

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Министра –
Главный государственный
санитарный врач
Республики Беларусь



А.А. Тарасенко
2022 г.

Регистрационный № 009-1121

**МЕТОД ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ И
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ
ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЛОРУССКОЙ АЭС**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ-РАЗРАБОТЧИК:

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр
гигиены»

АВТОРЫ: к.м.н. Николаенко Е.В., Роздяловская Л.Ф., к.б.н. Кляус
В.В., Сароко Н.В., к.т.н., доцент Жукова О.М., Гусейнова Д.И.,
Кочергина Н.С., Попова Е.Н.

Минск, 2022

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель министра
Главный государственный
санитарный врач
Республики Беларусь

_____ А. А. Тарасенко
28.01.2022
Регистрационный № 009-1121

**МЕТОД ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ
И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ
ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЛОРУССКОЙ АЭС**

инструкция по применению

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

АВТОРЫ: канд. мед. наук Е. В. Николаенко, Л. Ф. Роздяловская, канд. биол. наук
В. В. Кляус, Н. В. Сароко, канд. техн. наук, доц. О. М. Жукова, Д. И. Гусейнова,
Н. С. Кочергина, Е. Н. Попова

Минск 2022

ГЛАВА 1

НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1. В настоящей инструкции по применению изложен метод оценки радиационного риска здоровью и определения граничных доз облучения населения при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС (далее — БелАЭС).

2. Настоящая инструкция по применению разработана в развитие Положения о порядке установления и применения граничных доз облучения и референтных уровней, утвержденного приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31 августа 2020 г. № 881 [1].

3. Метод может быть использован в комплексе мероприятий, направленных на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения, проживающего в зоне наблюдения (далее — ЗН) БелАЭС, и применение которого позволит:

реализовать принцип оптимизации радиационной защиты населения при нормальной эксплуатации БелАЭС путем установления граничных доз облучения населения;

оценивать радиационные риски воздействия БелАЭС на здоровье населения при нормальной эксплуатации БелАЭС;

обосновывать приоритетные мероприятия, направленные на снижение радиационного воздействия БелАЭС на среду обитания человека и минимизацию риска для здоровья населения, проживающего в ЗН АЭС.

Метод может быть использован в комплексе медицинских услуг, направленных на медицинскую профилактику заболеваний населения, ассоциированных с эффектами влияния на здоровье человека источников ионизирующего излучения.

Настоящая инструкция по применению предназначена для врачей-гигиенистов, иных врачей-специалистов учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, а также специалистов других организаций, занимающихся вопросами оценки безопасности БелАЭС.

4. Оптимизация доз облучения населения в ЗН БелАЭС достигается путем установления для БелАЭС граничных доз (далее — ГД) облучения населения и максимального приемлемого пожизненного радиологического риска заболеваемости населения злокачественными новообразованиями (далее — ЗНО).

5. Установление ГД облучения населения направлено на минимизацию облучения населения настолько, насколько это возможно с учетом социально-экономических факторов и промышленного прогресса.

ГЛАВА 2

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

6. Гигиеническая оценка установленных значений ГД облучения населения производится на основании оценки доз облучения населения от выбросов и сбросов радиоактивных веществ при эксплуатации БелАЭС, результатов радиационно-гигиенического мониторинга.

7. Для целей настоящей инструкции по применению используются следующие термины и определения:

граничная доза — заблаговременно введенное ограничение индивидуальной дозы облучения от данного источника, обеспечивающее базовый уровень защиты для большинства лиц, облучаемых данным источником в повышенных дозах и служащее для установления верхней границы дозового диапазона, внутри которого проводится оптимизация защиты для данного источника излучения;

зона наблюдения — территория за пределами санитарно-защитной зоны, на которой проводится радиационный мониторинг;

радиологическое воздействие на население — радиологическое воздействие источника ионизирующего излучения, радиационного объекта или объекта использования атомной энергии на организм человека, которое количественно определяется величиной дозы облучения или риска возможного вреда для жизни и здоровья населения;

репрезентативное лицо — индивидуум, получивший дозу облучения, которая наиболее репрезентативна для наиболее высоко облученных индивидуумов в популяции;

нормальная эксплуатация АЭС — эксплуатация ИИИ в рамках, определенных проектом эксплуатационных пределов и условий;

критический участок — типовой участок реки, определенный в результате исследований гидрологических характеристик реки, на котором обеспечивается соблюдение условия однородности потока и осуществляется водопользование, приводящее к облучению лиц из населения;

пожизненный радиологический риск — вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения;

оптимизация — поддержание на достижимом низком уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения (As Low As Reasonably Achievable — ALARA).

ГЛАВА 3

УСТАНОВЛЕНИЕ ГРАНИЧНОЙ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

8. Значение ГД характеризует верхнюю границу возможного уровня облучения репрезентативного лица при нормальной эксплуатации БелАЭС с учетом достигнутого уровня обеспечения радиационной безопасности населения.

9. Разность между пределом дозы для населения и ГД рассматривается как резерв, величина которого характеризует уровень радиационной безопасности населения от воздействия радиоактивных выбросов и сбросов БелАЭС в условиях нормальной эксплуатации.

