические эффекты, связанные с их дезаминированием.

Выявленные особенности по белковой составляющей рациона питания спортсменов являются следствием несбалансированности, т.к. пищевой рацион находится в противоречии с имеющимися нормативами для спортсменов циклических видов спорта. Рацион питания спортсменов следует планировать с учетом потребности в энергии и направленности тренировочного процесса и, прежде всего, корректировать соотношение основных пищевых веществ по калорийности для обеспечения более высокого потребления энергии за счет углеводов (не менее 56%) при снижении содержания жиров не более 30% от общей калорийности рациона [5].

Рацион питания лыжников и биатлонистов должен быть скорректирован по аминокислотному составу. Этого можно достичь путем улучшения структуры питания за счет увеличения продуктов растительного происхождения.

Используемые в питании спортсменов по биатлону и лыжным гонкам продукты с повышенной биологической ценностью должны носить углеводно-минеральную направленность, что также будет способствовать улучшению сбалансированности рационов питания спортсменов циклических видов спорта.

Литература

1. Пшендин, А.И. Рациональное питание спортсменов. Для любителей и профессионалов / А.И. Пшендин. – СПб., 2003. – 160 с.

2. Покровский, А.А. Теория сбалансированного питания / А.А. Покровский // Вопр. питания. – 1975. – № 3. – С. 25.

3. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина и И.Н. Волгарева. – 2-е изд. — М., 1987. – 360 с.

4. Бельский, И.В. Системы эффективной тренировки: Армреслинг, Бодибилдинг, Бенчпресс, Пауэрлифтинг (стратегия силы) / И.В. Бельский. – Минск, 2002. – 352 с.

5. Еншина, А.Н., Новосад, Г.П. Организация питания спортсменов национальных команд Республики Беларусь в циклических видах спорта / А.Н. Еншина, Г.П. Новосад. – Минск, 2004. – 160 с.

PROTEIN VALUE OF THE DIET OF ATHLETES CYCLIC SPORTS

Ivko N.A.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The hygienic evaluation in diets of the national teams — members of the Republic of Belarus in cross-country skiing and biathlon at the training camp in the sports center «Dynamo» (Raubichi) has been carried out. The nutritional imbalance of protein component has been revealed. It is necessary to correct the diet of skiers and biathletes in amino acid composition. Products with high biological value used in the nutrition of athletes must be of carbohydrate-mineral orientation.

Keywords: cross-country skiers, biathletes, diet, protein value.

Поступила 20.05.2013

СОДЕРЖАНИЕ ЛИПИДОВ И ДРУГИХ МАКРОНУТРИЕНТОВ В РАЦИОНАХ МУЖЧИН И ЖЕНЩИН 40–59 ЛЕТ

Кедрова И.И., Славинский А.В., Лихошва О.Н., Цыганков В.Г., Федоренко Е.В.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. По результатам обследования фактического питания изучено содержание отдельных групп липидов в рационах мужчин и женщин 40–59 лет. Отмечено избыточное потребление общих жиров, насыщенных жирных кислот, мононенасыщенных жирных кислот, холестерина. В соотношении макронутриентов наблюдается выраженный дисбаланс.

Ключевые слова: фактическое питание, рационы, макронутриенты, липиды.

Введение. Одним из факторов сохранения здоровья человека является адекватное физиологическим потребностям организма обеспечение энергией и пищевыми веществами. Липиды, будучи составной частью рациона питания, включают пищевые жиры, масла, ряд биологически активных соединений, среди которых незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты, жирорастворимые витамины, фосфолипиды и другие. Основные функции липидов в организме: энергетическая (при окислении 1 г жира выделяется 9 ккал энергии) и пластическая (построение биологических мембран).

Поскольку жиры являются концентрированными источниками энергии, их избыточное потребление, неизрасходованное на энергетические нужды, ведет к образованию жировых запасов в подкожной клетчатке, вокруг внутренних органов, формированию избыточной массы тела, ожирению. С избыточным потреблением липидов, в частности животных жиров, связано развитие атеросклероза и ряда других хронических заболеваний [1].

Проведенные ранее выборочные обследования фактического питания различных групп взрослого населения республики свидетельствовали о повышенном содержании жиров в среднесуточных рационах городского и сельского населения за счет жиров животного происхождения [2].

Цель работы — оценить содержание отдельных липидов в рационах мужчин и женщин 40–59 лет.

Материал и методы. Оценка содержания отдельных липидов в рационах мужчин и женщин 40–59 лет проведена по результатам выборочного обследования фактического питания отдельных групп взрослого населения, выполненного в 2010–2012 гг. Всего обследовано 217 лиц в возрастной группе 40–59 лет, в том числе 117 мужчин и 100 женщин.

При проведении обследования использовали метод 24-часового воспроизведения питания. Сущность метода заключается в установлении количества фактически потребленных пищевых продуктов и блюд путем активного интервьюирования респондента о его питании за предшествующие дню опроса сутки. При этом интервьюер подробно расспрашивает респондента о том, что и в каком количестве он съел, и записывает получаемую информацию в разработанную анкету. Интервьюирование проводили с использованием альбома с фотографиями пищевых продуктов и блюд в натуральную величину с указанием их массы, что позволяло существенно минимизировать риск неадекватной оценки респондентом собственного питания.

Для расчета химического состава и энергетической ценности среднесуточных рационов питания использована база данных нутриентного состава продуктов и блюд на основе таблиц химического состава пищевых продуктов [3, 4].

Проведен анализ содержания в рационах обследованных лиц макронутриентов (белки — Б, жиры — Ж, углеводы — У), насыщенных жирных кислот (НЖК), мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), линолевой кислоты, α-линоленовой кислоты, холестерина, оценен вклад отдельных групп липидов в структуру энергетической ценности (ЭЦ) рационов. При оценке использовали рекомендуемые величины потребления пищевых веществ, принятые в Республике Беларусь и Российской Федерации [5, 6].

Результаты и их обсуждение. В таблицах 1 и 2 представлены результаты расчета содержания основных нутриентов и отдельных липидов в рационах питания обследованных мужчин и женщин.

При сопоставлении полученных данных о содержании макронутриентов в рационах с рекомендуемыми величинами потребления [5] отмечено, что у мужчин количество потребляемого белка (средняя величина 90,1±3,2 г/сутки) удовлетворяет физиологическую потребность для данной возрастной группы (65–104 г/сутки в зависимости от коэффициента физической активности (КФА)). Средняя величина потребления жира (112,8±3,9 г/сутки) также находится в диапазоне рекомендуемых уровней (70–137 г/сутки в зависимости от КФА). Потребление углеводов с рационом питания (средняя величина 296,7±11,5 г/сутки) существенно ниже рекомендуемых уровней (303–524 г/сутки в зависимости от КФА).

Аналогичная картина наблюдалась при анализе расчетных данных о питании женщин. В рационах средние величины содержания белка (67,3±2,7 г/сутки) и жира (82,9±3,6 г/сутки) находились в диапазоне рекомендуемых уровней (соответственно 58–82 г/сутки и 60–95 г/сутки в зависимости от КФА). Средний уровень потребления углеводов (210,7±8,8 г/сутки) находился ниже нижней границы рекомендуемых величин (257–417 г/сутки в зависимости от КФА).

Таблица 1 — Содержание нутриентов и энергетическая ценность среднесуточных рационов мужчин 40–59 лет

Нутриенты, ЭЦ	Всего			В том числе					
				ИМТ 18,5–24,9			ИМТ>25		
	M	±m	CO	M	±m	CO	M	±m	CO
Белки, г	90,1	3,2	34,9	89,2	4,5	29,6	90,6	4,4	37,8
Жиры, г	112,8	3,9	42,9	115,2	6,3	41,6	111,4	5,1	43,8
Жиры, % от ЭЦ	38,5			38,6			38,5		
НЖК, г	48,6	2,0	21,7	48,6	3,3	22,0	48,5	2,5	21,6
НЖК, % от ЭЦ	16,6			16,3			16,8		
МНЖК, г	50,0	1,9	21,1	49,5	3,1	20,8	50,3	2,5	21,5
МНЖК, % от ЭЦ	17,1			16,6			17,4		
Нутриенты, ЭЦ	Всего			В том числе					
				ИМТ 18,5–24,9			ИМТ>25		
	M	±m	CO	M	±m	CO	M	±m	CO
ПНЖК, г	21,6	1,0	10,7	20,4	1,6	10,8	22,3	1,2	10,7
ПНЖК, % от ЭЦ	7,4			6,8			7,7		
Линолевая кислота, г	19,8	1,0	10,3	18,7	1,6	10,3	20,4	1,2	10,4
Линоленовая кислота, г	0,8	0,04	0,5	0,8	0,1	0,6	0,7	0,04	0,4
Холестерин, г	0,6	0,05	0,5	0,6	0,1	0,6	0,6	0,05	0,4
Углеводы, г	296,7	11,5	125,1	308,2	20,3	134,9	290,1	13,8	119,4
ЭЦ, ккал	2635	85,4	927,3	2689	140,7	933,4	2604	107,2	928,7
Соотношение Б:Ж:У	1:1,3:3,3			1:1,3:3,5			1:1,2:3,2		

Анализ соотношения макронутриентов в рационах питания обследованных мужчин и женщин свидетельствует о выраженном дисбалансе. При рекомендуемом соотношении между белками, жирами и углеводами (по массе) 1:1:4, расчетное количество жиров было избыточным и превышало количество белков в 1,2–1,3 раза, количество же углеводов было недостаточным и превышало количество белков лишь в 3,2–3,5 раза у мужчин и в 3,0–3,2 раза у женщин.

Вклад жиров в формирование энергетической ценности рационов существенно превышал рекомендуемый уровень (~30%) и составлял у мужчин в среднем 38,5% от ЭЦ рациона, у женщин — 39,8%.

В структуре потребляемых жиров рекомендуемое содержание НЖК составляет не более 10% от ЭЦ рациона, МНЖК — не более 10% от ЭЦ рациона, ПНЖК — 6–10% от ЭЦ рациона [6].

Таблица 2 — Содержание нутриентов и энергетическая ценность среднесуточных рационов женщин 40–59 лет

Нутриенты, ЭЦ	Всего			В том числе					
				ИМТ 18,5–24,9			ИМТ>25		
	M	±m	CO	M	±m	CO	M	±m	CO
Белки, г	67,3	2,7	26,9	68,1	4,3	27,1	66,6	3,5	27,2
Жиры, г	82,9	3,6	36,2	87,0	6,1	38,7	79,8	4,4	34,5
Жиры, % от ЭЦ	39,8			41,2			38,8		
НЖК, г	34,3	1,6	16,1	36,8	2,6	16,6	32,5	2,0	15,8
НЖК, % от ЭЦ	16,4			17,4			15,8		
МНЖК, г	34,6	1,6	16,1	35,9	2,5	15,6	33,4	2,1	16,3
МНЖК, % от ЭЦ	16,6			17,0			16,2		
ПНЖК, г	16,0	1,0	10,0	15,6	1,4	8,9	16,1	1,4	10,7
ПНЖК, % от ЭЦ	7,7			7,4			7,8		
Линолевая кислота, г	14,9	1,0	9,8	14,4	1,4	8,8	15,0	1,3	10,4
Линоленовая кислота, г	0,5	0,03	0,3	0,5	0,1	0,2	0,5	0,04	0,4
Холестерин, г	0,5	0,04	0,4	0,6	0,1	0,5	0,5	0,05	0,4
Углеводы, г	210,7	8,8	88,4	207,0	88,1	13,9	213,3	11,5	89,9
ЭЦ, ккал	1874	67,2	674,9	1902	110,5	699,3	1851	85,6	669,0
Соотношение Б:Ж:У	1:1,2:3,1			1:1,3:3,0			1:1,2:3,2		

Расчет вклада отдельных групп жирных кислот в структуру ЭЦ рационов питания обследованных лиц показал избыточное потребление НЖК (16,7% от ЭЦ у мужчин, 16,4% — у женщин) и МНЖК (17,1% от ЭЦ у мужчин, 16,6% — у женщин). Среднее содержание ПНЖК в рационах (7,4% от ЭЦ у мужчин, 7,7% — у женщин) соответствовало рекомендуемому уровню.

Среди ПНЖК особая роль принадлежит двум незаменимым жирным кислотам, из которых в организме синтезируются ПНЖК с длинной боковой цепью: линолевой и линоленовой (α-линоленовой), относящимся к семействам ω-6 и ω-3 жирных кислот соответственно. В среднесуточных рационах количество линолевой кислоты составляло 19,8±1,0 г/сутки у мужчин и 14,9±1,0 г/сутки у женщин, линоленовой кислоты — 0,8±0,04 г/сутки у мужчин и 0,5±0,03 г/сутки у женщин.

Оптимальный баланс между ω-6 и ω-3 жирными кислотами составляет не более 10:1. Содержание линолевой и линоленовой кислот отчасти характеризует соотношение между ω-6 и ω-3 жирными кислотами в рационе. В связи с этим по-

лагаем, что в рационах обследованных мужчин и женщин данное соотношение смещено в сторону избыточного содержании ω-6 и недостаточного содержания ω-3 жирных кислот.

Одним из важных липидов является холестерин, участвующий в формировании мембран клеток, синтезе ряда гормонов, желчных кислот, витамина D. Холестерин поступает с животными жирами, а также синтезируется в организме. В связи с ролью холестерина в развитии атеросклероза рекомендуется ограничивать его потребление с пищей количеством не более 0,3 г/сутки [1, 6]. В рационах обследованных мужчин и женщин средние величины содержания холестерина составляли 0,5–0,6 г/сутки, что существенно превышает рекомендуемый уровень.

При сопоставлении пищевой и энергетической ценности рационов питания мужчин и женщин, имеющих нормальную и избыточную массу тела, существенных различий не выявлено. Несколько сниженные показатели содержания жиров, НЖК, МНЖК у женщин, имеющих избыточную массу тела, могут быть связаны с некоторыми ограничениями в питании.

Заключение. Фактическое питание мужчин и женщин в возрастной группе 40–59 лет характеризуется дисбалансом макронутриентов за счет повышенного потребления жиров, недостаточного потребления углеводов. В структуре жиров содержится избыточное количество насыщенных жирных кислот, мононенасыщенных жирных кислот. Количество полиненасыщенных жирных кислот достаточное, однако соотношение между ω-6 и ω-3 жирными кислотами нарушено в сторону повышенного содержания ω-6 и недостаточного содержания ω-3 жирных кислот. Рационы питания обследованных лиц содержат повышенное количество холестерина. В целом пищевой рацион мужчин и женщин возрастной группы 40–59 лет нуждается в коррекции, в том числе липидного компонента.

Литература

1. Мартинчик, А.Н. Общая нутрициология : учеб. пособие / А.Н. Мартинчик, И.В. Маев, О.О. Янушевич. – М., 2005. – 392 с.

2. Фактическое питание взрослого населения Гомельской области по результатам выборочного обследования / И.И. Кедрова [и др.] // Альманах здоровье и питание : сб. тр. Респ. конф. «Здоровье и питание» 25–26 нояб. 2005 г. / Гл. ред. Г.Я. Хулуп, Ю.Х. Мараховский. – Минск, 2005. – С. 112—115.

3. Химический состав пищевых продуктов: справочник в 2 кн. / Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – Кн. 1. – 224 с.

4. Химический состав пищевых продуктов: справочник в 2 кн. / Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. – М. : Агропромиздат, 1987. – Кн. 2. – 360 с.

5. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: сан. нормы и правила: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь № 180 от 20.11.2012 г. – 20 с.

6. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: метод. рекомендации МР 2.3.1.2432-08. – М, 2008. – 40 с.

CONTENTS OF LIPIDS AND OTHER MACRONUTRIENTS IN DIETS OF MEN AND WOMEN OF 40–59

Kedrova I.I., Slavinsky A.V., Likhashva V.M., Tsygankov V.G., Fedorenko E.V.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The content of individual groups of lipids in the diets of men and women of 40–59 has been studied based on a dietary survey. The excessive consumption of total fats, saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids and cholesterol was noted. A pronounced imbalance was observed in the ratio of macronutrients.

Keywords: dietary survey, macronutrients, lipids.

Поступила 20.07.2013

РЕЗУЛЬТАТЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ПРОДУКЦИИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ В РАМКАХ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА

Корчик Т.В., Кудряшова П.С.
Брестский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Брест, Беларусь

Реферат. Организована системная работа по оформлению свидетельств о государственной регистрации на продукцию, входящую в раздел II Единого перечня товаров, подлежащих санитарно-эпидемиологическому контролю на таможенной территории Таможенного союза. В связи с бессрочным сроком действия выдаваемых документов наблюдается тенденция к снижению количества оформляемых свидетельств на подконтрольный товар.

Ключевые слова: свидетельство о государственной регистрации, уполномоченные учреждения, Таможенный союз.

Введение. Государственная регистрация продукции проводится в целях оценки соответствия продукции, представляющей потенциальную опасность для жизни и здоровья населения, условий ее обращения требованиям законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, а также в целях предотвращения неблагоприятного воздействия этой продукции на жизнь и здоровье населения при ее обращении [1]. Оформление свидетельства о государственной регистрации по Единой форме обеспечивает беспрепятственное движение товаров на территории Таможенного союза.

Материал и методы. Анализ осуществлялся на основании Регистра свидетельств о государственной регистрации. Применялись официальные издания о проведении государственной регистрации продукции на территории стран-участниц Таможенного союза.

Результаты и их обсуждение. Документами Таможенного союза установлен единый для трех государств порядок организации и проведения государственного санитарно-эпидемиологического надзора на таможенной границе и территории Таможенного союза.

В соответствии с утвержденным Единым перечнем товаров, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) на таможенной границе и территории Таможенного союза, подлежат государственной регистрации с оформлением в уполномоченных органах свидетельства о государственной регистрации по Единой форме наиболее потенциально опасные товары по 11 группам (пищевые продукты, полученные с использованием генно-инженерно-модифицированных (трансгенных) организмов, специализированные пищевые продукты, пищевые добавки, ароматизаторы; предметы личной гигиены для детей и взрослых, предметы детского обихода до трех лет; минеральная вода, бутилированная питьевая вода, тонизирующие напитки, алкогольная продукция, включая слабоалкогольную продукцию, пиво; косметическая продукция, средства и изделия гигиены полости рта; товары бытовой химии; материалы, контактирующие с пищевыми продуктами и др.) [2].

На территории Брестской области уполномочены осуществлять государственную регистрацию и выдавать свидетельства о государственной регистрации ГУ «Брестский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», ГУ «Барановичский зональный центр гигиены и эпидемиологии», ГУ «Пинский зональный центр гигиены и эпидемиологии».

С момента вступления в силу Соглашения Таможенного союза по санитарным мерам учреждениями Брестской области, уполномоченными Министерством здравоохранения Республики Беларусь на проведение государственной регистрации продукции, в период с 01.07.2010 по 01.01.2013 г. выдано 2708 свидетельств о государственной регистрации по единой для всех государств-участников Таможенного союза форме (рисунок 1). При этом на территории области количество свидетельство государственной регистрации на продукцию отечественного производства и производства стран, не являющихся участницами Таможенного союза, практически равно и составляет соответственно 49,4% (1337 свидетельств) и 50,6% (1371 свидетельство).

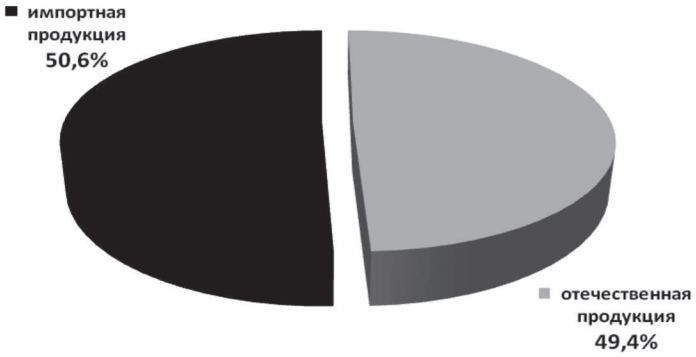


Рисунок 1 — Удельный вес оформленных свидетельств о государственной регистрации продукции отечественного и импортного производства

Удельный вклад уполномоченных учреждений Брестской области за период с 01.07.2010 по 01.01.2013 г. в общее количество выданных свидетельств находится в прямой зависимости от области аккредитации лабораторных отделов указанных учреждений и количества, расположенных на соответствующей административной территории, субъектов хозяйствования, представителей предпринимательства, производящих и импортирующих продукцию, подлежащую государственной регистрации на территории Таможенного союза.

Так, на долю ГУ «Брестский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» приходится 83,8% (2269 свидетельств) от общего количества выданных свидетельств о государственной регистрации; на ГУ «Барановичский зональный центр гигиены и эпидемиологии» — 10% (270 свидетельств); на ГУ «Пинский зональный центр гигиены и эпидемиологии» — 6,2% (169 свидетельств) (таблица 1).

За период с 01.07.2010 по 01.01.2013 г. наибольшее количество обращений и соответственно выданных свидетельств о государственной регистрации пришлось на 2011 г. В 2012 г. оформлено более чем в 2 раза меньше свидетельств по сравнению с 2011 г.

Таблица 1 — Количественные показатели оформленных свидетельств о государственной регистрации за период с 01.07.2010 по 01.01.2013 г.

Организации, выдавшие свидетельства	01.07.2010–01.01.2011	01.01.2011–01.01.2012	01.01.2012–01.01.2013	За весь период
ГУ «Брестский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»	175	1424	670	2269
ГУ «Барановичский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	5	215	50	270
ГУ «Пинский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	6	96	67	169
Итого	186	1735	787	2708

Структура продукции, прошедшей государственную регистрацию в период с 01.07.2010 по 01.01.2013 г., также зависит от расположенных на соответствующей административной территории субъектов хозяйствования, представителей предпринимательства, производящих и импортирующих продукцию, подлежащую государственной регистрации, на территорию Таможенного союза, и значительно отличается по уполномоченным ЦГЭ (таблица 2, рисунок 2).

Таблица 2 — Структура свидетельств о государственной регистрации, оформленных уполномоченными организациями Брестской области в период с 01.07.2010 по 01.01.2013 г.

Виды продукции	Всего выдано свидетельств в период с 01.07.2010 по 01.01.2013 г.	Удельный вес от общего количества, %	В том числе ГУ «Брестский ОЦГЭиОЗ»	Удельный вес, %	В том числе ГУ «Барановичский зонЦГЭ»	Удельный вес, %	В том числе ГУ «Пинский зонЦГЭ»	Удельный вес, %
Косметическая продукция	184	6,8	173	94,0	11	6,0	—	—
Дезинфицирующие средства	5	0,2	5	100	—	—	—	—
Специализированные пищевые продукты	15	0,6	8	53,3	6	40,0	1	6,7
Продукты детского питания	10	0,4	10	100	—		—	—
Вода минеральная, вода питьевая бутилированная	32	1,2	21	65,6	7	21,9	4	12,5
Потенциально опасные химические вещества	868	32,1	751	86,5	38	4,4	79	9,1
Пищевые добавки	36	1,3	36	100	—	—	—	—
Технологические вспомогательные средства в пищевой промышленности	8	0,3	6	75,0	—	—	2	25,0
Предметы личной гигиены для детей и взрослых	16	0,6	9	56,3	2	12,5	5	31,2
Материалы, оборудование, устройства для хозяйственно-питьевого водоснабжения	31	1,1	30	96,8	1	3,2	—	—
Товары бытовой химии	333	12,3	199	59,8	134	40,2	—	—
Детская одежда	26	1,0	19	73,1	3	11,5	4	15,4
Алкогольная продукция, тонизирующие напитки	1000	36,9	877	87,7	54	5,4	69	6,9
Изделия для контакта с пищевыми продуктами	144	5,3	125	86,8	14	9,7	5	3,5
Итого	2708		2269	83,8	270	10	169	6,2

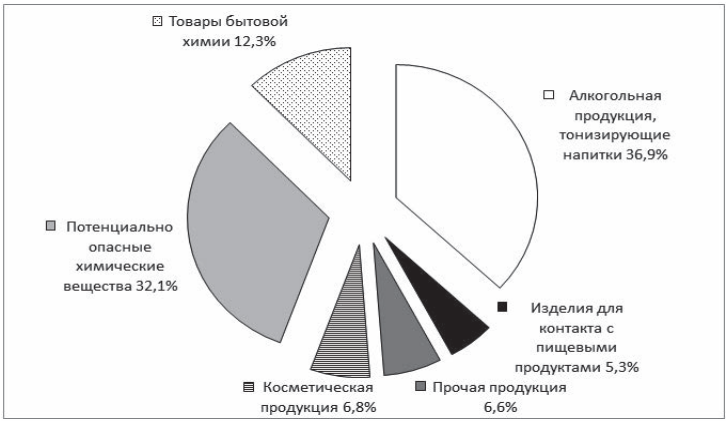


Рисунок 2 — Структура оформленных свидетельств о государственной регистрации, выданных специалистами санитарно-эпидемиологической службы Брестской области в период с 01.07.2010 по 01.01.2013 г.

Бессрочность действия свидетельств о государственной регистрации и возможность подтверждения наличия данного документа посредством выписки из Единого реестра свидетельств о государственной регистрации, выдаваемой уполномоченными учреждениями [3], привели к снижению поступающих заявлений на проведение государственной регистрации и соответственно количества оформленных свидетельств о государственной регистрации.

Уполномоченными учреждениями Брестской области в период с 01.07.2010 по 01.01.2013 г. по заявлениям заинтересованных выдано 415 выписок из Единого реестра на 1285 наименований продукции, в том числе 153 выписки на свидетельства о государственной регистрации, оформленные уполномоченными органами Республики Беларусь, 219 выписок на свидетельства о государственной регистрации, оформленные уполномоченными органами Российской Федерации, 43 выписки на свидетельства о государственной регистрации, оформленные уполномоченными органами Республики Казахстан.

Заключение. В рамках либерализации и сокращения перечня подконтрольных товаров, которые требуют предоставления документа, подтверждающего безопасность, в динамике наблюдается тенденция к снижению количества выданных свидетельств о государственной регистрации. За исключением перечня подконтрольных товаров, безопасность которых подтверждается свидетельством о государственной регистрации, безопасность остальной — большей части подконтрольной продукции, находящейся в обороте на территории Таможенного союза, гарантирует импортер или производитель самостоятельно на добровольной основе. В связи с этим перед учреждениями санитарно-эпидемиологической службы стоит задача провести системную и целенаправленную разъяснительную работу с субъектами хозяйствования обоих ответственности за соответствие продукции, находящейся в обращении, требованиям законодательных документов Таможенного союза в области санитарных мер [3].

Литература

1. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Закон Республики Беларусь № 340 от 7 января 2012 г.
2. Единый перечень товаров, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) на таможенной границе и таможенной территории Таможенного союза.
3. Положение о порядке осуществления государственного санитарно-эпидемиологического надзора (контроля) за лицами и транспортными средствами, пересекающими таможенную границу Таможенного союза, подконтрольными товарами, перемещаемыми через таможенную границу Таможенного союза и на таможенной территории Таможенного союза: утв. Решением Комиссии Таможенного союза № 299 от 28 мая 2010 г.
4. Сведения Регистра свидетельств о государственной регистрации.

RESULTS OF STATE REGISTRATION OF PRODUCTS BY SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL BODY OF THE BREST REGION UNDER THE LAWS OF THE CUSTOMS UNION

Korchik T.V., Kudrashova P.S.
Brest Regional Center of Hygiene, Epidemiology and Public Health, Brest, Belarus

It has been organized the systematic work on the formulation of the state registration certificates for products included in Section II of the Single List of goods subject to sanitary and epidemiological control of the customs territory of the Customs Union. Due to the indefinite period of validity of issued documents there is a slight tendency of decreasing the number of issued certificates for controlled goods.

Keywords: certificate of state registration, the authorized agency, the Customs Union.

Поступила 03.06.2013

ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ЮНОШЕЙ-ФУТБОЛИСТОВ

Лавинский Х.Х., Борисевич Я.Н.
Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Реферат. Питание занимает одно из важнейших мест среди медико-биологических аспектов подготовки спортсменов. Особую актуальность вопросы питания приобретают в детском и юношеском спорте, т.к. в данном случае сочетаются процессы роста и развития организма и интенсивные физические нагрузки.

Цель работы — изучить состояние фактического питания юношей-футболистов, оценить его адекватность и сбалансированность. Исследовали среднесуточные рационы питания 104 юношей (в возрасте 15–16 лет) из Республиканского государственного училища олимпийского резерва, юношеской команды «Динамо» (Минск), Республиканского центра олимпийской подготовки по футболу, а также игроков юношеской сборной Беларуси по футболу. Среднесуточные рационы питания юношей-футболистов по содержанию пищевой энергии, количеству белков (в том числе животного происхождения), жиров растительного происхождения, углеводов, тиамина, аскорбиновой кислоты, калия, фосфора, железа соответствуют нормам физиологических потребностей в энергии и питательных веществах, что способствует формированию здоровья и оптимального статуса питания. Наиболее рациональным и адекватным физиологическим потребностям юношей-спортсменов является пищевой рацион учащихся Республиканского государственного училища олимпийского резерва.

Ключевые слова: рациональное, адекватное, сбалансированное питание, спортивное питание, футбол, юные футболисты, игровые виды спорта.

