

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2025-4-107-112>

УДК: 574:504.3:621.311.25:621.039.58

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ АЭС

С. П. Левченко^{*}, В. В. Божко, П. Е. Кривицкий

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

* E-mail для контактов: levchenko_sveta@nnc.kz

В настоящей работе представлены результаты теоретической оценки дозовой нагрузки на население от атмосферных выбросов АЭС в течение первого года работы и через 30 лет эксплуатации в нормальных условиях. Дозовые нагрузки оценены с учетом следующих путей облучения организма человека: внутреннее облучение за счет ингаляционного поступления радионуклидов, внешнее облучение от облака, внешнее облучение за счет загрязнения местности и внутреннее облучение за счет потребления продуктов питания. Расчетным путем установлено, что при эксплуатации АЭС в нормальных условиях не будут превышены квоты на допустимую дозовую нагрузку на население (10 мкЗв/год), формируемую за счет выбросов радиоактивных газов и аэрозолей в атмосферу. Основной вклад в суммарную дозовую нагрузку на население вносит внешнее фотонное облучение от радиоактивного облака. Суммарная доза по всем путям облучения, формируемая в результате атмосферных выбросов, увеличивается с течением времени за счет накопления долгоживущих радионуклидов в объектах окружающей среды, в связи с чем через 30 лет работы АЭС в нормальных условиях суммарная доза радионуклидов ⁶⁰Со и ⁹⁰Sr увеличится на один математический порядок.

Ключевые слова: атомная электростанция (АЭС), радионуклиды, выбросы в атмосферу, дозовая нагрузка, население, окружающая среда, облучение.

ВВЕДЕНИЕ

Атомная энергетика является одним из основных мировых источников энергии. В целом, в мире прослеживается позитивный тренд развития атомной энергетики. Данная тенденция обусловлена прогнозируемым мировым энергетическим кризисом и глобальной задачей по переходу к углеродной нейтральности [1].

Строительство атомной электростанции (АЭС) в Казахстане еще с 90-х годов рассматривается как важный экономический проект для обеспечения энергетической самодостаточности региона. С обретением независимости, строительство АЭС стало особенно необходимым в контексте энергетического суверенитета и безопасности страны, как ключевой составляющей общей национальной безопасности Казахстана, залогом будущего уверенного развития государства. Строительство АЭС в Казахстане создаст прочную основу для энергетической безопасности страны, улучшит экологическую ситуацию за счет сокращения выбросов, стабилизирует цены на электроэнергию и станет важным шагом на пути к технологическому развитию и промышленному росту [2]. Решение по строительству первой АЭС в Казахстане принято по результатам общегосударственного референдума, местом под строительство выбран Жамбылский район Алматинской области [3].

Оценка фактического и потенциального радиационного воздействия АЭС на природные компоненты (почвенный покров, водные объекты, атмосферный воздух, растительный и животный мир) окружающей среды и население представляют собой важный аспект в обеспечении безопасности и устойчивого раз-

вития ядерной энергетики. Работа любой АЭС обязательно сопряжена с выбросами в окружающую среду определенного количества радиоактивных элементов. Количественный состав газо-аэрозольных выбросов зависит от типа реактора, который составляет основу станции [4].

Оценка дозовых нагрузок на человека в районе расположения АЭС является неотъемлемым элементом радиоэкологического обоснования строительства и ввода атомной станции в эксплуатацию. Кроме того, необходим долговременный прогноз изменения дозовой нагрузки на население для планируемого периода функционирования АЭС [5]. С учетом наличия водных и энергетических ресурсов, низкой сейсмической активностью, развитой научной базой и опытом работы с радиоактивными материалами, еще одной из перспективных площадок для строительства второй АЭС в Казахстане – район вблизи города Курчатов (область Абай), расположенного на левом берегу реки Иртыш.

Цель работы: прогнозная оценка доз облучения населения в результате выбросов АЭС в течение первого года работы и через 30 лет эксплуатации электростанции, а также анализ и сопоставление полученных результатов с действующими нормативами Республики Казахстан.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования. В качестве объекта исследования выбрана проектируемая АЭС, которая будет включать в себя два энергоблока с водо-водяными реакторами поколения III и III+, имеющими высокий уровень безопасности и улучшенные экономические показатели [6].

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ АЭС

Методы исследования. К настоящему времени разработано достаточное количество программных средств, предназначенных для прогнозирования радиационного воздействия на население в условиях нормальной эксплуатации АЭС. Такие программы позволяют оценить возможные риски для здоровья человека и состояния окружающей среды, а также дать долгосрочную оценку дозовых нагрузок на население, находящегося в «зоне воздействия» функционирующей в штатном режиме работы АЭС.

Оптимальным (с точки зрения моделирования процессов, параметрического обеспечения, доступности и «дружелюбности» интерфейса) программным средством для прогнозирования последствий хронических радиоактивных выбросов для населения является пакет CROM, разработанный на основе миграционных моделей МАГАТЭ. Этот пакет позволяет прогнозировать поведение радионуклидов в атмосфере и природных средах, оценивать плотности загрязнения, накопление радиоактивных веществ в компонентах экосистем и сельскохозяйственной продукции. Программный пакет CROM характеризуется оптимальным уровнем сложности (для решения поставленной задачи) и хорошо проработанным параметрическим обеспечением. Этот пакет создан с учетом информации, представленной в документе МАГАТЭ SRS №19 с некоторыми улучшениями на основе EUR 15760 [7].