10. Значение ГД населения для БелАЭС 100 мкЗв/год установлено соответствующими санитарными нормами и правилами [3, 4]. В соответствии с [1] это значение может быть пересмотрено по решению учреждений государственного санитарного надзора на основании оценок радиологического

воздействия БелАЭС на население при наличии предпосылок и возможности его снижения за счет внедрения эксплуатирующей организацией новых мер или технологий защиты.

11. Установление ГД облучения населения предусмотрено как на доэксплуатационном этапе, так и при эксплуатации АЭС.

12. На доэксплуатационном этапе при проектировании АЭС ГД устанавливается на основе данных о дозах облучения населения при эксплуатации аналогичных реакторных установок или станций (далее — станция-аналог), полученных в результате научных исследований, анализа опубликованных данных и других доступных официальных источников информации [2].

13. При эксплуатации АЭС процедура оценки ГД облучения населения включает:

анализ доз облучения населения при эксплуатации аналогичных реакторных установок или станций-аналогов;

анализ фактических годовых эффективных доз облучения (далее — ГЭД) населения от выбросов и сбросов радиоактивных веществ при эксплуатации БелАЭС по данным за период не менее 5 лет, предшествующих анализу;

анализ прогнозируемых годовых эффективных доз облучения доз (далее — ГЭД) населения от выбросов и сбросов радиоактивных веществ при эксплуатации БелАЭС после изменения условий, влияющих на выбросы и сбросы (например: внедрение новых промышленных технологий, новых защитных мероприятий, введение в эксплуатацию новых установок или приостановление их действия и т. п.);

расчет нового норматива ГД населения и подготовка соответствующего обоснования.

14. Граничная доза населения устанавливается в значениях ГД или граничного риска.

Граничная доза населения при эксплуатации БелАЭС устанавливается в диапазоне от 10 до 100 мкЗв/год.

Установление ГД на уровне равном или ниже 10 мкЗв/год является нецелесообразным.

15. На этапе эксплуатации БелАЭС алгоритм оценки ГД включает:

проведение оценки доз облучения репрезентативного лица из населения, проживающего в ЗН БелАЭС на основе данных о годовых значениях фактических аэрозольных выбросов в атмосферу и жидких сбросов радиоактивных веществ в реку при эксплуатации БелАЭС по всем значимым путям облучения согласно ретроспективным данным за период не менее 5 последних лет, предшествующих оценке;

выбор «лучшей практики» (одного реактора-аналога) по данным уровней годовых выбросов и сбросов радиоактивных веществ и доз облучения населения станций-аналогов (таблица 1.3 приложения 1 к настоящей инструкции по применению);

проведение сравнительного анализа уровней годовых выбросов и сбросов радиоактивных веществ и доз облучения населения от БелАЭС и станций-аналогов;

проведение оценки риска здоровью населения, проживающего в ЗН БелАЭС;

расчет прогнозных доз облучения репрезентативного лица, проживающего в ЗН БелАЭС, при условии ограничения (снижения) выбросов и сбросов радиоактивных веществ Белорусской АЭС до уровня годовых выбросов, выбранного реактора-аналога («лучшая практика»);

расчет ГД населения и установление нового норматива ГД.

ГЛАВА 4

ОЦЕНКА ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОГО ЛИЦА ИЗ НАСЕЛЕНИЯ

16. Значение ГД населения для БелАЭС может быть пересмотрено на основании результатов оценок годовой эффективной дозы облучения репрезентативного лица из населения, проживающего в ЗН за период не менее 5 лет.

17. ГЭД равна сумме эффективных доз облучения репрезентативного лица, обусловленных газоаэрозольными выбросами в атмосферу и жидкими сбросами АЭС в реку по всем значимым путям облучения (формула 1):

$$\text{ГЭД} = E_{\text{выб1}} + E_{\text{выб2}} + E_{\text{сб1}} + E_{\text{сб2}}, \quad (1)$$

где ГЭД — суммарная годовая эффективная доза облучения репрезентативного лица, мЗв/год;

$E_{\text{выб1}}$ и $E_{\text{выб2}}$ — эффективная доза внешнего и внутреннего облучения репрезентативного лица за счет газоаэрозольных выбросов АЭС для блоков 1 и 2 соответственно, мЗв/год;

$E_{\text{сб1}}$ и $E_{\text{сб2}}$ — эффективная доза внешнего и внутреннего облучения репрезентативного лица за счет жидких сбросов АЭС для блоков 1 и 2 соответственно, мЗв/год.

18. Оценка ГЭД репрезентативного лица выполняется с помощью программных кодов и методов предназначенных для оценки доз облучения при нормальной эксплуатации АЭС и рекомендованных международными организациями (Научный комитет ООН по действию атомной радиации (далее — НКДАР ООН), Международная комиссия по радиологической защите (далее — МКРЗ), Международное агентство по атомной энергии (далее — МАГАТЭ).

