

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Министра –
Главный государственный
санитарный врач
Республики Беларусь



А.А.Тарасенко

01 2022 г.

Регистрационный № 019-1221

**МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ,
ОБУСЛОВЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЕМ ХИМИЧЕСКИХ
ВЕЩЕСТВ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ПИТЬЕВУЮ ВОДУ**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ-РАЗРАБОТЧИК:

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»

АВТОРЫ:

к.м.н., доцент Сычик С.И., к.м.н., доцент Дроздова Е.В.,
к.м.н. Просвирякова И.А., к.м.н. Ганькин А.Н., Пшегорода А.Е.,
Суroveň Т.З., Фираго А.В.

Минск, 2022

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель министра —
Главный государственный
санитарный врач
Республики Беларусь

_____ А. А.Тарасенко
28.01.2022
Регистрационный № 019-1221

**МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ,
ОБУСЛОВЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЕМ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ,
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ПИТЬЕВУЮ ВОДУ**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ-РАЗРАБОТЧИК: РУП «Научно-практический центр гигиены»

АВТОРЫ: канд. мед. наук, доц. С. И. Сычик, канд. мед. наук, доц. Е. В. Дроздова,
канд. мед. наук И. А. Просвирякова, канд. мед. наук А. Н. Ганькин,
А. Е. Пшегорода, Т. З. Суворец, А. В. Фираго

Минск 2022

ГЛАВА 1

НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1. В настоящей инструкции по применению (далее — инструкция) изложен метод оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду, который может быть использован в комплексе медицинских услуг, направленных на медицинскую профилактику заболеваний, ассоциированных с загрязнением питьевой воды химическими веществами.

Использование метода позволит:

оценить риск для здоровья населения, ассоциированный с воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду;

оценить ущерб (вред) для здоровья от воздействия летучих химических веществ, загрязняющих питьевую воду, с учетом множественности путей их поступления в организм;

установить причины возникновения и распространения неинфекционных заболеваний, обусловленных воздействием химических веществ, а также обосновать причинно-следственные связи между загрязнением питьевой воды и нарушением здоровья;

организовать проведение и оценку результатов социально-гигиенического мониторинга;

обосновать приоритетные мероприятия, направленные на устранение (снижение) уровня риска для здоровья населения.

2. Настоящая инструкция не распространяется на ситуации, связанные с возникновением аварий (чрезвычайных ситуаций) на централизованных системах питьевого водоснабжения.

3. Настоящая инструкция предназначена для врачей-гигиенистов, иных врачей-специалистов учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, а также сотрудников государственных медицинских научных организаций.

4. Настоящая инструкция вступает в силу с 01.02.2022 взамен инструкции 2.1.4.10-11-2-2005 «Оценка риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих питьевую воду», утвержденной постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 22.02.2005 № 19, утратившей силу согласно постановлению Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.01.2022 № 6.

ГЛАВА 2

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

5. Для целей настоящей инструкции используются следующие термины и определения:

анализ риска — процесс оценки органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, государственными органами и иными государственными организациями, осуществляющими ведомственный контроль в области санитарно-эпидемиологического

благополучия населения, медицинскими научными организациями общедоступной информации для выявления (обнаружения) и оценки рисков в целях принятия мер по предупреждению и минимизации этих рисков (управление рисками), а также в целях информирования в установленном порядке государственных органов, организаций, физических лиц, в т. ч. индивидуальных предпринимателей, о наличии рисков;

идентификация опасности — этап оценки риска, предусматривающий выявление всех потенциально опасных факторов, оценку весомости доказательств их способности вызывать определенные вредные эффекты у населения при предполагаемых условиях воздействия, а также отбор приоритетных факторов, подлежащих углубленному исследованию в процессе оценки риска;

индекс опасности — сумма коэффициентов опасности для загрязняющих веществ с однородным механизмом действия или для разных путей поступления загрязняющего вещества;

концентрация химического вещества в долях предельно допустимой концентрации (далее — доли ПДК) — соотношение фактической концентрации химического вещества к его предельно допустимой концентрации (концентрация/ПДК);

коэффициент опасности — отношение воздействующей дозы (или концентрации) загрязняющего вещества к его безопасному (референтному) уровню воздействия;

критические органы или системы — те органы или системы, в которых при возрастании уровня дозы возникает первый вредный эффект или его известный предвестник;

маршрут воздействия — физический путь загрязнения от источника его образования и поступления в окружающую среду до экспонируемого организма;

неопределенность — ситуация, обусловленная несовершенством знаний о настоящем или будущем состоянии рассматриваемой системы; характеризует частичное отсутствие сведений об определенных параметрах, процессах или моделях, используемых при оценке риска;

нормативы безопасности питьевой воды — совокупность установленных гигиеническими нормативами показателей, обеспечивающих безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении по микробиологическим (биологическим) показателям, в радиационном отношении, безвредность по химическому составу и благоприятные органолептические свойства;

оценка зависимости «доза-ответ» — один из компонентов процедуры оценки риска, процесс характеристики связи между дозой введенного или полученного агента и числом случаев вредного для здоровья эффекта в экспонируемой популяции;

оценка риска — процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных эффектов у человека, обусловленных воздействием факторов окружающей среды;

оценка экспозиции — определение и оценка (качественное и количественное) уровней, продолжительности, частоты и путей воздействия исследуемых факторов на оцениваемые группы населения;

питьевая вода — вода, которая соответствует нормативам безопасности питьевой воды;

потенциальная доза — количество загрязняющего вещества, находящегося на обменных оболочках организма и потенциально способного к абсорбции;

потенциальный риск немедленного действия — вероятность возникновения неблагоприятных последствий для организма человека при заданных условиях, проявляющихся непосредственно в момент воздействия (неприятные запахи, привкус, раздражающие эффекты, различные физиологические реакции и пр.);

путь поступления — способ контакта между организмом и потенциально вредным загрязняющим веществом (пероральное поступление, ингаляция, кожная абсорбция);

референтные (безопасные) уровни воздействия — дозы или концентрации загрязняющих веществ, воздействие которых на популяцию, включая ее чувствительные подгруппы, не вызовет каких бы то ни было уловимых вредных эффектов;

риск — сочетание вероятности неблагоприятного воздействия на организм человека факторов среды его обитания, нарушения законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения и последствий данного воздействия, ведущее к возникновению угрозы жизни и здоровью населения;

риск канцерогенный — вероятность развития новообразований на протяжении всей жизни человека, обусловленная воздействием потенциального канцерогена. Канцерогенный риск представляет собой верхнюю доверительную границу дополнительного пожизненного риска;

риск популяционный — агрегированная мера ожидаемой частоты эффектов среди всех подвергшихся воздействию людей;

риск приемлемый — уровень риска развития неблагоприятного эффекта, который не требует принятия дополнительных мер к его снижению;

сценарий экспозиции (воздействия) — это совокупность факторов, научных предположений, допущений и заключений о том, каким образом происходит воздействие: воздействующие вещества, маршрут воздействия, точки воздействия, пути поступления загрязняющего вещества в организм человека, экспонируемые группы населения;

факторы риска — факторы, провоцирующие или увеличивающие риск развития определенных заболеваний. Некоторые факторы могут являться наследственными или приобретенными, но в любом случае их влияние проявляется при определенном воздействии;

фактор канцерогенного потенциала (фактор наклона) — величина, характеризующая меру дополнительного индивидуального канцерогенного риска или степень увеличения вероятности развития онкологического

заболевания при воздействии канцерогена. Определяется как верхняя 95 % доверительная граница наклона зависимости «доза-ответ» в нижней, линейной части кривой;

характеристика риска — установление источников возникновения и степени выраженности рисков при конкретных сценариях и маршрутах воздействия изучаемых факторов. Данный этап оценки риска интегрирует информацию, полученную на предшествующих этапах, с целью ее последующего использования на стадии управления риском;

централизованная система питьевого водоснабжения — совокупность источников питьевого водоснабжения, сооружений и устройств, функционально связанных между собой и предназначенных для добычи (изъятия), транспортировки, распределения и подачи питьевой воды к местам ее потребления, а при необходимости — для ее подготовки и хранения;

экспозиция (воздействие) — контакт организма с загрязняющим веществом; количество агента, присутствующее на обменных оболочках тела, доступное для абсорбции.

ГЛАВА 3

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

6. Оценка риска для здоровья населения (оценка риска) осуществляются в соответствии с полной (базовой) и/или сокращенной схемами.

Полная (базовая) схема оценки риска предусматривает проведение четырех этапов:

- идентификация опасности;
- оценка экспозиции;
- оценка зависимости «доза-ответ»;
- характеристика риска.

Сокращенная схема применяется при скрининговой оценке риска и может быть ограничена одним или несколькими этапами. Скрининговая оценка риска проводится для уточнения задач исследований, а также экспресс-оценки конкретной санитарно-эпидемиологической ситуации.

Если на этапе идентификации опасности установлено, что исследуемое химическое вещество не представляет реальной опасности для здоровья населения, или имеющиеся данные об экспозиции, показателях опасности химического вещества недостаточны для оценки риска, то последующие этапы оценки риска не проводятся.

7. Исследования по оценке риска могут иметь различную временную направленность:

ретроспективные исследования ставят своей целью оценку риска, обусловленного предшествующими воздействиями химических веществ, загрязняющих питьевую воду;

текущая оценка риска связана с существующим на момент исследований загрязнением питьевой воды;

перспективная оценка риска характеризует уровни риска, которые, вероятно, будут наблюдаться через определенный, заданный период времени при конкретном сценарии воздействия.

ГЛАВА 4 ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТИ

8. Основной задачей этапа идентификации опасности является выбор приоритетных, индикаторных химических веществ, изучение которых позволяет с достаточной надежностью охарактеризовать уровни риска нарушений в состоянии здоровья населения и источники его возникновения.

Идентификация опасности имеет скрининговый характер и предусматривает:

установление и характеристику потенциально экспонируемой популяции;
выявление источников загрязнения питьевой воды и возможного их воздействия на население;

предварительную формулировку сценария, маршрутов воздействия и выбор потенциально опасных химических веществ;

характеристику опасности потенциально вредных эффектов химических веществ и оценку имеющихся данных о возможности развития этих эффектов у населения;

анализ достаточности и надежности имеющихся данных о загрязнении питьевой воды и разработку плана дополнительных исследований, необходимых для корректной оценки экспозиции;

составление перечня приоритетных химических веществ;
характеристику неопределенности идентификации опасности.

9. Процесс идентификации опасности потенциально канцерогенных химических веществ включает:

установление степени доказанности канцерогенности исследуемого химического вещества;

выявление условий, при которых может реально проявиться канцерогенный эффект;

оценку соответствия этих условий специфическим особенностям выбранного сценария воздействия.

10. Весомость доказательств канцерогенности исследуемого химического вещества оценивается на основании существующих классификаций.

10.1. В соответствии с классификацией Международного агентства по изучению рака (далее — МАИР) выделяются следующие группы веществ:

1 группа — канцерогены для человека (вещества, по которым имеются достаточно надежные эпидемиологические данные их канцерогенной опасности для человека, т. е. установлены значения риска по отдельным веществам для отдельных локализаций);

- 2 группа
- 2А подгруппа — вероятные канцерогены для человека (вещества, для которых имеются ограниченные доказательства их канцерогенной опасности для человека);
- 2В подгруппа — возможные канцерогены для человека (вещества, в отношении которых имеются ограниченные доказательства канцерогенной опасности для животных);
- 3 группа — не классифицируются как канцерогены для человека;
- 4 группа — наличие доказательств неканцерогенности для человека.

10.2. В соответствии с классификацией Агентства США по охране окружающей среды (далее — US EPA) потенциальные канцерогенные вещества подразделяются на следующие группы:

- группа А — канцерогены для человека;
- группа В1 — вероятные канцерогены для человека (ограниченные доказательства канцерогенности для человека);
- группа В2 — вероятные канцерогены для человека (достаточные доказательства канцерогенности для животных и недостаточные доказательства или отсутствие данных для человека);
- группа С — возможные канцерогены для человека;
- группа D — не классифицируются как канцерогены для человека;
- группа Е — наличие доказательств отсутствия канцерогенности для человека.

При оценке риска в качестве потенциальных канцерогенов принимаются химические вещества, относящиеся к группам 1, 2А, 2В по классификации МАИР и А, В1, В2 — US EPA.

Степень выраженности канцерогенности оценивается по величине фактора канцерогенного потенциала и единичного риска. Сведения о факторах канцерогенного потенциала химических веществ при пероральном пути поступления представлены в таблице 1 приложения 1.

11. Многие канцерогены способны вызывать не только канцерогенные, но и токсические эффекты. В связи с этим, оценка опасности подобных химических веществ должна осуществляться с учетом как их канцерогенного, так и неканцерогенного действий. При оценке риска развития неканцерогенных эффектов следует исходить из предположения о наличии порога вредного действия, ниже которого вредные эффекты не развиваются.

На этапе идентификации опасности проводится анализ данных о референтных уровнях воздействия, устанавливаются критические органы/системы и неблагоприятные эффекты, которые могут быть обусловлены воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду. Сведения о критических органах/системах при пероральном пути поступления химических веществ представлены в таблице 2 приложения 1.

12. Предварительно на этапе идентификации опасности составляется максимально полный перечень химических веществ, которые могут загрязнять питьевую воду на исследуемой территории.