Введение. Занятия физической культурой и спортом способствуют укреплению здоровья граждан, снижению уровня заболеваемости, уменьшению числа случаев асоциального поведения (особенно среди молодежи), что, в свою очередь, приводит к экономии финансовых расходов на лечение и реабилитацию пациентов. Среди различных игровых видов спорта футбол является одним из популярных. По данным «Белорусской федерации футбола», в Беларуси более 20 000 ребят выбрали этот вид спорта.

Интенсивная физическая деятельность активирует процессы метаболизма в организме спортсмена, связанные с увеличением энергетических резервов, повышением интенсивности процессов окислительного и анаэробного синтеза, повышенным биосинтезом белков и ферментов. Рациональное и сбалансированное питание обеспечивает организм атлета пищевой энергией и пластическим материалом, необходимым для метаболических процессов, а также оно способно повышать физическую работоспособность и ускорять процесс восстановления после физической нагрузки. Поэтому питание занимает одно из важнейших мест среди медико-биологических аспектов подготовки спортсменов. Однако сегодня питание спортсменов основывается на методических рекомендациях «Питание и фармакологическое обеспечение сборных команд СССР», опубликованных еще в 1985 г. [1, 2].

Особую актуальность вопросы питания приобретают в детском и юношеском спорте, т.к. в данном случае сочетаются процессы роста и развития организма и интенсивные физические нагрузки. Накопленные знания и достижения спортивной медицины указывают на неразрывную связь вопросов питания юных и взрослых спортсменов [3–5].

Материал и методы. Предметом исследований были среднесуточные рационы питания 104 юношей (возраст составил 15–16 лет) из Республиканского государственного училища олимпийского резерва (РГУОР), юношеской команды «Динамо» (Минск), Республиканского центра олимпийской подготовки по футболу Белорусского государственного университета (РЦОП), а также юношеской сборной Беларуси по футболу. Фактическое питание учащихся РГУОР, получавших 4–5-разовое питание в столовых училища, и футболистов юношеской сборной на учебно-тренировочном сборе, получавших организованное питание 3 раза в день в ресторане тренировочной базы, оценивали методом анализа недельных меню-раскладок пищевых продуктов. При анализе фактического питания игроков юношеской команды «Динамо» (коллективное питание организовано 2 раза в день по месту учебы) и РЦОП по футболу (коллективное питание не организовано) использовали метод 24-часового воспроизведения фактического питания (интервьюирование) [6]. Нутриентный состав и энергетическая ценность среднесуточных рационов питания рассчитывали с помощью базы данных, разработанной в Республиканском научно-практическом центре гигиены. Энергетическую ценность и нутриентный состав среднесуточных рационов питания сравнивали с данными, изложенными в «Требованиях к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 180 от 20.11.2012 г.

Результаты и их обсуждение. Данные исследований фактического питания футболистов РГУОР, юношеской команды «Динамо», РЦОП и юношеской сборной представлены в таблице.

Таблица — Энергетическая ценность и нутриентный состав среднесуточных рационов питания юных футболистов РГУОР, «Динамо», РЦОП и юношеской сборной (M±m)

Показатель	Физиологическая норма	Фактическое потребление			
		РГУОР (n=50)	«Динамо» (n=21)	РЦОП (n=14)	Сборная команда (n=19)
Энергетическая ценность рациона, ккал	2800–3000	3557,6±135,0*	2902,3±127,3	2949,5±275,0	3645,4±155,4*
Белки, г	98–113	128,6±5,9*	89,1±6,6	95,1±8,2	150,3±7,5*
Белки, г/кг массы тела	1,5	1,95	1,37	1,49	2,4
Доля белков животного происхождения, % (от общего количества белков)	60	61,6	65,0	59,3	83,8
Жиры, г	93–107	139,5±9,2*	124,4±7,2*	115,1±12,6	235,6±13,9*
Доля жиров растительного происхождения, % (от общего количества жиров)	25–30	28,9	31,8	32,4	17,0
Углеводы, г	378–420	445,8±19,1	359,4±16,8	378,2±38,9	255,6±7,3*
Углеводы, г/кг массы тела	8–10	6,8	5,5	5,9	4,1
Соотношение белков, жиров и углеводов (по массе) в рационе питания	1:1:4	1:1,1:3,5	1:1,4:4,0	1:1,2:4,0	1:1,6:1,7
Соотношение белков, жиров и углеводов (в % по отношению к энергетической ценности)	14–15: 30–32: 54–56	14,5:35,3:50,1	12,0:38,6:49,4	13,0:35,5:51,4	16,0:57,0:27,0
Ретиноловый эквивалент, мг	1,0	2,02±0,68	0,94±0,20	0,57±0,14*	0,92±0,13
Тиамин, мг	1,5	2,05±0,16*	1,48±0,07	1,47±0,16	1,82±0,22
Рибофлавин, мг	1,8	2,16±0,20	1,58±0,19	1,32±0,13*	1,88±0,12
Ниацин, мг	20	24,56±1,38*	17,49±1,01*	19,05±1,73	28,29±0,3*7
Аскорбиновая кислота, мг	90	200,65±15,92*	138,02±13,90*	116,29±27,74	72,10±22,86
Натрий, мг	–	3492,5±207,9	2061,5±175,3	1900,2±206,0	2743,0±269,0
Калий, мг	2500	5019,7±212,4*	3840,1±220,5*	3625,8±366,7*	3216,7±174,9*
Кальций, мг	1200	1056,6±98,3	779,2±115,7*	581,3±62,0*	1077,5±99,1
Магний, мг	400	492,7±26,4	330,7±24,5*	360,7±42,1	328,2±50,9
Фосфор, мг	1200	2010,2±94,1*	1422,0±120,0	1381,5±119,4	2046,1±125,6*

Окончание таблицы

Соотношение кальция и магния	1:0,3	1:0,47	1:0,4	1:0,62	1:0,3
Соотношение кальция и фосфора	1:1	1:1,9	1:1,8	1:2,38	1:1,9
Железо, мг	15	29,3±2,7*	17,8±1,5	19,6±2,5	19,7±1,0*
Примечание — * Различия между показателем и физиологической нормой статистически значимы ($p<0,05$).					

Результаты исследования и оценки фактического питания юношей-футболистов свидетельствуют о том, что энергетическая ценность среднесуточных рационов питания спортсменов РГУОР составляет 3557,6±135,0 ккал, юношеской команды «Динамо» (Минск) — 2902,3±127,3 ккал, РЦОП по футболу БГУ — 2949,5±275,0 ккал, юношеской сборной во время учебно-тренировочного сбора — 3645,4±155,4 ккал.

Величина суточных энерготрат, определенная хронометражно-табличным методом, у юных футболистов РГУОР равна 3193,8±73,7 ккал, игроков юношеской команды «Динамо» — 3152,6±60,6 ккал, РЦОП — 3083,4±73,7 ккал, юношеской сборной во время трехдневного учебно-тренировочного сбора — 3859,9±116,5 ккал.

Энергетическая ценность среднесуточных рационов питания во всех группах наблюдения: учащихся РГУОР, юношеской команды «Динамо», РЦОП и юношеской сборной, — соответствуют величине энерготрат юных спортсменов. При этом следует отметить, что среднесуточный рацион питания учащихся РГУОР обеспечивает некоторый резерв метаболический энергии, необходимый для роста и развития организма подростков.

Среднесуточный рацион питания спортсменов РГУОР содержит достаточное количество белков — 128,6±5,9 г (физиологическая норма — 98–113 г), что обеспечивает уровень их потребления спортсменами в количестве 1,95 г/кг массы тела. Белки животного происхождения в рационе питания футболистов РГУОР содержатся в достаточном количестве — 79,2±5,4 г. Таким образом, доля белков животного происхождения составляет 61,6% от общего количества белков в пище, что в полной мере соответствует физиологической норме (не менее 60%). Энергетическая ценность белкового компонента рациона питания составляет 14,5% его энергетической ценности.

Количество жиров в среднесуточном рационе питания юношей-футболистов РГУОР равно 139,5±9,2 г (норма — 93–107 г). При этом содержание жиров растительного происхождения полностью соответствует физиологической норме: их доля в общем количестве жиров пищи равна 28,9% (при физиологической норме 25–30%). Количество углеводов в рационе питания спортсменов РГУОР равно 445,8±19,1 г и соответствует норме — 378–420 г. В расчете на 1 кг массы тела оно составляет 6,8 г. Соотношение между белками, жирами и углеводами в рационе питания по их массе равно 1:1,1:3,5, т.е. несколько отличается от физиологически обусловленного уровня (1:1:4).

Величина ретинолового эквивалента в среднесуточном рационе питания футболистов РГУОР равна 2,02±0,68 мг и соответствует его физиологической норме (1 мг). В рационе питания содержится 2,05±0,16 мг тиамина (физиологическая норма — 1,5 мг), 2,16±0,20 мг рибофлавина (физиологическая норма — 1,8 мг), 24,56±1,38 мг ниацина (физиологическая норма — 20 мг), 200,65±15,92 мг аскорбиновой кислоты (физиологическая норма — 90 мг).

Содержание минеральных веществ в среднесуточном рационе футболистов РГУОР обеспечивает нормальный рост и развитие организма юношей. Количество калия в пище составляет 5019,7±212,4 мг (физиологическая норма — 2500 мг), фосфора — 2010,2±94,1 мг (физиологическая норма — 1200 мг) и железа — 29,3±2,7 мг (физиологическая норма — 15 мг). Уровень кальция и магния в пищевом рационе близок к значению нормы и равен соответственно 1056,6±98,3 мг (физиологическая норма — 1200 мг) и 492,7±26,4 мг (физиологическая норма — 400 мг). Соотношение между кальцием и магнием в рационе питания составляет 1:0,47, а между кальцием и фосфором — 1:1,9, что несколько отличается от рекомендуемых значений: 1:0,3 и 1:1 соответственно.

Содержание белков в рационе питания юных футболистов команды «Динамо» составляет 89,1±6,6 г, находится на нижней границе физиологической нормы (98–113 г). Однако доля белков животного происхождения в общем количестве белков равна 65,0%, (57,9±5,9 г), что выше уровня физиологической нормы. Количество метаболической энергии, поставляемой в организм подростков за счет белков, равно 12% по отношению к энергетической ценности пищевого рациона.

Содержание жиров в рационе питания футболистов из юношеской команды «Динамо» составляет 124,4±7,2 г, что несколько выше рекомендуемых величин (93–107 г). При этом доля жиров растительного происхождения в общем количестве жиров в рационе питания равна 31,8% (39,6±3,0 г), т.е. соответствует физиологической норме (25–30% от общего количества жиров). Содержание углеводов в пищевом рационе — 359,4±16,8 г, находится на уровне нижней границы физиологической нормы (378–420 г). Соотношение белков, жиров и углеводов в среднесуточном рационе питания по массе (1:1,4:4,0) несколько отличается от рекомендуемых значений (1:1:4).

Величина ретинолового эквивалента в среднесуточном рационе питания спортсменов юношеской команды «Динамо» составляет 0,94±0,20 мг (физиологическая норма — 1,0 мг). Количество водорастворимых витаминов в рационе питания соответствует физиологической норме: содержание тиамина равно 1,48±0,07 мг (физиологическая норма — 1,5 мг), рибофлавина — 1,58±0,19 мг (физиологическая норма — 1,8 мг), аскорбиновой кислоты — 138,02±13,90 мг (физиологическая норма — 90 мг). Содержание ниацина — 17,49±1,01 мг находится на нижнем уровне физиологической нормы (20 мг).

Минеральные вещества в среднесуточном рационе питания юношей-футболистов команды «Динамо» содержатся в достаточном количестве: калий — 3840,1±220,5 мг (физиологическая норма — 2500 мг), железо — 17,8±1,5 мг (физиологическая норма — 15 мг), фосфор — 1422,0±120,0 мг (физиологическая норма — 1200 мг). Количество кальция и магния в пищевом рационе по сравнению с рекомендуемыми значениями несколько снижено и равно 779,2±115,7 мг (физиологическая норма — 1200 мг) и 330,7±24,5 мг (физиологическая норма — 400 мг). Соотношение между кальцием и магнием в рационе по массе составляет 1:0,4 и близко к оптимальному (1:0,3), а между кальцием и фосфором — 1:1,8, отличается от рекомендуемого уровня (1:1).

Нутриентный состав среднесуточного рациона питания спортсменов РЦОП характеризуется вполне достаточным количеством основных макронутриентов (белки, жиры, углеводы).

Белки в рационе питания юношей-футболистов из РЦОП содержатся в достаточном количестве — 95,1±8,2 г (при физиологической норме 98–113 г), что обеспечивает их потребление на уровне 1,49 г/кг массы тела (норма — 1,5 г/кг). Доля белков животного происхождения в общем количестве белков пищевого рациона составляет 59,3% (56,4±5,7 г), что соответствует физиологической норме (60%). Вклад белков в энергетическую ценность рациона питания юношей-футболистов РЦОП составляет 13,0%.

Содержание жиров в рационе питания спортсменов РЦОП равно 115,1±12,6 г: соответствует физиологической норме (93–107 г). Доля жиров растительного происхождения в общем количестве жиров в пищевом рационе равна 32,4% (37,3±4,3 г), также в норме (не менее 25–30%). Количество углеводов в рационе питания футболистов РЦОП находится в пределах физиологической нормы — 378,2±38,9 г (физиологическая норма — 378–420 мг). Соотношение между белками, жирами и углеводами в среднесуточном рационе спортсменов РЦОП по массе равно 1:1,2:4,0, т.е. близко к рекомендуемым значениям (1:1:4).

Величина в среднесуточном рационе питания спортсменов РЦОП ретинолового эквивалента — 0,57±0,14 мг, содержание рибофлавина — 1,32±0,13 мг, что несколько ниже нормы — 1,0 мг и 1,8 мг соответственно. Количество тиамина (1,47±0,16 мг), ниацина (19,05±1,73 мг), аскорбиновой кислоты (116,29±27,74 мг) в пищевом рационе находится в пределах физиологической нормы (соответственно 1,5 мг, 20 мг и 90 мг).

Среднесуточный рацион питания спортсменов РЦОП характеризуется достаточным содержанием калия 3625,8±366,7 мг (физиологическая норма — 2500 мг), фосфора — 1381,5±119,4 мг (физиологическая норма — 1200 мг) и железа — 19,6±2,5 мг (физиологическая норма — 15 мг). Количество кальция (581,3±62,0 мг) и магния (360,7±42,1 мг) в рационе снижено (физиологическая норма составляет 1200 и 400 мг соответственно). Соотношение между кальцием и магнием (1:0,6), а также кальцием и фосфором (1:2,4) не соответствует рекомендуемым значениям (1:0,3 и 1:1 соответственно).

Нутриентный состав среднесуточного рациона питания футболистов юношеской сборной на учебно-тренировочном сборе нельзя назвать рациональным и сбалансированным: жиры более чем 100% в избытке, явный недостаток углеводов, недостаточное содержание магния, избыточное количество фосфора и нарушение соотношения между кальцием и фосфором.

Пищевой рацион игроков юношеской сборной содержит 150,3±7,5 г белков. Данное количество белка обеспечивает уровень его потребления в достаточном для спортсменов количестве — 2,4 г/кг массы тела. Количество белков животного происхождения при этом составляет 125,9±9,0 г, а их доля в общем количестве белков — 83,8%. Белки обеспечивают получение 16,0% метаболической энергии.

Общее количество жиров в среднесуточном рационе питания игроков юношеской сборной равно 235,6±13,9 г, что превышает рекомендуемую норму потребления более чем на 100% (за счет жиров животного происхождения). Одновременно количество растительных жиров не соответствует физиологической норме — 17,0% (40,1±6,0 г). Содержание углеводов в пищевом рационе по сравнению с физиологической нормой значительно снижено и составляет 255,6±7,3 г. Этим обусловлено нарушение соотношения между белками, жирами и углеводами в рационе питания по массе — 1:1,6:1,7. Однако, учитывая короткую продолжительность сбора (3 дня), указанный дисбаланс может быть нивелирован организмом.

Величина ретинолового эквивалента в рационе питания составляет 0,92±0,13 мг, содержание водорастворимых витаминов: тиамина — 1,82±0,22 мг, рибофлавина — 1,88±0,12 мг, ниацина — 28,29±0,37 мг, аскорбиновой кислоты (72,10±22,86 мг) в среднесуточном рационе питания игроков юношеской сборной находится в пределах нормы.

Количество калия в пищевом рационе игроков юношеской сборной составляет 3216,7±174,9 мг, кальция — 1077,5±99,1 мг, железа — 19,7±1,0 мг. Указанные выше величины соответствуют показателям физиологической нормы. Содержание магния в рационе питания игроков юношеской сборной снижено — 328,2±50,9 мг, а фосфора — повышено, 2046,1±125,6 мг. Соотношение между кальцием и магнием в пищевом рационе имеет оптимальное значение — 1:0,3, а соотношение между кальцием и фосфором нельзя назвать адекватным — 1:1,9.

Заключение. Результаты исследования фактического питания футболистов Республиканского государственного училища олимпийского резерва, юношеской команды «Динамо» (Минск), Республиканского центра олимпийской подготовки по футболу и юношеской сборной на учебно-тренировочном сборе свидетельствуют, что энергетическая ценность среднесуточных рационов питания юных юношей-футболистов адекватна величине их суточных энерготрат. Кроме того, рацион учащихся Республиканского государственного училища олимпийского резерва имеет резерв пищевой энергии (около 11%) за счет жиров и углеводов, который способствует поддержанию энергетического баланса в период интенсивных физических и психологических нагрузок, росту и развитию организма юных спортсменов.

Среднесуточные рационы питания учащихся Республиканского государственного училища олимпийского резерва, юных футболистов команды «Динамо» (Минск), Республиканского центра олимпийской подготовки по футболу БГУ, юношеской сборной во время учебно-тренировочного сбора способствуют поступлению в организм юношей рекомендуемых количеств пищевых веществ: основных макронутриентов (белки, жиры, углеводы) и микронутриентов (витамины, минеральные вещества).

Одной из важных характеристик нутриентного состава рационов питания юных футболистов является содержание в них достаточных количеств белков, в том числе белков животного происхождения. Все, без исключения, среднесуточные рационы питания юных спортсменов содержали избыточное количество жиров, однако доля жиров растительного происхождения в общем количестве жиров в пищевых рационах юношей-футболистов вполне достаточная (за исключением игроков сборной команды на учебно-тренировочном сборе). Соотношение белков, жиров и углеводов в среднесуточных рационах питания юных спортсменов по массе указывает на некоторый дисбаланс основных нутриентов.

Содержание в среднесуточных рационах питания микронутриентов в основном соответствовало нормам физиологических потребностей организма подростков, в первую очередь, ретинола и рибофлавина (исключение составляет рацион Республиканского центра олимпийской подготовки по футболу), тиамина, аскорбиновой кислоты, ниацина (кроме юношей-футболистов «Динамо», у которых в рационе количество ниацина было несколько ниже рекомендуемого значения).

Из перечня минеральных веществ, калий, фосфор, железо содержатся в среднесуточных рационах питания юношей-спортсменов в достаточных количествах. Содержание кальция и магния в пищевых рационах всех групп наблюдения не в

полной мере соответствует рекомендуемым величинам. В связи с указанными особенностями минерального состава пищевых рационов юных спортсменов наблюдается нарушение соотношений кальция и магния, кальция и фосфора.

Результаты анализа и сравнительной оценки среднесуточных рационов питания свидетельствуют об их соответствии физиологическим потребностям юных футболистов, как по количеству пищевой энергии, так и по нутриентному составу. Однако наиболее рациональным и адекватным физиологическим потребностям юношей-спортсменов является пищевой рацион учащихся Республиканского государственного училища олимпийского резерва. Рационы питания юных спортсменов команды «Динамо» (Минск) и юношей-футболистов Республиканского центра олимпийской подготовки по футболу БГУ по нутриентному составу уступают уровню качества пищевого рациона Республиканского государственного училища олимпийского резерва. Нутриентный состав рациона питания юношеской сборной на учебно-тренировочном сборе нельзя назвать рациональным в связи с более чем на 100% превышением содержания жиров, примерно на одну треть меньшим количеством углеводов, нарушением соотношения кальция и фосфора.

Таким образом, среднесуточные рационы питания юношей-футболистов по содержанию пищевой энергии, количеству белков (в том числе животного происхождения), жиров растительного происхождения, углеводов, тиамина, аскорбиновой кислоты, калия, фосфора, железа соответствуют нормам физиологических потребностей в энергии и питательных веществах, что способствует формированию здоровья и оптимального статуса питания.

Литература

1. Еншина, А.Н. Необходимость разработки новых нормативных документов по организации спортивного питания в Республике Беларусь / А.Н. Еншина // Актуальные проблемы здорового образа жизни в современном обществе: материалы Междунар. науч-практ. конф. – Минск : БГАФК, 2003. – С. 115–116.

2. Шпаков, А.И. Фактическое питание спортсменов, продолжающих заниматься спортом и закончивших спортивную карьеру / А.И. Шпаков // Эколого-профилактические проблемы здоровья населения: материалы Междунар. науч-практ. конф., Гродно, 14–15 нояб. 2002 г. / Редкол.: М.С. Омельянчик и др. – Гродно: ГОЦГиЭ, ГрГМУ, 2002. – С. 305–308.

3. Детская спортивная медицина: руководство для врачей / Под ред. С.Б. Тихвинского, С.В. Хрущева. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Медицина, 1991. – 560 с.

4. Основные принципы организации питания в детско-юношеском спорте: метод. рекомендации / СПб, НИИФК; сост. Н.Д. Гольберг [и др.]. – СПб, 2005. – 34 с.

5. Рогозкин, В.А. Питание юных спортсменов / В.А. Рогозкин, Н.Н. Шишина // Детская спортивная медицина. – М.: Медицина, 1991. – С. 395–407.

6. Методические рекомендации по оценке состояния питания детей и подростков в учебно-воспитательных учреждениях / МЗ РБ; сост. Х.Х. Лавинский, Н.Л. Бацукова, И.И. Кедрова. – Минск, 1997. – 43 с.

ASSESSMENT OF THE ADEQUACY OF ACTUAL NUTRITION OF YOUTH FOOTBALL PLAYERS

Lavinski Ch.Ch., Borisevich Y.N.
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

The aim of this research is to study the state of the actual nutrition youths football players. The subject of the study were the average daily food rations of 104 youths (aged 15–16 years) from the Republican state school of Olympic reserve, youth team «Dynamo», the National Center for Olympic training in football, as well as junior players Belarusian soccer team. The average daily dietary of youth soccer players on the content of food energy, the amount of protein (including animal origin), vegetable fats, carbohydrates, thiamine, ascorbic acid, potassium, phosphorus, iron meet the standards of physiological requirements energy and nutrients which contributes to an optimal health and nutritional status.

Keywords: balanced nutrition, sports nutrition, football, soccer, young football players, playing sports.

Поступила 11.06.2013

ПРОФИЛАКТИКА ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ НУТРИЕНТНЫХ ДЕФИЦИТОВ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ВОЗРАСТА, ПРОЖИВАЮЩИХ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ И ЭНДЕМИЧЕСКИХ ПО ЙОДУ ТЕРРИТОРИЯХ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Луценко А.Г., Матасар И.Т., Петрищенко Л.Н.
«Национальный научный центр радиационной медицины» Национальной академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Реферат. В статье показана необходимость профилактики эссенциальных нутриентных дефицитов у детей младшего возраста, которые проживают на радиоактивно загрязненных и эндемических по йоду территориях Украинского Полесья. Проведена оценка эффективности профилактики дефицитов незаменимых пищевых веществ с помощью витаминно-минерального комплекса, разработанного с учетом особенностей питания и физиологических потребностей детского населения, проживающего на данной территории.

Ключевые слова: витаминно-минеральный комплекс, эссенциальные нутриентные дефициты, радиоактивно загрязненные территории, дети младшего возраста.

Введение. Радиоактивное загрязнение пищевого сырья и продуктов питания отрицательно влияет на здоровье населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях (РЗТ) [1]. В Украине после аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) наблюдаются тенденции к хронизации и росту количества аллергических, онкологических, сердечнососудистых, гастроэнтерологических и других заболеваний [2].

Для РЗТ характерными являются эссенциальные нутриентные дефициты. Сведения относительно пищевого статуса детского населения РЗТ аналогичны общим в детской популяции с учетом особенностей в экологически неблагоприятных регионах [3]. Соответствующие данные получены при обследовании детского населения, пострадавшего от Чернобыльской и Челябинской катастроф, постоянно проживающих возле источников ионизирующей радиации [4].

На фоне неполноценного питания ионизирующая радиация способствует обострению патологии с алиментарным фактором риска и развития экопатологических состояний [5]. Поэтому именно дети младшего возраста принадлежат к группе риска возникновения синдрома экологической дезадаптации и экопатологии.

У детского населения экономически развитых стран ведущее место в структуре пищевых нарушений занимают эссенциальные дефициты в результате недостаточного экзогенного поступления незаменимых микронутриентов, в первую очередь витаминов и минеральных веществ [6]. Роль витаминов и минеральных веществ в детском возрасте особенно велика, и это связывают с интенсивностью роста, особенностями развития ребенка, напряженностью обменных процессов в этот период [7].

Эпидемиология эссенциальных пищевых дефицитов среди детского контингента населения имеет региональные, сезонные и социальные особенности. Она отличается в зависимости от уровня доходов в семьях, традиций и пищевых привычек, доступности пищевых продуктов и рядом других факторов, требующих дифференцированного подхода при разработке мероприятий по коррекции нарушений пищевого статуса. Недостаточное усвоение эссенциальных нутриентов в детском возрасте отрицательно сказывается на состоянии здоровья, физическом и умственном развитие и имеет социальное значение, т.к. влияет на формирование человека.

Цель работы — изучить эффективность витаминно-минерального комплекса для профилактики и предупреждения возникновения полинутриентных эссенциальных дефицитов у детей младшего возраста, которые проживают на радиоактивно загрязненных и эндемических по йоду территориях. В исследовании принимали участие дети от 1 до 6 лет, проживающие в Иванковском районе Киевской области и в г. Киеве.

Материал и методы. Для изучения обеспеченности организма ребенка эссенциальными нутриентами по внешним фенотипическим признакам использовался спектрально-динамический метод с применением прибора медицинского назначения «КСК-БАРС». Экскрецию йода с мочой определяли по методу, который сегодня является общепризнанным во всем мире и рекомендован экспертами ВОЗ.

При оценке профилактического действия витаминно-минерального комплекса (ВМК) были применены следующие статистические методы:

– части сравнивали с использованием тестов χ^2 с поправкой Йетса на непрерывность или, если было уместно, точного теста Фишера;

– средние значения концентрации йода в ВМК сравнивали с помощью t-теста и дисперсионного анализа;

– медианные концентрации йода в моче сравнивали с использованием теста Манна–Уитни;

– концентрации йода в моче анализировали с помощью множественной линейной регрессии конечного показателя (т.е. концентрации йода в моче при дальнейшем наблюдении).

Для коррекции недостатков в питании детей младшего возраста, которые проживают на РЗТ, на основании данных эпидемиологических исследований и установленных дефицитов разработан ВМК, который содержит витамины-антиоксиданты, витамины-коферменты, витамины-стабилизаторы мембранных структур, витамины-регуляторы физиологичных функций, а также микроэлементы.

В 2012 г. на территории Иванковского района Киевской области и г. Киеве проведено клиническое исследование по оптимизации витаминно-минерального статуса детей в возрасте от 1 до 3 и от 4 до 6 лет, употреблявших разработанный ВМК (длительность наблюдения — 2 недели, состав ВМК приведен в таблице 1).

Таблица 1 — Химический состав витаминно-минерального комплекса

Ингредиент	Содержимое в сухой смеси
Витамины:	
Ретинол (витамин А)	0,4 мг
Кальциферол (витамин D)	0,0048 мг
Токоферол (витамин Е)	4 мг
Аскорбиновая кислота (витамин С)	40 мг
Тиамин (витамин B_1)	0,4 мг
Рибофлавин (витамин B_2)	0,3 мг
Пиридоксин (витамин B_6)	0,4 мг
Кобаламин (витамин B_{12})	0,5 мкг
Фолиевая кислота (витамин B_9)	0,1 мг
Ниацин (никотиновая кислота (витамин РР))	7 мг
Пантотеновая кислота (витамин B_5)	0,02 мг
Минеральные вещества:	
Цинк (Zn)	5 мг
Железо (Fe)	5 мг
Йод (I)	0,05 мг

Результаты и их обсуждение. К началу исследования почти половина родителей обследованных детей сообщила, что они избегают употреблять йодированную соль в основной еде, а две трети вообще ограниченно употребляют даже обычную соль. На основе данных экскреции йода с мочой установлено, что в 80% обследованных детей в возрасте от 1 до 6 лет,

проживающих в сельской местности, обеспеченность йодом не соответствовала нижнему уровню физиологичных потребностей. При этом у 20% детей установлена легкая степень недостатка йода, у 50% — наблюдали умеренный его дефицит, а у 10% детей имела место тяжелая степень йодной недостаточности (содержимое йода в моче не превышает 20 мкг/л).