19. Для расчета ГЭД, обусловленной газоаэрозольными выбросами в атмосферу, и расчета ГЭД репрезентативного лица от жидких сбросов АЭС в реку Вилия, рекомендуется использовать лицензионный программный код (приложение 2 к настоящей инструкции).

20. Расчет ГЭД репрезентативного лица выполняется с учетом параметров, характеризующих 5 %-й верхний квантиль наиболее облучаемых лиц из населения, проживающего в ЗН БелАЭС.

21. В соответствии с рекомендацией публикации МКРЗ № 101 (ICRP PUBLICATION 101) оценка доз облучения репрезентативного лица должна быть выполнена для 3 возрастных групп населения:

дети 0–5 лет;

дети 6–15 лет;

взрослые 16–70 лет.

Для проведения оценки доз облучения используются привычки или условия жизни и дозовые коэффициенты для следующих возрастных групп населения:

ребенок в возрасте 1 год (дети 0–5 лет);

ребенок 10 лет (дети 6–15 лет);

взрослые старше 16 лет (взрослые 16–70 лет).

22. В качестве модельных параметров, характеризующих репрезентативное лицо в ЗН БелАЭС, могут быть использованы значения параметров, приведенные в таблице 1.1 приложения 1 к настоящей инструкции по применению, которые были получены в результате анкетирования населения в 2017–2019 гг. Значения параметров для оценки модели репрезентативного лица должны периодически пересматриваться и оцениваться учреждениями госсаннадзора по результатам опроса местного населения и данным официальной статистики.

В дальнейшем опрос населения для оценки радиационно-гигиенических условий проживания, привычек и уровня потребления продуктов питания местного населения, необходимо проводить при изменении социально-экономических условий в исследуемом регионе и изменении рациона питания населения (более, чем на 25 %), но не реже 1 раза в 5 лет.

23. При анализе факторов, которые влияют на формирование дозы облучения репрезентативного лица, используется доверительный интервал не менее 0,05 ($p < 0,05$), который соответствует вероятности включения 95 % значений параметров характерных для генеральной совокупности.

Величины, выходящие за рамки 95 % значений параметров при анализе, не используются. То есть при анализе выборки с нормальным распределением значений параметров используются данные внутри отклонения $\pm 2\sigma$.

24. При расчете ГЭД от выбросов и сбросов БелАЭС по ретроспективным данным, полученным по опыту эксплуатации БелАЭС — ГЭД фактическая, а ГЭД от выбросов и сбросов станции-аналога — ГЭД прогнозная, необходимо использовать единый метеосценарий, характеризующий среднегодовые метеоусловия, усредненные по данным как минимум за 3-летний период в районе площадки БелАЭС на основе данных метеостанции Лынтупы (таблица 1.5 приложения 1 к настоящей инструкции по применению), и гидрологические условия на реке Вилия по данным гидропоста в д. Михалишки (таблица 1.4 приложения 1 к настоящей инструкции по применению).

В таблицах 1.4–1.5 приложения 1 к настоящей инструкции по применению указаны рекомендуемые параметры типовых метео- и гидрологического сценариев по данным, полученным в результате анализа данных на метеостанции Лынтупы и гидрологического поста Михалишки на р. Вилия за период с 2011 до 2020 года.

25. ГЭД репрезентативного лица должна оцениваться для всех нормируемых радионуклидов, для которых установлены значения предельно допустимых и допустимых выбросов (инертные радиоактивные газы (далее – ИРГ), ^3H , ^{14}C , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}I , ^{133}I) и сбросов (^3H , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}I , ^{90}Sr).

26. Оценка ГЭД репрезентативного лица от газоаэрозольных выбросов БелАЭС в атмосферу должна выполняться на основании данных о фактических выбросах БелАЭС с учетом следующего:

наибольший вклад в ГЭД от выбросов при нормальной работе АЭС с реактором типа ВВЭР-1200 вносит внешнее облучение от радиоактивного облака и внутреннее облучение по пероральному пути облучения (потребления пищевых продуктов);

основной вклад во внешнее облучение от облака вносят ИРГ (^{41}Ar , ^{133}Xe , ^{135}Xe , $^{135\text{m}}\text{Xe}$, ^{138}Xe , ^{87}Kr , ^{88}Kr);

не менее 30 % суммарной ГЭД формируется ^{14}C за счет ингаляционного и перорального путей поступления;

без учета ИРГ и ^{14}C , наиболее значимыми изотопами, формирующими ГЭД от аэрозольных выбросов, являются изотопы ^{131}I , ^{134}Cs и ^{137}Cs , поступающие в организм человека пероральным и ингаляционным путем.

27. Оценку ГЭД репрезентативного лица от жидких сбросов БелАЭС следует выполнять на критическом участке (рекомендуется 1500 м от точки сброса) на основании данных об активности фактических сбросов радионуклидов в реку Вилия с учетом всех путей внешнего и внутреннего облучения и следующих условий:

осуществление хозяйственной деятельности, в т. ч. рекреационной (лов рыбы, купание, пребывание на берегу и т. д.);

потребление в пищу рыбы и продуктов питания местного производства из личного подсобного хозяйства;

потребление растениеводческой продукции, выращенной с учетом полива водой из реки Вилия;

потребление животноводческой продукции — с учетом водопоя скота водой из реки Вилия и выпаса скота на пастбищах, расположенных на орошаемых землях;

использование речной воды в качестве питьевой.