Формирование окончательного перечня приоритетных химических веществ осуществляется поэтапно:

сбор данных о веществах, загрязняющих питьевую воду, потенциально способных воздействовать на здоровье населения;

анализ опасности (вредности для здоровья), а также имеющейся информации о концентрациях химических веществ в питьевой воде;

определение типичных сценариев экспозиции для выбранных веществ;

предварительный расчет рисков для сценариев воздействия;

ранжирование химических веществ с учетом полученных значений в ходе скрининговой оценки канцерогенных и неканцерогенных рисков,

составление окончательного перечня приоритетных веществ, подлежащих дальнейшей оценке.

Исключение химических веществ из перечня приоритетных веществ осуществляется в соответствии со следующими критериями:

отсутствие результатов измерений концентраций химических веществ или ненадежности имеющихся данных об уровне экспозиции;

химическое вещество обнаружено в незначительном числе проб (менее 5 %);

величина коэффициента опасности менее 0,1;

индивидуальный канцерогенный риск менее 10^{-6} (при условии, что при комбинированном действии с другими химическими веществами, обладающими однородным действием и/или действующими на одни и те же органы и системы, исключение данного вещества не приведет к существенному снижению суммарного риска);

отсутствие выраженной токсичности и отсутствие данных о канцерогенности для человека;

отсутствие данных о биологическом действии химического вещества;

невозможность ориентировочного прогноза показателей токсичности и опасности;

концентрация исследуемого химического вещества не приводит к превышению дозы рекомендуемого суточного потребления.

Соблюдение действующих нормативов безопасности питьевой воды не является основанием для исключения химического вещества из перечня приоритетных веществ, подлежащих оценке.

Итогом реализации этапа является составление окончательного перечня приоритетных веществ, подлежащих дальнейшей оценке, сгруппированных в 3 группы согласно характеру воздействия: «органолептическая» (ольфакторно-рефлекторная), «канцерогенная», «неканцерогенная». Для веществ, обладающих разнонаправленным характером действия, оцениваются все эффекты воздействия.

13. Основными источниками неопределенности этапа идентификации опасности являются:

неполные или неточные сведения об источниках загрязнения,

допущения (неточности) принятые при установлении степени полноты, достоверности и репрезентативности химико-аналитических данных;

слабая доказательность или отсутствие данных о вредных эффектах у человека.

ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ЭКСПОЗИЦИИ

14. На этапе оценки экспозиции проводится определение и оценка уровней, продолжительности, частоты и путей воздействия исследуемых факторов как на популяцию в целом, так и на ее отдельные субпопуляции, включая чувствительные группы.

15. В исследованиях по оценке риска в качестве меры экспозиции используется потенциальная доза или величина поступления, для расчета которой применяются три категории переменных:

переменные, связанные с химическим веществом, загрязняющим питьевую воду — воздействующие концентрации;

переменные, описывающие экспонируемую популяцию — величина контакта, частота и продолжительность воздействия, масса тела;

переменные, установленные исследователем — время осреднения экспозиции.

16. При расчете потенциальных доз, как правило, следует ориентироваться на оценку разумного (обоснованного) максимального воздействия. В качестве меры концентрации в точке воздействия для условий хронических экспозиций чаще всего используется 95 % верхний доверительный интервал средней арифметической величины за период осреднения концентрации. Средние величины потенциальных доз (50-й перцентиль) применяются при относительно небольшом числе данных, а также в тех случаях, когда исследование исходно было нацелено на оценку центральной тенденции.

Максимальные значения потенциальных доз допустимо использовать при малом числе данных и/или большом размахе их колебаний. Однако в этом случае оценка экспозиции, а, следовательно, и рисков будут сильно завышены. Данный факт должен быть отражен в анализе неопределенностей, связанных с расчетом доз и рисков.

17. Величина потенциальной среднесуточной дозы или поступление рассчитывается с учетом воздействующей концентрации, величины контакта, частоты и продолжительности воздействия, массы тела и времени осреднения экспозиции (формула 1):

$$LADD (I) = (C \times IR \times ED \times EF) / (BW \times AT \times 365), \quad (1)$$

где LADD (I) — среднесуточная доза или поступление, мг/(кг x сут);

C — концентрация вещества в воде, мг/л;

IR — скорость поступления воздействующей среды (величина водопотребления, л/сут);

ED — продолжительность воздействия, лет;

EF — частота воздействия, дней/год;

BW — масса тела, кг;

AT — период осреднения экспозиции, лет;

365 — число дней в году.

Стандартные факторы экспозиции при пероральном поступлении химических веществ с питьевой водой представлены в таблице 3 приложения 1 к настоящей инструкции.

18. Анализ неопределенностей на этапе оценки экспозиции включает: анализ источников неопределенностей сценария экспозиции (ошибки описания, агрегации, профессионального суждения, измерений и т. д.), пространственной, временной, межиндивидуальной вариабельности.

ГЛАВА 6

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ «ДОЗА-ОТВЕТ»

19. Оценка зависимости «доза-ответ» предусматривает:

сбор информации о токсических и канцерогенных свойствах химического вещества;

выбор основного критического исследования (наблюдения), наиболее полно характеризующего зависимость «доза-ответ» и наблюдаемые вредные эффекты при тех условиях воздействия, которые в наибольшей степени соответствуют выбранному сценарию и маршрутам воздействия;

анализ дополнительных исследований, поддерживающих правильность выбора критического наблюдения;

определение необходимых параметров зависимости «доза-ответ», оценка неопределенности и экстраполяция параметров зависимости «доза-ответ» на экспонируемое население;

обобщение токсикологической информации и выбор критериев для последующей оценки риска;

итоговую характеристику неопределенности на этапе оценки зависимости «доза-ответ».

20. Критерии оценки зависимости «доза-ответ» определяются типом действия вредных веществ.

20.1. Основным параметром для оценки канцерогенного риска химического вещества с беспороговым механизмом воздействия является фактор канцерогенного потенциала или фактор наклона (далее — SF_0), отражающий степень нарастания канцерогенного риска с увеличением воздействующей дозы на одну единицу и представляет верхнюю, консервативную оценку канцерогенного риска за ожидаемую (среднюю) продолжительность жизни человека (70 лет).

Другим параметром для оценки канцерогенного риска является величина единичного риска (далее — UR), представляющего собой верхнюю,

консервативную оценку канцерогенного риска для человека, подвергающегося на протяжении всей жизни постоянному воздействию анализируемого канцерогена в концентрации 1 мг/л. Единичный риск рассчитывается с использованием величины фактора канцерогенного потенциала, стандартных значений массы тела человека и суточного водопотребления (формула 2):

$$UR = SF_0 \times 1 / BW \times IR, \quad (2)$$

где UR — единичный риск, мг/л;

SF₀ — фактор канцерогенного потенциала при пероральном воздействии, (мг/кг x сут)⁻¹;

IR — скорость поступления воздействующей среды (среднесуточное водопотребление), л/сут;

BW — средняя масса тела (кг).

20.2. Для химических веществ, не обладающих канцерогенным механизмом воздействия, учитывается существование пороговых уровней, ниже которых вредные эффекты не возникают. Оценка воздействия данных химических веществ может проводиться путем сопоставления анализируемого уровня воздействия на человека с величиной референтной дозы. Для расчета величины референтной дозы используется формула (3):

$$RfD = (RfC \times IR \times ED \times EF) / (BW \times AT \times 365), \quad (3)$$

где RfD — референтная доза, мг/(кг x сут);

RfC — референтная концентрация химического вещества в питьевой воде, мг/л;

IR — скорость поступления воздействующей среды (величина водопотребления, л/сут);

ED — продолжительность воздействия, лет;

EF — частота воздействия, дней/год;

BW — масса тела, кг;

AT — период осреднения экспозиции, лет;

365 — число дней в году.

В качестве референтных концентраций химических веществ в питьевой воде целесообразно применение гигиенических нормативов (показателей) безопасности питьевой воды.

Полученное таким образом значение референтного уровня воздействия используется в дальнейшем для расчета коэффициента опасности.

21. Основными источниками неопределенности, которые могут иметь место при проведении оценки зависимости «доза-ответ», являются:

неопределенности, связанные с установлением референтного уровня воздействия;

неопределенности, обусловленные переносом результатов эпидемиологических исследований на оцениваемую экспонируемую популяцию;

неопределенности, связанные с установлением степени доказанности канцерогенного эффекта у человека;

неопределенности при установлении фактора канцерогенного потенциала;

неопределенности в определении критических органов/систем и вредных эффектов;

неопределенности, связанные с незнанием механизмов взаимодействия компонентов смесей химических веществ или особенностей токсикокинетики и токсикодинамики.

ГЛАВА 7

ХАРАКТЕРИСТИКА РИСКА

22. На этапе характеристики риска интегрируется информация об опасности анализируемых химических веществ, величине экспозиции, с целью качественной и количественной оценки риска. Кроме того, на этом этапе осуществляется характеристика всех предположений, научных гипотез и неопределенностей, которые способны исказить результаты анализа риска и конечные выводы.

Для веществ, обладающих разнонаправленным характером действия, оцениваются все эффекты воздействия.

23. Оценка потенциального канцерогенного риска проводится поэтапно:

обобщение и анализ всей имеющейся информации о вредных факторах, особенностях их действия на организм человека, уровнях экспозиции;

расчет индивидуального канцерогенного риска для каждого отдельного вещества, поступающего в организм человека анализируемым путем;

расчет популяционного канцерогенного риска;

расчет канцерогенного риска при комбинированном воздействии на организм нескольких химических соединений;

расчет суммарного канцерогенного риска для анализируемого пути поступления;

обсуждение и оценка источников неопределенности и вариабельности результатов характеристики риска.

24. Расчет индивидуального канцерогенного риска осуществляется с использованием данных о величине экспозиции и значении фактора канцерогенного потенциала. Как правило, для канцерогенных химических веществ дополнительная вероятность развития онкологического заболевания у индивидуума на всем протяжении жизни оценивается с учетом среднесуточной дозы в течение жизни (формула 4):

$$CR = LADD \times SF_0 \times a, \quad (4)$$

где CR — индивидуальный канцерогенный риск;

LADD — среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг x сут);

SF₀ — фактор канцерогенного потенциала при пероральном пути поступления (мг/кг x сут)⁻¹;

a = 1 = 70/70 — величина, отражающая количество лет, в течение которых индивидуум подвергается воздействию.

При использовании единичного риска расчетная формула приобретает следующий вид (формула 5):

$$CR = C \times UR, \quad (5)$$

где CR — индивидуальный канцерогенный риск;

UR — единичный риск, (мг/л)⁻¹;

C — средняя концентрация вещества в питьевой воде, мг/л.

При относительно высоких уровнях воздействия канцерогена (скрининговый уровень риска более 0,01) расчет риска производится по формуле 6:

$$CR = 1 - \exp(-SF_0 \times LADD), \quad (6)$$

где CR — индивидуальный канцерогенный риск;

SF₀ — фактор канцерогенного потенциала при пероральном пути поступления, (мг/кг x сут)⁻¹;

LADD — среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг x сут).

При углубленном анализе канцерогенных рисков, связанных с воздействием химических веществ, относящихся к группам 1, 2А по классификации МАИР и А, В1 по классификации US EPA, целесообразно группировать исследуемые канцерогены с учетом вида и/или локализации опухолей. В этом случае расчет суммарных канцерогенных рисков осуществляется отдельно для каждой выделенной группы (например, рак печени, рак почек и т. д.). Предположение об аддитивности канцерогенных эффектов справедливо только для области малых вероятностей эффектов и относительно низких уровней воздействия. При несоблюдении этого условия, более оправданным является применение формулы 7:

$$TCR = 1 - (1 - CR_1) \times (1 - CR_2) \times \dots \times (1 - CR_i), \quad (7)$$

где TCR — суммарный канцерогенный риск;

CR_{1...i} — канцерогенные риски, связанные с изолированным воздействием i - го канцерогена.

При воздействии нескольких канцерогенов суммарный канцерогенный риск для перорального пути поступления рассчитывается по формуле 8:

$$TCR = \sum CR_i, \quad (8)$$

где TCR — суммарный канцерогенный риск для перорального пути поступления;

CR_i — канцерогенный риск для i-го канцерогенного вещества.

25. Расчет величин популяционных рисков, отражающих дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть на протяжении жизни вследствие воздействия исследуемого фактора в изучаемой популяции, проводят по формуле 9:

$$PCR = CR \times POP, \quad (9)$$

где PCR — популяционный канцерогенный риск;

CR — индивидуальный канцерогенный риск;

POP — экспонируемая популяция, человек.

26. При сравнительной характеристике канцерогенного риска проводят расчет условного годового риска — расчетное число дополнительных случаев злокачественных новообразований в течение года (формула 10):

$$I_a = (\sum C \times POP) \times UR / 70, \quad (10)$$

где I_a — условный годовой риск;

C — среднегодовая концентрация i-го вещества, мг/л;

POP — численность популяции, подвергающейся воздействию, человек;

UR — единичный риск в течении жизни (70 лет).

Величину годового риска не следует использовать для проведения прямых аналогий между уровнями фактической онкологической заболеваемости или смертности и значениями этих рисков.

27. Критерии оценки величины индивидуального канцерогенного риска:

Приемлемый риск — равный или меньший 1×10^{-6} , что соответствует одному дополнительному случаю онкологического заболевания или смерти на 1 млн экспонированных лиц.