Суточная экскреция представляет в среднем 52,40±5,85 мкг/л. Установлено, что у 44,5% обследованных городских детей обеспеченность йодом не достигала нижнего уровня физиологичных потребностей, в том числе в 16,7% наблюдалась легкая степень йодного недостатка, в 27,8% — умеренный дефицит йода (таблица 2).

Таблица 2 — Содержимое йода в моче у детей в начале исследования и через 2 недели наблюдения

Группы обследованных детей	До начала исследования, мкг/л (соль)	Через 2 недели наблюдения, мкг/л
Иванковский район Киевской области, n=27	62,0 (27,6–115,9)	99 (77–112)
г. Киев, n=30	93,5 (48,8–146,3)	103 (86–121)

Приведенные данные свидетельствуют о том, что большинство обследованных детей дошкольного возраста, проживающие на РЗТ (Иванковский район Киевской области), были недостаточно обеспечены йодом. У них наблюдался йодный дефицит легкой, средней и тяжелой степени, у городских детей (г. Киев) отмечали йодный дефицит легкой и средней степени.

Таким образом, на основании полученных данных можно утверждать, что подавляющее большинство обследованных детей дошкольного возраста, проживающих на РЗТ (Иванковский район Киевской области) и в г. Киеве, потребляли недостаточно алиментарного йода.

Эффект использования применения ВМК определяется как разница между медианой концентрации йода в моче детей, которые употребляли ВМК и проживают в Иванковском в районе Киевской области и в г. Киеве.

Так, при низших показателях экскреции йода с мочой у детей Иванковского района Киевской области к началу употребления ВМК (62,0 (27,6−115,9) мкг/л) через 2 недели после приема ВМК этот показатель вырос на 59,7% и представлял 99 (77−112) мкг/л.

Среди обследованных детей, проживающих в г. Киеве, изученный показатель составлял лишь 10,2%, что свидетельствует о более высокой обеспеченности городских детей алиментарным йодом.

Другими, чрезвычайно важными для организма человека микроэлементами, которые содержит разработанный ВМК, являются цинк и железо.

Что касается обеспеченности детей минеральными веществами, можно утверждать, что у обследованных детей в Иванковском районе Киевской области чаще встречался дефицит йода, железа и цинка, чем у лиц, которые живут в г. Киеве (таблица 3).

Таблица 3 — Обеспеченность микронутриентами обследованных детей до и после проведения профилактических мер

Микронутриент	Иванковский район Киевской области, n=27			г. Киев, n=30		
	Количество детей, у которых уровень содержимого нутриента не удовлетворял физиологические потребности					
	До проведения наблюдений	После проведения наблюдений	Расхождение показателей, %	До проведения наблюдений	После проведения наблюдений	Расхождение показателей, %
Цинк (Zn)	n=13	n=5	29,7	n=12	n=4	26,7
Железо (Fe)	n=19	n=5	51,8	n=13	n=4	30,0
Йод (I)	n=23	n=1	73,3	n=10	n=1	30,0

После проведения алиментарной профилактики уровень обеспеченности железом обследованных детей Иванковского района Киевской области увеличился больше чем на 81,2% и соответствовал их физиологическим потребностям. У детей, которые проживают в г. Киеве, этот показатель составлял 86,7%. Профилактический эффект, направленный на оптимизацию содержания цинка в организме, был несколько выше у детей, которые проживают в Иванковском районе Киевской области, и составлял 29,7%.

Таким образом, потребление ВМК с содержанием йода — 50 мкг, железа — 5 мг и цинка — 5 мг существенно влияет на минеральный статус обследованных детей.

Обеспечение витаминами детского населения свидетельствует, что наиболее дефицитным был витамин А — у 25 детей Иванковского района Киевской области и 28 детей в г. Киеве. При этом у жителей Иванковского района Киевской области и г. Киева отмечался наибольший уровень обеспеченности витамином B_3 (таблица 4).

Таблица 4 — Обеспеченность витаминами обследованных детей до и после проведения профилактических мероприятий

Витамин	Иванковский район Киевской области, n=27			г. Киев, n=30		
	Количество детей, у которых уровень содержимого нутриента не удовлетворял физиологические потребности					
	До проведения наблюдений	После проведения наблюдений	Расхождение показателей, %	До проведения наблюдений	После проведения наблюдений	Расхождение показателей, %
Аскорбиновая кислота	7	1	22,2	11	2	30,0
Ретинол	25	7	66,6	28	9	63,3

Окончание таблицы 4

Токоферол	20	4	59,2	22	5	6,6
Кальциферол	14	6	29,6	21	5	53,4
Тиамин	9	2	25,9	10	1	30,0
Рибофлавин	12	2	37,0	10	2	26,7
Пиридоксин	14	1	48,1	11	2	30,0
Ниацин	8	2	22,2	9	1	26,7
Кобаламин	12	1	40,7	8	1	23,3
Пантотеновая кислота	5	1	14,8	5	2	10,0
Фолиевая кислота	17	4	48,1	15	4	36,6

После проведения профилактических мероприятий среди обследованных детей уровень витаминов увеличился, однако дефицитным оставался витамин А у 7 из 27 обследованных детей Иванковского района Киевской области и у 9 из 30 — в г. Киеве.

После проведения профилактических мероприятий был установлен наиболее высокий уровень обеспеченности витаминами С, B_1, B_2, B_3, B_6, B_{12}, Р и РР (дефицит установлен у 1–2 жителей Иванковского района Киевской области). Среди детей г. Киева максимальный уровень витаминов после проведения профилактических мероприятий был установлен по витаминам B_1, B_3 и B_{12} (один ребенок), дефицит витаминов С, B_2, B_6, Р обнаружен лишь у двух из общего числа обследованных детей.

Таким образом, учитывая то, что состав комплекса витаминов и минеральных веществ формировался согласно:

– физиологическим потребностям здорового ребенка;

– результатам натурных наблюдений, которые свидетельствуют о наличии полинутриентных дефицитов в фактическом питании детского населения регионов, загрязненных радиоактивными веществами;

– значению витаминов и минералов для минимизации отрицательного влияния ионизирующего излучения.

При создании ВМК учитывали тот факт, что усвояемость витаминов и минералов в комплексе наиболее эффективна. Разработанный ВМК можно рекомендовать для оптимизации питания детей и защиты организма от воздействия неблагоприятных факторов физической, химической и биологической природы.

Нет значительного расхождения между физиологичной потребностью в витаминах и минеральных веществах между детьми 1−3 и 4−6 лет, поэтому состав ВМК является идентичным для обеих возрастных групп.

Заключение. Разработанный витаминно-минеральный комплекс является эффективным при профилактике дефицитов витаминов А, Е, D, С, B_1, B_2, B_5, B_6, B_9, B_{12}, РР и минеральных веществ (цинк, железо, йод).

Количественный состав витаминно-минерального комплекса соответствует физиологическим нормам детей от 1 до 6 лет. Может быть рекомендован для детей младшего возраста, проживающих на радиоактивно загрязненных и эндемических по йоду территориях Украинского Полесья.

Литература

1. О работе 59-й сессии Научного комитета по действию атомной радиации ООН (НКДАР ООН) (Вена, 21–25 мая 2012 г.) / М.Ф. Киселев [и др.] // Мед. радиология и радиационная безопасность. – 2012. – № 5. – С. 11–19.

2. Уніфікований підхід до вивчення стану фактичного харчування та розробки заходів аліментарної корекції полінутриєнтних дефіцитів у населення, яке постраждало внаслідок аварії на ЧАЕС / І.Т. Матасар [та ін.] // Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. – 2010. – № 15. – С. 338–343.

3. Клініко-епідеміологічні результати першого скринінгу учасників спільного наукового Українсько-Американського тиреоїдного проекту (1998–2000 рр.) / М.Д. Тронько [та ін.] // Журн. АМН України. – 2010. – Т. 16, № 1. – С. 82–96.

4. Моргунова, Л.А. Реабилитация детского населения, проживающего на территориях, подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, в условиях государственных реабилитационных центров (отделений) детей и подростков с ограниченными возможностями здоровья системы социальной защиты населения Брянской области / Л.А. Моргунова // Реабилитационная помощь. – 2009. – № 2. – С. 33–37.

5. Шведунова, Л.Н. Влияние курортного лечения на скорость выведения инкорпорированного цезия при синдроме экологической дезадаптации у детей / Л.Н. Шведунова, А.С. Кайсинова, Т.В. Ходова // Вопр. курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2011. – № 3. – С. 40–41.

6. Горленко, О.М. Екологічно зумовлені дефіцитні стани у дітей в умовах ендемічної зони та шляхи їх корекції / О.М. Горленко, О.Ю. Александров // Совр. педиатрия. – 2008. – № 5. – С. 85–89.

7. Шадрин, О.Г. Дефицит макро- и микронутриентов в питании детей раннего возраста и пути его коррекции / О.Г. Шадрин, С.В. Дюкарева-Безденежных // Перинатологія та педіатрія. – 2010. – № 4. – С. 69–74.

PROPHYLAXIS OF ESSENTIAL NUTRITION DEFICITS FOR CHILDREN UNDER JUNIOR AGE, RESIDENT ON RADIOACTIVELY POLLUTED AND ENDEMIC ON IODINE TERRITORIES OF UKRAINIAN POLESYE

Lutsenko A.R., Matasar I.T., Petrischenko L.N.

National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy Of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The necessity of prophylaxis of essential nutrition deficits for the children of junior age, that live on radioactively muddy and endemic on an iodine territories of Ukrainian Polesye is shown in the paper. The estimation of prophylaxis efficiency of deficits of irreplaceable food substances is conducted by means of the vitamin-mineral complex, worked out taking into account the features of feed and physiological necessities of child's population resident on this territory.

Keywords: vitamin-mineral complex, essential nutrition deficits, radioactively muddy territories, children of junior age.

Поступила 01.06.2013

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕКОТОРЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ФАКТИЧЕСКОМ ПИТАНИИ СТУДЕНТОВ

Момяко Я.А., Замбржицкий О.Н.

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Реферат. Исследовано фактическое питание у студентов Белорусского государственного медицинского университета на содержание инозита, коэнзима Q10, липоевой кислоты, метилметионинсульфония (витамин U), оротовой кислоты, парааминобензойной кислоты и соответствие данных веществ физиологическим нормам суточного потребления. Установлено наличие выраженного дефицита оротовой, липоевой, парааминобензойной кислот и метилметионинсульфония, недостаточное поступление коэнзима Q10. Обеспеченность инозитом соответствует рекомендуемому уровню потребления.

Ключевые слова: фактическое питание, физиологическая норма суточного потребления, инозит, коэнзим Q10, липоевая кислота, метилметионинсульфоний, оротовая кислота, парааминобензойная кислота.

Введение. Питание — важнейший фактор, определяющий здоровье человека. Полноценное питание обеспечивает нормальный рост и развитие организма, способствует профилактике заболеваний, повышению работоспособности и продлению активной жизни, создает условия для укрепления иммунной системы, адекватной адаптации к окружающей среде. Основа здоровья и долголетия человека — разнообразное, умеренное и сбалансированное питание, обеспечивающее организм всеми необходимыми веществами. Особое значение для поддержания здоровья, работоспособности и долголетия человека имеет регулярное снабжение организма всеми необходимыми микронутриентами, минорными и биологическими веществами.

На основе принципов доказательной медицины получены принципиально новые данные в отношении биологической роли для человека так называемых минорных биологически активных веществ. Минорные и биологически активные вещества пищи являются природными веществами с установленной химической структурой и физиологическим действием. Присутствуют в ней в миллиграммах и микрограммах, однако играют важную и доказанную роль в адаптационных реакциях организма, поддержания здоровья, но не являются эссенциальными пищевыми веществами.

Рекомендуемый уровень адекватного потребления — уровень суточного потребления пищевых и биологически активных веществ, установленный на основании расчетных или экспериментально определенных величин, а также оценок потребления пищевых и биологически активных веществ группой/группами практически здоровых людей.

Дефицит биологически активных компонентов в рационе приводит к снижению резистентности организма к неблагоприятным факторам окружающей среды, формированию иммунодефицитных состояний, нарушению функции систем антиоксидантной защиты, хронизации болезней, снижению качества жизни и эффективности лечебных мероприятий.

Установлено, что инозит участвует в обмене веществ, вместе с холином участвует в синтезе лецитина, оказывает липотропное действие, тем самым способствует регуляции жирового обмена, нормализует уровень холестерина в крови, препятствует развитию атеросклероза, ожирения; образованию тромбов, поддерживает эластичность стенок артерий. Инозит помогает поддерживать в здоровом состоянии печень, волосы и кожные покровы, нормализует работу нервной системы, обладает выраженным успокаивающим действием, способствует восстановлению нервной ткани. Инозитом богаты печень, субпродукты, соевые бобы, пшеничные отруби, крупа овсяная; также он содержится в капусте, дыне, апельсинах, грейпфруте, изюме.

Одной из важнейших функций оротовой кислоты в организме человека (витамин B13) является участие в синтезе нуклеиновых кислот, фосфолипидов и билирубина. Кроме этого, она активизирует кроветворение эритроцитов и лейкоцитов, оказывает стимулирующее влияние на белковый обмен. Оротовая кислота благоприятно влияет на функциональное состояние печени, ускоряет восстановление печеночных клеток. В форме оротата калия и оротата магния улучшает работу сердца. Также оротовая кислота благоприятно влияет на развитие плода при беременности и улучшает репродуктивное здоровье. Она содержится в дрожжах, молоке и печени.

Коэнзим Q10 (убихинон) — это соединение, участвующее в энергетическом обмене и сократительной деятельности сердечной мышцы. Оказывает сильное антиоксидантное воздействие, угнетает процессы перекисного окисления липидов, охраняет клетки от вредного воздействия свободных радикалов, предохраняет мембраны клеток от разрушения. Кроме этого, коэнзим Q10оказывает антиатеросклеротическое воздействие, нормализует липидный состав крови, активизирует процесс кроветворения, улучшает кровоток в миокарде и реологические свойства крови. Коэнзим Q10 оказывает антиаритмическое, гипотензивное, противоаллергическое иммуномодулирующее действие. Способствует улучшению функции внешнего дыхания. Является онко-, гепато- и геропротектором (сдерживает процессы старения). Коэнзим Q10 регулирует уровень глюкозы в крови; способствует улучшению репродуктивной функции и оказывает антипародонтозное воздействие;

Продукты, содержащие коэнзим Q10: мясо, молоко, соевое масло, бобы сои, яйца, рыба, шпинат, арахис.

Что касается витамина U, то он представляет собой активную форму незаменимой аминокислоты метионина, участвует в метилировании гистамина, что способствует нормализации кислотности желудочного сока, проявлению антиаллергического действия. Обладает следующими свойствами:

- оказывает противогистаминное действие;
- обладает антиатеросклеротическими свойствами;
- оказывает заживляющее действие на слизистые оболочки;
- действует как антидепрессант;
- имеет противовоспалительный эффект при артритах;
- играет роль гепатопротектора.

Витамин U содержится в капусте, спарже, моркови, томатах, свекле.

Парааминобензойная кислота в организме человека (витамин B10) участвует в метаболизме белков в кроветворении. Тормозит активность адреналина, тироксина, обладает антигистаминным эффектом, играет роль в синтезе фолиевой кислоты, пуринов, аминокислот.

Парааминобензойная кислота участвует в образовании эритроцитов, предупреждая развитие анемии, снижает содержание холестерина в крови. Кроме этого, она нормализует функцию щитовидной железы и, являясь мощным антиоксидан-

том, повышает тонус кожи, предупреждает преждевременное ее увядание, обладает солнцезащитными свойствами. Содержится в печени, почках, отрубях, дрожжах, грибах и шпинате.

Доказано, что липоевая кислота оказывает липотропный эффект, вызывает детоксицирующее действие, участвует в обмене аминокислот и жирных кислот. Липоевая кислота снижает уровень холестерина в крови, помогает при различных формах атеросклероза. Кроме этого, она оказывает защитное действие на печень, снижает содержание сахара в крови, активизируя потребление глюкозы тканями и повышая уровень гликогена в печени. Липоевая кислота выводит из организма токсические вещества, благоприятно влияет на кожу и цвет лица. Она содержится в печени, почках, говядине, капусте, молоке, рисе.

Цель работы — оценить обеспеченность фактического питания студентов БГМУ следующими биологически активными соединениями: инозит, коэнзим Q10, липоевая кислота, метилметионинсульфоний, оротовая кислота, парааминобензойная кислота; дать количественную оценку фактического питания студентов-медиков на содержание исследуемых биологически активных веществ и соответствие физиологическим нормам суточного потребления.

Материал и методы. Фактическое питание студентов БГМУ исследовали с помощью меню-раскладок, составленных методом 24-часового воспроизведения питания с использованием таблиц химического состава продуктов [1]. В процессе работы были получены данные от 650 респондентов в возрасте 19–25 лет (200 юношей и 450 девушек). Оценку обеспеченности питания студентов биологически активными соединениями осуществляли исходя из действующих в настоящее время норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения на территории Российской Федерации [2, 3]. Результаты исследований статистически обработали с использованием программного обеспечения «EXCEL 2007».

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 представлены данные суточного потребления биологически активных соединений студентами-медиками.

Таблица 1 — суточное потребление биологически активных соединений студентами

Биологически активное соединение	Рекомендуемый уровень потребления (мг/сутки)	Фактическое потребление (мг/сутки)	
		Девушки	Юноши
Инозит	500	511,82±17,57	565,42±35,35
Коэнзим Q10	30	4,36±0,35	6,77±0,55
Метилметионинсульфоний	200	45,36±4,02	50,65±6,11
Оротовая кислота	300	19,96±0,76	20,3±1,165
Липоевая кислота	30	1,797±0,129	2,363±1,743
Парааминобензойная кислота	100	0,15±0,011	0,225±0,021

В ходе исследования выявлено, что суточный рацион питания юношей в среднем содержит 565,42±35,35 мг инозита ($p<0,05$), что выше нормы потребления (500 мг) примерно в 1,13 раза, а девушек — в среднем 511,82±17,57 мг в сутки ($p<0,05$), что соответствует физиологической норме. Среди обследованных недостаток в инозите испытывают 62,79% девушек и 54,41% юношей (рисунок 1).

Рисунок 1 — Структура потребления инозита юношами и девушками

Оценка обеспеченности студентов коэнзимом Q10 показала, что среднесуточное потребление юношами составляет 6,77±0,55 мг ($p<0,05$), что ниже нормы потребления (30 мг) в 4,43 раза, а девушками — 4,36±0,35 мг ($p<0,05$), что ниже нормы в 6,88 раза. Дефицит потребления испытывают 98,67% обследованных девушек и 97,99% юношей (рисунок 2).

Рисунок 2 — Структура потребления коэнзима Q10 юношами и девушками

Выявлено, что 96,81% девушек и 94,17% юношей испытывают дефицит в получении метилметионинсульфония (витамина U). Среднесуточное потребление девушками витамина U составляет 45,36±4,02 мг ($p<0,05$), что уступает норме (200 мг) в 4,4 раза. Юноши получают в среднем 50,65±6,11 мг/сутки ($p<0,05$), что также ниже границы нормы в 3,9 раза. На рисунке 3 показано распределение потребления витамина U студентами.

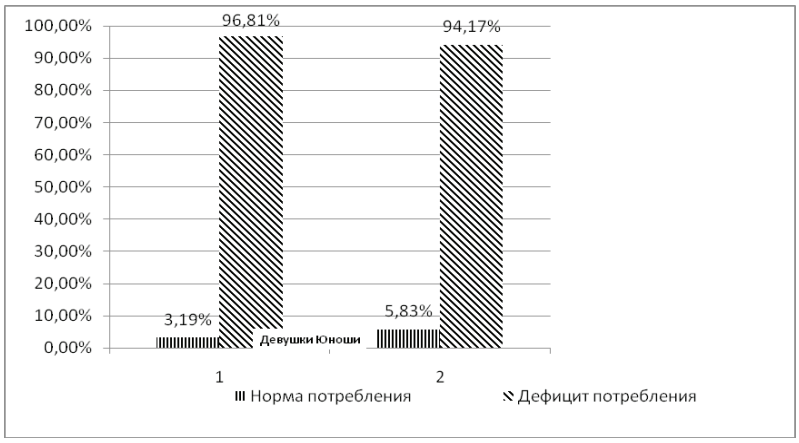


Рисунок 3 — Структура потребления витамина U юношами и девушками

Заключение. На основании исследований фактического питания студентов БГМУ и соответствия рекомендуемым уровням потребления исследуемых нами биологически активных веществ, установлено наличие выраженного дефицита потребления оротовой, липоевой, парааминобензойной кислот и метилметионинсульфония, недостаточное поступление коэнзима Q10, требующее коррекции фактического питания. Обеспеченность инозитом в среднем соответствует рекомендованной как для девушек, так и для юношей. Для коррекции питания мы рекомендуем в большей мере включать в суточный рацион продукты, а также биологически активные добавки к пище, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 — Продукты и БАДы для восполнения дефицита биологически активных соединений

Биологически активное соединение	Рекомендуемые продукты	Биологически активные добавки
Инозит	Печень, субпродукты, соевые бобы, отруби пшеничные, крупа овсяная, капуста, дыня, апельсины, грейпфрут, изюм	«Инозит Форте»
Коэнзим Q10	Мясо, молоко, соевое масло, бобы сои, яйца, рыба, шпинат, арахис	«Коэнзим Q10», «Коэнзим Q10-форте», «Коэнзим Q10-вит»
Метилметионинсульфоний	Капуста, спаржа, морковь, томат, свекла	
Оротовая кислота	Дрожжи, молоко, печень	
Липоевая кислота	Печень, почки, говядина, капуста, молоко, рис	«Альфа-липоевая кислота»
Парааминобензойная кислота	Печень, почки, отруби, дрожжи, грибы, шпинат	«PABA»

Литература

1. Лифляндский, В.Г. Витамины и минералы от А до Я / В.Г. Лифляндский. – СПб.: Издательский Дом «Нева», 2006. – 640 с.

2. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: метод. рекомендации МР 2.3.1.2432-08. – М., 2008. – 39 с.

3. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: метод. рекомендации МР 2.3.1. 1915-04. – М., 2004. – 33 с.

STUDY OF BIOLOGICAL ACTIVE NUTRIENTS IN STUDENT'S DIET

Momiako Y.A, Zambrzhitsky O.N.
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

The actual diet of BSMU students on the content of inositol, orotic acid, lipoic acid, méthylemethioninesulfonium, coenzyme Q10, para-aminobenzoic acid, and compliance with these nutrients to physiological norms of daily intake has been studied. It has been found the orotic acid, lipoic acid, méthylemethioninesulfonium, coenzyme Q10, para-aminobenzoic acid is deficiently in the diet. The content of inositol is normal.

Keywords: actual diet, physiological norms, daily intake, inositol, coenzyme Q10, lipoic acid, méthylemethioninesulfonium, orotic acid, para-aminobenzoic acid.

Поступила 11.06.2013

ФОЛИЕВЫЙ СТАТУС ЖЕНЩИН И УРОВЕНЬ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ РАЗВИТИЯ В УКРАИНЕ

Москальчук Л.В.
Государственный научно-исследовательский центр по проблемам гигиены питания, Министерство здравоохранения Украины, Киев, Украина

Реферат. В работе представлены результаты определения содержания фолиевой кислоты в плазме крови беременных и небеременных женщин репродуктивного возраста с целью оценки обеспеченности их витамином. В результате проведенного исследования установлено, что у небеременных женщин средняя концентрация фолиевой кислоты в крови находилась на уровне умеренного дефицита. Анализ статистических показателей распространенности и заболеваемости врожденными пороками развития среди детского населения Украины свидетельствует об их росте. Обоснована целесообразность дополнительного приема фолиевой кислоты женщинами в преконцепционный период.

Ключевые слова: фолиевая кислота, плазма крови, репродуктивный возраст, беременность, врожденные пороки развития.

Введение. Роль фолатов в период беременности заключается в обеспечении деления клеток плода и снабжения его веществами, необходимыми для формирования тканей и органов. Фолацин активно расходуется на построение плаценты. В Украине все чаще возникает необходимость использования фолиевой кислоты в качестве поддержки нормальной репродуктивной функции женщины [1, 2].

Дефицит витамина в период беременности может привести к развитию анемии, токсикозов, невынашиванию беременности, выкидышу, мертворождению, формированию врожденных пороков развития (чаще всего дефектов нервной трубки), психической неполноценности ребенка [3]. Результаты проведенных экспериментов показали предотвращение не только пороков нервной системы (до 75%), но и снижение появления других врожденных пороков до 50% [4]. Недостаток фолиевой кислоты передается от матери к плоду вследствие его дефицита в пищевом рационе во время беременности. Поэтому сегодня в мире уделяется большое внимание использованию фолатов женщинами в период беременности.

Рекомендуемая норма потребления витамина вне беременности составляет 400 мкг/сутки. В период беременности потребность увеличивается до 800 мкг/сутки [5].

Цель работы — проанализировать содержание фолиевой кислоты в крови беременных и женщин репродуктивного возраста, распространенность врожденных пороков развития, выявленных в Украине за последнее пятилетие.

Материал и методы. Проведено обследование 30 женщин г. Киева в возрасте от 23 до 37 лет (средний возраст — 29,2±3,9 года). Среди обследованных 10 женщин были беременными (8–16 недель) и 20 — небеременными репродуктивного возраста. Содержание витамина определяли в плазме крови с помощью метода иммунохемилюминесценции.

Критериями отбора данной группы женщин были: физиологическое протекание беременности, отсутствие на момент исследования острых заболеваний. В исследование не включались лица, страдающие заболеваниями желудочно-кишечного тракта, анемиями, инфекционными заболеваниями, имеющие осложненный акушерский анамнез, ожирение, сахарный диабет, хронический алкоголизм, принимающие лекарственные средства — антагонисты фолатов. В группу женщин репродуктивного возраста вошли практически здоровые женщины, которые на момент исследования и за 3 недели до него не принимали фолиевую кислоту в синтетическом виде.

Определение фолиевой кислоты в сыворотке крови позволяет определить наиболее ранние, доклинические стадии недостаточной обеспеченности организма витамином B_9 и количественно оценить степень витаминной недостаточности, которая является наиболее надежным способом своевременного выявления лиц, относящихся к группе риска по фолатному дефициту [6].

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием методов медицинской статистики с помощью программы EXCEL. Данные представлены в виде M±m, где M — средняя величина показателя, который изучается, m — стандартное отклонение. Оценка достоверности разницы средних величин проведена с использованием критерия Стьюдента. Уровень значимости считали достоверным при $p<0,05$.

Показатели, полученные в Центре медицинской статистики Министерства здравоохранения Украины, использовали для анализа распространенности врожденных дефектов развития, деформаций и хромосомных нарушений и связанных с ними заболеваемости среди детей Украины на протяжении пятилетнего периода (2007–2011 гг.).

Результаты и их обсуждение. Исследование проводилось в зимне-весенний период года, в ходе которого было установлено, что у беременных женщин средний уровень витамина в крови находился в пределах нормы. Лица указанной группы находились на учете в женской консультации и на момент исследования принимали витаминные препараты с необходимым содержанием фолиевой кислоты (400 мкг в сутки и более).

Во второй группе обследованных (небеременные женщины репродуктивного возраста) средний показатель концентрации фолиевой кислоты в плазме крови находился на уровне умеренного дефицита. Было установлено, что у 45% лиц

данной группы отмечался нормальный показатель. В целом у небеременных женщин дефицит и умеренный дефицит наблюдался у 30% и 25% обследованных соответственно. У данной группы женщин дополнительного поступления к пищевому рациону синтетической формы фолатов не выявлено.

Результаты исследования по содержанию фолиевой кислоты в крови женщин представлены в таблице.

Таблица — Уровень фолиевой кислоты в плазме крови обследованных женщин

Группа женщин	Содержание фолиевой кислоты, нг/мл
Беременные (n=10)	12,1±6,5
Небеременные (n=20)	5,2±1,8

Таким образом, удовлетворить потребность беременной женщины в фолиевой кислоте в рекомендованном количестве за счет только пищевых продуктов не представляется возможным. Поскольку организм матери во время беременности является единственным источником фолатов для будущего ребенка, необходимым будет профилактический прием фолиевой кислоты за 1 месяц до момента зачатия и на протяжении I триместра беременности.

Анализ статистических данных свидетельствует, что среди детского населения Украины наблюдается рост распространенности врожденных аномалий, деформаций и хромосомных нарушений за 2007–2011 гг. Так, распространенность данной патологи выросла с 24,54 на 1000 детей в 2007 г. до 28,70 на 1000 детей в 2011 г., степень увеличения с 2007 по 2011 г. составила 1,16.

Наблюдается тенденция к увеличению заболеваемости данной патологией среди указанной категории лиц. В 2007 г. заболеваемость выросла с 5,33 на 1000 детей до 6,26 на 1000 детей в 2011 г., степень увеличения составила 1,17. Динамика заболеваемости и распространенности данной патологии (на 1000 детей) среди детей Украины на протяжении исследуемого периода представлена на рисунке.