28. При оценке ГЭД репрезентативного лица от жидких сбросов в первую очередь необходимо учитывать дозы облучения от радионуклидов ^3H , ^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}I и ^{60}Co , поскольку это основные дозообразующие радионуклиды АЭС с реактором типа ВВЭР-1200.

29. Расчет прогнозной ГЭД облучения репрезентативного лица, проживающего вокруг БелАЭС, от выбросов и сбросов радиоактивных веществ за анализируемый период (ретроспективные данные) станции-аналога «лучшей практики» выполняется тем же методом, описанным в данной главе, применив значения выбросов и сбросов радиоактивных веществ станции-аналога. Данные о дозах облучения населения при эксплуатации станций-аналогов могут быть получены из официальных опубликованных отчетов об экологической безопасности атомных станций.

ГЛАВА 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ПРИЕМЛЕМОГО ПОЖИЗНЕННОГО РАДИОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ

30. Максимальный приемлемый пожизненный радиологический риск заболеваемости ЗНО населения (далее — МППРЗ), проживающего в ЗН БелАЭС, устанавливается для минимизации (оптимизации) радиационного воздействия на население при нормальной эксплуатации АЭС с учетом следующих соображений:

радиологический риск, значение которого находится между недопустимым и пренебрежимо малым уровнями риска, признается приемлемым только в том случае, если соблюдается принцип ALARA, т. е., если соответствующие этим рискам дозы облучения являются настолько низкими, насколько это разумно достижимо;

для целей оптимизации радиационной защиты нормативы приемлемых индивидуальных пожизненных рисков здоровью населения при нормальной работе АЭС должны базироваться на уровнях установленного диапазона граничных доз, верхняя граница которого ниже предельных значений индивидуальных пожизненных рисков для населения, установленных санитарными нормами и правилами [10].

Для оценки МППРЗ используется метод оценки пожизненного радиологического риска здоровью населения при эксплуатации БелАЭС, разработанный на основе общей теоретико-вероятностной методологии анализа риска с использованием математических моделей радиационного риска МКРЗ и НКДАР ООН и данных о медико-демографической ситуации в исследуемом регионе до введения БелАЭС в эксплуатацию. Установленные для БелАЭС значения ГД населения являются необходимыми исходными данными.

31. МППРЗ определяет верхнюю границу диапазона индивидуальных приемлемых пожизненных рисков заболевания ЗНО при оптимизации радиационной защиты населения в условиях нормальной эксплуатации БелАЭС. Все значения индивидуальных пожизненных рисков выше этой величины должны рассматриваться как неприемлемые.

32. Норматив МППРЗ рекомендуется использовать для сравнения с консервативно рассчитанными значениями показателей радиационного риска заболеваемости ЗНО населения при нормальной эксплуатации БелАЭС для принятия решений по:

программам оптимизации радиологической защиты;
результатам анализа радиационного воздействия БелАЭС на население в условиях нормальной эксплуатации;

оценке документов, обосновывающих меры оптимизации радиационной защиты и безопасности;

информированию населения о существующем риске ущерба здоровью.

33. Для определения МППРЗ установленное значение ГД умножается на соответствующий коэффициент пожизненного избыточного радиационного риска заболеваемости (формула 2):

$$\text{МППРЗ} = \text{ГД} (\text{Зв}) \times \text{Кпрз}, \quad (2)$$

где МППРЗ — максимальный приемлемый пожизненный радиологический риск заболеваемости ЗНО;

ГД — граничная доза, Зв;

Кпрз — коэффициенты пожизненного избыточного радиационного риска, значение приведено в таблице 1 настоящей инструкции по применению.

ГЛАВА 6

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПОПУЛЯЦИОННОГО ИЗБЫТОЧНОГО ПОЖИЗНЕННОГО РИСКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫМИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ

34. Алгоритм оценки риска здоровью населения при эксплуатации БелАЭС, включает оценку популяционного избыточного пожизненного риска заболеваемости населения радиационно-индуцированными ЗНО, обусловленных длительным (в течение года и более) равномерным облучением в малых дозах в результате сбросов и выбросов в окружающую среду радиоактивных веществ при работе БелАЭС в режиме нормальной эксплуатации.

35. Алгоритм оценки радиологического риска здоровью населения не предназначен для оценки радиационных рисков от облучения, связанного с воздействием природных источников излучения, и облучения от неплановых выбросов и сбросов АЭС в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации.

36. Пожизненный радиологический риск заболеваемости (далее — ПРРЗ) ЗНО определяет вероятность возникновения в течение всей предстоящей жизни онкологического заболевания, вызванного радиационным воздействием.

37. Вклад генетических наследственных эффектов в суммарный риск от воздействия малых доз ионизирующего излучения оценивается как незначительный; в связи с этим оценка радиационного риска по критерию «генетические последствия у потомства» в данном алгоритме не учитывалась.