Характеризует такие уровни риска, которые воспринимаются всеми людьми как пренебрежимо малые, не отличающиеся от обычных, повседневных. Подобные риски не требуют никаких дополнительных мероприятий

	по их снижению и их уровни подлежат только периодическому контролю.
Допустимый риск	— более 1×10^{-6} , но менее 1×10^{-5} , что соответствует зоне условно приемлемого риска. Уровни допустимого риска подлежат контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению.
Средний риск	— более 1×10^{-5} , но менее 1×10^{-3} . Появление такого риска требует проведения динамического контроля с углубленным изучением источников и возможных последствий неблагоприятных воздействий для решения вопроса о мерах по управлению риском.
Высокий риск	— 1×10^{-3} и более. При данном уровне риска необходимо осуществление мероприятий по устранению или снижению риска.

28. Для веществ, обладающих неканцерогенным механизмом воздействия, характеристика риска предполагает расчет:

коэффициента опасности;

индекса опасности;

потенциального риска немедленного действия;

потенциального риска длительного (хронического) воздействия.

29. Расчет коэффициента опасности, как правило, проводится с учетом критических органов/систем, поражаемых исследуемыми веществами. Коэффициент опасности рассчитывается с использованием формул 11 и 12:

$$HQ = AD / RfD, \quad (11)$$

$$HQ = AC / RfC, \quad (12)$$

где HQ — коэффициент опасности;

AD — оцениваемая доза химического вещества в воде, мг/кг;

AC — оцениваемая концентрация химического вещества в воде, мг/л;

RfC — референтная (безопасная) концентрация, мг/л;

RfD — референтная (безопасная) доза, мг/кг.

При коэффициенте опасности, равном или меньше 1,0 риск вредных эффектов рассматривается как пренебрежимо малый. С увеличением коэффициента опасности вероятность развития вредных эффектов возрастает.

30. Оценка риска при комбинированном воздействии химических веществ проводится на основе расчета индекса опасности. Индекс опасности

при условии одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем рассчитывается по формуле 13:

$$HI = \sum HQ_i, \quad (13)$$

где HI — индекс опасности;

HQ_i — коэффициенты опасности для отдельных компонентов смеси воздействующих веществ.

31. Критерии оценки величины коэффициента (индекса) опасности:
- | | |
|---------------------|---|
| минимальный | — менее 0,1; |
| низкий | — равен или более 0,1, но менее 1; |
| средний | — равен или более 1, но менее 5; |
| высокий | — равен или более 5, но менее или равен 10; |
| чрезвычайно высокий | — более 10. |

32. При установлении величины потенциального риска немедленного действия в качестве эффекта оценивается вероятность развития ольфакторно-рефлекторных эффектов (ощущение неприятного запаха, привкуса, окраски и пр.) или эффектов психологического дискомфорта.

33. Установление величины потенциального риска немедленного действия проводится с использованием данных об органолептических показателях питьевой воды (запах, привкус, цветность и мутность), значениях водородного показателя и концентраций химических веществ.

34. Для оценки запаха и привкуса питьевой воды используется оценочная шкала интенсивности запаха и привкуса (таблица 1). Каждый балл оценочной шкалы может быть охарактеризован не только с позиции степени проявления запаха и привкуса описательного характера, но и позволяет предположить вероятность его обнаружения.

Таблица 1. — Шкала интенсивности запаха и привкуса питьевой воды

Интенсивность запаха (привкуса) в баллах	Характеристика запаха (привкуса)	Проявление запаха (привкуса)	Вероятность (риск) обнаружения запаха (привкуса)	Доля населения, обнаруживающего запах (привкус), %
0	Не ощущается	Отсутствует	0	0
1	Очень слабый	Не ощущается потребителем, но обнаруживается специалистом	0,02	2–5
2	Слабый	Обнаруживается потребителем, если обратить его внимание	0,16	10–20

3	Заметный	Легко обнаруживается, может быть причиной непригодности воды для питья	0,5	Около 50
4	Отчетливый	Привлекает внимание, может заставить воздержаться от питья	0,84	80–90
5	Очень сильный	Настолько сильный, что делает воду непригодной для питья	0,98	Более 95

35. По показателю цветности питьевой воды потенциальный риск немедленного действия определяется в соответствии с формулой 14:

$$P_{\text{Гоб}} = - 3,33 + 0,067 \times Ц, \quad (14)$$

где Ц — цветность воды, в градусах цветности;

$P_{\text{Гоб}}$ — величина, связанная с вероятностью (риском) законом нормального вероятностного распределения. Для практического перевода « $P_{\text{Гоб}}$ » в вероятность (риск) используются встроенные функции специализированных пакетов программ. Так, например, пакет Microsoft Excel, для этой цели предлагает встроенную функцию нормального вероятностного распределения (НОРМСТРАСП).

36. Потенциальный риск немедленного действия по показателю мутности питьевой воды рассчитывается по формуле 15:

$$P_{\text{Гоб}} = - 3 + 0,25 \times М, \quad (15)$$

где М — значение мутности, в единицах мутности по формазину (ЕМФ);

$P_{\text{Гоб}}$ — величина, связанная с вероятностью (риском) законом нормального вероятностного распределения;

перевода мг/дм^3 в ЕМ/дм^3 целесообразно проводить исходя из соотношения: $1,5 \text{ мг/дм}^3$ каолина соответствует $2,6 \text{ ЕМ/дм}^3$ формазина или 1 ЕМ/дм^3 соответствует $0,58 \text{ мг/дм}^3$.

37. Потенциальный риск немедленного действия по водородному показателю рассчитывается по формулам 16 и 17:

$$P_{\text{Гоб}} = 4 - \text{pH}, \text{ для } \text{pH} \leq 7, \quad (16)$$

$$P_{\text{Гоб}} = -11 + p\text{H}, \text{ для } p\text{H} > 7, \quad (17)$$

где $p\text{H}$ — водородный показатель, в единицах $p\text{H}$;

$P_{\text{Гоб}}$ — величина, связанная с вероятностью (риском) законом нормального вероятностного распределения.

38. Критерии оценки величины потенциального риска немедленного действия по органолептическим показателям (запах, привкус, мутность, цветность) и водородному показателю питьевой воды:

Приемлемый риск	— до 2 % (или до 0,02 в долях единицы), состояние дискомфорта, связанное с воздействием оцениваемого фактора, может проявляться лишь в единичных случаях у особо чувствительных людей.
Удовлетворительный	— свыше 2 до 16 % (свыше 0,02 до 0,16 в долях единицы), возможны частые случаи жалоб населения на различные дискомфортные состояния, связанный с воздействием оцениваемого фактора.
Неудовлетворительный	— свыше 16 до 50 % (или свыше 0,16 до 0,50 в долях единицы), возможны систематические жалобы населения на различные дискомфортные состояния, связанный с воздействием оцениваемого фактора.
Опасный риск	— более 50 % (более 0,50 в долях единицы), возможны массовые случаи жалоб населения на различные дискомфортные состояния, связанный с воздействием оцениваемого фактора.
Чрезвычайно опасный	— близкий к 100 % (или близкий к 1), в данном случае загрязнение перешло в иное качественное состояние, которое должно оцениваться с использованием иных, более специфических моделей.

39. Величина потенциального риска немедленного действия химических веществ, нормируемых по их влиянию на органолептические свойства воды, определяется в соответствии с формулой 18:

$$P_{\text{Гоб}} = -2 + 3,32 \times \log (C / \text{ПДК}), \quad (18)$$

где C — концентрация химического вещества в воде, мг/л;

ПДК — показатель безопасности воды по химическому составу, мг/л;

$P_{\text{Гоб}}$ — величина, связанная с вероятностью (риском) законом нормального вероятностного распределения.

40. Критерии оценки величины потенциального риска немедленного действия химических веществ:

Приемлемый риск	<p>— до 2% (или до 0,02 в долях единицы). Практически исключается рост заболеваемости населения, состояние дискомфорта, связанное с воздействием оцениваемого фактора, может проявляться лишь в единичных случаях у особо чувствительных людей.</p>
Удовлетворительный	<p>— свыше 2 до 16 % (свыше 0,02 до 0,16 в долях единицы). Возможны частые случаи жалоб населения на различные дискомфортные состояния, связанные с воздействием оцениваемого фактора (неприятные запахи, рефлекторные реакции и пр.), тенденция к росту общей заболеваемости, обычно отслеживаемая по данным медицинской статистики или при проведении специальных исследований, как правило, не носит достоверного характера.</p>
Неудовлетворительный	<p>— свыше 16 до 50 % (или свыше 0,16 до 0,50 в долях единицы). Возможны систематические жалобы населения на различные дискомфортные состояния, связанные с воздействием оцениваемого фактора (неприятные запахи, рефлекторные реакции и пр.), при тенденции к росту общей заболеваемости, которая, как правило, носит достоверный характер.</p>
Опасный риск	<p>— более 50 % (или более 0,50 в долях единицы). Возможны массовые случаи жалоб населения на различные дискомфортные состояния, связанные с воздействием оцениваемого фактора при достоверной тенденции к росту общей заболеваемости, а также появление других эффектов неблагоприятного воздействия (появление патологии, специфически связанной с типом воздействующего фактора и пр.).</p>
Чрезвычайно опасный	<p>— близкий к 100 % (или близкий к 1). В данном случае загрязнение перешло в иное качественное состояние (появление случаев острого отравления, изменение структуры заболеваемости, тенденция к росту смертности и пр.), которое должно оцениваться с использованием иных, более специфических моделей.</p>

41. Расчет потенциального риска развития неспецифических токсических эффектов, связанных с регулярным потреблением загрязненной питьевой воды, целесообразно проводить по формуле 19:

$$\text{Risk} = 1 - \exp((\ln(0,84) / (\text{ПДК} \times K_3)) \times C), \quad (19)$$

где Risk — потенциальный риск длительного (хронического) воздействия;
 ПДК — показатель безопасности воды по химическому составу, мг/л;
 K_3 — коэффициент запаса, обычно принимаемый равным 10 (для примесей, обладающих канцерогенными свойствами — 100);
 C — концентрация химического вещества в воде, мг/л.

Данный подход применим при уровне загрязнения объекта среды обитания до 10–15 ПДК.

42. Одним из методов оценки комбинированного риска является способ, где комбинированный риск определяется как сумма рассчитанных величин риска по каждому из принятых в расчет веществ.

Еще одним подходом, который может применяться для оценки комбинированного действия, является метод, основанный на умножении вероятностей (формула 20):

$$\text{Risk}_{\text{сум}} = 1 - (1 - \text{Risk}_1) \times (1 - \text{Risk}_2) \times (1 - \text{Risk}_3) \times \dots \times (1 - \text{Risk}_n), \quad (20)$$

где $\text{Risk}_{\text{сум}}$ — риск комбинированного действия примесей;
 $\text{Risk}_1 - \text{Risk}_n$ — риск действия каждого изолированного химического вещества.

43. Критерии оценки величины потенциального риска длительного (хронического) воздействия:

Приемлемый риск	— до 5 % (или до 0,05 в долях единицы). При данном уровне риска, как правило, отсутствуют неблагоприятные медико-экологические тенденции.
Вызывающий опасение риск	— от 5 до 16 % (или от 0,05 до 0,16 в долях единицы). При данном уровне риска, как правило, возникает тенденция к росту неспецифической патологии.
Опасный риск	— от 16 до 50 % (или от 0,16 до 0,50 в долях единицы). При данном уровне риска, как правило, возникает достоверная тенденция к росту неспецифической патологии при появлении единичных случаев специфической патологии.
Чрезвычайно опасный риск	— от 50 до 84 % (или от 0,50 до 0,84 в долях единицы). При данном уровне риска, как правило, возникает достоверный рост неспецифической патологии при появлении значительного числа случаев специфической патологии, а также тенденция к увеличению смертности населения.

Катастрофический риск — близкий к 100 % (или близкий к 1).
Загрязнение окружающей среды в данном случае перешло в иное качественное состояние (появление случаев хронического отравления, изменение структуры заболеваемости, достоверная тенденция к росту смертности и пр.), которое должно оцениваться с использованием иных, более специфических моделей.

ГЛАВА 8

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, АССОЦИИРОВАННОГО С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛЕТУЧИХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ПИТЬЕВУЮ ВОДУ, С УЧЕТОМ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ПУТЕЙ ИХ ПОСТУПЛЕНИЯ В ОРГАНИЗМ

44. Оценка потенциального риска здоровью населения, обусловленного загрязнением питьевой воды летучими химическими веществами, целесообразно проводить с учетом перорального, ингаляционного и кожного путей поступления в организм человека.

45. Расчет величины среднесуточной потенциальной дозы (поступления) при пероральном пути поступления летучих химических веществ (LADD) проводят по стандартной формуле (1).

46. Расчет величины среднесуточной дозы при ингаляционном поступлении летучих химических веществ, испаряющихся из питьевой воды (LADD (I)), проводят по формуле 21:

$$\text{LADD (I)} = \text{CDI} \times \text{ED} \times \text{EF} / (\text{AT} \times 365), \quad (21)$$

где LADD (I) — среднесуточная доза при ингаляционном поступлении или ингаляционное поступление, мг/(кг x день);

CDI — средняя концентрация в воздухе, мг/м³;

ED — продолжительность воздействия, лет;

EF — частота воздействия, дней/год;

AT — период усреднения экспозиции, лет.