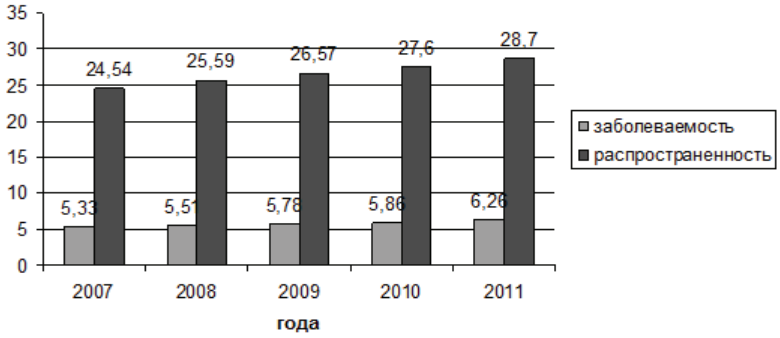


Рисунок — Динамика заболеваемости и распространенности врожденных пороков развития, деформаций и хромосомных нарушений среди детей Украины на протяжении 2007–2011 гг. (на 1000 детей)

Заключение. У небеременных женщин репродуктивного возраста обнаружен умеренный дефицит витамина в плазме крови, поэтому они могут входить в группу риска по возникновению акушерско-гинекологической патологии. В связи с тем, что с этических соображений исключение витаминных препаратов с фолиевой кислотой из рациона обследованных беременных женщин было неприемлемо, оценка обеспеченности данной группы была проведена с учетом дополнительного использования витамина. Исследуемый показатель находился в пределах нормативных значений.

Учитывая, что более половины беременностей в Украине являются незапланированными, женщинам репродуктивного возраста рекомендуется профилактический прием фолиевой кислоты.

В Украине на протяжении 2007–2011 гг. среди детского населения был обнаружен рост заболеваемости и распространенности врожденных пороков развития, деформаций и хромосомных нарушений и обусловленных ими заболеваний. Полученные результаты исследования свидетельствуют о негативной динамике указанной патологии в Украине, которая может быть следствием действия фактора риска, связанного с нездоровым рационом питания, в том числе недостаточным обеспечением населения фолатами. Учитывая вышеупомянутое, профилактика врожденной патологии является важной проблемой общественного здравоохранения.

Литература

1. Афанасьева, А.Л. Оценка эффективности применения фолиевой кислоты в период беременности / А.Л. Афанасьева // Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики: зб. наук. ст. – Запоріжжя, 2009. – Вип. XXII, т. 1. – С. 6–9.

2. Майоров, М.В. Фолиевая кислота: когда, зачем, сколько... / М.В. Майоров // Провизор. – 2007. – № 13–14. – С. 24–27.

3. Фолиевая кислота — жизненно важный витамин / И.Б. Ершова [и др.] // Новости медицины и фармации. – 2007. – № 12 (218). – С. 8–9.

4. Czeizel, A.E. Prevention of congenital abnormalities by periconceptional multivitamin supplementation / A.E. Czeizel // Br. Med. J. – 1993. – Vol. 306. – P. 1645–1648.

5. Профілактика виникнення тератогенних та ембріо- токсичних ефектів за допомогою застосування комбінованого препарату з фолієвою кислотою : метод. рекомендації / Л.А. Порохняк-Гановська [та ін.]. – К., 2001. – 23 с.

6. Спиричев, В.Б. Теоретические и практические аспекты современной витаминологии / В.Б. Спиричев // Укр. біохім. журн. – 2004. – Т. 76, № 4. – С. 32–52.

FOLIC STATUS IN WOMEN AND LEVEL OF CONGENITAL MALFORMATIONS IN UKRAINE

Moskalchuk L.V.

State Research Center of Food and Nutrition Hygiene, The Ministry of Health of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The results of folic acid determination in the blood plasma of pregnant and non-pregnant women of reproductive age in order to assess the provision of vitamin B_9 have been represented in this paper. The study found that in non-pregnant women the mean concentration of folic acid in the blood was at the level of moderate deficit. Analysis of statistics on the prevalence and insidence rate of birth defects among children in Ukraine show their growth. The additional intake of folic acid to women in the preconception period is justified.

Keywords: folic acid, blood plasma, reproductive age, pregnancy, birth defects.

Поступила 31.05.2013

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НОВОЙ РЕЦЕПТУРЫ ХЛЕБОБУЛОЧНОГО ИЗДЕЛИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ — ХЛЕБА ДИАБЕТИЧЕСКОГО «ВЕДА»

Стельмах В.А., Гутковская Д.О.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Проведены комплексные медико-биологические исследования хлеба диабетического «Веда», изготовленного с использованием новой добавки функционального назначения (на основе фруктово-овощного сырья с добавлением витаминов и минеральных веществ) и предназначенного для коррекции углеводного обмена. Результаты указанных исследований достаточно четко подтверждают наличие у хлеба диабетического «Веда» более выраженных по сравнению с хлебом простым пшеничным защитных (лечебно-профилактических) свойств в отношении инициированных аллоксаном изменений в углеводном обмене организма подопытных животных.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия функционального назначения, медико-биологические свойства, коррекция нарушений углеводного обмена.

Введение. Под термином «функциональное питание» подразумевается использование в рационе пищевых продуктов нового поколения, которые характеризуются заданными свойствами и предназначены оказывать мобилизующее влияние на резервы организма и собственные механизмы, регулирующие его жизнедеятельность, а также улучшать работу определенных систем и органов [1, 2]. В основе технологий функционального питания лежит изменение традиционных продуктов питания, обеспечивающее повышение содержания полезных ингредиентов до уровня, соотносимого с физиологическими нормами их потребления (от 10 до 50% суточной потребности).

Доля хлебобулочных изделий в рационе различных групп населения, например в России, достигает 40%, поэтому целесообразно максимально задействовать возможности этих продуктов с целью улучшения питания людей. Хлебобулочные изделия, имеющие важное значение в структуре питания населения, характеризуются низкой биологической и функциональной ценностью, высокой калорийностью. В процессе минимизации этих недостатков огромную роль играют разрабатываемые учеными и специалистами ГП «Белтехнохлеб» новые рецептуры хлебобулочных изделий функционального назначения, в состав которых входит нетрадиционное и растительное сырье, богатое биологически активными веществами.

В настоящей статье приведены результаты комплексных медико-биологических исследований новой рецептуры хлебобулочного изделия (хлеба диабетического «Веда»), изготовленного с использованием оригинальной добавки функционального назначения (на основе фруктово-овощного сырья с добавлением витаминов и минеральных веществ), способной к коррекции углеводного обмена.

Материал и методы. В задачи настоящих исследований входило: 1) изучить влияние хлеба диабетического «Веда» на некоторые показатели углеводного обмена и организма в целом при длительном его скармливании белым крысам, т.е. дать медико-биологическую оценку новой рецептуре хлебобулочного изделия в сравнении с традиционной рецептурой хлеба пшеничного; 2) выполнить комплекс медико-биологических исследований по изучению предполагаемой у хлеба диабетического «Веда» способности минимизировать нарушения углеводного обмена, вызванные у белых крыс интоксикацией аллоксана.

В таблице 1 представлена характеристика объекта исследования (пробные выпечки, проведенные специалистами ГП «Белтехнохлеб»).

Таблица 1 — Характеристика пищевой ценности хлебобулочных изделий функционального назначения (из расчета на 100 г продукта)

Испытуемое хлебобулочное изделие	Количество пищевых компонентов в изделиях					Энергетическая ценность, ккал/100 г
	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Витамины		
				B_1, мг	B_9, мкг	
Хлеб простой пшеничный	8,3	0,5	50,2	0,14	–	244,0
Хлеб диабетический «Веда»	12,2	1,5	42,2	0,38	40,3	235,0

Примечания:
1 — содержание пищевых волокон в хлебобулочных изделиях — 3,30 г/100 г.
2 — баланс белки/углеводы составляет 6,05 и 3,46 соответственно.

Для проведения медико-биологических исследований указанных хлебобулочных изделий, в том числе и при изучении их влияния на развитие и течение аллоксан-индуцированных изменений углеводного обмена у белых крыс, были разработаны специализированные диеты, сбалансированные по основным нутриентам и энергетической ценности. Указанные рационы питания выполнялись за счет замещения изучаемыми образцами хлебобулочных изделий углеводной составляющей «стандартного» рациона питания белых крыс. При этом каждое животное получало в сутки с кормом 60−80 кормовых единиц, 160−200 ккал, 8,0−11,0 г перевариваемого протеина. Созданные таким образом экспериментальные диеты в полной мере соответствуют национальным и международным требованиям по кормлению лабораторных животных [3].

В токсиколого-гигиенических экспериментах, проведенных на базе Республиканского научно-практического центра гигиены, использовали 122 белых крыс-самцов исходной массой 165−170 г. Для выполнения репрезентативных исследований (в рамках требований доказательной медицины) разработали программу (таблица 2) проведения медико-биологических исследований по изучению хлеба диабетического «Веда», а также его влияния на развитие и течение аллоксан-индуцированных изменений углеводного обмена у белых крыс.

Аллоксановую модель диабета создавали путем однократного внутрибрюшинного введения аллоксана моногидрата (производство фирмы «Aldrich», Великобритания) в дозе 75 мг/кг. Указанный методический прием моделирования традиционно применяется в исследованиях влияния разнообразных веществ на состояние углеводного обмена в организме экспериментальных животных [4].

Таким образом, проводилось исследование особенностей биологического действия новой рецептуры хлебобулочного изделия на фоне его длительного поступления до введения агента, индуцирующего нарушения в углеводном обмене (изучение профилактических аспектов медико-биологических свойств), и во время развития аллоксан-индуцированной патологии (изучение протекторных аспектов медико-биологических свойств).

Кормление крыс проводили в течение 60 суток, корм выдавали животным утром по массе на группу, включая субботу−воскресенье, остаток корма убирали и фиксировали его массу перед каждым кормлением. Выпечка продуктов для исследований проводилась 2 раза в неделю.

Взвешивание животных выполняли еженедельно, в течение всего эксперимента проводили изучение гематологических показателей, ряд исследований биохимического состава сыворотки крови, мочи и ферментативной активности в гемолизатах крови.

Основными «маркерными индикаторами» для данной серии экспериментов выбрали общий анализ крови, содержание в моче и крови глюкозы, белка и мочевины, а также активность ряда ферментов, характеризующих углеводный обмен и состояние перекисного окисления липидов.

Таблица 2 — Программа проведения медико-биологических исследований по изучению влияния хлеба диабетического «Веда» на развитие и течение аллоксан-индуцированных изменений углеводного обмена у белых крыс

Категория опыта	№ группы	Характеристика группы	Манипуляции с животными группы
Контроль	1-я	Стандартный рацион вивария	Животные содержатся на «стандартном» рационе вивария
	2-я	Стандартный рацион вивария + интоксикация аллоксана	Животные содержатся на «стандартном» рационе вивария. На 21 сутки опыта вводится внутрибрюшинно аллоксан в дозе 75 мг/кг
Хлеб пшеничный простой (ИХБ-1)	3-я	Хлеб пшеничный простой	Животные получают в сутки (из расчета на 1 голову): 25 г ИХБ-1 + 2,5 г творога + 8,0 г моркови
	4-я	Хлеб пшеничный простой + интоксикация аллоксана	Животные получают в сутки (из расчета на 1 голову): 25 г ИХБ-1 + 2,5 г творога + 8,0 г моркови. На 21 сутки опыта вводится внутрибрюшинно аллоксан в дозе 75 мг/кг
Хлеб диабетический «Веда» (ИХБ-2)	5-я	Хлеб диабетический «Веда»	Животные получают в сутки (из расчета на 1 голову): 25 г ИХБ-2 + 2,5 г творога + 8,0 г моркови
	6-я	Хлеб диабетический «Веда» + интоксикация аллоксана	Животные получают в сутки (из расчета на 1 голову): 25 г ИХБ-2 + 2,5 г творога + 8,0 г моркови. На 21 сутки опыта вводится внутрибрюшинно аллоксан в дозе 75 мг/кг

На 58 сутки (на 36 сутки после введения аллоксана) проводили забой животных с определением относительных коэффициентов массы ряда внутренних органов (печень, сердце, почки, надпочечники, селезенка и желудок). Выполняли общий анализ крови; в сыворотке — определяли содержание общего белка, липидов, глюкозы, мочевины, хлоридов, креатинина, также исследовали активность АЛТ и АСТ, ЩФ, СДГ, а в гемолизатах — активность гексокиназы, Г-6-ФДГ, супероксиддисмутазы, глутатионпероксидазы, в гомогенатах печени — активность сукцинатдегидрогеназы. При выборе конкретных методов медико-биологического исследования исходили из перечня необходимых методик, изложенных в используемых методических документах, а также имеющихся сведений об особенностях действия добавок на состояние углеводного обмена в организме теплокровных животных.

Полученные результаты исследований подвергали статистической обработке методами, широко используемыми в экспериментальной токсикологии.

Результаты и их обсуждение. В процессе 2-месячного кормления в составе рационов хлеба диабетического «Веда» и хлеба простого пшеничного подопытные животные активно без остатка потребляли корм. В последующем животные потребляли все без остатка количество корма, выделяемое на сутки.

В течение всего 60-суточного эксперимента у всех без исключения животных клинические симптомы возможной интоксикации не выявлены. Подопытные животные были подвижны, у них сохранялся нормальный уровень спонтанной двигательной активности. Белые крысы охотно потребляли корм и воду, у них не регистрировались изменения скорости и глубины

дыхания, а также цвета кожи и видимых слизистых оболочек. Также не наблюдались клинические проявления отравления со стороны желудочно-кишечного тракта (фекалии), диуреза, мышечного тонуса. У крыс с различными рационами кормления не зарегистрированы статистически значимые колебания динамики прироста массы.

В процессе эксперимента у крыс 3-й группы, в рационе кормления которых углеводная составляющая была заменена хлебом простым пшеничным, и у крыс 5-й группы, в рационе кормления которых углеводная составляющая была заменена эквивалентным по пищевой ценности количеством хлеба диабетического «Веда», статистически значимых изменений по содержанию эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов в крови по сравнению с животными, находящимися на стандартной диете вивария, не выявлено.

Следует отметить, что на 43 и 58 сутки опыта у крыс 3-й и 5-й групп статистически значимых различий в показателях функционального состояния почек не выявлено (таблица 3). Однако при анализе биохимических показателей сыворотки крови, отражающих функциональную активность выделительной системы почек (уровень мочевины), обращает на себя внимание увеличенная на 59 сутки опыта в 1,41 раза ($p<0,05$) концентрация мочевины в крови у животных, в рационе кормления которых углеводная составляющая была заменена хлебом диабетическим «Веда», по сравнению с крысами, в рационе кормления которых углеводная составляющая была заменена хлебом простым пшеничными, и статистически достоверно сниженный клиренс мочевины (0,46±0,08 мл/мин и 0,22±0,04 мл/мин соответственно, $p<0,05$).

Выявленные различия носят функциональный характер, их можно трактовать как проявление высокой биологической активности в отношении почек компонентов, входящих в рецептуру хлеба диабетического «Веда» (добавка функционального назначения «Веда-2», порошок топинамбура).

Для оценки медико-биологических свойств изучаемых композиций хлебобулочных изделий весьма показательны данные ряда показателей, отображающие состояние углеводного обмена в организме животных. В первую очередь, это показатели активности ряда ферментов, отражающих состояние углеводного обмена: активность глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы в гемолизатах крови, активность гексокиназы в гемолизатах крови (таблица 4), активность лактатдегидрогеназы в сыворотке крови и активность сукцинатдегидрогеназы в гомогенатах печени (таблица 5), а также уровень глюкозы в крови.

Таблица 3 — Показатели мочи у белых крыс, получавших с кормом хлеб диабетический «Веда» и хлеб пшеничный простой в течение 57 суток, на 21 и 36 сутки после внутрибрюшинного введения аллоксана в дозе 75 мг/кг (на 43 и 58 сутки опыта соответственно)

Группа животных и величина изучаемых показателей, M±m					
1-я (стандартный рацион вивария)	2-я (стандартный рацион вивария + интоксикация аллоксана)	3-я (хлеб пшеничный простой)	4-я (хлеб пшеничный простой + интоксикация аллоксана)	5-я (хлеб диабетический «Веда»)	6-я (хлеб диабетический «Веда» + нтоксикация аллоксана)
Диурез на 43 сутки эксперимента, мл/сутки					
9,53±0,82	9,55±1,66	7,63±1,95	8,57±1,24	6,47±0,86[2]	7,10±0,89
Диурез на 58 сутки эксперимента, мл/сутки					
8,32±1,36	4,70±1,47[1]	8,93±1,09	10,96±1,27[3]	6,02±0,94	4,88±1,01[5]
Содержание общего белка на 43 сутки эксперимента, г/л					
2,03±0,30	0,78±0,11[1]	1,85±0,45	1,62±0,21[3]	1,67±0,22[2]	3,05±0,49[2,5]
Содержание общего белка на 58 сутки эксперимента, г/л					
2,47±0,54	4,47±0,96[1]	1,32±0,17	1,75±0,14[2]	2,75±0,73	1,85±0,26[2]
Содержание мочевины на 43 сутки эксперимента, ммоль/л					
118,1±11,8	92,5±6,7	130,7±24,2	121, 2±18,1[2]	249,9±27,2[1]	231,9±10,7[2,4]
Содержание мочевины на 58 сутки эксперимента, ммоль/л					
500,9±265,5	199, 8±19,1	314,8±25,2	270,1±14,7[2]	318,0±20,57	295, 7±16,6[2]
pH на 58 сутки эксперимента, ед. pH					
6,92±0,15	7,25±0,42	7,42±0,27	7,67±0,25	6,42±0,24	7,08±0,37
Содержание хлоридов на 58 сутки эксперимента, ммоль/л					
100,1±6,7	168,8±7,0[1]	104,9±9,0	100,0±8,5[2]	82,1±10,3	106,9±14,6[2]
Содержание креатинина на 58 сутки эксперимента, ммоль/л					
4891±427,3	8291±978,0[1]	5350±462,2	4191±493,2[2]	8200±1034,7[1,2]	7391±845,4[4]
Содержание глюкозы на 58 сутки эксперимента, ммоль/л					
0,41±0,08	1,40±0,34[1]	0,22±0,05	0,25±0,08[2]	0,64±0,19	0,46±0,13[2]

Примечание (здесь и в последующих таблицах — статистически достоверное изменение показателя при $p\leq0,05$ по отношению к таковому у животных):

[1] — 1-й группы.
[2] — 2-й группы.
[3] — 3-й группы.
[4] — 4-й группы.
[5] — 5-й группы.
[6] — 6-й группы.

В процессе эксперимента у крыс 3-й группы, в рационе кормления которых углеводная составляющая была заменена хлебом простым пшеничным, и у крыс 5-й группы, в рационе кормления которых углеводная составляющая была

заменена эквивалентным по пищевой ценности количеством хлеба диабетического «Веда», на 43 сутки опыта статистически значимые изменения в содержании глюкозы в крови по сравнению с показателями животных 1-й группы не выявлены. Однако на 58 сутки эксперимента зафиксированы явления гипогликемии (1-я группа — 5,08±0,25 ммоль/л, 3-я группа — 3,28±0,49 ммоль/л, $p<0,05$, 5-я группа — 3,82±0,22 ммоль/л, $p<0,05$), что свидетельствует о более активном участии хлеба простого пшеничного и хлеба диабетического «Веда» в процессах обмена глюкозы в организме. В свою очередь, лактатдегидрогеназа в сыворотке демонстрирует снижение своей активности на 58 сутки опыта. Так, у крыс 3-й и 5-й групп ее активность составляла 87,7%, $p>0,05$ и 78,1%, $p<0,05$ соответственно уровня активности этого фермента у животных, находившихся на стандартной диете вивария. Данное обстоятельство также указывает на активное участие изученных рецептур хлебобулочных изделий в нормализации углеводного обмена у животных, особенно хлеба диабетического «Веда» (таблица 4). При этом уровень активности ключевых ферментов углеводного обмена глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы и гексокиназы в гемолизатах крови, а также активность сукцинатдегидрогеназы в гомогенатах печени на протяжении всего эксперимента у крыс 3-й группы не претерпевали статистически значимых изменений по сравнению с показателями активности данных ферментов у животных 1-й группы, находившихся на стандартной диете вивария (таблица 4).

В проведенных экспериментах на 43 сутки опыта в гемолизатах крови у животных 3-й и 5-й групп активность супероксиддисмутазы составляла 32,96±5,63 мкг/мл×мин, $p>0,05$ и 47,90±1,81 мкг/мл×мин, $p<0,05$ соответственно уровня активности этого фермента у животных, находившихся на стандартной диете вивария (34,72±2,60 мкг/мл×мин). На 58 сутки эксперимента уровень активности данного фермента в гемолизатах крови у животных всех тех подопытных групп был практически одинаков (таблица 5). На этом фоне наблюдается некоторое снижение активности глутатионпероксидазы в гемолизатах крови у крыс. Так, на 43 сутки эксперимента у животных 1-й группы ее активность составляла 216,1±8,53 мкмоль/г гемоглобина×мин, 3-й группы — 124,1±4,99 мкмоль/г гемоглобина×мин, $p<0,05$, и 5-й группы — 148,9±11,48 мкмоль/г гемоглобина×мин, $p<0,05$. На 58 сутки данный показатель составил 188,9±5,27 мкмоль/г гемоглобина×мин в 1-й группе, 196,8±13,3 мкмоль/г гемоглобина×мин, $p>0,05$ в 3-й группе и 157,6±11,3 мкмоль/г гемоглобина×мин, $p<0,05$ — в 5 группе (таблица 5).

Полученные результаты показывают, что у животных 3-й группы, в рационе кормления которых углеводная составляющая была заменена хлебом простым пшеничным, и у крыс 5-й группы, в рационе кормления которых углеводная составляющая была заменена эквивалентным по пищевой ценности количеством хлеба диабетического «Веда», происходит мобилизация антиоксидантного статуса организма, физиологическая сбалансированность активности атиоксидантных систем.

Сравнительный анализ результатов исследования у крыс, получивших аллоксановую нагрузку на фоне кормления стандартным рационом, и у крыс, которые получали аллоксан на фоне использования рациона кормления, углеводная составляющая которого заменена хлебом простым пшеничным, достаточно четко подтверждает наличие у хлеба простого пшеничного определенных протективных свойств в отношении индуцированных токсикантом нарушений углеводного обмена, но не дает оснований утверждать о наличии у хлеба простого пшеничного каких-либо защитных свойств в отношении липидного обмена организма (таблицы 3–5). Однократное внутрибрюшинное введение аллоксана белым крысам, в рационе кормления которых углеводная составляющая заменена хлебом диабетическим «Веда», в дозе 75 мг/кг приводит к формированию минимальных сдвигов в состоянии углеводного обмена в организме животных (таблицы 3−5).

Таблица 4 — Активность ряда ферментов сыворотки крови и активность сукцинатдегидрогеназы в гомогенатах печени у белых крыс, получавших с кормом хлеб диабетический «Веда» и хлеб пшеничный простой в течение 57 суток, на 21 и 36 сутки после внутрибрюшинного введения аллоксана в дозе 75 мг/кг (на 43 и 58 сутки опыта соответственно)

Группа животных и величина изучаемых показателей, M±m					
1-я (стандартный рацион вивария)	2-я (стандартный рацион вивария + интоксикация аллоксана)	3-я (хлеб пшеничный простой)	4-я (хлеб пшеничный простой + интоксикация аллоксана)	5-я (хлеб диабетический «Веда»)	6-я (хлеб диабетический «Веда» + интоксикация аллоксана)
Активность АЛТ на 43 сутки эксперимента, Е/л					
48,28±3,89	59,62±8,06	59,97±5,71	58,75±3,84	66,25±3,62[1]	45,97±4,56[5]
Группа животных и величина изучаемых показателей, M±m					
1-я (стандартный рацион вивария)	2-я (стандартный рацион вивария + интоксикация аллоксана)	3-я (хлеб пшеничный простой)	4-я (хлеб пшеничный простой + интоксикация аллоксана)	5-я (хлеб диабетический «Веда»)	6-я (хлеб диабетический «Веда» + интоксикация аллоксана)
Активность АЛТ на 58 сутки эксперимента, Е/л					
52,33±3,06	58,72±2,95	64,27±6,54	51,77±3,84	50,90±5,92	63,12±5,16
Активность АСТ на 43 сутки эксперимента, Е/л					
165,2±4,36	178,0±8,31	133,5±15,9	187,2±7,05[3]	173,3±4,73[3]	176,8±15,0
Активность АСТ на 58 сутки эксперимента, Е/л					
348,4±18,3	322,6±12,7	283,6±21,8[1]	294,5±23,3[6]	306,6±37,3	376,3±11,1[2]
Активность ЩФ на 58 сутки эксперимента, Е/л					
178,3±10,6	157,7±25,1	218,2±18,0	227,0±22,2	190,5±29,0	169,2±9,2[4]
Активность лактатдегидрогеназы на 58 сутки эксперимента, Е/л					
5423±383,3	5516±310,0	4756±3028	4360±361,6[2]	4233±346,2[1]	5234±232,3[4]
Активность сукцинатдегидрогеназы в гомогенатах печени на 58 сутки эксперимента, мкг формазана/г белка					
18,87±0,55	22,11±0,83[1]	19,19±0,65	22,24±1,05[3]	19,79±0,42	21,06±0,80

Содержание общих липидов в сыворотке крови на 43 сутки эксперимента у крыс 2-й и 4-й групп составляло 3,07±0,10 г/л и 3,43±0,23 г/л соответственно (увеличение на 11,7%, p>0,05), а 6-й группы — 3,23±0,23 г/л (увеличение только на 5,2%, p>0,05); на 58 сутки — 2,75±0,13 г/л и 4,20±0,24 г/л (p<0,01), 3,27±0,25 г/л (p>0,05) соответственно. Аналогичная тенденция прослеживается и в отношении содержания холестерина в крови на 58 сутки эксперимента, которое у крыс 2-й и 4-й групп составляло 1,38±0,06 ммоль/л и 2,05±0,08 ммоль/л (увеличение на 48,6%, p>0,01) соответственно, у животных 6-й группы — 1,50±0,09 ммоль/л (p>0,05).

Диета, содержащая хлеб диабетический «Веда», способствует нормализации активности АЛТ и АСТ в крови у крыс 6-й группы по сравнению с животными, получавшими в рационе кормления хлеб простой пшеничный (таблица 4). Так, активность АСТ в сыворотке крови у животных 2-й группы (аллоксановая интоксикация создана на фоне кормления стандартным рационом вивария) составила 322,6±12,7 Е/л, у крыс 4-й группы (аллоксановая интоксикация создана на фоне кормления рационом с использованием хлеба пшеничного) — 294,5±23,3 Е/л и в 6-й группе (аллоксановую интоксикацию моделировали на фоне использования в рационе кормления хлеба диабетического «Веда») — 376,3±11,1 Е/л, p<0,05 по сравнению с 2-й и 4-й группами.

На 58 сутки опыта у животных, аллоксановую интоксикацию у которых моделировали на фоне использования в рационе кормления хлеба простого пшеничного, была зафиксирована тенденция к повышению активности ЩФ в сыворотке крови (таблица 4), введение же в рацион кормления хлеба диабетического «Веда» нивелирует эти колебания (4-я группа — 227,0±22,2 Е/л и 6-я группа — 169,2±9,2 Е/л, p<0,05).

Аналогичная картина наблюдается в отношении активности ряда ключевых ферментов углеводного обмена, в том числе сукцинатдегидрогеназы, активность которой в гомогенатах печени на 58 сутки эксперимента составляла: 5-я группа — 19,79±0,42 мкг формазана/г белка и 6-я группа — 21,06±0,80 мкг формазана/г белка (статистически значимых различий нет), 4-я группа — 22,24±1,05 мкг формазана/г белка (p<0,05 по сравнению с 6-й группой). У крыс 4-й группы наблюдается снижение активности другого важного фермента углеводного обмена — лактатдегидрогеназы в сыворотке крови на 58 сутки эксперимента на 26,5% (p<0,05), в то же время у животных 6-й группы активность этого фермента находилась в пределах колебаний показателя животных группы контроля (таблица 4).

В процессе эксперимента не зафиксировано каких-либо статистически значимых различий в уровнях активности гексокиназы и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы в гемолизатах крови у животных, подвергнутых воздействию аллоксана и находящихся как на стандартной диете вивария, так и на модифицированных хлебом пшеничным и хлебом диабетическим «Веда» рационах кормления (таблица 5).