38. В качестве количественной меры воздействия радиационного фактора на человека используется годовая эффективная доза внешнего и внутреннего облучения населения за счет любых радионуклидов, содержащихся в почве и пищевых продуктах. Это допустимо в ситуации равномерного техногенного облучения населения в малых дозах, поскольку в этих условиях отличия влияния на величину ПРРЗ эквивалентных доз в органах и тканях в сравнении с эффективной дозой незначительны.

39. Оценка ПРРЗ может осуществляться как для всего населения в целом, так и для отдельных возрастных групп облучаемого населения:

дети 0–14 лет;

подростки 15–17 лет;

дети и подростки 0–17 лет;

взрослое население от 18 лет и старше;
все население.

40. При использовании данного алгоритма имеется возможность:
оценить пожизненный риск возникновения дополнительных случаев ЗНО для лиц, относящихся к конкретной возрастной группе, за счет облучения в течение одного календарного года;

рассчитать возможное число дополнительных случаев ЗНО для всего населения и заданной возрастной группы только за счет облучения в течение одного года;

дать консервативную оценку риска и ожидаемого числа дополнительных случаев ЗНО за счет облучения всего населения и заданной возрастной группы в течение ряда последующих лет.

41. Для вычисления ПРРЗ необходимы следующие данные:

доза облучения репрезентативного лица (Зв) из населения или конкретной возрастной группы – Е;

официальные сведения о численности и половозрастной структуре населения исследуемой территории (предоставляются Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь);

коэффициенты избыточного пожизненного риска (далее — Кпрз) онкологической заболеваемости в расчете на 1 Зв равномерного техногенного облучения в течение заданного периода времени Кпрз — представлены в таблице 1.

42. При отсутствии данных о годовых дозах облучения населения в отдельных возрастных группах значения Е принимаются одинаковыми для всего населения, проживающего в ЗН БелАЭС, для которой осуществляется оценка риска.

Таблица 1. — Коэффициенты пожизненного избыточного радиационного риска (Кпрз) в расчете на 1 Зв равномерного техногенного облучения в течение заданного периода времени, Зв⁻¹

Возрастная группа на начало облучения	Период облучения, лет								
	1	2	3	5	10	20	30	40	50
Дети 0–14 лет	0,17	0,33	0,48	0,77	1,42	2,47	3,26	3,85	4,25
Подростки 15–17 лет	0,12	0,24	0,35	0,57	1,07	1,88	2,49	2,91	3,15
Дети и подростки 0–17 лет	0,16	0,31	0,46	0,73	1,35	2,34	3,10	3,65	4,02
Взрослые от 18 лет и старше	0,06	0,12	0,18	0,28	0,51	0,85	1,04	1,14	1,17
Все население	0,08	0,16	0,23	0,37	0,67	1,12	1,42	1,61	1,70

43. Прогнозные оценки ПРЗ оцениваются исходя из предположения, что Е не меняется на протяжении всего периода облучения.

ГЛАВА 7

РАСЧЕТ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЧНОЙ ДОЗЫ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЛАЭС

44. По результатам выполненных оценок $ГЭД_1$ — фактическая $ГЭД$ облучения репрезентативного лица из населения, проживающего в ЗН и на основе ретроспективных данных о годовых уровнях выбросов и сбросов БелАЭС, и прогнозных значений $ГЭД_2$ — прогнозируемая $ГЭД$ облучения при выполнении условия по внедрению «лучшей практики» станций-аналогов по уровням годовых выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду, выполняется расчет $ГД$ с учетом следующего.

При условии, что прогнозная $ГЭД_2$ ниже значений фактической $ГЭД_1$ населения и действующего норматива $ГД_1$, производить расчет необходимо по формуле 3.

$$ГД_2 = ГД_1 \times \frac{(ГЭД_1 + ГЭД_2)/2}{ГЭД_1}, \quad (3)$$

где $ГД_1$ — действующий норматив $ГД$, мкЗв/год;

$ГД_2$ — рассчитываемый норматив значения $ГД$, мкЗв/год;

$ГЭД_1$ — фактическая $ГЭД$ облучения репрезентативного лица из населения, проживающего в ЗН, рассчитанная исходя из ретроспективных данных о средних уровнях годовых выбросов и сбросов радиоактивных веществ БелАЭС за 5 лет, мкЗв/год;

$ГЭД_2$ — прогнозная $ГЭД$ репрезентативного лица из населения, проживающего в ЗН БелАЭС, рассчитанное на основе данных о выбросах и сбросах радиоактивных веществ «лучшей практики» станции-аналога, мкЗв/год.

45. В связи с наличием неопределенностей и возможных значительных отклонений в расчетах прогнозной $ГЭД$ методом математического моделирования, рассчитываемый новый норматив $ГД_2$ рассчитывается с учетом усреднения $ГЭД_1$ и $ГЭД_2$ согласно вышеприведенной формуле 3.

46. При условии изменения технологического процесса или количества реакторных установок величина $ГД_2$ населения может быть пересмотрена в сторону увеличения и рассчитана исходя из увеличения прогнозируемой $ГЭД_2$ облучения репрезентативного лица из населения при эксплуатации новых установок на площадке АЭС и прогнозируемых уровней выбросов и сбросов.