Стандартные факторы экспозиции, рекомендуемые для расчета среднесуточной дозы: частота воздействия (EF) — 350 дней/год, продолжительность воздействия (ED) и период осреднения экспозиции (AT) — 30 лет, для канцерогенов 70 лет.

Расчет значения средней концентрации химического вещества в воздухе помещения душевой кабины/ванны, испаряющегося из питьевой воды (CDI), проводят по формуле 21.1:

$$CDI = 0,12 \times C_w \times \Theta, \quad (21.1)$$

где CDI — средняя концентрация химического вещества в воздухе, мг/м³;
 C_w — концентрация химического вещества в воде, мг/л;
 Θ — эффективность массопереноса вещества из воды в воздух.

Формула 21.1 приведена для стандартных факторов экспозиции: водопотребление общее — 30 л/ч, в т. ч. для умывания, душа, ванны — 8 л/мин; общее время пребывания в квартире — 16 ч/день, в т. ч. продолжительность сна, отдыха — 8 ч., время, затрачиваемое на умывание, принятия душа, ванны — 30 мин/день; скорости вентиляции в квартире — 360 м³/ч, в т. ч. в ванной комнате — 0,5 м³/мин, объем легочной вентиляции в состоянии покоя — 0,007 м³/(кг х ч), при активной деятельности — 0,02 м³/(кг х ч).

Эффективность массопереноса вещества из воды в воздух (Θ) определяется по формуле 21.1.1:

$$\Theta = 3000000 / (2,5 / D_w^{0,67}) + [(R \times T / (H \times D_a^{0,33}))], \quad (21.1.1)$$

где Θ — эффективность массопереноса вещества из воды в воздух;
 D_w — коэффициент диффузии в воду, см²/с;
 R — универсальная газовая постоянная;
 T — температура в квартире, (273 + 20 = 293), °К;
 H — константа закона Генри, Па·м³/моль;
 D_a — коэффициент диффузии в воздух, см²/с.

Коэффициенты диффузии в воду (D_w) и в воздух (D_a) рассчитываются по формулам 21.1.1.1 и 21.1.1.2:

$$D_w = 22 \times 0,00001 / MW^{0,67}, \quad (21.1.1.1)$$

$$D_a = 1,9 / MW^{0,67}, \quad (21.1.1.2)$$

где MW — молекулярная масса химического вещества, г/моль.

Стандартная формула для расчета CDI приведена в таблице 1 приложения 2.

47. Расчет величины средней суточной дозы при накожной экспозиции летучих химических веществ из водопроводной (питьевой) воды (DAD) проводят по формуле 22:

$$DAD = (DA_e \times EV \times ED \times EF \times SA) / (BW \times AT \times 365 \times 1000), \quad (22)$$

где DAD — поглощенная доза, мг/(кг х день);
 DA_e — абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи, мг/см²-событие;
 EV — частота контакта, число контактов/день;

ED — продолжительность воздействия, лет;
 EF — частота воздействия, дней/год;
 SA — площадь участка кожи, см²;
 BW — масса тела, кг;
 AT — период усреднения экспозиции, лет.

Абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи рассчитывается по формуле 22.1:

$$DAe = 2 \times Kp \times Cw \times (6 \times thae \times te/3,14)^{0,5}, \quad (22.1)$$

где DAe — абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи, мг/см²-событие;

Kp — коэффициент кожной проницаемости, см/ч;
 Cw — концентрация химического вещества в воде, мг/л;
 thae — лаг-период на событие, час/событие;
 te — продолжительность одного события, час/событие.

Формула 22.1 приведена для стандартных факторов экспозиции: продолжительности одного события (te, час/событие) равном или меньшем времени достижения равновесного состояния (t, ч).

Расчет лаг-периода на событие проводится по формуле 22.1.1:

$$thae = 0,16 \times 10^{(0,0056 \times MW)}, \quad (22.1.1)$$

где thae — лаг-период на событие, час/событие;

MW — молекулярная масса химического вещества, г/моль.

Стандартная формула для расчета абсорбированной дозы за одно событие на экспонируемую площадь кожи приведена в таблице 2 приложения 2.

48. Характеристика развития канцерогенных эффектов с учетом множественности путей поступления в организм летучих химических веществ, загрязняющих питьевую воду, проводится на основании расчета индивидуального канцерогенного риска по схеме согласно таблице 2.

Таблица 2. — Схема расчета индивидуального канцерогенного риска при множественности путей поступления химических веществ, загрязняющих питьевую воду

Путь поступления	Среда (питьевая вода)
Ингаляция	CR _{wi}
Перорально	CR _{wo}
Накожно	CR _{wd}
Сумма	CR _w
Примечания: 1) CR — индивидуальный канцерогенный риск; 2) i — ингаляция; 3) o — перорально; 4) d — накожно; 5) w — питьевая вода.	

Величина индивидуального канцерогенного риска воздействия химического вещества, загрязняющего питьевую воду, при множественности путей поступления в организм, определяется в соответствии с формулой 23:

$$CR_w = \sum CR_{w_j}, \quad (23)$$

где CR_w — индивидуальный канцерогенный риск воздействия химического вещества, загрязняющего питьевую воду;

CR_{w_j} — индивидуальный канцерогенный риск для каждого пути поступления химического вещества, загрязняющего питьевую воду.

Для оценки величины индивидуального канцерогенного риска воздействия химического вещества, загрязняющего питьевую воду, при множественности путей поступления в организм, применяются критерии приведенные в п. 27.

49. Характеристика развития неканцерогенных эффектов при множественности путей поступления в организм летучих химических веществ, загрязняющих питьевую воду, проводится на основании расчета индекса опасности в соответствии со схемой, приведенной в таблице 3.

Таблица 3. — Схема расчета индекса опасности при множественности путей поступления химических веществ, загрязняющих питьевую воду

Путь поступления	Среда (питьевая вода)
Ингаляция	HQ_{wi}
Перорально	HQ_{wo}
Накожно	HQ_{wd}
Сумма	HI_w
Примечания: 1) HQ — коэффициент опасности; 2) i — ингаляция; 3) o — перорально; 4) d — накожно; 5) w — питьевая вода.	

Величина индекса опасности воздействия химического вещества, загрязняющего питьевую воду, при множественности путей поступления в организм определяется по формуле 24:

$$HI_w = \sum HQ_{w_j}, \quad (24)$$

где HI_w — индекс опасности воздействия химического вещества, загрязняющего питьевую воду;

HQ_{w_j} — коэффициент опасности для каждого пути поступления химического вещества, загрязняющего питьевую воду.

Для оценки индекса (коэффициента) опасности воздействия химического вещества, загрязняющего питьевую воду, при множественности путей поступления в организм, применяются критерии приведенные в п. 31.

Для экстраполяции значений поглощенной дозы с перорального пути поступления на условия кожного воздействия данные величины пересчитываются с использованием коэффициента всасывания в желудочно-кишечном тракте на значения поглощенных доз (формула 25):

$$RfDd = RfDo \times GIABS, \quad (25)$$

где $RfDd$ — поглощенная доза при кожном воздействии, мг/кг;

$RfDo$ — референтная доза при хроническом пероральном поступлении, мг/кг;

$GIABS$ — коэффициент абсорбции в желудочно-кишечном тракте (для целей оценки риска при множественных путях поступления $GIABS$ может быть принят равным 1).

50. Примеры расчета величины индивидуального канцерогенного риска летучих химических веществ, загрязняющих питьевую воду, с учетом перорального, ингаляционного и кожного пути поступления в организм человека, приведены в приложении 3.

к инструкции по применению «Метод оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду»
(Справочное)

Таблица 1. — Фактор канцерогенного потенциала при пероральном поступлении химических веществ, (мг/кг х сут)⁻¹

№	CAS	Вещество	SFo	ЕРА	МАИР
1	115-02-6	Азасерин	11		2В
2	446-86-6	Азатиоприн	1,8		1
3	103-33-3	Азобензол	0,11	В2	3
4	79-06-1	Акриламид	4,5	В2	2А
5	107-13-1	Акрилонитрил	0,54	В1	2В
6	50-76-0	Актиномицин D	8700		3
7	1596-84-5	Алар	0,018	В2	
8	15972-60-8	Алахлор	0,081	В2	
9	309-00-2	Алдрин	17	В2	2А
10	107-05-1	Аллил хлористый	0,021	С	3
11	82-28-0	Амино-2-метилантрахинон, 1-	0,15		3
12	68006-83-7	Амино-3-метил-9Н-пиридо[2,3-б]индол, 2-	1,2		2В
13	67730-11-4	Амино-6-метилдипирилдо (1,2-а:3',2'-d)имидазол, 2-	4,8		2В
14	26148-68-5	2-Амино-9Н-пиридо[2,3-б] индол	0,4		2В
15	6109-97-3	Амино-9-этилкарбазол, 3-, гидроклорид	0,078		
16	97-56-3	Аминоазотолуол, о-	3,8		2В
17	117-79-3	Аминоантрахинон, 2-	0,033		3
18	67730-10-3	Аминодипиридо (1,2-а:3', 2'-d) имидазол, 2-	1,4		2В
19	92-67-1	Аминодифенил, 4-	21		1
20	61-82-5	Амитрол	0,91		2В
21	62-53-3	Анилин	0,0057	В2	2А
22	140-57-8	Арамит	0,025	В2	2В
23	1912-24-9	Атразин	0,222	С/В2	2В
24	492-80-8	Аурамин	0,88		2В
25	60-35-5	Ацетамид	0,07		2В
26	53-96-3	Ацетиламинофлуорен	3,8		
27	62-44-2	Ацетофенетидин, п-	0,0022		1
28	30560-19-1	Ацефат	0,0087	С	
29	50594-66-6	Ацифлуорфен	0,11		
30	56-55-3	Бенз[а]антрацен	1,2	В2	2В
31	92-87-5	Бензидин	230	А	1
32	100-44-7	Бензил хлористый	0,17	В2	3
33	50-32-8	Бензо(а)пирен	1,3	В2	1
34	205-99-2	Бензо(б)флуорантен	1,2	В2	2В
35	205-82-3	Бензо(ј)флуорантен	1,2		2В
36	207-08-9	Бензо(к)флуорантен	1,2	В2	2В

№	CAS	Вещество	SFo	EPA	МАИР
37	71-43-2	Бензол	0,055	A	1
38	98-07-7	Бензотрихлорид	13	B2	2B
39	7440-41-7	Бериллий	4,3	B1	1
40	1304-56-9	Бериллий оксид	7		1
41	13510-19-1	Бериллий сульфат (1:1)	3000		1
42	39638-32-9	Бис (2-хлоризопропиловый) эфир	0,07	C	
43	111-44-4	Бис(2-хлорэтиловый) эфир	1,1	B2	3
44	72-55-9	Бис(п-хлорфенил)-1,1-дихлорэтилен, 2,2-DDE	0,34	B2	2B
45	132-27-4	Бифенилол, 2-, натриевая соль	0,003		2B
46		Бромдифенилы	8,9	B2	2B
47	75-27-4	Бромдихлорметан	0,062 ¹⁾ 0,13 ²⁾ 0,062 ³⁾	B2	2B
48	75-25-2	Бромоформ	0,0079 ¹⁾ 0,0039 ²⁾ 0,0079 ³⁾	B2	3
49	106-99-0	Бутадиен, 1,3-	3,4	A/B2	2A
50	75-65-0	Бутанол, трет-	0,0005		
51	3068-88-0	Бутиролактон, бета-	1		2B
52	75-01-4	Винилхлорид	0,72	A	1
53	608-73-1	Гексахлоран	1,8	B2	2B
54	118-74-1	Гексахлорбензол	1,6	B2	2B
55	87-68-3	Гексахлорбутадиен	0,0078	C	3
56	34465-46-8	Гексахлордibenзо-п-диоксин	3300		
57	39227-28-6	Гексахлордibenзо-п-диоксин, 1,2,3,4,7,8-	13000	B2	
58	19408-74-3	Гексахлордibenзо-п-диоксин, 1,2,3,7,8,9-	6200	B2	3
59	57653-85-7	Гексахлордibenзо-п-диоксин, 1,2,3,6,7,8-	6200	B2	3
60	70648-26-9	Гексахлордibenзофуран, 1,2,3,4,7,8-	13000	B2	
61	57117-44-9	Гексахлордibenзофуран, 1,2,3,6,7,8-	13000	B2	
62	72918-21-9	Гексахлордibenзофуран, 1,2,3,7,8,9-	13000	B2	
63	60851-34-5	Гексахлордibenзофуран, 2,3,4,6,7,8-	13000	B2	
64	67-72-1	Гексахлорэтан	0,014	C	3
65	76-44-8	Гептахлор	4,5	B2	2B
66	35822-46-9	Гептахлордibenзо-п-диоксин, 1,2,3,4,6,7,8-	1600	B2	3
67	67562-39-4	Гептахлордibenзофуран, 1,2,3,4,6,7,8-	1300	B2	
68	1024-57-3	Гептахлорэпоксид	9,1	B2	2B
69	302-01-2	Гидразин	3	B2	2B
70	10034-93-2	Гидразин сульфат	3	B2	
71	16568-02-8	Гиромитрин	10		3
72	4342-03-4	Дакарбазин	49		2B
73	50-29-3	ДДТ	0,34	B2	2A
74	103-23-1	Ди(2-этилгексил)адипат	0,0012	C	3
75	117-81-7	Ди(2-этилгексил)фталат	0,014	B2	2B
76	2303-16-4	Диаллат	0,061	B2	3
77	39156-41-7	Диаминоанизол, 2,4-, сульфат	0,013		
78	615-05-4	Диаминоанизол, 2,4-	0,023		2B
79	101-77-9	Диаминодифенилметан, 4,4'-	0,25		2B