Таблица 5 — Показатели активности ряда ферментов, отражающих состояние углеводного обмена, у белых крыс, получавших с кормом хлеб диабетический «Веда» и хлеб пшеничный простой в течение 57 суток, на 21 и 36 сутки после внутрибрюшинного введения аллоксана в дозе 75 мг/кг (на 43 и 58 сутки опыта соответственно)

Группа животных и величина изучаемых показателей, M±±m					
1-я (стандартный рацион вивария)	2-я (стандартный рацион вивария + интоксикация аллоксана)	3-я (хлеб пшеничный простой)	4-я (хлеб пшеничный простой + интоксикация аллоксана)	5-я (хлеб диабетический «Веда»)	6-я (хлеб диабетический «Веда» + интоксикация аллоксана)
Активность супероксиддисмутазы в гемолизатах крови на 43 сутки, мкг/мл×мин					
34,72±2,60	35,09±7,80	32,96±5,63[5]	36,12±3,85[6]	47,90±1,81[1]	51,52±2,63[2]
Активность супероксиддисмутазы в гемолизатах крови на 58 сутки, мкг/мл×мин					
45,73±3,16	48,72±4,03	45,21±1,97	39,49±5,27	47,07±3,79	56,37±2,12[4]
Активность глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы в гемолизатах крови на 43 сутки, нмоль НАДФ-Н/г гемоглобина					
61,71±2,27	65,19±3,48	62,72±2,00	65,78±1,90	63,51±0,99	65,46±2,09
Активность глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы в гемолизатах крови на 58 сутки, нмоль НАДФ-Н/г гемоглобина					
68,82±2,36	67,11±3,36	64,99±3,22	72,20±2,40	67,94±3,35	68,09±2,42
Активность гексокиназы в гемолизатах крови на 43 сутки, нмоль НАДФ-Н/г гемоглобина					
40,04±1,14	42,11±1,67	39,29±0,84	41,29±1,13	40,89±1,45	43,15±1,48
Активность гексокиназы в гемолизатах крови на 58 сутки, нмоль НАДФ-Н/г гемоглобина					
37,20±1,11	38,76±0,53	37,35±0,46	39,25±1,24	38,48±0,43	38,96±0,95
Активность глутатионпероксидазы в гемолизатах крови на 43 сутки, мкмоль/г гемоглобина×мин					
216,1±8,53	229,2±6,25	124,1±4,99[1]	127,6±10,09[2]	148,9±11,48[1]	187,9±10,5[2,4,5]
Активность глутатионпероксидазы в гемолизатах крови на 58 сутки, мкмоль/г гемоглобина×мин					
188,9±5,27	181,2±11,67	196,8±13,3	166,9±8,5	157,6±11,3[1]	204,4±8,6[4,5]

Заключение. Полученные в 60-суточном эксперименте результаты исследований показывают, что введение в рацион кормления животных хлеба диабетического «Веда» и, в меньшей мере, хлеба простого пшеничного способствует улучшению состояния углеводного обмена в организме белых крыс. У животных, в рационе кормления которых углеводная составляющая была заменена хлебом простым пшеничным, и у белых крыс, в рационе кормления которых углеводная составляющая была заменена эквивалентным по пищевой ценности количеством хлеба диабетического «Веда», наблюдается мобилизация антиоксидантного статуса организма, физиологическая сбалансированность активности атиоксидантных систем.

Сравнительный анализ результатов исследования у крыс, получивших аллоксановую нагрузку на фоне кормления стандартным рационом вивария; у крыс, которые получали аллоксан на фоне использования рациона кормления, углеводная

составляющая которого заменена хлебом простым пшеничным; у крыс, аллоксановую интоксикацию которым моделировали на фоне использования в рационе кормления хлеба диабетического «Веда», свидетельствует о достаточно четком подтверждении наличия у хлеба диабетического «Веда» более выраженных по сравнению с хлебом простым пшеничным защитных (лечебно-профилактических) свойств в отношении инициированных диабетоиндуцирующим токсикантом нарушений (изменений) в углеводном обмене организма подопытных животных.

Вышеуказанное, наряду с выявленными у хлеба диабетического «Веда» нормализующими углеводный обмен организма свойствами, делает перспективным использование данного хлеба в качестве компонента лечебно-профилактического питания.

Литература

1. Спейс, Г. Верхние безопасные уровни потребления микронутриентов : узкие пределы безопасности / Г. Спейс // Вопр. питания. – 2002. – Т. 1, № 1. – С. 28–35.

2. Спиричев, В.В. Научные принципы обогащения пищевых продуктов микронутриентами / В.В. Спиричев // Ваше питание. – 2000. – № 4. – С. 13–19.

3. Технический кодекс установившейся практики ТКП 125-2008(02040). Надлежащая лабораторная практика. – Минск: МЗ РБ, 2008. – 35 с.

4. Действие сахаросодержащего препарата на некоторые стороны углеводного обмена при аллоксановом диабете / А.А. Ушков [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. Л.В. Половинкин. – Минск, 2011. – Вып. 19. – С. 153–156.

MEDICAL AND BIOLOGICAL EVALUATION OF A NEW RECIPE OF DIABETIC BREAD «VEDA»

Stelmakh V.A., Gutkovskaya D.O.

Republican Scientific and Practical Center of Hygiene, Minsk, Belarus

The results of complex biomedical research of diabetic bread «Veda» using a new additive (based on fruit and vegetable raw materials with the addition of vitamins and the mineral substances) and for correcting carbohydrate metabolism have been presented in the paper.

Keywords: bakery products of functional purpose, biomedical properties, correction of disorders of carbohydrate metabolism.

Поступила 27.05.2013

КОМПЛЕКСНАЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОБАВОК ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ К ХЛЕБОБУЛОЧНЫМ ИЗДЕЛИЯМ

Стельмах В.А., Гутковская Д.О., Гомолко Т.Н., Ушков А.А.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. Комплексная медико-биологическая оценка 4 рецептур добавок функционального назначения выполнена путем проведения острых и длительных экспериментов на теплокровных животных (крысы, мыши) и на одноклеточной тест-системе *Tetrahymena pyriformis*, а также на крысах с аллоксан-индуцированными нарушениями в углеводном обмене организма. Полученные результаты позволяют рекомендовать рецептуры № 1 и № 2 (но не рецептуры № 3 и № 4) для дальнейшего изучения их свойств в составе хлебобулочных изделий функционального назначения.

Ключевые слова: добавки функционального назначения к пище, токсичность, кумулятивные свойства, нарушения углеводного обмена.

Введение. В последнее время обогащение пищевых продуктов различными эссенциальными нутриентами получает все более широкое распространение в Республике Беларусь. При этом делаются попытки модифицировать все, в том числе и пищевые продукты, которые по своим характеристикам, составу, способу приготовления не соответствуют так называемой здоровой пище [1]. В этом плане создание и активное использование в хлебопекарной промышленности добавок функционального назначения (ДФН) для изготовления диетических и профилактических продуктов выгодно отличается своей эффективностью. В различных регионах страны предприятия хлебопродуктов вырабатывают диетические изделия в пределах 8–10% от общего объема производства, при этом в каждой области нашего государства для населения, страдающего сахарным диабетом, и для профилактических целей выпускается в год около 800–1000 тонн хлебобулочных изделий специального назначения, которые пользуются стабильным спросом у населения [2].

В соответствии с принципами доказательной медицины безопасность и эффективность функциональных продуктов и биологически активных добавок должны быть научно аргументированы. Внедрению в практику этих продуктов должны предшествовать экспериментальные исследования токсикологических, физиологических, протекторных и иных эффектов для подтверждения их безопасности и эффективности [3].

В настоящей статье приведены результаты комплексных медико-биологических исследований 4 добавок функционального назначения (на основе фруктово-овощного сырья с добавлением витаминов и минеральных веществ), корректирующих углеводный обмен, в объеме, необходимом для принятия решения об организации производства новых видов диетических и профилактических продуктов.

Материал и методы. В качестве объектов исследования служили 4 образца (рецептуры) ДФН к хлебобулочным изделиям, изготовленные и представленные на исследования ГП «Белтехнохлеб».

В состав испытанных 4 рецептур ДФН (ДФН-1, ДФН-2, ДФН-3 и ДФН-4) в различном качественном и количественном соотношениях входят: овсяные отруби, инсулиносодержащий препарат, цикорий, корень солодки, имбирь, яблочный порошок из выжимок или цельного яблока, фасоль, свекла, лавровый лист, янтарная кислота, морковь, топи-

намбур, таурин, β-глюкан и витамины B_1 и B_9. Пищевая ценность указанных добавок представлена в таблице 1. По внешнему виду добавки представляют собой мелкодисперсный порошок, нерастворимый в воде и способный образовывать в концентрациях до 30–40% в 2% крахмальном клейстере устойчивую взвесь гелеобразной консистенции.

Таблица 1 — Ориентировочный расчет пищевой ценности добавок функционального назначения (из расчета на 100 г продукта)

Испытуемая добавка	Количество пищевых компонентов в добавках, г			
	Белки	Жиры	Углеводы	
			Всего	Моно- и дисахариды
ДФН-1	12,4	5,1	39,6	6,1
ДФН-2	12,5	4,7	46,3	16,4
ДФН-3	14,2	9,9	47,4	15,4
ДФН-4	13,3	4,2	50,4	23,4
Примечания: 1 — содержание пищевых волокон (г/100 г): добавка № 1 — 11,4; добавка № 2 — 14,2; добавка № 3 — 15,9 и добавка № 4 — 17,1. 2 — баланс — белки/углеводы находится в пределах 3,3–3,8.				

В процессе исследований определены параметры острой токсичности 4 рецептур ДФН в опытах на белых крысах и белых мышах при однократном внутрижелудочном введении; изучены кумулятивные свойства добавок и их влияние на некоторые показатели углеводного обмена при длительном внутрижелудочном введении белым крысам; выполнены исследования по изучению предполагаемых у ДФН свойств, способных минимизировать нарушения углеводного обмена при моделировании аллоксан-индуцированных изменений в организме белых крыс; определены санитарно-химические и микробиологические показатели безопасности 4 добавок, а также проведена токсикологическая оценка на *Tetrahymena pyriformis* 4 образцов ДФН к хлебобулочным изделиям.

В токсиколого-гигиенических экспериментах, проведенных на базе Республиканского научно-практического центра гигиены, использовали 132 белых крыс-самцов, исходной массой 160–170 г, а также 24 белых беспородных мышей обоего пола, исходной массой 18–20 г. Исследования на лабораторных животных выполняли в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами и методическими руководствами, с учетом требований, предъявляемых «Правилами лабораторной практики» к подобного рода исследованиям. Токсикологическую оценку на *Tetrahymena pyriformis* выполняли в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами

В ходе экспериментов при изучении подострой токсичности (кумулятивных свойств) добавок на белых крысах (интрагастральное введение добавок в дозе 400 мг/кг) определяли ряд специфических и интегральных показателей. По окончании дозомонотонного 30-дневного введения добавок у опытных и контрольных животных регистрировали массу тела, изучали общий и биохимический анализы мочи (суточный диурез, содержание глюкозы, мочевины и белка), а также гематологические показатели периферической крови (общий анализ крови с эритроцитарными, лейкоцитарными и тромбоцитарными индексами). Животных забивали мгновенной декапитацией, определяли относительные коэффициенты массы ряда органов (печень, почки, селезенка, сердце и надпочечники), выполняли биохимический анализ сыворотки крови (содержание глюкозы, общих липидов и белка), в гемолизатах крови определяли активность супероксиддисмутазы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы и гексокиназы, а также активность сукцинатдегидрогеназы в гомогенатах печени опытных и контрольных крыс. При выборе конкретных методов токсикологического исследования исходили из перечня необходимых методик, изложенных в используемых методических документах, а также имеющихся сведений об особенностях действия добавок на состояние углеводного обмена в организме теплокровных животных.

В качестве метода изучения влияния добавок функционального назначения на развитие и течение патологических сдвигов в углеводном обмене в организме белых крыс использовали аллоксановую модель диабета, создаваемую путем однократного внутрибрюшинного введения аллоксана моногидрата (производство фирмы «FlukaChemiaAG», Швейцария) в дозе 50 мг/кг [4]. Указанный методический прием моделирования недостаточности инсулина в организме животных традиционно применяется в исследованиях влияния различных веществ на различные стороны инсулинозависимого углеводного обмена в организме экспериментальных животных.

В экспериментах использовали половозрелые крысы-самцы исходной массой 160–170 г, которых разделили на 6 групп по 8–9 животных в каждой.

Первую группу (интактный контроль) составили животные, которые в течение 30 суток получали внутрижелудочно 2% раствор крахмального клейстера в дозе 1,0 мл/кг. После 20 введений крысам внутрибрюшинно вводили 0,85% раствор NaCl в количестве 0,5 мл/кг, после чего на протяжении 20 суток им вводили внутрижелудочно 2% раствор крахмального клейстера в дозе 1,0 мл/кг.

Вторая группа (позитивный контроль, модель аллоксан-индуцированных изменений углеводного обмена) — животные, которые в течение 30 суток получали внутрижелудочно 2% раствор крахмального клейстера в дозе 1,0 мл/кг. После 20 введений крысам внутрибрюшинно вводили аллоксан на 0,85% растворе NaCl в количестве 0,5 мл/кг, после чего на протяжении 20 суток им вводили внутрижелудочно 2% раствор крахмального клейстера в дозе 1,0 мл/кг.

Животные 3–6-й групп (крысы с аллоксан-индуцированной патологией) в течение 30 суток получали внутрижелудочно ДФН-1, ДФН-2, ДФН-3 и ДФН-4 соответственно в дозе 400 мг/кг на 2% растворе крахмального клейстера. После 20 введений крысам внутрибрюшинно вводили аллоксан на 0,85% растворе NaCl в количестве 0,5 мл/кг, после чего на протяжении 20 суток им вводили внутрижелудочно ДФН-1, ДФН-2, ДФН-3 или ДФН-4 в дозе 400 мг/кг на 2% растворе крахмального клейстера.

Таким образом, в данной серии экспериментов проводили исследование особенностей биологического действия ДФН на фоне их длительного поступления до введения аллоксана (изучение профилактических аспектов медико-биологических свойств ДФН) и во время развития аллоксан-индуцированной патологии (изучение протекторных аспектов медико-биологических свойств ДФН).

Аллоксан-индуцированный патологический процесс, помимо выраженных изменений в состоянии углеводного обмена, сопровождается проявлением ряда синдромов, для которых характерно нарушение метаболизма липидов, углеводов и белков, а также высокий риск нейроваскулярных и сосудистых осложнений. Наблюдается также ослабление системы антиоксидантной защиты организма, что приводит к активации перекисных механизмов. Указанное, наряду с гипергликемией и дислипидемией, способствует нарушению проницаемости фосфолипидной мембраны клеток периферических тканей, толерантности к инсулину, повреждению β-клеток островков Лангерганса с развитием ангиопатий.

Исходя из этого, основными «маркерными индикаторами» для данной серии экспериментов выбрали общий анализ крови с эритроцитарными, лейкоцитарными и тромбоцитарными индексами, содержание глюкозы, белка и мочевины в моче и крови, а также активность ряда ферментов, характеризующих углеводный обмен и состояние перекисного окисления липидов.

Результаты и их обсуждение. Согласно результатам испытаний микробиологических и санитарно-химических показателей безопасности, все 4 изученные рецептуры функциональных добавок к хлебобулочным изделиям соответствуют нормативным требованиям и могут быть использованы по прямому назначению.

Проведенные токсиколого-гигиенические исследования по оценке токсичности образцов ДФН 1–4 на тест-объекте Tetrahymena pyriformis по совокупности полученных параметров токсикометрии и биологического действия (интегральная оценка приведена в таблице 2) позволяют констатировать, что образцы ДФН-1 ($ЛД_{50}$=34,3±0,05 мг/мл), ДФН-2 ($ЛД_{50}$=51,8±0,03 мг/мл) и ДФН-4 ($ЛД_{50}$=58,2±0,05 мг/мл) относятся к IV классу токсичности — малотоксичным продуктам. Образец ДФН-3 ($ЛД_{50}$=19,7±0,02 мг/мл) относится к III классу токсичности — умеренно токсичным продуктам.

Таблица 2 — Интегральная оценка параметров токсикометрии и биологического действия ДФН, полученных на тест-объекте *Tetrahymena pyriformis*

Показатель токсикометрии и биологического действия	Значения показателей токсикометрии и биологического действия для изучаемых добавок			
	ДФН-1	ДФН-2	ДФН-3	ДФН-4
Острая токсичность				
$ЛД_{50}$, мг/л	34,3±0,05	51,8±0,03	19,7±0,02	58,2±0,05
Класс токсичности	IV	IV	III	IV
Хроническая токсичность				
Мутагенность	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Мембранотропность	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
МНД, мг/л и класс токсичности	10^{-2}; III	10^{-2}; III	10^{-2}; III	10^{-2}; III
Ккум cronica и класс токсичности	0,78; IV	0,61; IV	0,31; III	0,74; IV

В результате изучения образцов в хроническом эксперименте установлено, что исследованные ДФН не обладают мутагенной активностью, в малых концентрациях не влияют на устойчивость клеточных мембран тест-объекта Tetrahymena pyriformis, а максимальная недействующая доза для тест-объекта *Tetrahymena pyriformis* всех ДФН составила 10^{-2} мг/мл. Оценка кумулятивного действия образцов в хроническом эксперименте показывает, что ДФН-1 (Ккум cronica=0,78), ДФН-2 (Ккум cronica=0,61) и ДФН-4 (Ккум cronica=0,74) обладают слабо выраженными кумулятивными свойствами; ДФН-3 (Ккум cronica=0,31) демонстрирует умеренно выраженные кумулятивные свойства.

Кроме этого, результаты изучения биологического действия ДФН в хроническом эксперименте свидетельствуют, что в малых концентрациях исследуемые рецептуры функциональных добавок к хлебобулочным изделиям являются хорошим стимулятором роста и развития клеточной популяции тест-объекта Tetrahymena pyriformis.

Результаты изучения острой внутрижелудочной токсичности добавок в экспериментах на теплокровных животных (применяли 35–40% взвеси продуктов на 2% крахмальном клейстере) свидетельствуют, что исследуемые рецептуры ДФН классифицируются как малоопасные химические соединения (таблица 3).

Таблица 3 — Параметры острой внутрижелудочной токсичности и класс опасности ДФН

Добавка	Вид экспериментальных животных	Параметры токсичности (экспериментальные данные)	
		DL_{50}, мг/кг	Класс опасности
ДФН-1	Белые мыши	≤5000	IV
	Белые крысы	≤6000	IV
ДФН-2	Белые мыши	≤5000	IV
	Белые крысы	≤6000	IV
ДФН-3	Белые мыши	≤5000	IV
	Белые крысы	≤6000	IV
ДФН-4	Белые мыши	≤5000	IV
	Белые крысы	≤5100	IV
Примечание — Оценка дана по ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.			

Совокупность полученных результатов исследования и интегральная оценка изменений морфофункциональных показателей организма белых крыс (таблица 4) позволяют считать, что ДФН-1 является продуктом, обладающим слабой кумулятивной активностью (Ккум>5,1; IV группа кумулятивности) по степени выраженности кумулятивного эффекта на смертельном уровне. В условиях длительного внутрижелудочного введения белым крысам ДФН-1 демонстрирует нефротропный компонент

биологического действия, проявляющийся в признаках олигурии, протеинурии, повышенного содержания мочевины в крови и глюкозы в моче, а также в увеличении относительных коэффициентов массы почек.

По степени выраженности кумулятивного эффекта на смертельном уровне, ДФН-2 является продуктом, обладающим слабой кумулятивной активностью (Ккум>5,1; IV группа кумулятивности). В условиях длительного внутрижелудочного введения белым крысам ДФН-2 демонстрирует выраженные признаки нефротропного компонента биологического действия, проявляющиеся в эффектах протеинурии, повышенного содержания мочевины в крови. В крови подопытных животных регистрируются признаки увеличения количества эритроцитов, гемоглобина и гематокрита.

ДФН-3 по степени выраженности кумулятивного эффекта на смертельном уровне является продуктом, обладающим слабой кумулятивной активностью (Ккум>5,1; IV группа кумулятивности). В условиях длительного внутрижелудочного введения белым крысам ДФН-3 в организме подопытных животных регистрируются умеренно выраженные признаки нефротропного компонента биологического действия продукта, проявляющиеся в ряде разнонаправленных эффектов: протеинурии, гипоглюкозоурии, повышенного содержания мочевины в крови и снижении клиренса очищения крови от мочевины. В крови подопытных животных регистрируется снижение гетерогенности объема эритроцитов.

ДФН-4 по степени выраженности кумулятивного эффекта на смертельном уровне является продуктом, обладающим слабой кумулятивной активностью (Ккум>5,1; IV группа кумулятивности). В условиях длительного внутрижелудочного введения белым крысам ДФН-4 в организме подопытных животных регистрируются весьма слабые проявления нефротропности (незначительная протеинурия и снижение клиренса мочевины). Гематотропные эффекты не выявлены. В клетках печени животных обнаружены признаки усиления энергетического обмена на митохондриальном уровне.

Согласно утверждениям доказательной медицины, одна из задач настоящей работы заключалась в выполнении исследований по изучению предполагаемых у ДФН свойств, способных минимизировать нарушения углеводного обмена при моделировании аллоксан-индуцированных изменений в организме белых крыс. Установлено, что однократное введение аллоксана в брюшную полость белых крыс в дозе 50 мг/кг в течение 10–20 суток вызывает в организме данных животных достаточно выраженные сдвиги в состоянии углеводного обмена, которые трактуются как проявления «скрытого» диабета.

Таблица 4 — Интегральная оценка изменений морфофункциональных показателей организма белых крыс после 20-кратного (в течение месяца) внутрижелудочного введения ДФН в дозе 400 мг/кг (тест изучения подострой токсичности)

Изучаемый показатель	ДФН-1	ДФН-2	ДФН-3	ДФН-4
Масса тела	0	0	0	0
Относительные коэффициенты массы органов				
Печень	0	0	0	0
Почки	↑	0	0	0
Сердце	0	0	0	0
Селезенка	0	0	0	0
Надпочечники	0	0	0	0
Гематологические показатели				
Лейкоциты	0	0	0	0
Базофилы, % и 10^9/л	0	0	0	0
Эозинофилы, % и 10^9/л	0	0	0	0
Моноциты, % и 10^9/л	0	0	0	0
Лимфоциты, % и 10^9/л	0	0	0	0
Нейтрофилы, % и 10^9/л	0	0	0	0
Эритроциты	0	↑	0	0
Содержание гемоглобина	0	↑	0	0
Гематокрит	0	↑	0	0
Объем эритроцита	0	0	0	0
Концентрация гемоглобина в эритроците	0	0	0	0
Гетерогенность объема эритроцитов, коэффициент вариации и стандартное отклонение	0	0	↓	0
Тромбоциты	0	0	0	0
Средний объем тромбоцитов	0	0	0	0
Гетерогенность объема тромбоцитов	0	0	0	0
Изучаемый показатель	ДФН-1	ДФН-2	ДФН-3	ДФН-4
Масса тела	0	0	0	0
Тромбокрит	0	0	0	0
Содержание веществ в моче				
Диурез	↓	0	0	0
Общий белок	↑	↑	↑	↑
Мочевина	↑	↑	0	0
Глюкоза	↑	0	↓	0
Содержание веществ в сыворотке крови				
Общий белок	0	0	0	0

Окончание таблицы 4

Глюкоза	0	0	0	0
Общие липиды	0	0	0	0
Мочевина	↑	↑	↑	0
Клиренс мочевины	0	0	↓	↓
Активность ферментов в гемолизатах крови				
Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа	0	0	0	0
Гексокиназа	0	0	0	0
Супероксиддисмутаза	0	0	0	0
Активность сукцинатдегидрогеназы в гомогенатах печени				
	0	0	0	↑

Примечания:

0 — отсутствие статистически значимых изменений показателя по сравнению с таковым у контроля.

↑ — статистически достоверное при $p<0,05–0,001$ увеличение значения показателя по отношению с таковым у животных параллельного контроля.

— статистически достоверное при $p<0,05–0,001$ снижение значения показателя по отношению с таковым параллельного контроля.

Длительное (60-суточное) внутрижелудочное введение ДФН-1 белым крысам не приводит к развитию в организме животных стойких патологических изменений. Выявленные в процессе эксперимента изменения в статусе различных систем организма носят адаптационно-приспособительный характер, связанный с высокими биологическими свойствами входящих в ее состав ингредиентов. ДФН-1 демонстрирует протективные свойства в отношении вызванных введением аллоксана нарушений углеводного обмена в организме экспериментальных животных. ДФН-2 содержит в своем составе ряд биологически активных продуктов, которые достаточно активно способствуют минимизации вызванных аллоксаном изменений в организме подопытных животных. Следует также отметить, что в отличие от животных с аллоксан-индуцированными изменениями в организме и получавших ДФН-1, у белых крыс, получавших на фоне аллоксановой интоксикации ДФН-2, активность глутатионпероксидазы в гемолизатах крови статистически достоверно отличалась от контрольных животных (таблица 5).

Таблица 5 — Показатели активности ряда ферментов в гемолизатах крови белых крыс при моделировании у них аллоксан-индуцированных нарушений углеводного обмена на фоне длительного внутрижелудочного введения ДФН в дозе 400 мг/кг, M±m

Группа животных, сроки изучения и исследуемые продукты					
Контроль	Аллоксан-индуцированные изменения	ДФН-1	ДФН-2	ДФН-3	ДФН-4
Активность супероксиддисмутазы на 50 сутки, мкг/мл х мин					
29,92±2,14	36,52±4,43	30,35±2,56	30,31±2,56	32,91±3,14	24,31±2,19[1]
Активность супероксиддисмутазы на 60 сутки, мкг/мл х мин					
38,23±5,24	34,92±4,55	31,90±2,89	38,67±2,59	34,55±2,76	34,45±2,58
Активность глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы на 50 сутки, нмоль НАДФ-Н/г гемоглобина					
45,85±1,96	56,60±3,50[1]	48,04±2,13	50,50±1,74	49,50±3,87	46,90±1,53
Активность глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы на 60 сутки, нмоль НАДФ-Н/г гемоглобина					
43,11±1,51	51,14±0,90[1]	45,89±1,62[2]	43,42±2,24[2]	46,61±2,65	45,18±1,85[2]
Группа животных, сроки изучения и исследуемые продукты					
Контроль	Аллоксан-индуцированные изменения	ДФН-1	ДФН-2	ДФН-3	ДФН-4
Активность гексокиназы на 50 сутки, нмоль НАДФ-Н/г гемоглобина					
9,12±0,36	10,69±0,17[1]	9,58±0,38	9,80±0,49	8,84±0,33	8,97±0,56
Активность гексокиназы на 60 сутки, нмоль НАДФ-Н/г гемоглобина					
10,22±0,20	11,840,40[1]	10,04±0,32[2]	11,40±0,57	11,20±0,23	10,85±0,49
Активность глутатионпероксидазы на 50 сутки, мкмоль/г гемоглобина х мин					
254,5±11,34	213,1±1,42[1]	287,2±11,93	200,8±12,29[1]	195,9±7,96[1]	207,4±12,86[1]
Активность глутатионпероксидазы на 60 сутки, мкмоль/г гемоглобина х мин					
229,1±9,59	234,5±15,77	240,1±13,32	213,4±14,68	232,9±12,34	230,7±3,45

Примечания:

1 — статистически достоверное при $p<0,05$ различие показателя по отношению с таковым контроля.

2 — статистически достоверное при $p<0,05$ различие показателя по отношению с таковым у животных с аллоксан-индуцированными изменениями.

В свою очередь, ДФН-3 не способствует минимизации вызванных аллоксаном у белых крыс изменений в углеводном обмене. Так, в течение всего эксперимента защитные свойства добавки в отношении активности одних из ключевых ферментов углеводного обмена — глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы и гексокиназы — не зафиксированы (таблица 5). Кроме того, на 40 сутки эксперимента отмечено статистически достоверное снижение активности одного из показателей состоя-

ния перекисного окисления липидов — глутатионпероксидазы — до уровня 195,9±7,96 мкмоль/г гемоглобина х мин (контроль —254,5±11,34 мкмоль/г гемоглобина х мин), что сравнимо с уровнем активности данного фермента в гемолизатах крови крыс, затравленных аллоксаном (213,1±1,42 мкмоль/г гемоглобина х мин). 60-суточное воздействие ДФН-4 приводит к формированию в организме белых крыс признаков выраженного предпатологического состояния, затрагивающего функции почек, морфологический состав крови, активность ряда ферментов углеводного обмена и процессов перекисного окисления липидов.

Заключение. Комплексные медико-биологические исследования 4 ДФН (на основе фруктово-овощного сырья с добавлением витаминов и минеральных веществ) показали, что данные добавки являются малоопасными химическими веществами, а в условиях длительного внутрижелудочного введения белым крысам — продуктами, обладающими слабой кумулятивной активностью.

Длительное (60-суточное) внутрижелудочное введение ДФН-1 и ДФН-2 белым крысам не приводит к развитию в организме животных стойких патологических изменений. Выявленные в процессе эксперимента изменения в статусе различных систем организма носят адаптационно-приспособительный характер, связанный с высокими биологическими свойствами входящих в ее состав ингредиентов. ДФН-1 и ДФН-2 демонстрируют корригирующие свойства в отношении вызванных введением аллоксана нарушений углеводного обмена в организме экспериментальных животных. Указанное позволяет рекомендовать ДФН-1 и ДФН-2 для дальнейшего изучения их свойств в составе хлебобулочных изделий функционального назначения. 60-суточное воздействие ДФН-4 и ДФН-3 приводит к формированию в организме белых крыс признаков выраженного предпатологического состояния, затрагивающего функции почек, морфологический состав крови, активность ряда ферментов углеводного обмена и процессов перекисного окисления липидов. Выявленные в процессе длительного внутрижелудочного воздействия ДФН-3 и ДФН-4 изменения в организме интактных животных и крыс, подвергнутых воздействию аллоксана, не позволяют рекомендовать эти рецептуры для применения в составе хлебобулочных изделий функционального назначения.