Однако во исполнение требований новое значение $ГД$ не должно превышать 100 мкЗв/год, установленное санитарными нормами и правилами Республики Беларусь [3, 10]. Учитывая, что $ГД$ устанавливается в диапазоне 10–100 мкЗв/год, а действующий норматив в соответствии с санитарными нормами и правилами составляет 100 мкЗв/год, при установлении $ГД$ рекомендуется округлять рассчитанное значения $ГД$ до целых величин в сторону снижения (ужесточения норматива) и при этом использовать шаг размерностью не менее 10 мкЗв/год.

47. В случае, если рассчитанное и округленное значение $ГД_2$ населения не отличается от действующего норматива более, чем на 10 мкЗв/год, новое значение $ГД$ устанавливается не рекомендуется.

48. В случае, если рассчитанное и округленное значение $ГД_2$ населения отличается от действующего норматива более, чем на 10 мкЗв/год, необходимо рассмотреть возможность установления нового норматива с учетом социально-экономических условий и возможностей внедрения защитных мероприятий или промышленного прогресса на АЭС, направленных на снижение выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду.

49. При расчете $ГД$ от выбросов и сбросов БелАЭС необходимо использовать отношение прогнозируемой $ГЭД$ от выбросов или сбросов к суммарной прогнозируемой $ГЭД$. Квота $ГД$ устанавливается методом округления рассчитанного значения $ГД$ выброса или сброса до целых величин в сторону снижения (ужесточения норматива) и при этом использовать шаг размерностью не менее 5 мкЗв/год.

50. В соответствии с [1], обоснование $ГД$ является частью отчета по обоснованию безопасности радиационного объекта или отчета по обоснованию безопасности атомной электростанции (далее — ООБ) и включается в раздел «Оценка радиологического воздействия на население и персонал».

51. В подразделе по обоснованию нового норматива $ГД$ населения необходимо изложить следующую информацию:

общая информация: описание АЭС как источника выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду, анализ выбросов и сбросов АЭС за последние 5 лет;

оценка $ГЭД$ облучения репрезентативного лица при эксплуатации БелАЭС, которая включает в себя оценку доз облучения населения репрезентативного лица, проживающего в ЗН БелАЭС, на основе данных за 5 лет об уровнях выбросов и сбросов;

анализ «лучшей практики», что включает анализ $ГЭД$ облучения населения реакторов или станций-аналогов, а также сравнительный анализ уровней годовых выбросов и сбросов радиоактивных веществ и доз облучения населения от БелАЭС и станций-аналогов;

прогнозная оценка $ГЭД$ репрезентативного лица от внедрения новых защитных мер (или новой практики), что включает оценку прогнозных $ГЭД$ облучения репрезентативного лица, проживающего в ЗН БелАЭС, при условии введения новых защитных мероприятий и ограничения выбросов и сбросов радиоактивных веществ БелАЭС до уровня годовых выбросов, выбранного реактора-аналога («лучшая практика») или увеличения выбросов и сбросов от внедрения новых мероприятий, запуска новых установок или остановки действующих установок;

расчет и обоснование нового норматива $ГД$ с оценкой возможности внедрения нового норматива $ГД$ на БелАЭС и ограничения выбросов и сбросов.

Приложение 1
к инструкции по применению
«Метод оценки радиационного риска
здоровью и определения граничных
доз облучения населения при
нормальной эксплуатации
Белорусской АЭС»
(Справочное)

**Параметры репрезентативного лица и средние для всего населения,
проживающего в зоне наблюдения БелАЭС
(по результатам исследований в 2017-2019 гг.)**

Таблица 1.1. — Параметры, характеризующие условия жизни и привычки репрезентативного лица в зоне наблюдения БелАЭС

Параметр	Репрезентативное лицо (5 % верхний квантиль)	Все население (среднее значение параметра)
Тип жилища	Деревянный частный дом	Деревянный частный дом
Источник питьевой воды	Колодец	Водопровод
Время, затрачиваемое на путь пешком к месту работы	120 мин	26,1 мин
Время пребывания на открытом воздухе (часов в день): летом зимой	14,5 8	7,5 3,2
Основной источник молока	ЛПХ	Магазин
Заготовка лесных грибов	Да	Да
Источник фруктов и ягод: летом зимой	Лес, сад Лес, сад	Магазин Магазин
Употребление речной рыбы	Да	Да
Источник овощей: летом зимой	ЛПХ, свежие овощи ЛПХ, свежие овощи	ЛПХ, свежие овощи ЛПХ, свежие овощи
Потребление мяса диких животных	Да, 4,7 % населения	Нет
Источник мяса	ЛПХ	Магазин
Употребление йодированной соли	Нет	Да

Таблица 1.2. — Уровни потребления пищевых продуктов репрезентативным лицом и средним представителем из населения, проживающего в зоне наблюдения БелАЭС (по данным опроса в 2017–2019 гг.), кг/год