№	CAS	Вещество	SFo	EPA	МАИР
80	224-42-0	Дибен[а,і]акридин	1,2		2В
81	53-70-3	Дибенз(а,н)антрацен	4,1	В2	2А
82	226-36-8	Дибенз[а,н]акридин	1,2		2А
83	194-59-2	7А-Дибензо[с,г]карбазол	12		2В
84	189-64-0	Дибензо[а,н]пирен	120		2В
85	189-55-9	Дибензо[а,і]пирен	39		2В
86	191-30-0	Дибензо[а,л]пирен	120		2В
87	124-48-1	Дибромхлорметан	0,084 ¹⁾ 0,094 ²⁾ 0,084 ³⁾	С	3
88	106-93-4	Дибромэтан, 1,2-	85	В2	2А
89	117-10-2	Дигидроксиантрахинон, 1,8-	0,076		2В
90	94-58-6	Дигидросафрол	0,044		2В
91	101-90-6	Диглицидилрезорциновый эфир	1,7		2В
92	95-68-1	Диметиланилин, 2,4-	0,75	С	3
93	21436-96-4	Диметиланилин, 2,4-гидрохлорид	0,58	С	
94	57-97-6	Диметилбенз[а]антрацен, 7,12-	250		
95	119-93-7	Диметилбензидин, 3,3'-	9,2	В2	2В
96	57-14-7	Диметилгидразин, 1,1-	550		2В
97	79-44-7	Диметилкарбамоилхлорид	13		2А
98	119-90-4	Диметоксибензидин, 3,3'-	0,014	В2	2В
99	42397-64-8	Динитропирен, 1,6-	120		2В
100	42397-65-9	Динитропирен, 1,8-	120		2В
101		Динитротолуол (смесь изомеров)	0,68	В2	
102	121-14-2	Динитротолуол, 2,4-	0,68	В2	2В
103	25321-14-6	Динитротолуол, 2,4-/2,6-, смесь изомеров	0,68	В2	
104	123-91-1	Диоксан, 1,4-	0,011	В2	2В
105	122-66-7	Дифенилгидразин, 1,2-	0,8	В2	
106	91-94-1	Дихлорбензидин, 3,3'-	0,45	В2	2В
107	106-46-7	Дихлорбензол, 1,4-	0,024	В2/С	2В
108	542-88-1	Дихлордиметиловый эфир, 1,1'-	220	А	1
109	108-60-1	Дихлоризопропиловый эфир, 2,2'-	0,07	С	3
110	75-09-2	Дихлорметан	0,002 ¹⁾ 0,0016 ²⁾ 0,002 ³⁾	В2	2А
111	62-73-7	Дихлорофос	0,29	В2	2В
112	78-87-5	Дихлорпропан, 1,2-	0,068	В2	3
113	542-75-6	Дихлорпропен, 1,3-	0,18	В2	2В
114	75-34-3	Дихлорэтан, 1,1-	0,0057	С	
115	107-06-2	Дихлорэтан, 1,2-	0,091 ¹⁾ 0,091 ²⁾ 0,091 ³⁾	В2	2В
116	75-35-4	Дихлорэтилен, 1,1-	0,59	С	3
117	60-57-1	Диэлдрин	16	В2	3
118	148-18-5	Диэтилдитиокарбамат натрия, N,N-	0,27	С	3
119	56-53-1	Диэтилстильбэстрол	4700	А	1
120	78-59-1	Изофорон	0,00094	С	

№	CAS	Вещество	SFo	EPA	МАИР
121	76180-96-6	3Н-Имидазо(4,5-f)хинолин, 2-амино-3-метил-	1,4		2А
122	193-39-5	Индено[1,2,3-с,d]пирен	0,73	В2	2В
123	7758-01-2	Калий бромат	0,49		2В
124	133-06-2	Каптан	0,0035	В2	3
125	2425-06-1	Каптофол	0,0086	С/В2	2А
126	86-74-8	Карбазол	0,02	В2	2В
127	143-50-0	Кепон	10		2В
128	123-73-9	Кротональдегид	1,9	С	3
129	135-20-6	Купферрон	0,22		2В
130	303-34-4	Лизиокарпин	7,8		2В
131	58-89-9	Линдан	1,1	В2	1
132	319-84-6	Линдан, альфа-	6,3	В2	2В
133	319-85-7	Линдан, бета-	1,8	С	2В
134	12427-38-2	Манеб	0,06	В2	3
135	148-82-3	Мелфалан	130		1
136	149-30-4	Меркаптобензотиазол, 2-	0,029		2А
137	129-15-7	Метил-1-нитроантрахинон, 2-	4,3		2В
138	513-37-1	Метил-1-хлорпроп-1-ен, 2-	0,045		2В
139	120-71-8	Метил-2-метоксианилин, 5-	0,15		2В
140	563-47-3	Метил-3-хлорпроп-1-ен, 2-	0,14		2В
141	99-55-8	Метил-5-нитроанилин, 2-	0,033	С	3
142	70-25-7	Метил-N'-нитрозо-N-нитрогуанидин, N-	8,3		2А
143	95-53-4	Метиланилин, 2-	0,24	В2	2В
144	636-21-5	Метиланилин, 2-, гидрохлорид	0,18	В2	
145	106-49-0	Метиланилин, 4-	0,19	С	ND
146	60-34-4	Метилгидразин	1,1		
147	101-14-4	Метиленбис (2-хлоранилин), 4,4'-	0,13	В2	2А
148	13552-44-8	Метилендианилин, 4,4'-, дихлорид	1,2		2В
149	66-27-3	Метилметансульфонат	0,099		2А
150	56-04-2	Метилтиоурацил	0,4		2В
151	56-49-5	Метилхолантрен, 3-	22		ND
152	3697-24-3	Метилхризен, 5-	12		2В
153	99-59-2	Метокси-5-нитроанилин, 2-	0,046	В2	3
154	90-04-0	Метоксианилин, 2-	0,14		2А
155	134-29-2	Метоксибензамин, 2-, гидрохлорид	0,11		2А
156	2385-85-5	Мирекс	1,8	В2	2В
157	50-07-7	Митомицин С	8200		2В
158	315-22-0	Монокроталин	10		2В
159	7440-38-2	Мышьяк	1,5	А	1
160	91-59-8	Нафтиламин, 2-	1,8		1
161	192-65-4	Нафто(1,2,3,4-def)хризен	3,9		2В
162	12035-72-2	Никель субсульфид	1,7	А	
163	139-13-9	Нитрилотриуксусная кислота	0,0053		2В
164	18662-53-8	Нитрилотриуксусная кислота, тринатриевая соль моногидрат	0,01		2В
165	602-87-9	Нитроаценафтен, 5-	0,13		2В
166	55-63-0	Нитроглицерин	0,014		

№	CAS	Вещество	SFo	EPA	МАИР
167	684-93-5	Нитрозо-N-метилмочевина, N-	120		2A
168	615-53-2	Нитрозо-N-метилуретан, N-	110		2B
169	759-73-9	Нитрозо-N-этилмочевина, N-	140	B2	2A
170	924-16-3	Нитрозодибутиламин, N-	5,4	B2	2B
171	62-75-9	Нитрозодиметиламин, N-	51	B2	2A
172	621-64-7	Нитрозодипропиламин, N-	7	B2	2B
173	96-30-6	Нитрозодифениламин, N-	0,0049	B2	3
174	55-18-5	Нитрозодиэтиламин, N-	150	B2	2A
175	1116-54-7	(Нитрозоимино)диэтанол, 2,2'-	2,8	B2	2B
176	10595-95-6	Нитрозометилэтиламин, N-	22	B2	2B
177	59-89-2	Нитрозоморфолин, N-	6,7		2B
178	16543-55-8	Нитрозонорникотин, N'-	1,4		2B
179	100-75-4	Нитрозопиперидин, N-	9,4		2B
180	930-55-2	Нитрозопирролидин, N-	2,1	B2	2B
181	156-10-5	(4-Нитрозофенил)анилин, N-	0,022		3
182	5522-43-0	Нитропирен, 1-	1,2		2A
183	57835-92-4	Нитропирен, 4-	1,2		2B
184	79-46-9	Нитропропан, 2-	9,5	B2	2B
185	1836-75-5	Нитрофен	0,082		2B
186	88-73-3	Нитрохлорбензол, 2-	0,025	B2	2B
187	121-73-3	Нитрохлорбензол, 3-	0,018	B2	3
188	100-00-5	Нитрохлорбензол, 4-	0,018	B2	2B
189	7496-02-8	Нитрохризен, 6-	120		2A
190	3570-75-0	Нифуртиазол	2,3		2B
191	101-80-4	Оксидаанилин, 4,4'-	0,14		2B
192	569-61-9	Основной красный 9	240		2B
193	87-84-3	Пентабром-6-хлорциклогексан	0,023	C	
194	40321-76-4	Пентахлордобензо-п-диоксин, 1,2,3,7,8-	80000	B2	3
195	109719-77-9	Пентахлордобензофуран, 1,2,3,7,8-	8000	B2	
196	57117-41-6	Пентахлордобензофуран, 2,3,4,7,8-	80000	B2	
197	82-68-8	Пентахлорнитробензол	0,26	C	3
198	87-86-5	Пентахлорфенол	0,12	B2	2B
199	5160-02-1	Пигмент красный	0,0053		3
200	1694-09-3	Пищевой фиолетовый 2	0,02		2B
201	1336-36-3	Полихлорированные бифенилы	0,4	B2	2A
202	3564-09-8	Понсо 3R	0,016		2B
203	3761-53-3	Понсо МХ	0,0045		2B
204	671-16-9	Прокарбазин	14		2A
205	366-70-1	Прокарбазин гидрохлорид	12		2A
206	1120-71-4	Пропансультон, 1,3-	2,4		2A
207	75-56-9	Пропиленоксид	0,24	B2	2B
208	51-52-5	Пропилтиоурацил	1		2B
209	57-57-8	Пропиолактон, бета-	14		2B
210	67747-09-5	Прохлаорац	0,15	C	
211	16071-86-6	Прямой коричневый 95	9,3	A	2B
212	2602-46-2	Прямой синий 6	8,1	A	2B
213	1937-37-7	Прямой черный 38	8,6	A	2B
214	50-55-5	Резерпин	11		3

№	CAS	Вещество	SFo	EPA	МАИР
215	94-59-7	Сафрол	0,22		2В
216	7439-92-1	Свинец	0,0085	B2	2В
217	301-04-2	Свинец ацетат	0,28		3
218	1335-32-6	Свинец ацетат, основной	0,038		3
219	122-34-9	Симазин	0,12	C	3
220	2784-94-3	Синий №1	0,051		2В
221	10048-13-2	Стеригматоцистин	0,22		2В
222	96-09-3	Стиролоксид	0,16		2А
223	18883-66-4	Стрептозоцин	110		2В
224	95-06-7	Сульфаллат	0,19		2В
225	2475-45-8	Тетрааминоантрахинон, 1,4,5,8-	0,0045		2В
226	109-99-9	Тетрагидрофуран	0,0076		2В
227	90-94-8	Тетраметил 4,4'-диаминобензофенон, N,N,N,N-	0,86		2В
228	101-61-1	Тетраметилдиаминодифе-нилметан, 4,4'-	0,046	B2	2В
229	1746-01-6	Тетрахлордibenzo-п-диоксин, 2,3,7,8-	150000	B2	1
230	51207-31-9	Тетрахлордibenзофуран, 2,3,7,8-	16000	B2	
231	72-54-8	Тетрахлордифенилэтан, 4,4-	0,24	B2	2В
232	56-23-5	Тетрахлорметан	0,07	B2	2В
233	118-75-2	Тетрахлорхинон	0,403	C	
234	630-20-6	Тетрахлорэтан, 1,1,1,2-	0,026 ¹⁾ 0,026 ²⁾ 0,026 ³⁾	C	2В
235	79-34-5	Тетрахлорэтан, 1,1,2,2-	0,2	C	2В
236	127-18-4	Тетрахлорэтилен	0,0021 ¹⁾ 0,002 ²⁾ 0,0021 ³⁾	B2	2А
237	62-55-5	Тиоацетамид	6,1		2В
238	139-65-1	Тиоданилин, 4,4'-	15		2В
239	62-56-6	Тиомочевина	0,072		2В
240	52-24-4	Тиофосфамид	12		1
241	8001-35-2	Токсафен	1,2	B2	2В
242	26471-62-5	Толуолдиизоцианат, 1,3-	0,039		2В
243	55738-54-0	транс-2- [(Диметиламино) метилимино]-5- [2-(5-нитро-2-фурил)винил]-1,3,4- оксадиазол	0,44		2В
244	25013-16-5	трет-Бутил-4-метоксифенол, 2-	0,0002		2В
245	1582-09-8	Трефлан	0,0077	C	3
246	712-68-5	Триафур	16		2В
247	512-56-1	Триметилфосфат	0,037	B2	
248	118-96-7	Тринитротолуол, 2,4,6-	0,03	C	3
249	62450-06-0	Триптофан Р1	26		2В
250	62450-07-1	Триптофан Р-2	3,2		2В
251	126-72-7	Трис(2,3-дибромпропил) фосфат	2,3		2А
252	634-93-5	Трихлоранилин, 2,4,6-	0,034	C	
253	33663-50-2	Трихлоранилин, 2,4,6,- гидрохлорид	0,029	C	
254	133-07-3	Трихлорметилтиофтали-мид, N-	0,0035	B2	3