Следует также отметить высокий уровень сопоставимости результатов токсиколого-гигиенического изучения добавок в острых и длительных экспериментах на теплокровных животных (крысы, мыши) и на одноклеточной тест-системе *Tetrahymena pyriformis*.

Литература

1. Цыганков, В.Г. Обогащение пищевых продуктов эссенциальными нутриентами : основные принципы / В.Г. Цыганков // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.М. Соколов. – Минск, 2005. – Вып. 6. – С. 710–715.

2. Шатнюк, Л.Н. Обогащение хлебобулочных изделий микронутриентами : медико-гигиенические аспекты / Л.Н. Шатанюк // Хлебопродукты. – 2005. – № 3. – С. 40–42.

3. Тутельян, В.А. Биологически активные добавки к пище : современные подходы к обеспечению качества и безопасности / В.А. Тутельян, Б.П. Суханов // Вопр. питания. – 2008. – № 4. – С. 4–15.

4. Действие сахаросодержащего препарата на некоторые стороны углеводного обмена при аллоксановом диабете / А.А. Ушков [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. Л.В. Половинкин. – Минск, 2011. – Вып. 19. – С. 153–156.

INTEGRATED MEDICAL AND BIOLOGICAL EVALUATION OF FUNCTIONAL PURPOSE ADDITIVES TO BAKERY PRODUCTS

Stelmakh V.A., Gutkovskaya D.O., Gomolko T.N., Ushkov A.A.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The results of integrated medical and biological evaluation of four formulations of the functional purpose additives to bakery products have been given in this article. This assessment is made by means of acute and long-term experiments in warm-blooded animals (rats, mice) and unicellular Tetrahymena pyriformis test system, as well as in rats with alloxan-induced abnormalities in carbohydrate metabolism of the body. The formulations of functional purpose additives number 1 and number 2 (but not the formulations of functional purpose additives number 3 and number 4) may be recommended for further study of their properties in the bakery.

Keywords: functional purpose additives, toxicity, cumulative properties, carbohydrate metabolism.

Поступила 27.05.2013

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ ИЗБЫТОЧНОЙ МАССЫ ТЕЛА У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГОВОЗРАСТА

Цемборевич Н.В., Сычик С.И., Цыганков В.Г.
Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В статье представлены результаты исследования приоритетных детерминант формирования избыточной массы тела у детей школьного возраста и обоснован комплекс мер по их минимизации, который включает устранение энергетического дисбаланса организма путем коррекции рациона питания и увеличения физической активности за счет физических нагрузок средней интенсивности.

Ключевые слова: избыточная масса тела, рацион питания, статус питания, физическая активность.

Введение. В Европейском регионе ВОЗ за последние 20 лет распространенность ожирения увеличилась в 3 раза и достигла масштабов эпидемии. Негативной является также динамика распространенности избыточной массы тела и ожирения — ежегодное увеличение частоты указанных состояний составляет от 0,6 до 1,2%.

Ряд исследователей показали, что наиболее эффективным способом профилактики формирования избыточной массы тела и ожирения среди взрослых являются меры, принятые в детском возрасте. 50% детей, имевших избыточный вес в 6 лет, став взрослыми, страдают ожирением [1]. Для подростков, имеющих лишний вес, вероятность развития ожирения возрастает до 80%. Высокий индекс массы тела в подростковом возрасте является прогностическим параметром повышения у взрослых смертности и сердечно-сосудистых болезней даже при последующей потере избыточной массы тела. Детское ожирение ассоциируется также с повышенным артериальным давлением, ранними признаками атеросклероза, диабетом 2-го типа, поликистозным изменением яичников, которые проявляются в указанном возрастном периоде.

Согласно данным ВОЗ [2], в 2010 г. около 43 млн детей в возрасте до 5 лет имели избыточный вес. Считавшиеся ранее характерными для стран с высоким уровнем доходов, избыточный вес и ожирение теперь получают все большее распространение в странах с низким и средним уровнем доходов, особенно в городах. В развивающихся странах детей с избыточным весом насчитывается почти 35 млн, а в развитых — 8 млн.

Развитие избыточной массы тела у детей определяется совокупностью различных генетических, средовых (поведенческих), семейных и метаболических факторов [3].

К основным средовым причинам формирования избыточной массы тела относят нарушение пищевого поведения и недостаточную физическую активность. Эти стереотипы вырабатываются у детей под влиянием традиций семьи и общества.

С 2010 по 2012 гг. сотрудники Республиканского научно-практического центра гигиены в рамках задания 03.05 отраслевой научно-технической программы «Здоровье и окружающая среда» выполнили научно-исследовательскую работу «Оценить распространенность избыточной массы тела и риск развития ассоциированных с ней заболеваний у детей школьного возраста. Обосновать и разработать меры по снижению риска формирования избыточной массы тела среди детей школьного возраста».

Цель работы — обоснование и разработка мер по минимизации риска формирования избыточной массы тела у детей школьного возраста; разработка технологических карт блюд с пониженной калорийностью и повышенной пищевой ценностью.

Для достижения указанной цели решались следующие задачи:

– проведение анализа средовых факторов риска и их влияния на формирование избыточной массы тела у детей школьного возраста;

– обоснование мер по минимизации риска формирования избыточной массы тела у детей школьного возраста;

– подготовка инструкции по применению «Гигиеническая оценка факторов, влияющих на формирование избыточной массы тела у детей школьного возраста», утвержденной заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 12 декабря 2012 года, регистрационный № 024-1212;

– разработка технологических карт блюд для питания детей с избыточной массой тела.

Материал и методы. Объектом исследования являлось фактическое питание, физическая активность и состояние здоровья в связи с характером питания у детей в возрасте от 7 до 14 лет, посещающих общеобразовательные учреждения г. Минска. Общая численность обследованных — 102 человека, в том числе 43 ребенка с нормальной массой тела и 59 детей с избыточной массой тела.

Изучение энергетической ценности и нутриентного состава рационов питания школьников проводили с использованием аналитического метода (по меню-раскладкам) и метода 24-часового воспроизведения питания (анкетно-опросного метода). Для расчета энергетической ценности и нутриентного состава рационов питания использовали компьютерную программу Access на базе персонального компьютера. Компьютерную базу данных о составе продуктов и блюд создали на основе таблиц «Химический состав пищевых продуктов», справочных таблиц содержания основных пищевых компонентов в овощных культурах, выращенных в разных областях республики, и сборника рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания.

Изучение физической активности проводили с использованием разработанной анкеты о виде и продолжительности различных видов физической активности в течение недели.

В зависимости от уровня физической активности в анкетах, детей разделили на 4 группы: 1-я группа — «спорт» (активность высокой интенсивности, вызывающая значительное учащение сердцебиения: занятия физкультурой, спортом); 2-я группа — ФАС (физическая активность средней интенсивности, вызывающая выраженное учащение сердцебиения: подвижные игры, небыстрая езда на велосипеде, прогулка быстрым шагом, уборка квартиры и т.д.); 3-я группа — ФАН (физическая активность низкой интенсивности, не вызывающая учащение сердцебиения: спокойные игры (в том числе компьютерные), рисование, прослушивание музыки, просмотр телепередач и т.д.); 4-я группа — «ТВ и комп.» (из 3-й группы выделили продолжительность просмотра телепередач и нахождения за компьютером). Физическую активность оценивали в мин/сутки.

При изучении физического развития проводили измерение основных антропометрических показателей (длина тела, масса тела, окружность грудной клетки) по унифицированным соматометрическим методам и расчет антропометрических индексов.

Анализ компонентного состава тела проводили на основании данных антропометрических исследований и изучения толщины кожно-жировых складок в 3 точках каллиперометрическим методом. Рассчитывали тощую (активную) массу тела, абсолютное количество и относительное содержание жира в организме.

Для оценки пищевого статуса использовали антропометрические индексы: вес/рост, вес/возраст, рост/возраст, индекс массы тела (ИМТ=масса тела (кг)/рост (м)^2).

Для оценки антропометрических показателей детей школьного возраста определяли возрастной ИМТ, поскольку нормальный вес в разном возрасте разный. Показатель ИМТ каждого конкретного ребенка, учитывающий его рост и вес, можно сравнить с таблицей возрастного ИМТ для мальчиков/девочек и определить, насколько вес этого ребенка соответствует норме для его возраста.

Для определения возрастного ИМТ использовали процентное соотношение детей одного пола и одного возраста, у которых ИМТ будет ниже, чем у обычного ребенка с нормальным весом.

С помощью таблицы возрастного ИМТ можно определить, имеет ребенок нормальный или избыточный вес. У детей сделать это только по внешнему виду не всегда представляется возможным. Например, ситуация, когда малыш выглядит немного круглощеким, но при этом имеет нормальный ИМТ, считается вполне соответствующей норме.

Расчет формулы возрастного ИМТ немного сложнее, чем простое взвешивание ребенка. Но именно ИМТ помогает точно определить наличие избыточного веса. Также на основании этого показателя можно определить процент подкожного жира в организме. На основе ИМТ выделяют 4 категории веса у детей. Дети с нормальным весом имеют нормальный для своего возраста ИМТ. У детей с дефицитом веса показатель ИМТ находится ниже нормы. Если у ребенка ИМТ выше нормы, то в таком случае выделяют 2 категории веса: с повышенным риском избыточного веса и с избыточным весом. К категории с повышенным риском избыточного веса относятся дети, у которых возрастной ИМТ находится между 85-й и 95-й процентилью. Эта категория веса у детей сопоставима с категорией ИМТ от 25 до 29,9 у взрослых (т.е. с категорией «избыточная масса тела»).

Если у ребенка возрастной ИМТ выше 95-й процентили, то считается, что у него избыточный вес. Эта категория веса у детей сопоставима с ИМТ 30 и выше у взрослых (т.е. с категориями «ожирение I–III стадии»).

Для оценки нутриентной обеспеченности организма обследуемых детей проводили соматоскопическое определение микросимптомов белковой, витаминной и минеральной недостаточности путем оценки состояния слизистых и кожных покровов, волос, ногтевых пластинок с использованием диагностической таблицы.

У 78 обследованных школьников (в том числе 19 детей с нормальной массой тела и 59 детей с избыточной массой тела) провели исследования биохимических показателей белкового, витаминного и минерального обмена.

Определили общий азот и его фракции, водорастворимые витамины и ряд минеральных веществ в утренней моче, взятой натощак. Поскольку состояние организма рано утром натощак — это состояние основного обмена, уровни экскреции азотосодержащих веществ с утренней порцией мочи достоверно отражают состояние белкового обмена. Это позволяет использовать величины экскреции азотосодержащих веществ с утренней порцией мочи для оценки белковой обеспеченности организма детей. Для оценки адекватности питания по белковому компоненту определяли уровень экскреции с мочой общего азота, мочевины, креатинина, свободного аминного азота.

Обеспеченность организма детей школьного возраста минеральными веществами и витаминами изучали по величинам ренальной экскреции этих веществ.

Результаты и их обсуждение. Анализ фактического питания детей с нормальной массой тела (ИМТ=18,5–24,9), составивших контрольную группу, характеризовался сбалансированностью по содержанию белков, жиров и углеводов и пищевой ценности. При этом отмечено снижение потребления полиненасыщенных жирных кислот, увеличение доли потребляемых простых углеводов, низкий уровень содержания в рационе клетчатки и сложных полисахаридов. Дисбаланс микронутриентов в рационе питания выражался в относительном дефиците витамина А и β-каротина, а также железосодержащих продуктов питания.

При анализе фактического питания школьников с избыточной массой тела (ИМТ=25–30) установлено, что потребление белка составило 15,1% энергетической ценности среднесуточного рациона и находилось на верхней границе рекомендуемого уровня потребления. Превышение потребления животного белка в 2,2 раза выявлено у 47,2% детей. При этом соотношение белков животного и растительного происхождения в рационе было примерно равным — 1,1:1,0, что соответствовало общепринятым нормам (оптимальный уровень — 1:1). Отмечено достоверное увеличение детьми с избыточной массой тела потребления животного протеина ($p<0,010$) по сравнению со здоровыми детьми.

Доля жиров в энергетической ценности рационов питания детей с избыточной массой тела составила 39,12%, что превышало рекомендуемую верхнюю границу потребления на 8% и составило 79,4±1,9 г/сутки при рекомендуемой норме 70 г/сутки. Следует отметить достоверное увеличение потребления жиров преимущественно животного происхождения по сравнению с детьми с нормальной массой тела ($p<0,05$), в то время как доказано, что превышение содержания жира в суточном рационе питания более чем на 30–40% от рекомендуемого уровня потребления способствует развитию ожирения. Значительный удельный вес (14,54%) в суточном рационе составляли насыщенные жирные кислоты, уровень потребления которых составил 136,81±10,66 г/сутки. Среднесуточное потребление холестерина составило 731,62±39,28 мг/сутки, что превышало приемлемый уровень (300–500 мг/сутки) и было достоверно выше ($p<0,001$), чем у детей контрольной группы. Уровень потребления полиненасыщенных жирных кислот соответствовал 4,9% от потребленной энергии или 16,5% от пищевой энергии, потребленной за счет жира (в норме 20–30%) и являлся минимально допустимым по общепризнанным стандартам. Основными источниками данных соединений было подсолнечное масло, свиное сало, мясные продукты.

Уровень потребления углеводов превышал рекомендуемые значения и составил 65,64% от среднесуточного потребления энергии, достоверно превышая в 1,4 раза ($p<0,001$) уровень потребления углеводов детьми с нормальной массой тела. Структура потребления сахаров не соответствовала сбалансированному питанию, так как имело место выраженное увеличение потребления простых сахаридов по отношению к полисахаридам. Основными источниками простых углеводов, как и в структуре питания детей с нормальной массой тела, были сахар и сахаросодержащие продукты. Общее количество потребленной клетчатки было низким и составило 9,42±1,24 г/сутки, что существенно ($p<0,001$) ниже по сравнению с группой детей с нормальной массой тела. Выявлено максимальное потребление простых углеводов ($p<0,001$) и минимальное потребление сложных углеводов ($p<0,05$).

Энергетическая ценность среднесуточного рациона питания превышала рекомендуемые величины в 1,7 раза. При этом отмечен дисбаланс в потреблении жиров и углеводов. Соотношение белков, жиров и углеводов по массе составляло 1:1,3:5,1 при рекомендуемом соотношении 1:1:4.

При анализе содержания витаминов в среднесуточном рационе питания детей с избыточной массой тела отмечен низкий уровень потребления витаминов А, С и β-каротина. Уровень потребления витамина А составил 0,69±0,12 мг/сутки при рекомендуемом уровне 1,5 мг/сутки. Основными источниками витамина А и β-каротина являлись молочные продукты и яйца.

Уровень потребления витаминов группы В, витамина РР соответствовал рекомендуемому уровню. У большинства детей (59,71%) отмечалось низкое потребление аскорбиновой кислоты, преимущественно в зимне–весенний период, которое составило 58,36±3,53 мг/сутки при рекомендуемом уровне потребления 60–100 мг/сутки. Отмечен дефицит потребления витамина Е — 17,65±2,37 мг/сутки ($p<0,010$) при рекомендуемом уровне потребления 20–40 мг/сутки. Уровень потребления ряда витаминов (B_1, B_6, B_{12}, РР) и микроэлементов (медь, марганец) превышал нормативные величины.

Из нарушений обмена микроэлементов в питании детей школьного возраста с избыточной массой тела выявлен дефицит поступления железа ($p<0,001$), что было подтверждено результатами соматоскопического и биохимического исследований.

Для оценки нутриентной адекватности фактического питания и статуса питания провели биохимические исследования мочи на определение величины экскреции азотистых веществ, водорастворимых витаминов и минеральных веществ, которые достоверно отражают динамику статуса питания (состояние здоровья) в связи с изменением фактического питания.

У детей 7–10 лет наблюдается умеренное снижение уровня мочевины в моче — 327,2± 19,1 ммоль/сутки, при физиологическом значении 333,0–587,7 ммоль/сутки. В моче детей 11–13 лет и 14–17 лет количество мочевины соответствует физиологической норме — 512,4±46,7 ммоль/сутки и 488,8±19,6 ммоль/сутки.

В ходе исследований обнаружено увеличение ренальной экскреции аминного азота у детей с избыточной массой тела (22,7±1,01 ммоль/сутки, при норме 3,57–14,28 ммоль/сутки). Возможно, это является показателем наличия в моче аминокислот, незадействованных в метаболических циклах организма, и указывает на несбалансированность аминокислотного состава рациона питания, связанного с дефицитом в них белков животного происхождения, что подтверждают результаты изучения фактического питания этих подростков.

Оценка данных биохимических исследований показала, что величины экскреции креатинина с мочой, а также значения креатининового коэффициента у подростков всех групп соответствуют физиологической норме. Следовательно, величина мышечной массы тела у подростков, относящихся к различным группам, вполне достаточна.

С целью достоверной оценки обеспеченности организма минеральными веществами и витаминами изучали экскрецию с мочой кальция, фосфора, железа, калия, натрия, меди, аскорбиновой кислоты, тиамина, рибофлавина, входящих в перечень основных эссенциальных элементов пищи.

Результаты выведения с мочой минеральных веществ указывают на явный дефицит усвояемого железа в рационах всех групп учащихся. Среднее значение экскреции данного микроэлемента составляло 0,04–0,07 ммоль/сутки, при физиологической норме 0,1–2,05 ммоль/сутки.

Количество фосфора в моче обследованных учащихся колеблется от 42,6±6,02 ммоль/сутки до 43,9±3,11 ммоль/сутки, при рекомендуемом уровне 12,9–42 ммоль/сутки. О недостаточном поступлении меди с рационами питания можно судить по низким уровням экскреции данного микроэлемента у школьников.

Характеризуя выделение водорастворимых витаминов с мочой, необходимо отметить низкий уровень ренальной экскреции аскорбиновой кислоты у подростков обследованных групп. Результаты исследования величины экскреции тиамина и рибофлавина (в пересчете на креатинин) свидетельствуют о недостаточной обеспеченности организма подростков указанными выше витаминами группы В.

В результате исследования установлено, что исходный недостаток витаминов А, С, B_1, B_2 и избыток белка в рационе питания у детей с избыточной массой тела способствуют проявлению биохимических признаков гиповитаминозов. Сравнительный анализ фактического питания и биохимических показателей микронутриентной обеспеченности свидетельствует, что избыток жиров в пище ухудшает усвоение белков, кальция, магния, повышает потребность в витаминах, обеспечивающих жировой обмен, и йода.

В результате соматоскопического обследования школьников выявлены микросимптомы витаминной и минеральной недостаточности, которые подтверждают несбалансированность рационов питания учащихся. Выраженность микросимптомов пищевой недостаточности в летне–осенний и зимне–весенний периоды имеет достоверные различия по некоторым показателям в различные сезонные периоды. Необходимо отметить высокую распространенность микросимптомов, витамина А, особенно в зимне–весенний период, которые проявляются гиперкератозом (частота встречаемости — 37,5–61,3%), ангулярным стоматитом (3,75–18,5%), хейлозом (6,25–25,0%), гипертрофическим глосситом (32,5–60,0%), наличием слоения ногтей (41,3–72,8%), возникновением болезненных вертикальных трещин на губах (2,5–8,8%). Обращают на себя внимание соматоскопические признаки недостаточной обеспеченности подростков аскорбиновой кислотой: бледность, сухость и шелушение кожи (частота встречаемости — до 17,3%); кровоточивость десен (15,0–25,9%); ороговение и приподнятость волосяных фолликулов. Достоверных различий анализируемых показателей среди юношей и девушек не выявлено.

Опрос детей и их родителей показал, что питание обследованных детей школьного возраста с избыточной массой тела носило нерегулярный характер. Отсутствовало фиксированное время приема пищи. Весьма характерным был прием пищи в вечернее время после 19 ч. 67,9% опрошенных детей отметили присутствие чувства голода и в ночное время, что приводило к приему пищи ночью.

Энергетическая ценность суточного рациона питания распределялась следующим образом: 8.00–14.00 – 24,8%; 15.00–18.00 – 31,5%; 19.00–22.00 – 43,7.

Путем опроса удалось установить определенный тип пищевого поведения у детей с избыточной массой тела.

Экстернальное пищевое поведение установлено у 65,79% обследованных школьников с избыточной массой тела. Оно проявляется повышенным ответом на рекламу, быстрым поглощением пищи, едой «за компанию».

У 34,21% детей в возрасте 14–17 лет отмечалось эмоциогенное пищевое поведение. При этом ведущим стимулом к приему пищи становится эмоциональный дискомфорт, переживание, тревога, при котором ребенок «заедает» свои негативные эмоции.

Среди пищевых предпочтений в данной группе отмечено избыточное потребление продуктов с высоким содержанием углеводов. Хлебобулочные изделия, содержащие дрожжи и пшеничную муку высшего сорта, ежедневно потребляли 92,5% опрошенных детей с избыточной массой тела, сахаросодержащие напитки — 84,9%, конфеты, шоколад, варенье, печенье — 79,2%, сосиски, колбасные изделия — 67,9%, жареный картофель (потребление до 3 раз в неделю и чаще) — 33,9%, соленые продукты (орешки, чипсы, маринады) — 88,7%.

Об отрицательной роли избыточного веса и возможных в связи с ним заболеваниях знали 67,9% респондентов, однако активным образом бороться с лишним весом пробовали только 20,8% детей и подростков.

При анализе анкет физического развития установлено, что максимальная продолжительность занятий спортом была выявлена у мальчиков с нормальной массой тела, минимальная — у девочек с избыточной массой тела ($p=0,024$).Среди школь-

ников с избыточной массой тела по показателю «спорт» не выявлено гендерных различий (p>0,05) в сравнении со школьниками с нормальной массой тела (p=0,01). Аналогичная тенденция прослеживается и при оценке продолжительности ФАС. Максимальная ФАС отмечена у мальчиков с нормальной массой тела, минимальная — у девочек с избыточной массой тела. В группах детей с нормальной и избыточной массой тела ФАС не различалась по полу (p>0,05). У девочек с избыточной массой тела отмечено более длительное проведение времени перед телевизором и компьютером (p=0,006). Это свидетельствует о взаимосвязи длительности интенсивных физических нагрузок и неактивного времяпровождения с развитием ожирения у детей школьного возраста.

Заключение. На основании результатов проведенных исследований определены приоритетные детерминанты формирования избыточной массы тела у школьников, к которым относятся высокие уровни потребления всех макронутриентов и энергии за счет большего потребления продуктов с высокой энергетической ценностью, а также низкий уровень физической активности, при котором энерготраты составляют 2,5–2,9 метаболического эквивалента.

На основании результатов исследований основных детерминант формирования избыточной массы тела у детей школьного возраста обоснованы меры по их минимизации, которые включают устранение энергетического дисбаланса организма путем коррекции рациона питания и увеличения физической активности за счет физических нагрузок средней интенсивности. Этот уровень физической активности соответствует ненапряженному физическому труду или регулярному занятию физкультурой и спортом при легких видах труда.

Школьникам с избыточной массой тела, у которых установлен низкий уровень физической активности, рекомендуются:

– ежедневные умеренные динамические (аэробные) нагрузки, ходьба быстрым шагом, бег трусцой — не менее 60 минут в день, игра в волейбол — 30–45 минут, игра в баскетбол — 15–20 минут в день;

– 3–4 раза в неделю — интенсивные физические нагрузки по 30 минут.

Для устранения энергетического дисбаланса организма путем коррекции рациона питания разработаны следующие меры:

– снижение калорийности рациона за счет уменьшения поступления жиров, преимущественно животного происхождения, уменьшения доли насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот;

– коррекция углеводного компонента питания путем увеличения доли сложных углеводов и клетчатки и уменьшения доли простых углеводов;

– сбалансированность рационов питания по содержанию макронутриентов (белков, жиров и углеводов);

– коррекция микронутриентного состава рационов питания (увеличение потребления витамина А, аскорбиновой кислоты, железа)

– ограничение потребления соли до 5 г в сутки, в том числе ограничение потребления продуктов с повышенным содержанием соли (копчености, колбасы, сосиски, консервы, чипсы, приправы, маринады и др.).

Литература

1. Клиорин, А.И. Ожирение в детском возрасте / А.И. Клиорин. – Л.: Медицина, 1989. – 255 с.

2. Европейская министерская конференция ВОЗ по борьбе с ожирением [Электронный ресурс]: отчет о конференции / ВОЗ; Турция, Стамбул, 15–17 ноября 2006 г. – Копенгаген, 2007. – Режим доступа: http//www.who.int. – Дата доступа: 26.08.2011.

3. Рацион, питание и предупреждение хронических заболеваний: доклад исслед. группы ВОЗ : сер. техн. докл. ВОЗ № 797 / ВОЗ. – Женева : ВОЗ, 1993. – 187 с.

HYGIENE APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF FACTORS AFFECTING ON THE FORMATION OF EXCESS BODY WEIGHT IN SCHOOL CHILDREN

Tsemborevitch N.V., Sychic S.I., Tsygankov V.G.

Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The results of the research of priority determinants of the formation of overweight in school-age children and substantiated a complex of measures to minimize them, which include the elimination of the energy unbalance of the body by correcting the diet and increasing physical activity through exercise of medium intensity have been presented in the paper.

Keywords: excess body weight, food intake, nutritional status, physical activity.

Поступила 20.07.2013

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УРОВНЕЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ Ω-6 И Ω-3 ЖИРНЫХ КИСЛОТ НА ЗРИТЕЛЬНУЮ И КОГНИТИВНУЮ ФУНКЦИИ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Цемборевич Н.В., Цыганков В.Г., Сычик С.И., Лихошва О.Н.

Республиканский научно-практический центр гигиены, Минск, Беларусь

Реферат. В статье представлены результаты исследования влияния уровней потребления ω-6 и ω-3 полиненасыщенных жирных кислот на состояние ряда физиологических функций у детей дошкольного возраста, посещающих учреждения дошкольного образования г. Минска. Выявлено избыточное потребление насыщенных жирных кислот и низкое потребление ω-3 полиненасыщенных жирных кислот детьми данной возрастной группы. Установлена эффективность массовой доли полиненасыщенных жирных кислот 0,8–1,0% от суточной калорийности рациона питания у практически здоровых детей дошкольного возраста, проявляющаяся в достоверном улучшении по отношению к группе сравнения показателей зрительной и когнитивных функций, снижении уровня острых респираторных заболеваний.

Ключевые слова: дети дошкольного возраста, полиненасыщенные жирные кислоты, зрительный анализатор, когнитивные функции.

Введение. Рациональное питание является одним из неотъемлемых компонентов здорового образа жизни, обеспечивающего сохранение здоровья, высокую работоспособность. Оно — важнейший фактор профилактики заболеваний и их хронизации. Особое значение питание имеет в детском возрасте, когда формируются основные физиологические, метаболические, иммунологические механизмы, определяющие здоровье человека на протяжении последующей жизни. Нормальный рост и адекватное развитие детей определяется оптимальным соотношением в их рационе всех основных факторов питания, в том числе различных классов жирных кислот.

В настоящее время изучение роли полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в питании детей является предметом нескольких международных исследовательских проектов. Ряд исследований показали необходимость длинноцепочечных ПНЖК (арахидоновая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая кислоты) для развития головного мозга и зрительного анализатора плода у детей первых месяцев жизни [1, 2]. Наблюдения у детей первого года жизни указывают на возможность влияния ПНЖК на скорость роста, а избыток экозапентаеновой кислоты в рационе замедляет развитие детей [3]. Установлено, что ω-3 и ω-6 ПНЖК являются предшественницами широкого спектра биологически активных соединений, в том числе лейкотриенов, оказывающих многосторонние физиологические эффекты. ПНЖК семейств ω-3 и ω-6 играют важную роль в реализации иммунного ответа, имеются данные о снижении острой инфекционной заболеваемости у детей раннего возраста, получавших ω-3 ПНЖК [4]. Обнаружен профилактический эффект ПНЖК в отношении сердечно-сосудистых заболеваний [4, 5].

Указанные эффекты ПНЖК наиболее изучены в отношении детей первого года жизни — группы с контролируемым и относительно стабильным содержанием ПНЖК в рационе вследствие потребления грудного молока или его заменителей и продуктов прикорма. Для детей более старшего возраста характерно расширение рациона питания и, как следствие, практически неконтролируемый жирнокислотный состав.

Дошкольный возраст является критическим в плане становления и развития основных функций организма, отличаясь высокой чувствительностью к влиянию отрицательных воздействий. Отсутствие достаточных исследований по изучению различных эффектов ПНЖК у практически здоровых детей дошкольного возраста на фоне продолжающегося формирования иммунной системы, когнитивных и зрительных функций указывает на необходимость изучения фактического потребления с пищей ω-3 и ω-6 жирных кислот, их оптимального уровня в рационе, необходимого для обеспечения адекватного роста и развития. Вопрос об оптимальном соотношении различных классов жирных кислот в питании детей является крайне актуальным с позиции ранней профилактики сердечно-сосудистой патологии.

Специалисты Республиканского научно-практического центра гигиены в рамках задания 03.01 ОНТП «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» провели исследования влияния уровней потребления ω-6 и ω-3 ПНЖК на состояние ряда физиологических функций у детей дошкольного возраста.