Продукты	Взрослое население		Дети 6–18 лет		Дети 3–6 лет	
	Средний представитель	Репрезентативное лицо	Средний представитель	Репрезентативное лицо	Средний представитель	Репрезентативное лицо
Молоко и цельномолочная продукция	99,9	333,19	127,1	374,56	112,0	228,85
Творог и творожные изделия	3,6	10,95	3,7	10,95	3,4	10,95
Сыры (твердый и плавленый)	3,1	10,95	3,4	10,95	2,2	5,21
Говядина и баранина	3,7	15,14	5,0	27,38	1,8	8,47
Свинина	12,9	54,75	11,0	27,38	9,5	26,07
Птица	9,4	27,38	8,9	27,38	10,7	27,38
Субпродукты	2,3	8,62	1,8	8,62	0,6	2,16
Картофель	48,3	147,83	54,7	172,85	39,9	85,25
Овощи	71,5	222,77	92,8	308,30	49,0	136,45
Корнеплоды	41,5	114,05	37,4	109,50	31,5	83,66
Фрукты	51,0	217,18	61,9	217,18	42,2	93,08
Садовые ягоды	28,8	153,30	48,4	229,95	11,9	54,75
Консервированные продукты из овощей, фруктов, ягод	82,7	287,87	93,7	248,59	73,0	221,7
Дикорастущие ягоды	11,7	76,65	18,5	76,65	6,0	18,24
Грибы сушеные и вареные	3,2	10,43	2,8	10,43	0,4	1,26
Прочие	69,4	177,28	75,9	180,13	77,1	169,46

Таблица 1.3. — Список АЭС-аналогов с реакторами ВВЭР

Станции-аналоги	Блок	Мощность	Срок эксплуатации, лет	Год ввода в эксплуатацию
Нововоронежская	НВВ-4	ВВЭР-417/179	60	1973
	НВВ-5	ВВЭР-1000/187	55	1981
	НВВ-2-1	ВВЭР-1181/392М	60	2017
	НВВ-2-2		60	2019
Ленинградская	Л-2-1	ВВЭР-1200/491	60	2018
	Л-2-2	ВВЭР-1200/491	60	2021
Калининская	К-1	ВВЭР-1000/338	30	1985
	К-2		30	1987
	К-3	ВВЭР-1000/320	30	2005
	К-4		30	2012
Балаковская	Б-1	ВВЭР-1000/320	59	1986
	Б-2		55	1988
	Б-3		59	1989
	Б-4		60	1993
Ровенская	Р-1	ВВЭР-420/213	30	1981
	Р-2	ВВЭР-420/213	30	1982
	Р-3	ВВЭР-1000/320	30	1987
	Р-4	ВВЭР-1000/320	30	2006

Таблица 1.4. — Типовой гидрологический сценарий для расчета ГЭД населения*

Показатель	Наименование створов, их географические координаты (широта / долгота)
	1500 м ниже створа сбросов БелАЭС
	Урез правого берега: 54.822333°/ 26.043255°
Расстояние от устья, км	260,125
Площадь водосбора, км ²	10564
Уровень воды Y (м БС)	117,04
Расход воды Q(м ³ /с)	57,12
Площадь живого сечения S(м ²)	112,89
Средняя скорость течения V _{ср.} (м/с)	0,506
Ширина поверху B(м)	69,26
Средняя глубина H(м)	1,63
Максимальная глубина H _{max} (м)	2,08

* — значения определены при измеренных уровнях и расходах воды в створе д. Мужилы в пересчете для створов, расположенных ниже по течению

Таблица 1.5. — Типовой метеосценарий для расчета ГЭД населения (по данным за период 2011–2020 гг.)

Показатель	Значение показателя
Летний период (теплое время года)	
Среднегодовая скорость ветра	2,0 м/с
Среднегодовое количество осадков	712,8 мм
Категория устойчивости атмосферы	Категория D (безразличное состояние)
Преобладающее направление ветра	Юго-западные румбы (западное направление — 13,5 %)
Штиль	Безразличной стратификации (D) — 90 %, теплое время года — 76 %
Мезомасштабный коэффициент шероховатости подстилающей поверхности	0,40 м
Среднегодовое значение абсолютной влажности воздуха	6,7 г/м ³

Приложение 2
к инструкции по применению
«Метод оценки радиационного риска
здоровью и определения граничных
доз облучения населения при нормальной
эксплуатации Белорусской АЭС»
(Справочное)

Методики, применяемые для расчета ГЭД

Для расчета ГЭД, обусловленной газоаэрозольными выбросами в атмосферу, рекомендуется использовать лицензионный программный код, в частности одним из таких является программный код PC-CREAM 08

PC-CREAM 08 (Consequences of Releases to the Environment: Assessment Methodology), соответствующий стандартам качества ISO 9001:2008 и системе менеджмента качества компьютерных программ EickIT 5.5, номер свидетельства 956546; «ASSESSOR» и сопутствующие модели: «PLUME», «GRANIS», «RESUS» и «FARMLAND».