№	CAS	Вещество	SFo	EPA	МАИР
255	96-18-4	Трихлорпропан, 1,2,3-	7	B2	2A
256	88-06-2	Трихлорфенол, 2,4,6-	0,011	B2	2B
257	79-00-5	Трихлорэтан, 1,1,2-	0,057	C	3
258	79-01-6	Трихлорэтилен	0,011	B2/C	2A
259	51-79-6	Уретан	1		2A
260	94-78-0	Феназопиридин	0,17		3
261	136-40-3	Феназопиридин гидрохлорид	0,15		2B
262	3546-10-9	Фенестерин	150		
263	95-54-5	Фенилен- 1,2-диамин	0,047	B2	2B
264	95-80-7	Фенилен-2,4-диамин	3,2	B2	2B
265	90-43-7	Фенилфенол, о-	0,0019	C	3
266	50-06-6	Фенобарбитал	0,46		2B
267	59-96-1	Феноксibenзамин	3,1		2B
268	63-92-3	Феноксibenзамин гидрохлорид	2,7		2B
269	72178-02-0	Фомесафем	0,19	C	
270	961-11-5	Фосфорная кислота, 2-хлор-1-(2,4,5-трихлорфенил) винил, диметиловый эфир	0,024	C	
271	67-45-8	Фуразолидон	3,8	B2	3
272	59-87-0	Фурациллин	1,5	B2	3
273	3688-53-7	Фуриламид	0,21		2B
274	531-82-8	Фуриум	50	B2	2B
275	60568-05-0	Фурмециклокс	0,03	B2	
276	91-22-5	Хинолин	3	B2	2B
277	96-12-8	Хлор-1,2-дibромпропан, 3-	1,4	B2	2B
278	95-69-2	Хлор-2-метиланилин, 4-	0,58	B2	2A
279	7440-41-7	Хлор-5-метиланилин, 2-	4,3		
280	510-15-6	Хлорбензилат	0,27	B2	3
281	5216-25-1	Хлорбензотрихлорид, п-	20	B2	
282	305-03-3	Хлорбутин	0,0023		1
283	57-74-9	Хлордан	0,35		2B
284	12789-03-6	Хлордан технический	0,035	B2	2B
285	73506-94-2	Хлордibромэтан	0,084		
286	108171-26-2	Хлорированные парафины C12 (60% хлора)	0,089		2B
287	74-87-3	Хлорметан	0,013	C	3
288	107-30-2	Хлорметоксиметан	2,4	A	1
289	1897-45-6	Хлороталонил	0,011	B2	2B
290	3165-93-3	Хлор-о-толуидин, 4-, гидрохлорид	0,46	B2	2A
291	95-83-0	Хлор-о-фенилендиамин, 4-	0,016		2B
292	67-66-3	Хлороформ	0,0061 ¹⁾ 0,008 ²⁾ 0,0061 ³⁾	B2	2B
293	75-29-6	Хлорпропан, 2-	0,13		
294	61788-33-8	Хлортерфенилы	4,5		
295	569-57-3	Хлортрианизен	240		
296	115-28-6	Хлорэндиковая кислота	0,091		2B
297	75-00-3	Хлорэтан	0,0029	B	3
298	218-01-9	Хризен	0,12	B2	2B
299	18540-29-9	Хром (VI)	0,42	A	1

№	CAS	Вещество	SFo	EPA	МАИР
300	21725-46-2	Цианазин	0,84	C	
301	121-82-4	Циклонит	0,08	C	
302	6055-19-2	Циклофосфамид гидрат	0,57		1
303	50-18-0	Циклофосфан	0,61		1
304	87-29-6	Циннамилантранилат	0,0046		3
305	106-89-8	Эпихлоргидрин	0,0099	B2	2A
306	50-28-2	Эстрадиол	39		
307	140-88-5	Этилакрилат	0,048	B2	2B
308	151-56-4	Этиленимин	65	B2	3
309	75-21-8	Этиленоксид	1	B1	1
310	96-45-7	Этилентиомочевина	0,11	B2	2B
Примечания: 1) — фактор канцерогенного потенциала при пероральном поступлении химических веществ; 2) — фактор канцерогенного потенциала при ингаляционном поступлении химических веществ; 3) — фактор канцерогенного потенциала при кожном поступлении химических веществ.					

Значения фактора канцерогенного потенциала приведены в соответствии с официальными источниками Агентство по охране окружающей среды США (U.S. EPA), Международного Агентства по изучению рака (МАИР), Офиса по оценке вредных для здоровья экологических факторов США (ОЕННА), которые по мере появления новых данных могут корректироваться.

Таблица 2. — Критические органы/системы при пероральном поступлении химических веществ

№ п/п	CAS	Вещество	RfD*, мг/кг	Критические органы/системы
1	79-06-1	Акриламид	0,0002	Влияние на периферическую и центральную нервную систему, включая дегенерацию миелиновых оболочек
2	107-13-1	Акрилонитрил	0,04	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови, репродуктивную систему
3	107-02-8	Акролеин	0,0005	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови
4	7429-90-5	Алюминий	0,18	Влияние на центральную нервную систему, желудочно-кишечный тракт
5	7664-41-7	Аммиак	0,98	Запах
6	120-12-7	Антрацен	0,3	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови, желудочно-кишечный тракт
7	83-32-9	Аценафтен	0,06	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов
8	67-64-1	Ацетон	0,1	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, почки
9	7440-39-3	Барий	0,07	Влияние на почки, сердечно-сосудистую систему
10	71-43-2	Бензол	0,003	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови, центральную нервную систему, эндокринную систему
11	7440-41-7	Бериллий	0,002	Влияние на желудочно-кишечный тракт
12	56-35-9	Бис(трибутилолово) оксид	0,0003	Влияние на иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, иммунотоксическое действие
13	92-52-4	Бифенил	0,05	Влияние на почки
14	7440-42-8	Бор	0,09	Влияние на репродуктивную систему, желудочно-кишечный тракт
15	59536-65-1	Бромдифенилы	0,00001	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов
16	75-27-4	Бромдихлорметан	0,02	Влияние на почки, печень, включая индукцию микросомальных ферментов. _1)
17	74-83-9	Бромметан	0,0014	Влияние на желудочно-кишечный тракт
18	75-25-2	Бромоформ	0,02	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов. _1)
19	506-68-3	Бромциан	0,09	Влияние на эндокринную систему
20	78-93-3	Бутанон, 2-	0,6	Влияние на процессы развития организма, включая эмбриотоксическое и тератогенное действие, нарушения интеллектуального развития и способности к обучению
21	104-51-8	Бутилбензол	0,01	-
22	111-76-2	Бутоксиэтанол, 2-	0,07	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови

№ п/п	CAS	Вещество	RfD*, мг/кг	Критические органы/системы
23	7440-62-2	Ванадий	0,007	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови, желудочно-кишечный тракт, почки
24	75-01-4	Винилхлорид	0,00002	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов
25	7783-06-4	Водород сульфид	0,003	Влияние на желудочно-кишечный тракт
26	87-82-1	Гексабромбензол	0,002	Изменения биохимических показателей (с идентификацией специфического фермента, например, ХЭ — холинэстераза)
27	591-78-6	Гексанон, 2-	0,04	-
28	118-74-1	Гексахлорбензол	0,0008	Влияние на процессы развития организма, включая эмбриотоксическое и тератогенное действие, нарушения интеллектуального развития и способности к обучению, влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов
29	87-68-3	Гексахлорбутадиеп	0,00001	Влияние на почки
30	67-72-1	Гексахлорэтан	0,0001	Влияние на центральную нервную систему, почки
31	103-23-1	Ди(2-этилгексил) адипат	0,6	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на процессы развития организма, включая эмбриотоксическое и тератогенное действие, нарушения интеллектуального развития и способности к обучению
32	117-81-7	Ди(2-этилгексил) фталат	0,02	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов
33	132-64-9	Дибензофуран	0,004	-
34	3252-43-5	Дибромацетонитрил	0,02	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть
35	106-37-6	Дибромбензол, 1,4-	0,01	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов
36		1,2-дибромтрихлорпропан		Изменения кожных покровов (например, хлоракне, аргирия и др.). Влияние на репродуктивную систему
37	124-48-1	Дибромхлорметан	0,02	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов. - ¹⁾
38	84-74-2	Дибтилфталат	0,1	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть
39	75-18-3	Диметилсульфид	0,029	-
40	576-26-1	Диметилфенол, 2,6-	0,0006	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки, селезенку
41	99-65-0	Динитробензол, 1,3-	0,0001	Влияние на селезенку

№ п/п	CAS	Вещество	RfD*, мг/кг	Критические органы/системы
42	121-14-2	Динитротолуол, 2,4-	0,002	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови, печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на периферическую и центральную нервную систему, включая дегенерацию миелиновых оболочек
43	51-28-5	Динитрофенол, 2,4-	0,002	Влияние на орган зрения (катаракта)
44	123-31-9	Диоксибензол, 1,4-	0,04	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови
45	117-84-0	Диоктилфталат	0,02	Влияние на почки, печень, включая индукцию микросомальных ферментов
46	616-23-9	Дихлор-1-пропанол, 2,3-	0,003	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы
47	3018-12-0	Дихлорацетонитрил	0,008	Влияние на репродуктивную систему
48	95-50-1	Дихлорбензол, 1,2-	0,09	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки
49	50-29-3	Дихлордифенилтрихлорэтил (ДДТ)		Влияние на центральную нервную систему, почки, печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на репродуктивную систему
50	75-71-8	Дихлордиформетан	0,2	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть
51	108-60-1	Дихлоризопропиловый эфир, 2,2'-	0,04	-
52	75-09-2	Дихлорметан	0,06	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на центральную нервную систему ¹⁾
53	78-87-5	Дихлорпропан, 1,2-	0,09	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки, эндокринную систему
54	542-75-6	Дихлорпропен, 1,3-	0,03	Влияние на желудочно-кишечный тракт
55	75-99-0	Дихлорпропионовая кислота, 2,2-	0,03	Влияние на почки
56	79-43-6	Дихлоруксусная кислота	0,004	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов
57	120-83-2	Дихлорфенол, 2,4-	0,003	Влияние на иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, иммунотоксическое действие
58		Дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д)		Влияние на центральную нервную систему, почки, печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на репродуктивную систему
59	75-34-3	Дихлорэтан, 1,1-	0,0027	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть

№ п/п	CAS	Вещество	RfD*, мг/кг	Критические органы/системы
60	107-06-2	Дихлорэтан, 1,2-		Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на сердечно-сосудистую систему. Влияние на иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, иммунотоксическое действие ¹⁾
61	75-35-4	Дихлорэтилен, 1,1-	0,009	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки
62	540-59-0	Дихлорэтилен, 1,2-	0,009	Изменения биохимических показателей (с идентификацией специфического фермента, например, ХЭ — холинэстераза)
63	460-19-5	Дициан	0,04	Влияние на эндокринную систему, системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть
64	60-29-7	Диэтиловый эфир	0,2	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть
65	84-66-2	Диэтилфталат	0,8	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть
66	7439-89-6	Железо	0,3	Раздражающее действие на слизистые оболочки, изменения кожных покровов (например, хлоракне, аргирия и др.), влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови, иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, иммунотоксическое действие
67	98-82-8	Изопропилбензол	0,1	Влияние на почки
68	80-05-7	Изопропилидендифенол, 4,4'-	0,05	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть
69	78-59-1	Изофорон	0,2	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки
70	7440-43-9	Кадмий	0,0005	Влияние на почки
71	7440-48-4	Кобальт	0,2	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови
72	123-73-9	Кротональдегид	0,01	-
73	1330-20-7	Ксилол	2	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть, влияние на центральную нервную систему, печень, кроветворную систему и показатели периферической крови