Материал и методы. Изучено фактическое питание, уровни потребления ω-6 и ω-3 жирных кислот, статус питания, когнитивные способности, функции зрительного анализатора у 28 детей 3–4 лет и 34 детей 5–6 лет, посещающих учреждения дошкольного образования Первомайского района г. Минска, и у 24 детей 3–4 лет и 26 детей 5–6 лет, посещающих учреждения дошкольного образования Фрунзенского района г. Минска.

Изучение энергетической ценности и нутриентного состава рационов питания проводили с использованием аналитического метода (по меню-раскладкам) и метода 24-часового воспроизведения питания (анкетно-опросный метод). Для расчета энергетической ценности и нутриентного состава рационов питания применяли компьютерную программу Access на базе персонального компьютера. Компьютерную базу данных о составе продуктов и блюд создали на основе таблиц «Химический состав пищевых продуктов», справочных таблиц содержания основных пищевых компонентов в овощных культурах, выращенных в разных областях республики, и сборника рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Расчет нутриентного состава индивидуального суточного потребления проводили с учетом потерь нутриентов при холодной и тепловой кулинарной обработке пищевых продуктов. При этом оценивали среднесуточную энергетическую ценность рациона питания; пищевую энергию, получаемую за счет потребления белков; содержание в рационе белков (в том числе животного происхождения); жиров (в том числе растительных); углеводов; определяли сбалансированность рационов по соотношению между собой макронутриентов.

Анализ компонентного состава тела проводили на основании данных антропометрических исследований и изучения толщины кожно-жировых складок в 3 точках каллиперометрическим методом. Рассчитывали тощую (активную) массу тела, абсолютное количество и относительное содержание жира в организме.

Для оценки пищевого статуса использовали антропометрические индексы: вес/рост, вес/возраст, рост/возраст, индекс массы тела (ИМТ=масса тела (кг)/рост (м)^2).

В соответствии с рекомендациями ВОЗ, анализ величин антропометрических показателей осуществляли с использованием центильного метода. Центильный метод заключается в сопоставлении антропометрических данных с центильными таблицами или кривыми, в которых приведены данные о распределении этих показателей по центильным каналам в стандартной популяции, и позволяет на индивидуальном уровне выделить лиц с очень низкими (до P_3), низкими (P_3–P_{10}), ниже среднего (P_{10}–P_{25}), средними (P_{25}–P_{75}), выше среднего (P_{75}–P_{90}), высокими (P_{90}–P_{97}) и очень высокими (от P_{97}) показателями.

Для характеристики содержания жира и тощей массы тела определяли среднюю арифметическую (M), а также среднюю ошибку средней арифметической (m) для всех возрастно-половых групп. Оценку индивидуальных и средних возрастно-половых данных проводили в соответствии с возрастными стандартами.

Оценку памяти и внимания детей, как показатель когнитивных способностей, осуществляли с помощью фигурных корректурных таблиц для дошкольников в модификации НИИ питания и охраны здоровья детей и подростков Научного центра здоровья детей РАМН.

Для изучения функций зрительного анализатора использовали метод исследования ахроматической пространственной чувствительности.

Об уровне неспецифической резистентности организма делали выводы на основании ретроспективного анализа кратности заболеваний по обращаемости за предшествующий год. Критерии оценки резистентности организма: нет острых заболеваний — высокая, 1–3 раза — средняя, 4–7 раз — низкая, 8 и более раз — очень низкая.

Результаты и их обсуждение. Результаты изучения фактического питания детей 3–4 лет свидетельствуют, что энергетическая ценность их среднесуточного рациона питания составляет 1356,2±23,2 ккал/сутки. При анализе среднесуточных рационов питания с использованием центильной шкалы (установлено, что у 50% детей данной возрастной группы (центильный канал P_{25}–P_{75}) энергетическая ценность фактического питания равна 1299–1504 ккал/сутки. Значение медианы центильной шкалы составляет 1373 ккал/сутки. Пищевые рационы 10% детей 1–3 лет имеют низкую (менее 1189 ккал/сутки) и 10% детей — высокую (более 1652 ккал/сутки) энергетическую ценность.

Количество белков в суточных рационах питания детей 3–4 лет в среднем равно 47,2±1,0 г. При этом в центильном канале P_{25}–P_{75} данный показатель составляет 35,5–48,8 г/сутки. Низкий уровень потребления белков (46,5% от значения медианы центильной шкалы) отмечен у 5% обследованных детей 3–4 лет. Содержание белка в рационе на уровне 144,5% от величины медианы выявлено у 10% детей. В среднем энергетическая ценность рациона, которая обеспечивается за счет потребления белка, составляет 13,9±0,31% и соответствует рекомендуемой величине (14–15%) для детей данного возраста. Содержание животных белков в среднесуточных рационах питания детей 3–4 лет равно 32,1±0,9 г, что соответствует рекомендуемому уровню потребления в составе общего количества белка (68,0%, при рекомендуемой величине не менее 65–70% от общего количества белка).

При анализе содержания жиров в рационах питания детей 3–4 лет с использованием центильной шкалы установлено, что в области «средних величин» (центильный канал P_{25}–P_{75}) значение содержания жиров колеблется от 34,7 г/сутки до 53,6 г/сутки. В среднем количество поступающих с пищей жиров составляет 48,6±1,1 г/сутки. Однако необходимо отметить, что у 50% обследованных детей содержание жиров в пищевых рационах не превышает 48,3 г/сутки (область центильной шкалы до P_{50}), в том числе у 25% детей оно не превышает 34,7 г/сутки. Обеспечение организма детей 1–3 лет жирами растительного происхождения, являющимися источниками необходимых организму ПНЖК, вполне достаточное и составляет 27,7% от общего количества жира при рекомендуемой доле растительных жиров 25–30%.

Средний уровень поступления углеводов с пищей у детей 3–4 лет равен 182,9±3,0 г/сутки. При этом в области «средних значений» содержание углеводов в среднесуточных рационах питания колеблется от 169,6 г до 201,5 г. Соотношение основных макроэлементов — белков, жиров и углеводов — в рационах питания детей 1–3 лет близко к рекомендуемому (1:1:4) и составляет 1,0:1,0:3,9.

При анализе показателей энергетической ценности и макронутриентного состава рационов питания у детей 3–4 лет, отнесенных к 1-й и 2-й группам здоровья, достоверных различий выявлено не было.

В результате гигиенического исследования фактического питания детей 5–6 лет установлено, что энергетическая ценность их среднесуточных рационов питания равна 1670,3±21,9 ккал/сутки. Анализ рационов питания с использованием центильной шкалы показал, что у 50% детей данной возрастной группы (центильный канал P_{25}–P_{75}) энергетическая ценность фактического питания составляет 1513–1789 ккал/сутки. Значение медианы центильной шкалы распределения энергетической ценности рационов питания детей 4–6 лет равно 1632 ккал/сутки. Пищевые рационы 10% детей 5–6 лет имеют низкую (менее 1467 ккал/сутки) и 3% детей — высокую (более 1910 ккал/сутки) энергетическую ценность рациона питания.

Содержание белков в среднесуточных рационах питания обследованных детей дошкольного возраста составляет 58,3±0,9 г/сутки. В области «средних величин» (центильный канал P_{25}–P_{75}) значение содержания белков в рационах питания детей 4–6 лет колеблется от 49,6 г/сутки до 59,7 г/сутки. Низкий уровень потребления белка (менее 54,1% от значения медианы центильной шкалы распределения содержания белка в суточных рационах питания детей 4–6 лет) отмечен у 3% обследованных дошкольников данной возрастной группы, у 3% детей потребление белка превышало величину медианы на 53,7%. Энергетическая ценность рациона, которая обеспечивается за счет потребления белка, составляет 14,0±0,12%, что соответствует рекомендуемой величине для детей данного возраста (14–15%).

Доля полноценных по аминокислотному составу белков животного происхождения в рационах питания детей 5–6 лет составляет 65,5% при рекомендуемом потреблении 65% от общего количества белка. Центильное распределение содержания животных белков в рационах питания детей 4–6 лет выявило, что в области «средних величин» значения этого показателя колеблются от 32,7 г/сутки до 37,1 г/сутки, при этом значение медианы центильной шкалы равно 35,4 г/сутки.

При анализе данных содержания жиров в суточных рационах питания детей 4–6 лет с использованием центильной шкалы установлено, что в области «средних величин» (центильный канал P_{25}–P_{75}) значения содержания жиров в рационах питания колеблются от 39,9 г/сутки до 61,2 г/сутки. В среднем количество поступающих с пищей жиров составляет 57,8±1,1 г/сутки. Значение медианы центильной шкалы распределения содержания жиров в среднесуточных рационах питания детей 4–6 лет равно 53,4 г/сутки. У 10% обследованных детей содержание жиров в пищевых рационах не превышает 34,3 г/сутки (область центильной шкалы до P_{10}), что составляет 64,2% от значения медианы центильной шкалы. Обеспечение организма детей 5–6 лет жирами растительного происхождения вполне достаточное и составляет 26,6% от общего количества жира при рекомендуемой доле растительных жиров 25–30%.

Содержание углеводов в рационах питания детей 5–6 лет в среднем составляет 232,2±3,5 г/сутки. При этом у 50% обследованных детей содержание углеводов в рационе не превышает 227,3 г/сутки (область центильной шкалы до P_{50}), в том числе у 10% детей потребление углеводов не превышает 187,6 г/сутки (область центильной шкалы до P_{10}).

Изучение когнитивных функций у детей 3–4 и 5–6 лет показало, что прием ω-3 ПНЖК на уровне 0,5–0,7% суточной калорийности рациона питания приводит к достоверному увеличению числа просмотренных знаков (до 147% по сравнению с исходным уровнем) и значительному росту коэффициента продуктивности (до 156%) при отсутствии достоверных изменений этих показателей у детей группы сравнения. При этом количество ошибок в основной группе не изменилось, тогда как в группе сравнения значительно возросло.

При увеличении доли ω-3 ПНЖК от суточной калорийности рациона питания отмечалось дальнейшее улучшение 2 показателей когнитивной функции: значительное снижение (до 32% по сравнению с исходным уровнем) количества ошибок, которое было достоверным как в сравнении с исходными данными, так и в сравнении с уровнем 0,5–0,7% суточной калорийности рациона питания и достоверное увеличение (в 2 раза) коэффициента продуктивности. В то же время содержание ω-3 ПНЖК более 1,0% от суточной калорийности рациона питания не приводило к дальнейшему увеличению количества просмотренных знаков, хотя этот показатель и оставался достоверно более высоким по сравнению с первым обследованием.

Особого внимания заслуживают данные о динамике когнитивных функций у 5-летних детей группы сравнения. Дети этой группы в первые 3 месяца исследования получали подсолнечное масло, а затем вместо него — капсулы с рыбьим жиром в тех же дозах, что и дети основной группы. Наблюдение за этими детьми показало, что 4-месячный прием ими рыбьего жира также приводил к улучшению когнитивных функций: число просмотренных знаков достоверно увеличилось по сравнению с началом исследования. Количество стандартизованных ошибок в группе сравнения 5-летних детей при этом существенно снизилось (на 61%). Коэффициент продуктивности также достоверно увеличился через 4 месяца приема рыбьего жира. Таким образом, прием рыбьего жира в течение 3–4 месяцев детьми как основной, так и группы сравнения приводил к сходной положительной динамике когнитивных функций.

Вместе с тем у детей 6 лет в основной группе прием рыбьего жира в течение 4 месяцев вызывал лишь тенденцию к увеличению числа просмотренных знаков и коэффициента продуктивности по сравнению с исходным уровнем и достоверное снижение количества ошибок через 3 месяца от начала исследования. У 6-летних детей группы сравнения изменения носили сходный характер.

Таким образом, полученные данные указывают на достоверный положительный эффект дополнительного приема ω-3 ПНЖК в составе рыбьего жира на когнитивную функцию у 5-летних детей и менее выраженный эффект у 6-летних детей, что, очевидно, указывает на большую чувствительность когнитивных функций детей более младшего возраста к адекватной обеспеченности организма ω-3 ПНЖК.

При анализе влияния содержания ПНЖК семейств ω-3 и ω-6 было обнаружено заметное улучшение пространственной контрастной чувствительности (ПКЧ) во всем диапазоне пространственных частот (0,5–16 цикл/град) на все виды решеток (черно-белые, черно-красные и черно-зеленые).

При этом достоверное улучшение ПКЧ относительно группы сравнения было выявлено в диапазоне низких частот на черно-белые решетки ($p<0,01$), в диапазоне средних частот на черно-красные решетки ($p<0,05$) и в диапазоне высоких частот — на черно-зеленые ($p<0,02$).

Учитывая, что зеленые и красные решетки в диапазоне средних и низких частот характеризуют проводящие пути зрительного анализатора, а в диапазоне высоких частот — состояние макулярной зоны, можно полагать, что ω-3 ПНЖК в составе рыбьего жира положительно влияют на проводящие пути зрительного анализатора и функции центральных отделов сетчатки.

Одним из показателей, характеризующих состояние иммунной системы организма, является кратность острых респираторных заболеваний (ОРЗ) у детей на протяжении одного года жизни. Среди обследованных детей преддошкольного и дошкольного возраста данный показатель составил 2,34±0,06 случая на одного ребенка в год, в том числе среди детей 3–4 лет кратность заболеваний составила 2,63±0,10 случая в год на одного ребенка, среди детей 5–6 лет — 2,20±0,07 случая в год на одного ребенка.

Изучение состояния здоровья детей дошкольного возраста позволило выявить следующие закономерности: у 78,5% детей 3–4 лет и 79,8% детей 5–6 лет кратность ОРЗ составила 1–3 раза в год; наиболее часто дети подвержены инфекциям верхних дыхательных путей; на протяжении преддошкольного и дошкольного периода (от 3 до 6 лет) наблюдается снижение количества случаев заболеваний в год на одного ребенка.

Таким образом, индивидуальная оценка резистентности организма по кратности острых заболеваний за предшествующий год свидетельствует, что 82,3% обследованных детей преддошкольного возраста имеют высокий и средний уровень напряженности индивидуального иммунитета, 16,7% — низкий, 1,0% — очень низкий. Среди обследованных дошкольников 86,4% детей имеют высокий и средний уровень неспецифической резистентности организма, 13,6% — низкий. Доля детей с частотой заболеваемости ОРЗ до 3 раз в год — около 80%, что свидетельствует о достаточно высоком уровне коллективного иммунитета и подтверждается результатами изучения показателей неспецифической иммунорезистентности.

Заключение. На репрезентативной выборке детей в дошкольных образовательных учреждениях изучено состояние фактического питания с помощью метода 24-часового воспроизведения и дана его гигиеническая оценка. Рацион питания детей по энергетической ценности и содержанию макронутриентов соответствует вступающим в действие санитарным нормам и правилам «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 № 180. Выявлено избыточное потребление ПНЖК (15–20% от энергетической ценности рациона вместо рекомендуемых не более 10%) и низкое потребление ω-3 ПНЖК (0,4–0,7% от энергетической ценности рациона вместо рекомендуемых 1–2%).

Установлена эффективность массовой доли ПНЖК 0,8–1,0% от суточной калорийности рациона питания у практически здоровых детей дошкольного возраста, проявляющаяся в достоверном улучшении по отношению к группе сравнения показателей зрительной (увеличение ПКЧ на все виды полос) и когнитивных функций (увеличение на 47% количества просмотренных знаков и на 102% — коэффициента продуктивности, снижение числа ошибок до 32% от исходного уровня), снижении уровня ОРЗ.

Установлен более низкий уровень частоты ОРЗ у детей дошкольного возраста, у которых содержание в рационе питания ПНЖК семейств ω-3 и ω-6 составляло 0,8–1,0%.

При содержании ω-3 ПНЖК более 1,0% не выявлено достоверного улучшения когнитивных способностей, функции зрительного анализатора и частоты ОРЗ.

Литература

1. Громова, О.А. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты и когнитивное развитие детей / О.А. Громова, И.Ю. Торшин, Е.Ю. Егорова // Вопр. соврем. педиатрии. – 2011. – Т. 10, № 1. – С. 66–72.

2. Захарова, И.Н. Роль полиненасыщенных жирных кислот в формировании здоровья детей / И.Н. Захарова, Е.Н. Суркова // Педиатрия. – 2009. – Т. 88, № 6. – С. 84.

3. Шилина, Н.М. Современные представления о физиологических и метаболических функциях полиненасыщенных жирных кислот / Н.М. Шилина, И.Я. Конь // Вопр. детской диетологии. – 2004. – № 6. – С. 25–30.

4. Шарков, С.М. Роль продуктов, обогащенных ω-3 полиненасыщенными жирными кислотами в детском питании / С.М. Шарков // Вопр. соврем. педиатрии. – 2010. – Т. 9, № 2. – С. 169–173.

5. Грибакин, С.Г. Роль липидов в питании детей : некоторые актуальные аспекты / С.Г. Грибакин, Н.М. Шилина // Вопр. детской диетологии. – 2005. – Т. 3, № 2. – С. 40–46.

HYGIENIC ASSESSMENT OF IN TAKE LEVELS OF Ω-6 AND Ω-3 FATTY ACIDS ON THE VISUAL AND COGNITIVE FUNCTIONS IN PRESCHOOL CHILDREN

Tsemborevitch N.V., Tsygankov V.G., Sychik S.I., Likhashva V.M.
Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene, Minsk, Belarus

The results of the influence of the consumption levels of ω-6 and ω-3 polyunsaturated fatty acids on the condition of a number of physiological functions in preschool children of the city of Minsk have been presented in the paper. The excessive consumption of saturated fatty acids and low intake of ω-3 polyunsaturated fatty acids by children of this age group was revealed. The efficiency of the mass fraction of polyunsaturated fatty acids 0,8–1,0% of the daily caloric diet in healthy preschool children, which is manifested insignificant improvement in relation to the group comparison of visual and cognitive functions and in reducing acute respiratory diseases was established.

Keywords: preschool children, polyunsaturated fatty acids, the visual analyzer, cognitive functions.

Поступила 20.07.2013

УГЛЕВОДНЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МОЛОЧНОГО И КИСЛОМОЛОЧНОГО С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЛАКТОЗЫ

Шуляковская О.В.[1], Полянских Е.И.[1], Богданова Л.Л.[2], Жабанос Н.К.[2]
[1]Республиканский научно-практический центр гигиены;
[2]РУП «Институт мясо-молочной промышленности», Минск, Беларусь

Реферат. Проведены исследования продуктов специализированных молочного и кисломолочного с пониженным содержанием лактозы, полученных при разных условиях гидролиза. Установлено, что содержание остаточных количеств углеводов глюкозы и галактозы при ферментативном гидролизе без добавления бактериальных концентратов значительно выше (глюкоза — на 21,4–44,0%, галактоза — на 18,2–43,6%).

Исследованы физико-химические показатели и показатели безопасности новых продуктов. Показано, что они соответствуют требованиям ТНПА на продукцию.

Ключевые слова: углеводные компоненты, ферментатированные молочные продукты, безлактозные молочные продукты, продукты с пониженным содержанием лактозы, галактоза, глюкоза.

Введение. Одной из важнейших актуальных проблем пищевой промышленности Республики Беларусь является обеспечение населения специализированной пищевой продукцией. К таким продуктам относятся и низколактозные продукты на основе ферментированного молока и ферментированного сквашенного молока с культурами, которые способны обеспечить полноценное питание человеку с лактозной недостаточностью.

Процессы культивирования микроорганизмов лежат в основе технологии кисломолочных продуктов, заквасок, бактериальных концентратов [1–3]. Использование знаний о методах, условиях, параметрах культивирования микроорганизмов положено в основу управления микробиологическими, биохимическими и технологическими процессами создания кисломолочных и молокосодержащих продуктов функционального питания.

Молочнокислые бактерии обладают ограниченной способностью синтеза многих биологически важных соединений. Это определяет их высокую требовательность к питательным веществам. При развитии молочнокислых бактерий в молоке основным источником энергии для них является лактоза, расщепляемая данными микроорганизмами под действием фермента на глюкозу и галактозу, которые затем сбраживаются до молочной кислоты [1, 4].

Поскольку значительная часть населения страдает от непереносимости молочного сахара лактозы, связанной с генетически обусловленным дефицитом фермента β-галактозидазы, то для успешной профилактики и лечения лактозной недостаточности необходимо уменьшить или совсем исключить поступление лактозы в организм человека с пищей.

Цель работы — исследование углеводного состава продуктов специализированных молочного и кисломолочного с пониженным содержанием лактозы.

Материал и методы. В последние годы в нашей стране, как и во всем мире, ведется работа по созданию низколактозных и безлактозных молочных продуктов. Специалисты РУП «Институт мясо-молочной промышленности» разработали технологии таких продуктов и представили на анализ их опытные партии (продукты специализированных молочного и кисломолочного с пониженным содержанием лактозы).

Анализ углеводного состава проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с использованием рефрактометрического детектора по ранее разработанной нами методике.

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 представлены результаты исследования физико-химических показателей опытных партий продуктов специализированных молочного и кисломолочного сладкого с ванилином с пониженным содержанием лактозы, изготовленных на ОАО «Бабушкина крынка» г. Могилева.

Таблица 1 — Физико-химические показатели опытных партий продуктов специализированных молочного и кисломолочного с пониженным содержанием лактозы

Показатель	Продукт специализированный молочный	Продукт специализированный кисломолочный сладкий с ванилином	ТУ
Кислотность, °Т	19	91,4	Не более 100
Фосфатаза	Не обнаружено	Не обнаружено	Не допускается
Массовая доля жира, %	4,0	2,7	Не менее 2,5
Массовая доля белка, %	3,4	3,3	Не менее 2,8
Массовая доля углеводов, % в том числе:		5,9	
Лактоза, г/100 г (±18%)	0,13	0,14	
Сахароза, г/100 г (±18%)		1,87	
Фруктоза, г/100 г (±18%)		0,08	
Глюкоза, г/100 г (±18%)		2,41	
Галактоза, г/100 г (±18%)		2,38	

Как видно из данных таблицы 1, полученные результаты исследований соответствуют требованиям ТУ BY 100098867.285-2012 «Продукты специализированные кисломолочные с пониженным содержанием лактозы «Минилакт-БИО».

По исследованным показателям безопасности (пестициды, афлатоксин M_1, токсичные элементы, меламин, антибиотики, радионуклиды и микробиологические показатели) опытные партии продуктов специализированных молочного и кисломолочного сладкого с ванилином соответствуют требованиям [5–7].

Представляло интерес провести серию ферментативных гидролизов, варьируя содержанием фермента, временем гидролиза с разными культурами (температура 32°С). В качестве фермента использовали «Лактозим» с активностью 6500 ед. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Содержание углеводов в зависимости от режимных параметров гидролиза молока

Код образца	Количество фермента, $см^3/дм^3$ сырья	Время гидролиза, ч	Остаточное содержание углеводов, %		
			Лактоза	Глюкоза	Галактоза
1	0,5	9,0	0	1,96	1,92
2	0,5	0,5	0	1,97	1,92
3	1,0	0,5	0	1,98	1,91
4	0,5	1,0	0,11	1,86	1,84
5	1,0	1,0	0	1,95	1,89
6	1,0	2,0	0	1,91	1,88
7	0,5	9,0	0	1,96	1,87
8	0,5	0,5	0	1,98	1,92
10	0,5	1,0	0	1,92	1,87
11	1,0	1,0	0	2,01	1,91
12	1,0	2,0	0	2,13	2,08
13	0,5	9,0	0	2,25	2,22
14	0,5	0,5	0	2,28	2,21
15	1,0	0,5	0	2,28	2,22
16	0,5	1,0	0	2,26	2,22
17	1,0	1,0	0,15	2,03	1,92
18	1,0	2,0	0	2,21	2,17
К1	0,5	9,0	0	2,38	2,27
К2	0,5	0,5	0	2,35	2,28
К3	1,0	0,5	0	2,73	2,69
К4	0,5	1,0	0	2,65	2,56
К5	1,0	1,0	0	2,66	2,61
К6	1,0	2,0	0	2,75	2,70
МТП	0	-	5,17	0,11	0,09
МТБ	0	-	5,19	0,09	0,04
Молоко	0	-	5,31	0,08	0,02

Примечания:
Образцы 1–6 — гидролиз совместно с бактериальным концентратом «Биолюкс МТП».
Образцы 7, 8, 10–12 — гидролиз совместно с бактериальным концентратом «Биолюкс МТБ».
Образцы 13–18 — гидролиз совместно с бактериальным концентратом «Биолюкс МЛБ».
Образцы К1–К6 (контроль) — ферментативный гидролиз без культуры.
Образец МТП — сквашенное молоко с бактериальным концентратом «Биолюкс МТП».
Образец МТБ — сквашенное молоко с бактериальным концентратом «Биолюкс МТБ».
Образец — молоко — исходное.

Как видно из таблицы 2, при всех режимах гидролиза степень гидролиза лактозы достигает 100%, исключением являются образцы 4 и 17, где обнаруживается остаточное содержание лактозы, равное 0,11% и 0,15% соответственно. Содержание остаточных количеств углеводов глюкозы и галактозы при ферментативном гидролизе без добавления бактериальных концентратов (образцы К1–К6) значительно выше (глюкоза — на 21,4–44,0%, галактоза — на 18,2–43,6%).

На рисунке 1 представлена хроматограмма стандартного раствора смеси углеводов — глюкозы, галактозы и лактозы. Как видно из рисунка 1, пики хорошо разделяются и их можно обсчитать.

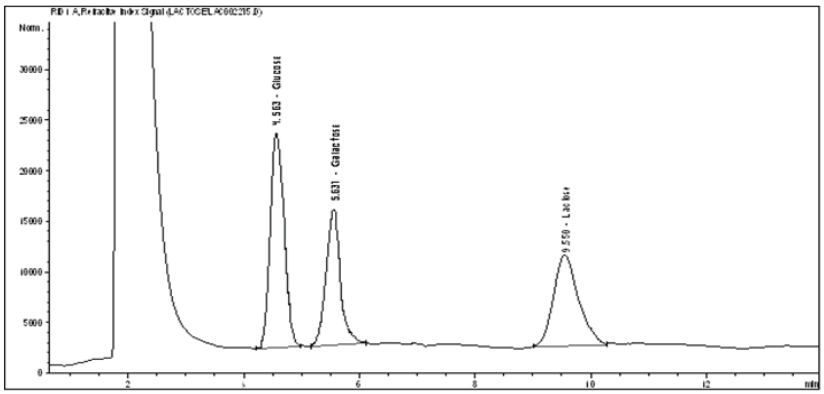


Рисунок 1 — Хроматограмма стандартного раствора смеси углеводов — глюкозы концентрацией 5,0 мг/см^3, галактозы концентрацией 4,0 мг/см^3, лактозы концентрацией 4,0 мг/см^3

На рисунках 2–4 представлены хроматограммы углеводного состава исследуемых опытных образцов кисломолочных продуктов.

Как видно из рисунка 2 и данных таблицы 2, при проведении ферментативного гидролиза в течение 1 ч с ферментом «Лактозим» при его расходе 0,5 см^3/дм^3 сырья совместно с бактериальным концентратом «Биолюкс МТП» образуется низколактозный кисломолочный продукт (содержание лактозы 0,11%, образец 4). Из рисунка 3 и таблицы 2 следует, что при сквашивании молока с бактериальным концентратом «Биолюкс МТП» только незначительная часть лактозы расщепляется до глюкозы и галактозы (образец МТП). При проведении ферментативного гидролиза в течение 0,5 ч совместно с бактериальным концентратом «Биолюкс МЛБ» при расходе фермента «Лактозим» 1 см^3/дм^3 сырья лактоза расщепляется полностью с образованием безлактозного кисломолочного продукта (рисунок 4, таблица 2 — образец 15).

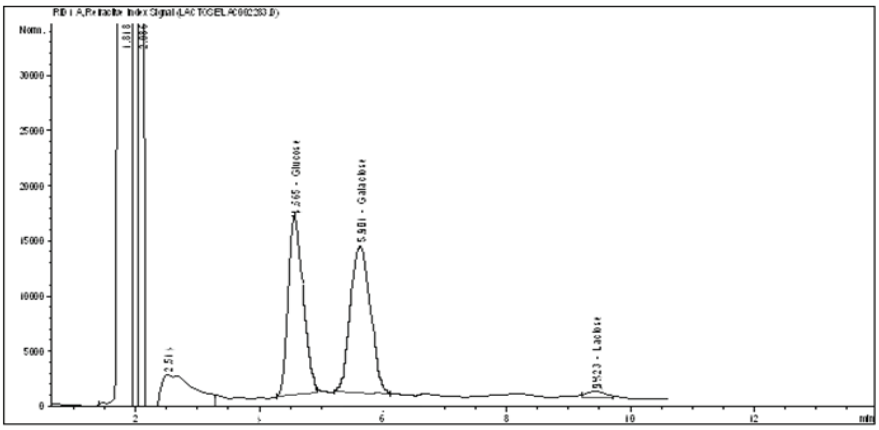


Рисунок 2 — Хроматограмма, полученная при анализе углеводов в кисломолочном продукте (образец 4)

Заключение. Физико-химические показатели опытных партий продуктов специализированных молочного и кисломолочного с пониженным содержанием лактозы соответствуют требованиям проекта ТУ BY 100098867.285-2012.