Для расчета ГЭД репрезентативного лица от жидких сбросов АЭС в реку Виляя могут быть использованы:

методика, рекомендованная МАГАТЭ в документе IAEA SRS-19 (IAEA, 2001) [2];

методика НКДАР ООН [5];

CROM [6];

SYMBIOSE [7];

лицензионный программный пакет PC-CREAM 08 и сопутствующие модели: RIVER и «ASSESSOR-river» [8];

гидрологический модуль системы RECASS NT [9], (разработка НПО «Тайфун»).

Приложение 3
к Инструкции по применению
«Метод оценки радиационного риска
здоровью и определения граничных доз
облучения населения при нормальной
эксплуатации Белорусской АЭС»
(Рекомендуемое)

**Пример расчета пожизненного риска здоровью для конкретной
возрастной группы населения**

Расчет пожизненного риска здоровью (далее — ПРЗ) для конкретной возрастной группы населения производится путем умножения величины накопленной дозы облучения D на соответствующий коэффициент пожизненного избыточного риска ($K_{\text{прз}}$) из таблицы 3.1:

$$\text{ПРЗ} = D (\text{Зв}) \times K_{\text{прз}}, \quad (3.1)$$

Если величина D выражена в миллизивертах (мЗв) в формуле 2.1, следует умножить значение D на 0,001:

$$\text{ПРЗ} = D(\text{мЗв}) \times 0,001 \times K_{\text{прз}}, \quad (3.2)$$

Количество дополнительных случаев заболевания ЗНО в рассматриваемой возрастной группе в течение предстоящей жизни — $N_{\text{зно}}$ вычисляется путем умножения значения ПРЗ на общую численность населения и на долю данной возрастной группы в общей численности населения f . Значения f для населения Островецкого района представлены в таблице:

$$N_{\text{зно}} = N_{\text{нас}} \times f \times \text{ПЗР}, \quad (3.3)$$

где $N_{\text{нас}}$ — общая численность населения;

f — доля рассматриваемой возрастной группы в общей численности населения.

Таблица 3.1. — Возрастная структура населения Островецкого района в 2018 г.

Возрастная группа	Численность населения ($N_{\text{нас}}$), человек	Доля группы от численности всего населения f , %
Дети и подростки 0–17 лет	2777	0,21
Дети 0–14 лет	2533	0,19
Подростки 15–17 лет	244	0,02
Взрослые от 18 лет и старше	8482	0,79

При условии, что доза облучения населения D равна граничной дозе, установленной нормативами [9] для облучения населения от всех источников радиоактивных газоаэрозольных выбросов и жидких сбросов АЭС в окружающую среду (0,1 мЗв), пожизненный радиационный риск здоровью населения (ПРЗгд) составит:

$$\text{ПРЗгд} = 0,1 \times 0,001 \times 0,08 = 8 \times 10^{-6} \quad (3.4)$$

Это означает, что максимальный приемлемый пожизненный риск заболевания ЗНО населения, проживающего в зоне влияния БелАЭС при нормальном режиме эксплуатации (т. е. при условии не превышения граничной дозы) составляет 8×10^{-6} . Все значения рисков выше этой величины должны рассматриваться как неприемлемые. Область оптимизации ПРЗ находится в диапазоне от 8×10^{-6} до 10^{-6} , что необходимо учитывать при установлении нормативов и планировании/осуществлении мер радиационной защиты в режиме оптимизации.

Рекомендуемый список литературы для использования

1. Положение о порядке установления и применения граничных доз облучения и референтных уровней : утв. приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь 31.08.2020 № 881. – Минск, 2020. – 14 с.
2. Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment : IAEA Safety Reports Series. № 19. – Vienna : IAEA, 2001. – 55 p.
3. Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций : сан. нормы, правила и гигиен. нормативы : утв. 31 марта 2010 г. № 39 / М-во здравоохранения Респ. Беларусь. – Минск : [б. и.], 2010. – 116 с.
4. Критерии оценки радиационного воздействия : гигиен. норматив : утв. 28 дек. 2012 г. № 213 / М-во здравоохранения Респ. Беларусь // Радиационная гигиена : сб. норм. док. – Минск : РЦГЭиОЗ, 2013. – Вып. 2. – С. 35–167.
5. <https://www-ns.iaea.org/downloads/rw/projects/emras/emras-two/first-technical-meeting/second-working-group-meeting/working-group-presentations/workgroup2-presentations/presentation-wg2-crom-code.pdf>.
6. <https://www.irsn.fr/FR/Larecherche/outils-scientifiques/Codes-de-calcul/Code-SYMBIOSE/Documents/symbiose.pdf>.
7. PC-CREAM 08 User Guide. RPD-EA-9-2009 / J. Smith [et al.] ; Health Protection Agency. Didcot, HPA, 2009. – 89 p.
8. <https://www.rpatyphoon.ru/products/software-hardware/recass.php>.
9. Требования к радиационной безопасности : санитар. нормы и правила : утв. 28 дек. 2012 г. № 213 / М-во здравоохранения Респ. Беларусь // Радиационная гигиена : сб. норм. док. – Минск : РЦГЭиОЗ, 2013. – Вып. 2. – С. 6–34.