№ п/п	CAS	Вещество	RfD*, мг/кг	Критические органы/системы
74	108-31-6	Малеиновый ангидрид	0,1	Влияние на почки
75	7439-96-5	Марганец и его соединения	0,14	
76	7440-50-8	Медь	0,019	Влияние на желудочно-кишечный тракт, печень, включая индукцию микросомальных ферментов
77	67-56-1	Метанол	0,5	Влияние на центральную нервную систему, изменения биохимических показателей (с идентификацией специфического фермента, например, ХЭ — холинэстераза)
78	108-10-1	Метил-2-пентанон, 4-	0,08	Влияние на почки, печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на центральную нервную систему
79	1634-04-4	Метил-трет-бутиловый эфир	0,005	Влияние на почки, центральную нервную систему
80	74-93-1	Метилмеркаптан	0,00057	-
81	95-48-7	Метилфенол, 2-	0,05	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть, влияние на центральную нервную систему
82	7439-98-7	Молибден	0,005	Влияние на почки
83	10599-90-3	Монохлорамин	0,1	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови
84	7440-38-2	Мышьяк	0,0003	Изменения кожных покровов (например, хлоракне, аргирия и др.), влияние на периферическую и центральную нервную систему, включая дегенерацию миелиновых оболочек, на сердечно-сосудистую систему
85	77775-09-9	Натрий хлорат	0,03	-
86	7758-19-2	Натрий хлорит	0,0003	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови
87	91-20-3	Нафталин	0,02	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть
88	7440-02-0	Никель и его соединения	0,02	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на сердечно-сосудистую систему, желудочно-кишечный тракт, кроветворную систему и показатели периферической крови
89	14797-55-8	Нитраты	1,6	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови, сердечно-сосудистую систему
90	14797-65-0	Нитриты	0,1	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови
91	98-95-3	Нитробензол	0,0005	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови, печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки, эндокринную систему

№ п/п	CAS	Вещество	RfD*, мг/кг	Критические органы/системы
92	88-72-2	Нитротолуол, 2-	0,01	Влияние на селезенку
93	100-02-7	Нитрофенол, 4-	0,008	-
94	32536-52-0	Октабромдифениловый эфир	0,003	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов
95	7440-31-5	Олово	0,6	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки, желудочно-кишечный тракт
96	31534-81-9	Пентабромдифенилок-сид	0,002	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов
97	608-93-5	Пентахлорбензол	0,0008	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки
98	82-68-8	Пентахлорнитробензол	0,003	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов
99	87-86-5	Пентахлорфенол	0,03	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки, процессы развития организма, включая эмбриотоксическое и тератогенное действие, нарушения интеллектуального развития и способности к обучению, на иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, иммунотоксическое действие
100	198-55-0	Перилен	0,03	Влияние на почки
101	7601-90-3	Перхлорная кислота	0,0005	Влияние на эндокринную систему
102	129-00-0	Пирен	0,03	Влияние на почки
103	110-86-1	Пиридин	0,001	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов
104	1336-36-3	Полихлорбифенилы	0,00002	Влияние на центральную нервную систему, печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на репродуктивную систему, иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, иммунотоксическое действие, на процессы развития организма, включая эмбриотоксическое и тератогенное действие, на нарушения интеллектуального развития и способности к обучению
105	57-55-6	Пропан-1,2-диол	20	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови
106	103-65-1	Пропилбензол	0,01	Влияние на центральную нервную систему, селезенку, печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки
107	7439-97-6	Ртуть	0,0003	Влияние на иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, на иммунотоксическое действие, почки, центральную нервную систему, репродуктивную систему, кроветворную систему и показатели периферической крови
108	22967-92-6	Ртуть(1+)метил-ион	0,0001	Влияние на центральную нервную систему, процессы развития организма, включая эмбриотоксическое и тератогенное действие, на нарушения интеллектуального развития и способности к обучению

№ п/п	CAS	Вещество	RfD*, мг/кг	Критические органы/системы
109	7439-92-1	Свинец	0,0035	Влияние на периферическую и центральную нервную систему, включая дегенерацию миелиновых оболочек, на кроветворную систему и показатели периферической крови, изменения биохимических показателей (с идентификацией специфического фермента, например, ХЭ — холинэстераза)
110	7782-49-2	Селен	0,005	Изменения кожных покровов (например, хлоракне, аргирия и др.), влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на волосы, включая алопецию, селеноз
111	7440-22-4	Серебро	0,005	Аргирия
112	75-15-0	Сероуглерод	0,1	Влияние на процессы развития организма, включая эмбриотоксическое и тератогенное действие, нарушения интеллектуального развития и способности к обучению
113	100-42-5	Стирол	0,2	Влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови, центральную нервную систему, печень, включая индукцию микросомальных ферментов
114	127-18-4	Тетрахлорэтилен		Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть; влияние на центральную нервную систему, почки, печень, включая индукцию микросомальных ферментов. Влияние на центральную нервную систему, орган зрения, органы дыхания, почки, печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на процессы развития организма, включая эмбриотоксическое и тератогенное действие, нарушения интеллектуального развития и способности к обучению ¹⁾
115	630-20-6	Тетрахлорэтан 1,1,1,2-		Влияние на почки, печень, включая индукцию микросомальных ферментов. _2)
116	50-00-0	Формальдегид	0,2	Влияние на желудочно-кишечный тракт, центральную нервную систему, на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки
117	7803-51-2	Фосфин	0,0003	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть
118	7723-14-0	Фосфор	0,00002	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть; влияние на волосы, включая алопецию, на репродуктивную систему
119	16984-48-8	Фториды	0,06	Зубы
120	110-00-9	Фуран	0,001	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов

№ п/п	CAS	Вещество	RfD*, мг/кг	Критические органы/системы
121	7782-05-5	Хлор	0,1	Раздражающее действие на слизистые оболочки, влияние на иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, иммунотоксическое действие
122	10049-04-4	Хлор диоксид	0,0003	Раздражающее действие на слизистые оболочки
123	106-47-8	Хлоранилин, 4-	0,004	Влияние на селезенку
124	108-90-7	Хлорбензол	0,02	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки, кроветворную систему и показатели периферической крови
125	98-56-6	Хлорбензотрифторид, п-	0,02	Влияние на почки
126	74-97-5	Хлорбромметан	0,013	Влияние на почки
127	75-45-6	Хлордифторметан		Влияние на почки, печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на центральную нервную систему, кроветворную систему и показатели периферической крови
128		Хлордиоксины и дибензофураны	1E-08	Изменения кожных покровов (например, хлоракне, аргирия и др.); влияние на иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, иммунотоксическое действие, влияние на процессы развития организма, включая эмбриотоксическое и тератогенное действие, нарушения интеллектуального развития и способности к обучению
129	74-87-3	Хлорметан	0,016	Влияние на центральную нервную систему, кроветворную систему и показатели периферической крови, на орган зрения
130	91-58-7	Хлорнафталин, 2-	0,08	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть
131	67-66-3	Хлороформ	0,01	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки, центральную нервную систему, эндокринную систему, печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на органы дыхания, репродуктивную систему, процессы развития организма, включая эмбриотическое и тератогенное действие, нарушения интеллектуального развития и способности к обучению ¹⁾
132	76-06-2	Хлорпикрин	0,0037	-
133	95-49-8	Хлортолуол, 2-	0,02	Системные эффекты, включая достоверные изменения динамики массы тела, множественные поражения органов, развитие явных клинических симптомов интоксикации, преждевременную смерть
134	79-11-8	Хлоруксусная кислота	0,002	Влияние на сердечно-сосудистую систему
135	95-57-8	Хлорфенол, 2-	0,005	Влияние на репродуктивную систему
136	506-77-4	Хлорциан	0,05	Влияние на эндокринную систему

№ п/п	CAS	Вещество	RfD*, мг/кг	Критические органы/системы
137	75-00-3	Хлорэтан	0,4	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на центральную нервную систему
138	7440-47-3	Хром	0,005	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки, желудочно-кишечный тракт, раздражающее действие на слизистые оболочки
139	16065-83-1	Хром (III)	1,5	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки, желудочно-кишечный тракт, раздражающее действие на слизистые оболочки
140	18540-29-9	Хром (VI)	0,003	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки, желудочно-кишечный тракт, раздражающее действие на слизистые оболочки
141	57-12-5	Цианиды	0,02	Влияние на периферическую и центральную нервную системы, включая дегенерацию миелиновых оболочек, на эндокринную систему
142	7440-66-6	Цинк	0,3	Изменения биохимических показателей (с идентификацией специфического фермента, например, ХЭ — холинэстераза)
143		Четыреххлористый углерод		Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки, поджелудочную железу
144	106-89-8	Эпихлоргидрин	0,002	Влияние на почки, печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на центральную нервную систему
145	765-34-4	Эпоксипропаналь, 2,3-	0,0004	Влияние на почки, кроветворную систему и показатели периферической крови, эндокринную систему
146	100-41-4	Этилбензол	0,1	Влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на почки
147		Этилен-диамин-тетра-уксусная кислота		Влияние на желудочно-кишечный тракт, кроме печени
148		Этилхлоргидрин		Выраженное раздражающее действие, влияние на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, на центральную нервную систему
<p>Примечание — RfD* — референтная доза, установленная в зарубежных странах. ¹⁾ — критические органы/системы при ингаляционном пути поступления химических веществ, загрязняющих питьевую воду. Сведения о критических органах и системах приведены в соответствии с официальными источниками Агентства по охране окружающей среды, США (U.S. EPA), Международного Агентства по изучению рака (МАИР), Офиса по оценке вредных для здоровья экологических факторов, США (ОЕННА), которые по мере появления новых данных могут корректироваться.</p>				

Таблица 3. — Стандартные факторы экспозиции

Фактор экспозиции	Величина
Продолжительность экспозиции	
Хроническое воздействие (взрослые), лет	30
Пожизненное воздействие (канцерогены), лет	70
Хроническое воздействие, дети до 6 лет	6
Средняя продолжительность жизни, лет	70
Масса тела	
Масса тела, ребенок 0–<6 лет, кг	14–15
Масса тела, ребенок, 6–<18 лет, кг	42
Масса тела, взрослый, 18 и более лет, кг	70
Взрослый мужчина, кг	70
Взрослая женщина, кг	58
Рекомендуемая ВОЗ, кг	60
Потребление водопроводной воды	
Потребление питьевой воды, сценарий жилой зоны, взрослый, л/день	2
Потребление питьевой воды, сценарий жилой зоны, возраст 6<18, л/день	1,5
Потребление питьевой воды, сценарий жилой зоны, возраст 0<6, л/день	0,67–1,0
Потребление питьевой воды, производственный сценарий, л/день	1
Частота экспозиции для питьевой воды, сценарий жилой зоны, день/год	350
Частота экспозиции для питьевой воды, производственный сценарий, день/год	250
Продолжительность воздействия, лет	30; дети – 6
Кожная экспозиция в воде	
Площадь поверхности кожи, взрослый, м ²	1,82
Площадь поверхности кожи, возраст 6–<18 лет, м ²	1,31
Площадь поверхности кожи, возраст 0–<6 лет, м ²	0,53
Фракция кожи, подвергающаяся воздействию (плавание)	1,0
Продолжительность экспозиции (плавание), ч/день	0,5–2,6
Частота экспозиции (плавание), день/год	7–15 40
Принятие душа, ванны, плавание	
Продолжительность принятия душа	0,25 ч/день 0,12 ч/день (50-перцентиль) 0,2 ч/день (90-перцентиль) 8 мин/день 12 мин/день (95-перцентиль)
Продолжительность принятия ванны, мин/день	20 45 (95-перцентиль)
Время, проводимое в ванной комнате, мин/день	40
Скорость воды в душе, л/мин	5,5
Скорость ингаляции, м ³ /ч	1,33 м ³ /ч
Водопотребление при принятии душа/ванны	15 галлонов на 1 чел/день
Общее водопотребление в ванной комнате	35,5 галлонов* на 1 чел/день

Фактор экспозиции	Величина
Контактирующая площадь поверхности кожи, см ²	23000–17040
Частота принятия душа/ванны	350 дней/год 1 раз/день
Факторы жилища	
Объем жилища, м ³	369 217 (консервативная оценка)
Воздухообмен, ч	0,45 0,18 (консервативная оценка)
Объем душевой кабины, м ³	2
Объем ванной комнаты, м ³	10
Общее время использования туалета, мин/день	40
Воздухообмен между душевой и ванной комнатой, л/мин	100
Общее время использования воды, ч/день	15,7
Воздухообмен между ванной комнатой и жилыми помещениями, л/мин	300 л/мин
Воздухообмен между жилищем и наружным воздухом, ч (л/мин)	0,45 (2768)
Общее водопотребление в жилище	17,5 галлонов* (1 галлон = 3,785 л)
Температура в квартире, °С	20
Универсальная газовая постоянная	8,31
Скорость вентиляции в покое	0,007 м ³ /(кг х ч)
Скорость вентиляции при активной деятельности	0,02 м ³ /(кг х ч)
Продолжительность сна, отдыха, ч	8
Время, затрачиваемое на умывание, принятия душа, ванны, мин/день	30
Общее время пребывания в жилище, ч/день	16
Скорость вентиляции в ванной комнате, м ³ /мин	0,5 м ³ /мин
Скорость вентиляции в квартире, м ³ /мин	360 м ³ /мин
Общее водопотребление в квартире, л/ч	30
Водопотребление в квартире, л/мин	8
Площадь участка кожи, см ²	18000; ребенок — 6600
Продолжительность одного события, ч/событие	0,58, ребенок – 1,0
Толщина кожного покрова, см	10 ⁻³

к инструкции по применению «Метод оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду» (Справочное)

Таблица 1. — Стандартная формула для расчета средней суточной дозы и стандартные значения факторов экспозиции при ингаляционном поступлении химических веществ, испаряющихся из питьевой воды