По исследованным показателям безопасности (пестициды, афлатоксин M_1, токсичные элементы, меламин, антибиотики, радионуклиды и микробиологические показатели) опытные партии ферментированного молока и молочных продуктов соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям, регламентируемым в Республике Беларусь, Таможенном Союзе.

Изменяя режимы гидролиза, можно получить низколактозные и безлактозные специализированные молочные продукты.

Содержание остаточных количеств углеводов глюкозы и галактозы при ферментативном гидролизе без добавления бактериальных концентратов значительно выше (глюкоза — на 21,4–44,0%, галактоза — на 18,2–43,6%).

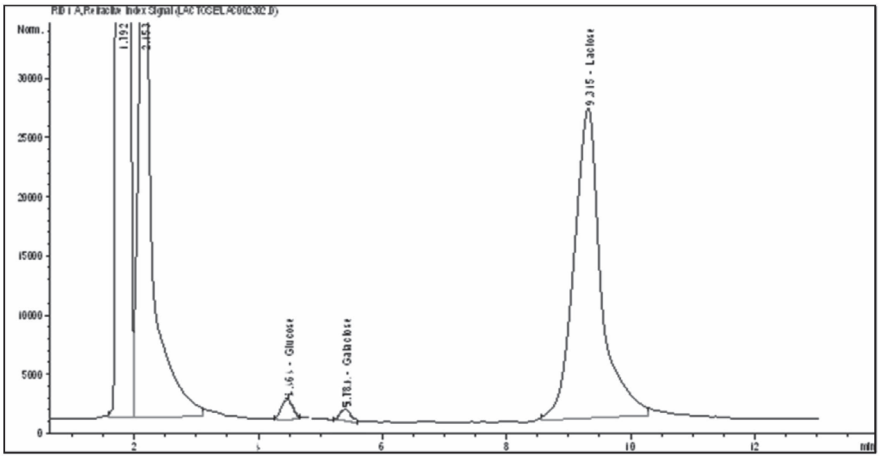


Рисунок 3 — Хроматограмма, полученная при анализе углеводов в кисломолочном продукте (образец МТП)

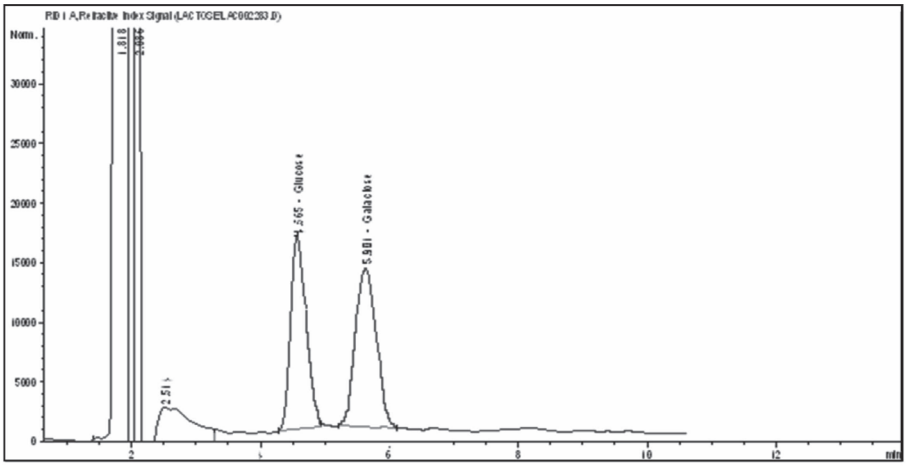


Рисунок 4 — Хроматограмма, полученная при анализе углеводов в кисломолочном продукте (образец 15)

Литература

1. Пасько, О.В. Научное и практическое обоснование технологий ферментированных и молочных молокосодержащих продуктов на основе биотехнологических систем / О.В. Пасько, Н.Б. Гаврилова. – Омск: Изд-во ОмЭИ; ОмГАУ, 2009. – 256 с.
2. Шаманова, Г.П. Микробиологические и технологические подходы к производству ферментированных продуктов / Г.П. Шаманова // Молочная промышленность. – 1998. – № 3. – С. 18–20.
3. Шаманова, Г.П. Культуры прямого заквашивания DVS в производстве ферментированных продуктов / Г.П. Шаманова // Молочная промышленность. – 1998. – С. 16.
4. Анисимова, Г.А. Разработка технологии кисломолочных безлактозных продуктов для детского питания: автореф. дис. … канд. техн. наук / Г.А. Анисимова – М., 1983. – 24 с.
5. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: утв. Постановлением № 63 МЗ РБ от 09.06.2009.
6. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования Таможенного Союза. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 707 с.
7. ГН 10-117-99. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99).

CARBOHYDRATE COMPOSITION OF SPECIALIZED AND FERMENTED MILK PRODUCTS WITH LOW LACTOSE CONTENT

Shulyakovskaya O.V.[1], Palianskikh E.I.[1], Bogdanova L.L.[2], Zhabanos N.K.[2]

[1]Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene;

[2]RUE «Institute of meat and milk industry», Minsk, Belarus

Specialized and fermented milk products with low lactose content produced at different hydrolysis conditions have been analyzed. It was found that foods produced by using enzymatic hydrolysis without addition of bacterial concentrate had considerably higher glucose and galactose content then the others. The physic-chemical characteristics and the safety indicators of new products were studied. It is shown that they comply with the requirements of technical regulations on such products.

Keywords: carbohydrate components, fermented milk products, lactose-free milk products, products with low lactose content, glucose, galactose.

Поступила 29.05.2013

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Статья должна быть написана на высоком научном и методическом уровне с учетом требований международных номенклатур, отражать актуальные проблемы гигиены и токсикологии, содержать новую научную информацию, рекомендации практического характера. При изложении методик исследований необходимо сообщить о соблюдении правил проведения работ с использованием экспериментальных животных.

2. Статья должна быть тщательно отредактирована, представлена на дискете (CD-диске) или направлена в адрес редакции по электронной почте. Дискету (CD-диск) необходимо подписать следующим образом: фамилия и инициалы авторов, название статьи. Название файла в электронном виде должно содержать фамилию и инициалы автора на русском языке.

Одновременно с на дискетой (CD-диском) представляется 2 экземпляра статьи.

3. К статье прилагается письмо направляющей организации и рецензия.

4. Поступившие в редакцию статьи направляются на рецензирование членам редакционной коллегии. Если по рекомендации рецензента статья возвращается автору на доработку, а переработанная рукопись вновь рассматривается редколлегией, датой поступления считается день получения редколлегией ее окончательного варианта.

5. Оформление статьи должно удовлетворять следующим требованиям.

Поля. Верхнее — 2 см, нижнее — 2 см, левое — 3 см, правое — 1 см.

Основной текст статьи. Шрифт Times New Roman 12 пт. Формат MS Word через 1,5 интервала. Устанавливается расстановка переносов — автоматическая.

Объем статьи не должен превышать 10 страниц (А 4), включая рисунки, фотографии, библиографический список.

Таблицы, графики, рисунки располагаются после первого упоминания в тексте. Все приводимые в тексте статьи таблицы, графики и рисунки должны иметь название и подрисуночную подпись, которые помещаются в вертикальном положении листа. Названия таблиц следует располагать непосредственно над, а графиков и рисунков под ними. Используемые в графиках цвета заполнения должны быть хорошо различимы при черно-белой печати. Рисунки необходимо представлять в редактируемом формате.

Цитируемая в статье литература должна иметь полное библиографическое описание согласно ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическое описание документа», ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте. Порядковые номера ссылок должны быть написаны внутри квадратных скобок (например: [1], [2]). Статьи без литературных ссылок не принимаются.

6. Вначале пишется название статьи (прописные, жирные, по центру);

фамилия, инициалы (строчные, курсив, обычный, по центру); наименование учреждения, город (строчные, курсив, обычный, по центру).

7. Перед текстом статьи печатается реферат на русском языке, ключевые слова.

8. Текст статьи печатается с обязательным выделением следующих разделов: введение (кратко обозначенная проблема, нерешенные вопросы, цель работы). Основная часть: материал и методы, результаты и их обсуждение, заключение, завершаемое четко сформулированными выводами, литература. Список использованных литературных источников не должен превышать 7 цитируемых источников.

Резюме на английском языке (summary) объемом до 1 тыс. знаков должна содержать название статьи, фамилии и инициалы авторов, название организации, город, страна, реферат, ключевые слова.

9. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставимы с соответствующими данными.

10. Обязательна статистическая обработка данных с применением современных методов.

11. Сокращение слов не допускается, кроме общепринятых сокращений химических и математических величин, мер, терминов. В статьях должна быть использована система единиц СИ.

12. Статья должна быть изложена на русском или английском языке для иностранных авторов.

13. В конце статьи должны быть подписи всех авторов.

14. К статье прилагаются сведения об авторах (Ф.И.О., ученая степень, звание, должность, учреждение, город, адрес электронной почты и контактный телефон).

15. Статьи обзорного характера не рассматриваются и к публикации не принимаются.

16. Направление в редакцию ранее опубликованных статей и (или) статей, принятых к печати другими изданиями не допускается. Редакция указывает авторам статей на то, что они несут за это полную ответственность.

17. Преимуществами опубликования статей пользуются лица, осуществляющие послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство) в год завершения обучения.

18. Плата за опубликование научных статей не взимается.

19. Статьи рецензируются членами редакционной коллегии.

20. Редакция оставляет за собой право сокращать и редактировать статьи.

21. При нарушении указанных правил статьи не рассматриваются. Рукописи не возвращаются.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ГИГИЕНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 3

НОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ВИРУСНОЙ КОНТАМИНАЦИИ ОБЪЕКТОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА
Амвросьева Т.В., Казинец О.Н. 3

МЕТОДИКА ОТБОРА ПРОБ ВОЗДУШНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦЫ МЕТАЛЛОВ
Бабий В.Ф., Кондратенко Е.Е., Худова В.Н., Пимушина М.В. 6

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ЛЕСА В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ
Брезовская Л.Н., Мицура В.И., Дольников М.С. 9

РАСЧЕТ ФАКТИЧЕСКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ (НИТРАТНОЙ) ВОДНОЙ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ С УЧЕТОМ ИЗОЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ КСЕНОБИОТИКОВ
Будников Д.А., Дроздова Е.В., Бурая В.В. 11

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В НОВЫХ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЗАСТРОЙКИ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ
Бургазлий Н.П., Махнюк В.М., Фещенко К.Д., Могильный С.Н. 14

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ШУМА, СОЗДАВАЕМОГО БЫТОВОЙ ТЕХНИКОЙ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ
Быкова Н.П., Соловьева И.В., Щербинская И.П., Арбузов И.В., Сорока П.Н. 17

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, СОЗДАВАЕМОГО БАЗОВЫМИ СТАНЦИЯМИ СОТОВОЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА DCS-1800
Галак С.С., Думанский В.Ю. 21

ПОЛИБРОМДИФЕНИЛОВЫЕ ЭФИРЫ В ОБРАЗЦАХ ВОЛОС ЧЕЛОВЕКА
Ганькин А.Н., Гриценко Т.Д., Пронина Т.Н. 25

СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ: ПОЛИБРОМИРОВАННЫЕ АНТИПИРЕНЫ В ВОЗДУХЕ УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ШКОЛ Г. МИНСКА
Ганькин А.Н., Гриценко Т.Д., Пронина Т.Н., Харникова Г.А. 29

ОЦЕНКА РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ОБЪЕКТА
Гиндюк В.В. 34

ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ
Гриценко Т.Д., Науменко Т.Е., Шевчук Л.М., Филонов В.П., Андрианова С.Т., Пшегрода А.Е., Ганькин А.Н. 36

ОЦЕНКА ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЦЕЛЯХ, ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ
Дроздова Е.В., Дудчик Н.В., Бурая В.В., Козлова Т.О. 37

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА В ОТНОШЕНИИ МИКРОБНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ
Дроздова Е.В., Дудчик Н.В., Бурая В.В., Малиновская С.К. 39

ОЦЕНКА МИКРОБНОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ ВОЗДУХА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Дудчик Н.В., Коломиец Н.Д., Нежвинская О.Е., Тонко О.В., Ханенко О.Н., Левшина Н.Н., Жуковский В.В., Гавриленко В.В. 43

ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭНТЕРОГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ *E. COLI*
Дудчик Н.В., Канашкова Т.А., Трешкова Т.С., Ушкова Л.Л., Грищенкова Т.В. 47

САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
Дудчик Н.В., Трейлиб В.В., Будкина Е.А., Козлова Т.О., Ушкова Л.Л., Науменко С.А. 50

КРАТКОСРОЧНЫЕ ТЕСТЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ОСНОВАННЫЕ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИИ SOS-ОТВЕТА
Дудчик Н.В., Ушкова Л.Л., Грищенкова Т.В. 54

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ И МАКСИМАЛЬНОЙ ДНК-ПОВРЕЖДАЮЩЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В КРАТКОСРОЧНОМ ТЕСТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ
Дудчик Н.В., Ушкова Л.Л., Грищенкова Т.В. 56

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВНУТРИЖИЛИЩНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ
Зинченко Н.А. ... 59

ДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ СВИНЦА НА ФОНЕ УПОТРЕБЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ
С СОДЕРЖАНИЕМ СТЕАРАТОВ НАТРИЯ И КАЛИЯ НА ОРГАНИЗМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ
Кондратюк В.А., Федорив О.Е., Лотоцкая Е.В. ... 63

ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ГРУНТАХ НА ТЕРРИТОРИИ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ
Липницкий Л.В., Нечай С.В., Бездникова С.В. ... 66

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ
В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НА ГРАНИЦЕ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ И ЖИЛОЙ ЗОНЫ
Науменко Т.Е.[1], Соколов С.М.[1], Першин И.Г.[2] ... 70

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ВОКРУГ БЕЛОРУССКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ
Николаенко Е.В., Кенигсберг Я.Э., Куц Е.П., Кляус В.В. ... 74

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И ЙОДНАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ,
ПРОЖИВАЮЩЕГО В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС
Николаенко Е.В., Кенигсберг Я.Э., Хмара И.М., Петренко В.С. ... 79

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИИ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН
Полька Н.С., Махнюк В.М. ... 82

РОЛЬ ХЛОРИРОВАННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В РАЗВИТИИ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ
Прокопов В.А., Гуленко С.В. ... 85

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СПОР *ALTERNARIA* В ВОЗДУХЕ ГОРОДОВ УКРАИНЫ
Родинкова В.В., Белоус Е.С. ... 89

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ
ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
Соколов С.М., Шевчук Л.М., Науменко Т.Е. ... 93

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЛЫХ РЕК ЗАВОЛЖЬЯ
ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
Спирин В.Ф., Орлов А.А., Мосияш С.А., Ковалева Е.В. ... 97

ОСОБЕННОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ И ВЫВЕДЕНИЯ ЦЕЗИЯ-137 У ЛОШАДЕЙ,
ВЫРАЩИВАЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
Телицына Н.В. ... 101

ОБНАРУЖЕНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ БАКТЕРИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Тонко О.В., Коломиец Н.Д., Дудчик Н.В., Нежвинская О.Е., Ханенко О.Н., Левшина Н.Н., Жуковский В.В., Гавриленко В.В. ... 104

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗДОРОВЬЯ
НАСЕЛЕНИЯ В РЕГИОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ
Тотанов Ж.С., Черепанова Л.Ю., Зинуллин У.З., Калмуханова А.К. ... 107

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ
НА ОСНОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА (ПРИМЕР СОЛОМЕНСКОГО РАЙОНА Г. КИЕВА)
Турос Е.И., Ананьева О.В., Петросян А.А. ... 112

БАТАРЕЯ ТЕСТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНЫХ
ГЕНОТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
Ушкова Л.Л., Дудчик Н.В., Грищенкова Т.В., Будкина Е.А. ... 117

ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ
Чаховский П.А., Веялкин И.В., Квяткевич Ю.А. ... 119

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЕГО РОЛИ
В ФОРМИРОВАНИИ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ
Швагер О.В. ... 122

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАГРУЗКИ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ
Щербинская И.П., Арбузов И.В., Соловьева И.В., Быкова Н.П., Мараховская С.В., Семенов И.П., Сорока П.Н. ... 127

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КОНТАМИНАЦИИ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ Г. МИНСКА
ПЛЕСНЕВЫМИ ГРИБАМИ И СОПУТСТВУЮЩЕЙ МИКРОБИОТОЙ
Щербинская И.П., Дудчик Н.В., Кравцова В.В., Науменко С.А., Мараховская С.В., Кулеша З.В., Жевняк И.В., Сорока П.Н. ... 129

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ШУМА ОТ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ ВО ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЕ ПОМЕЩЕНИЙ
Щербинская И.П., Соловьева И.В., Быкова Н.П., Арбузов И.В. ... 133

ТОКСИКОЛОГИЯ 135

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ НЕКОТОРЫХ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТАБАКА
Адамович А.В., Римжа Е.А., ЮрагаТ.М. 135

К ВОПРОСУ КОМБИНИРОВАННОЙ ТОКСИЧНОСТИ В ОСТРЫХ ОПЫТАХ *IN VIVO* СМЕСИ ФОРМАЛЬДЕГИДА И СТИРОЛА
Богданов Р.В., Соболь Ю.А. 138

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ БИНАРНОГО МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «ЭНТОЛЕК»
Буйницкая А.В., *Шевляков В.В., Эрм Г.И., Чернышова Е.В., Студеничник Т.С. 142

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМБИНИРОВАННОГО АНТИСЕПТИЧЕСКОГО ЛЕКАРСТВЕННОГО СРЕДСТВА «ВИТАСЕПТ-СКЗ» И ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА
Бурак И.И., Адаменко Г.В., Миклис Н.И., Корикова С.И., Половинкин Л.В. 146

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОМУ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩЕМУ РАСТВОРУ «АНОЛИТ НЕЙТРАЛЬНЫЙ» И ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ
Бурак И.И., Миклис Н.И., Адаменко Г.В., Корикова С.И. 149

ИЗУЧЕНИЕ ЭМИССИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТДЕЛОЧНО-ИНТЕРЬЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ
Василькевич В.М., Половинкин Л.В., Крымская Т.П. 152

СОСТОЯНИЕ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ ПОСЛЕ ТРЕХ МЕСЯЦЕВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ЭНДОГЕННЫХ НИТРОЗАМИНОВ
Винарская Е.И., Спасская Ю.С., Григоренко Л.Е. 160

НЕСЕДИМЕНТИРУЕМАЯ АКТИВНОСТЬ B-D-ГАЛАКТОЗИДАЗЫ ЛИЗОСОМ ГЕПАТОЦИТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕСТА С НАРАСТАЮЩИМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ НЕИОННОГО ДЕТЕРГЕНТА ПРИ ТОКСИЧЕСКОМ ПОРАЖЕНИИ ПЕЧЕНИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ И ПРОВЕДЕНИИ СОРБЦИОННОЙ ДЕТОКСИКАЦИИ
Глинская Т.Н., Зиновкина В.Ю. 164

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОУДОБРЕНИЯ «АЗОФОБАКТЕРИН-АФ»
Деменкова Т.В., Будкина Е.А., Ильюкова И.И., Лисовская Г.В. 169

КОМПЛЕКСНАЯ НАУЧНАЯ ОЦЕНКА СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ БЕТАНАЛ ЭКСПЕРТ ОФ, АТРИБУТ, ПРЕВИКУР ЭНЕРДЖИ, КОНСЕНТО
Клочкова О.П. 172

ОСОБЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ СМЕСЕЙ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПО ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ
Лисовская Г.В., Ильюкова И.И., Петрова С.Ю., Деменкова Т.В., Гомолко Т.Н. 175

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ НАНОПОКРЫТИЙ ДИОКСИДА ТИТАНА
Миклис Н.И., Алексеев И.С., Бурак И.И. 179

ПОДХОДЫ К ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ИЗДЕЛИЯ «ЭЛЕКТРОННАЯ СИГАРЕТА» КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ
Михина Л.И. 185

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ДЕКОНТАМИНАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ
Ниделько А.А., Рябова Н.В. 188

НОВЫЕ БИОМАРКЕРЫ ЭФФЕКТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС В ТЕСТЕ «ОТКРЫТОЕ ПОЛЕ» ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ БИОИНСЕКТИЦИДОВ
Орленкович Л.Н. 190

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ КОМПЛЕКСНЫХ ДЛЯ КУКУРУЗЫ И ЛЮПИНА
Петрова С.Ю., Ильюкова И.И., Гомолко Т.Н. 194

ОБОСНОВАНИЕ ОРИЕНТИРОВОЧНО БЕЗОПАСНЫХ УРОВНЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОДИФИКАТОРА МБА–100 В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ И ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ
Петрова Т.Е., Юркевич Е.С., Половинкин Л.В., Соболь Ю.А., Буйницкая А.В. 198

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИММУНИТЕТА БЕРЕМЕННЫХ И НЕБЕРЕМЕННЫХ САМОК КРЫС, ПОДВЕРГАВШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ БИОИНСЕКТИЦИДА ЭНТОМОФТОРИНА
Ремез И.М.,Орленкович Л.Н. 201

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА СОХРАНЕНИЕ И РАЗМНОЖЕНИЕ ***E.COLI*** В ПОЧВЕ
Рубин В.М, Будкина Е.А. 205

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАЩЕНИЯ С НЕУТИЛИЗИРОВАННОЙ ЧАСТЬЮ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПОСЛЕ МУСОРОСОРТИРОВКИ
Тетенева И.А. ... 207

СРАВНИТЕЛЬНАЯ КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, МИГРИРУЮЩИХ ИЗ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СОСТАВОВ, ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ
Трейлиб В.В., Половинкин Л.В., Ковшова Т.В. ... 211

ВЛИЯНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА «ЭК-2М» НА ОРГАНИЗМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАНЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ
Трейлиб В.В., Половинкин Л.В., Соболь Ю.А. ... 213

ПОКАЗАТЕЛИ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА
Ушков А.А., Соболь Ю.А., Половинкин Л.В., Устименко Е.О., Бурьяк А.И., Половинкина Т.И., Сорока Л.И. ... 215

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДВУХ ОБРАЗЦОВ АБСОЛЮТИЗИРОВАННОГО ЭТИЛОВОГО СПИРТА «БИОЭТАНОЛ» И «БИОЭТАНОЛ+»
Чайковская И.А., Ушков С.А. ... 218

ХАРАКТЕР ТОКСИЧЕСКОГО И АЛЛЕРГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ НОВОГО КОМБИНИРОВАННОГО МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «ЖЫЦЕНЬ»
Чернышова Е.В., Шевляков В.В., Эрм Г.И., *Филонюк В.А., Буйницкая А В., Студеничник Т.С. ... 223

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «АНТОЙЛ», ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЖИРОВЫХ ВЕЩЕСТВ
Шевляков В.В., Филонюк В.А., Студеничник Т.С., Эрм Г.И., Буйницкая А.В., Сычик Л.М. ... 226

АЛЛЕРГЕННЫЕ И ИММУНОТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМБИНИРОВАННОГО МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «АГРОМИК», ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ТРИТИКАЛЕ
Шевляков В.В., Филонюк В.А., Студеничник Т.С., Эрм Г.И., Чернышова Е.В., Буйницкая А.В. ... 230

ТОКСИКОЛОГО–ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПО БЕЗОПАСНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСНОГО МИКРОБНОГО УДОБРЕНИЯ
Шевляков В.В., Филонюк В.А., Эрм Г.И., Студеничник Т.С., Буйницкая А.В., Чернышова Е.В. ... 233

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ ... 237

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОХРАТОКСИНА А НА *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*
Богдан А.С., Бондарук А.М., Журихина Л.Н., Федоренко Е.В., Морозова Е.А. ... 237

ТОКСИЧНОСТЬ И БЕЗВРЕДНОСТЬ НИТРИТА НАТРИЯ, ЙОДАТА КАЛИЯ И ОХРАТОКСИНА А ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*
Богдан А.С., Бондарук А.М., Журихина Л.Н., Федоренко Е.В, Свинтилова Т.Н. ... 242

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ НА *TETRAHYMENA PYRIFORMIS* БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ И БЕЗВРЕДНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ
Богдан А.С., Бондарук А.М., Цыганков В.Г. ... 247

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ НА *T. PYRIFORMIS* БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ И БЕЗВРЕДНОСТИ ЗЕРНА ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР
Бондарук А.М., Богдан А.С., Долгина Н.А., Свинтилова Т.Н. ... 252

АДАПТАЦИЯ *T. PYRIFORMIS* К КОМБИНИРОВАННОМУ ДЕЙСТВИЮ НИТРИТА НАТРИЯ, ЙОДАТА КАЛИЯ И ОХРАТОКСИНА А В ПРОЛОНГИРОВАННОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ
Бондарук А.М., Богдан А.С., Цыганков В.Г. ... 258

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОФЕ, ПОСТАВЛЯЕМОГО В ТОРГОВУЮ СЕТЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Борщенская Т.И., Бацукова Н.Л., Мельситова И.В., Кудина В.А., Данилюк Ю.С. ... 263

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ БАД К ПИЩЕ НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ В ХРОНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ИНФУЗОРИЯХ *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*
Журихина Л.Н., Цыганков В.Г., Лосева Л.П., Осипова Т.С., Морозова Е.А.

ПЕРВИЧНАЯ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ К ПИЩЕ И ЕЕ КОМПОНЕНТОВ НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ
Журихина Л.Н., Цыганков В.Г., Осипова Т.С., Морозова Е.А. ... 270

БЕЛКОВАЯ ЦЕННОСТЬ ПИЩЕВОГО РАЦИОНА СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА
Ивко Н.А. ... 273

СОДЕРЖАНИЕ ЛИПИДОВ И ДРУГИХ МАКРОНУТРИЕНТОВ В РАЦИОНАХ МУЖЧИН И ЖЕНЩИН 40–59 ЛЕТ
Кедрова И.И., Славинский А.В., Лихошва О.Н., Цыганков В.Г., Федоренко Е.В. ... 278

РЕЗУЛЬТАТЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ПРОДУКЦИИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ В РАМКАХ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА
Корчик Т.В., Кудряшова П.С. 280

ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ЮНОШЕЙ-ФУТБОЛИСТОВ
Лавинский Х.Х., Борисевич Я.Н. 283

ПРОФИЛАКТИКА ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ НУТРИЕНТНЫХ ДЕФИЦИТОВ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ВОЗРАСТА, ПРОЖИВАЮЩИХ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ И ЭНДЕМИЧЕСКИХ ПО ЙОДУ ТЕРРИТОРИЯХ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ
Луценко А.Г., Матасар И.Т., Петрищенко Л.Н. 287

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕКОТОРЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ФАКТИЧЕСКОМ ПИТАНИИ СТУДЕНТОВ
Момяко Я.А., Замбржицкий О.Н. 291

ФОЛИЕВЫЙ СТАТУС ЖЕНЩИН И УРОВЕНЬ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ РАЗВИТИЯ В УКРАИНЕ
Москальчук Л.В. 294

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НОВОЙ РЕЦЕПТУРЫ ХЛЕБОБУЛОЧНОГО ИЗДЕЛИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ — ХЛЕБА ДИАБЕТИЧЕСКОГО «ВЕДА»
Стельмах В.А., Гутковская Д.О. 296

КОМПЛЕКСНАЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОБАВОК ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ К ХЛЕБОБУЛОЧНЫМ ИЗДЕЛИЯМ
Стельмах В.А., Гутковская Д.О., Гомолко Т.Н., Ушков А.А. 301

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ ИЗБЫТОЧНОЙ МАССЫ ТЕЛА У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГОВОЗРАСТА
Цемборевич Н.В., Сычик С.И., Цыганков В.Г. 306

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УРОВНЕЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ Ω-6 И Ω-3 ЖИРНЫХ КИСЛОТ НА ЗРИТЕЛЬНУЮ И КОГНИТИВНУЮ ФУНКЦИИ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА
Цемборевич Н.В., Цыганков В.Г., Сычик С.И., Лихошва О.Н. 310

УГЛЕВОДНЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МОЛОЧНОГО И КИСЛОМОЛОЧНОГО С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЛАКТОЗЫ
Шуляковская О.В., Полянских Е.И., Богданова Л.Л., Жабанос Н.К. 314

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ 318

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ЗДОРОВЬЕ

И

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Сборник научных трудов

Выпуск 22

Ответственный за выпуск О.С. Капранова

Редакторы Т.Н. Беленова, И.А. Здоровикова, О.С. Капранова, Л.А. Федотова, Т.В. Ясевич

Компьютерная верстка Н.Ф. Гелжец, О.С. Капранова

Подписано в печать 17.12.2013. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 37,67. Уч.- изд. л. 36,96.
Тираж 115 экз. Заказ № 21.

Выпущено по заказу Министерства здравоохранения Республики Беларусь

Государственное учреждение
«Республиканская научная медицинская библиотека»
ЛИ № 02330/0548510 от 16.06.2009.
ул. Фабрициуса, 28, 220007, г. Минск
Тел./факс +375 (17) 216-23-33
E-mail: med@med.by
http://www.med.by

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
государственного учреждения
«Республиканская научная медицинская библиотека»
ЛП № 02330/0494258 от 19.05.2009.
ул. Фабрициуса, 28, 220007, г. Минск