I = CDI x ED x 365 / (AT x 365)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Ингаляционное поступление, мг/(кг x день)	–
CDI	Средняя концентрация в воздухе, мг/м ³	CDI = (Xb + Xh) x Cw x Theta
ED	Продолжительность воздействия, лет	30; 6 – дети; 70 – для канцерогенов
EF	Частота воздействия, дней/год	350
AT	Период усреднения экспозиции, лет	30; 6 – дети; 70 – для канцерогенов
Cw	Концентрация вещества в воде, мг/л	–
Xb	Вспомогательная величина, отражающая вклад водных процедур в общую ингаляционную нагрузку	$Xb = 0,7 \times Ira \times Tb \times Wb / (VRb \times 60)$
Ira	Скорость вентиляции при активной деятельности, м ³ /кг-ч	0,02
Tb	Время, затрачиваемое на умывание, принятия душа, ванны, мин/день	30
Wb	Водопотребление для умывания, душа, ванны, л/мин	8
VRb	Скорость вентиляции в ванной комнате, м ³ /мин	0,5
Xh	Вспомогательная величина, отражающая вклад питьевой воды (кроме, водных процедур) в общую ингаляционную нагрузку	$Xh = 0,54 \times (Wh \times Ira \times (Th - Tr) / (VRh)) + 0,54 \times (Tr \times Irr \times Wh / VRh)$
Wh	Общее водопотребление в квартире, л/ч	30
Th	Общее время пребывания в жилище, ч/день	16
Tr	Продолжительность сна, отдыха, ч	8
VRh	Скорость вентиляции в квартире, м ³ /ч	360
Irr	Скорость вентиляции в покое, м ³ /кг-ч	0,007
Theta	Эффективность массопереноса вещества из воды в воздух	$Theta = 3000000 / (2,5 / Dw^{0,67}) + [(R \times T / (H \times Da^{0,33}))]$
Dw	Коэффициент диффузии в воду, см ² /с	Для органических веществ: $Dw = 22 \times 0,00001 / MW^{0,67}$
Da	Кдиффузии в воздух, см ² /с	Для органических веществ: $Da = 1,9 / MW^{0,67}$

H	Константа закона Генри, Па-м ³ /моль	— ¹⁾
t	Температура в квартире, °C	20
T	Температура в квартире, °K	293
R	Универсальная газовая постоянная	8,31
BW	Масса тела, кг	70; дети — 15
MW	Молекулярная масса, г/моль	— ²⁾

¹⁾ — константа закона Генри хлороформа 0,003 Па-м³/моль, бромдихлорметана — 0,0656 Па-м³/моль, дибромхлорметана — 0,037 Па-м³/моль, бромформа — 0,0219 Па-м³/моль;
²⁾ — молекулярная масса хлороформа 119,38 г/моль, бромдихлорметана — 163,83 г/моль, дибромхлорметана — 208,28 г/моль, бромформа — 252,73 г/моль.

Таблица 2. — Стандартная формула для расчета средней суточной дозы и стандартные значения факторов экспозиции при кожной экспозиции питьевой воды

DAD = (DAE x EV x ED x EF x SA) / (BW x AT x 365 x 1000)		
Параметр	Характеристика	Стандартное значение
DAD	Поглощенная доза, мг/кг-день	—
DAE	Абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи, мг/см ² событие	Для органических веществ: если $t_e \leq t^*$, то $DAE = 2 \times K_p \times C_w \times (6 \times Th_{aue} \times t_e / 3,14)^{0,5}$ если $t_e > t^*$, то $DAE = K_p \times C_w \times [(t_e / (1 + B)) + 2 \times Th_{aue} \times (1 + 3 \times B + 3 \times B^2) / (1 + B)^2]$
Cw	Концентрация вещества в воде, мг/л	—
EV	Частота контакта, число контактов/день	1
ED	Продолжительность воздействия, лет	70
EF	Частота воздействия, дней/год	365
SA	Площадь участка кожи, см ²	18000
BW	Масса тела, кг	70
AT	Период усреднения экспозиции, лет	70
Kp	Коэффициент кожной проницаемости, см/ч	$\log K_p = -2,8 + 0,67 \times K_{ow} - 0,0056 \times MW^{1)}$
MW	Молекулярная масса, г/моль	— ²⁾
Kow	Коэффициент распределения октанол/вода	$\log K_{ow} = 3,06 - 0,68 \times \log(S)^{3)}$
t _e	Продолжительность одного события, ч/событие	0,58 ч/событие, ребенок — 1 ч/событие
B	Коэффициент соотношения между проницаемостью через роговой слой кожи и эпидермис	$B = (K_p \times MW^{0,5}) / 2,6$
Th _{aue}	Лаг-период на событие, ч/событие	Для органических веществ: $Th_{aue} = 0,16 \times 10^{(0,0056 \times MW)}$
Dsc	Эффективная диффузия для переноса вещества через кожу, см ² /ч	Для органических веществ: $Dsc / Lsc = 10^{(-2,8 - 0,0056 \times MW)}$
Lsc	Толщина кожного покрова, см	10 ⁻³ см

t*	Время достижения равновесною состояния, ч	Для органических веществ, если $B \leq 0,6$, то $t^* = 2,4 \times T_{haue}$ если $B > 0,6$, то $t^* = (b - (b^2 + c^2)^{1/2}) \times (Lsc^2 / Dsc)$, где $b = 2 \times (1+B)^2 / 3,14) - c$ $c = (1 + 3B + 3B^2) / (3 \times (1 + B))$
S	Растворимость в воде	—
<p>¹⁾ коэффициент кожной проницаемости для хлороформа 0,0156 см/ч, бромдихлорметана — 0,0184 см/ч, дибромхлорметана — 0,0215 см/ч, бромоформа — 0,0247 см/ч;</p> <p>²⁾ молекулярная масса хлороформа 119,38 г/моль, бромдихлорметана — 163,83 г/моль, дибромхлорметана — 208,28 г/моль, бромоформа — 252,73 г/моль;</p> <p>³⁾ коэффициент распределения октанол/вода для хлороформа 1,96, бромдихлорметана — 1,88, дибромхлорметана — 2,09, бромоформа — 2,30.</p>		

Приложение 3

к инструкции по применению
«Метод оценки риска для здоровья
населения, обусловленного
воздействием химических веществ,
загрязняющих питьевую воду»
(Справочное)

1. Установление величины среднесуточной потенциальной дозы при пероральном пути поступления хлороформа проводим в соответствии с формулой 1:

$$\begin{aligned} \text{LADD (I)} &= (C \times \text{IR} \times \text{ED} \times \text{EF}) / (\text{BW} \times \text{AT} \times 365) \\ \text{LADD (I)} &= (0,12 \times 2 \times 70 \times 365) / (70 \times 70 \times 365) = 0,00343, \end{aligned} \quad (1)$$

где LADD (I) — среднесуточная доза или поступление, мг/(кг x сут);
C — концентрация вещества в воде (0,12 мг/л);
IR — скорость поступления воздействующей среды (величина водопотребления (2 л/сут);
ED — продолжительность воздействия (70 лет);
EF — частота воздействия (365 дней/год);
BW — масса тела (70 кг);
AT — период осреднения экспозиции (70 лет);
365 — число дней в году.

Величина средней суточной потенциальной дозы при пероральном пути поступления хлороформа составляет 0,00343 мг/(кг x сут).

2. Установление величины среднесуточной дозы при ингаляционном поступлении хлороформа, испаряющегося из питьевой воды, проводим в соответствии с формулой 2:

$$\begin{aligned} \text{LADD (I)} &= \text{CDI} \times \text{ED} \times \text{EF} / (\text{AT} \times 365) \\ \text{LADD (I)} &= 0,023 \times 70 \times 3350 / (70 \times 365) = 0,0222, \end{aligned} \quad (2)$$

где LADD (I) — среднесуточная доза при ингаляционном поступлении или ингаляционное поступление (мг/(кг x сут));
CDI — средняя концентрация в воздухе (0,023 мг/м³);
ED — продолжительность воздействия (70 лет);
EF — частота воздействия (350 дней/год);
AT — период осреднения экспозиции (70 лет).

Значение средней концентрации хлороформа в воздухе помещения душевой кабины/ванны, испаряющегося из питьевой воды, определяем в соответствии с формулой 3:

$$CDI = 0,12 \times C_w \times \Theta$$

$$CDI = 0,12 \times 0,12 \times 1,58 = 0,023, \quad (3)$$

где CDI — средняя концентрация химического вещества в воздухе, мг/м³;
 C_w — концентрация химического вещества в воде (0,12 мг/л);
 Theta — эффективность массопереноса вещества из воды в воздух (1,58).

Эффективность массопереноса вещества из воды в воздух определяем в соответствии с формулой 4:

$$\Theta = 3000000 / (2,5 / D_w^{0,67}) + [(R \times T / (H \times D_a^{0,33}))]$$

$$\Theta = 3000000 / (2,5 / 0,0000089^{0,67}) + [(8,31 \times 293 / (0,003 \times 0,077^{0,33}))] = 1,58, \quad (4)$$

где Theta — эффективность массопереноса вещества из воды в воздух;
 D_w — коэффициент диффузии в воду (0,0000089 см²/с);
 R — универсальная газовая постоянная (8,31);
 T — температура в квартире, (273 + 20 = 293), °К;
 H — константа закона Генри (0,003 Па·м³/моль);
 D_a — коэффициент диффузии в воздух (0,077 см²/с).

Коэффициенты диффузии в воду (D_w) и в воздух (D_a) рассчитываем с использованием формул 5 и 6:

$$D_w = 22 \times 0,00001 / MW^{0,67} = 0,0000089, \quad (5)$$

$$D_a = 1,9 / MW^{0,67} = 0,077, \quad (6)$$

где MW — молекулярная масса химического вещества (119,38 г/моль).

Величина среднесуточной потенциальной дозы при ингаляционном пути поступления хлороформа составляет 0,0222 мг/(кг × сут).

3. Установление величины среднесуточной дозы при кожной экспозиции хлороформа из водопроводной (питьевой) воды проводим в соответствии с формулой 7:

$$DAD = (DA_e \times EV \times ED \times EF \times SA) / (BW \times AT \times 365 \times 1000)$$

$$DAD = (0,003 \times 1 \times 70 \times 365 \times 18000) / (70 \times 70 \times 365 \times 1000) = 0,0008 \quad (7)$$

где DAD — поглощенная доза, мг/(кг × сут);
 DA_e — абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи (0,003 мг/см²-событие);
 EV — частота контакта (число контактов/день = 1);
 ED — продолжительность воздействия (70 лет);
 EF — частота воздействия (365, дней/год);

SA — площадь участка кожи (18000 см²);
 BW — масса тела (70 кг);
 AT — период осреднения экспозиции (70 лет).

Абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи рассчитывается в соответствии с формулой 8:

$$DAe = 2 \times Kp \times Cw \times (6 \times thae \times te / 3,14)^{0,5}$$

$$DAe = 2 \times 0,0156 \times 0,12 \times (6 \times 0,75 \times 0,58 / 3,14)^{0,5} = 0,003, \quad (8)$$

где DAe — абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи, мг/см²-событие;

Kp — коэффициент кожной проницаемости (0,0156 см/ч);
 Cw — концентрация химического вещества в воде (0,12 мг/л);
 thae — лаг-период на событие (0,75 ч/событие);
 te — продолжительность одного события (0,58 ч/событие).

Расчет лаг-периода на событие проводится с использованием формулы 9:

$$thae = 0,16 \times 10^{(0,0056 \times MW)} = 0,75, \quad (9)$$

где thae — лаг-период на событие, ч/событие;

MW — молекулярная масса химического вещества (119,38 г/моль).

Величина средней суточной потенциальной дозы при накожном пути поступления хлороформа составляет 0,0008 мг/(кг x сут).

4. Расчет индивидуального канцерогенного риска проводим с использованием данных о величине среднесуточной потенциальной дозы и значении фактора канцерогенного потенциала (формула 10):

$$CR = LADD \times SF_0 \times a$$

$$CR_0 = 0,00343 \times 0,0061 = 2,1E-05$$

$$CR_i = 0,0222 \times 0,008 = 1,8E-04$$

$$CR_d = 0,0008 \times 0,0061 = 4,9E-06, \quad (10)$$

где CR — индивидуальный канцерогенный риск;

LADD — среднесуточная доза в течение жизни для каждого из рассматриваемого пути поступления хлороформа, мг/(кг x сут);

SF₀ — фактор канцерогенного потенциала для каждого из рассматриваемого пути поступления (SF₀ = 0,0061 мг/кг x сут)⁻¹, SF_i = 0,008 мг/кг x сут)⁻¹, SF_d = 0,0061 мг/кг x сут)⁻¹);

a = 1 = 70/70 — величина, отражающая количество лет, в течение которых индивидуум подвергается воздействию.

5. Расчет величины индивидуального канцерогенного риска воздействия хлороформа при множественности путей поступления в организм (формула 11):

$$\begin{aligned} CR_w &= \sum CR_{w_j} \\ CR_w &= 2,1E-04 \end{aligned} \quad (11)$$

где CR_w — индивидуальный канцерогенный риск воздействия химического вещества, загрязняющего питьевую воду;

CR_{w_j} — индивидуальный канцерогенный риск для каждого пути поступления химического вещества, загрязняющего питьевую воду.

Индивидуальный канцерогенный риск воздействия хлороформа при множественности путей поступления оценивается как «средний». Появление такого риска требует проведения динамического контроля с углубленным изучением источников и возможных последствий неблагоприятных воздействий для решения вопроса о мерах по управлению риском.