В настоящей работе дана прогнозная оценка доз облучения населения в результате штатных выбросов АЭС в течение первого года работы и через 30 лет ее эксплуатации. Дозовые нагрузки оценивались по различным путям облучения для возрастной группы населения «старше 17 лет», проживающей на расстоянии 30 км от предполагаемого места строительства АЭС. Расчет доз облучения населения выполнен с помощью программного пакета CROM. Для обеспечения максимальной оценки доз, значения входных параметров, используемые в расчете, были заданы с применением консервативного подхода. В качестве исходных данных использованы характеристики расчетных выбросов радиоактивных газов и аэрозолей в атмосферу Ленинградской АЭС-2 в нормальных условиях эксплуатации (таблица 1).

В расчет включены следующие пути облучения организма человека: внутреннее облучение за счет ингаляционного поступления радионуклидов, внешнее облучение от облака, внешнее облучение за счет загрязнения местности и внутреннее облучение за счет потребления продуктов питания. Оценка доз облучения выполнена с учетом рациона питания населения, проживающего на расстоянии 30 км от предполагаемого места строительства АЭС. В рационе были учтены наиболее распространенные в данном регионе продукты питания: мясо-молочная (мясо овец (баранина), говядина и коровье молоко) и растениеводческая продукция (злаковые культуры, овощи и фрукты), а также речная рыба. Годовое потребле-

ние продуктов питания для взрослого населения в области Абай (за 2024 год) представлено в таблице 2.

Таблица 1. Годовой выброс радиоактивных газов и аэрозолей со станции при работе блока в нормальном режиме, ГБк/год × блок [8]

Радионуклид	Место регистрации характеристик выброса	
	Вентиляционная труба	Выше кровли, здание турбины
^{3}H	$5,1 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^0$
^{14}C	$3,0 \cdot 10^2$	—
$^{83\text{m}}\text{Kr}$	$6,0 \cdot 10^2$	$1,3 \cdot 10^1$
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	$2,2 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^1$
^{85}Kr	$3,1 \cdot 10^2$	$5,4 \cdot 10^{-2}$
^{87}Kr	$1,2 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^1$
^{88}Kr	$4,8 \cdot 10^3$	$8,5 \cdot 10^1$
$^{131\text{m}}\text{Xe}$	$2,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^0$
^{133}Xe	$2,8 \cdot 10^4$	$2,6 \cdot 10^2$
^{135}Xe	$6,7 \cdot 10^3$	$7,8 \cdot 10^1$
^{138}Xe	$1,9 \cdot 10^2$	$1,7 \cdot 10^1$
^{131}I	$8,3 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
^{132}I	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$
^{133}I	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$
^{134}I	$7,2 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
^{135}I	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$
^{51}Cr	$8,5 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$
^{54}Mn	$5,3 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$
^{60}Co	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$7,8 \cdot 10^{-7}$
^{89}Sr	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$
^{90}Sr	$6,5 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$
^{134}Cs	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$
^{137}Cs	$3,3 \cdot 10^{-2}$	$6,8 \cdot 10^{-4}$
ИРГ	$4,4 \cdot 10^4$	$5,2 \cdot 10^2$
Йоды	$5,3 \cdot 10^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Аэрозоли	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$
Сумма (за исключением трития)	$4,4 \cdot 10^4$	$5,2 \cdot 10^2$

Таблица 2. Потребление основных продуктов питания [9]

Категория продуктов	Потребление, кг/год
Хлебопродукты и крупяные изделия	123,2
Мясо и мясопродукты	72,4
Рыба и морепродукты	12,6
Молоко и молочные продукты	244,3
Фрукты	55,9
Овощи	58,0
Картофель	30,6

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С помощью программного средства CROM выполнена оценка доз облучения населения, проживающего на расстоянии 30 км от предполагаемого места строительства АЭС. Рассчитаны суммарные дозовые нагрузки для возрастной группы «старше 17 лет», формируемые по различным путям облучения за год и за 30 лет ее эксплуатации. Результаты расчета представлены на рисунке 1.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ АЭС

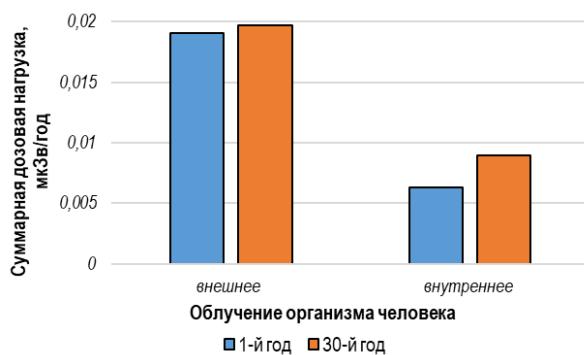


Рисунок 1. Суммарные дозовые нагрузки на население

Согласно результатам расчета (рисунок 1), полученные суммарные дозовые нагрузки не превышают предела дозы техногенного облучения населения (1 мЗв/год), установленного в Гигиенических нормативах для населения, подвергающегося облучению от радиационных объектов [10].

Кроме того, в Санитарных правилах установлены квоты на величину допустимой индивидуальной эффективной дозы облучения от всех радиационных факторов (воздушных выбросов, водных сбросов) для населения, проживающего за пределами санитарно-защитной зоны радиационного объекта при его нормальной эксплуатации [11]. Полученные значения не превысили минимального значения квоты (10 мкЗв/год), установленного в Санитарных правилах для населения, проживающего в зоне наблюдения радиационного объекта [11].

Суммарная доза по всем путям облучения, формируемая каждым радионуклидом в результате атмосферных выбросов в течение 1-го и 30-го года работы

АЭС при нормальных условиях представлена на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что с течением времени происходит накопление долгоживущих радионуклидов в объектах окружающей среды, в связи с чем через 30 лет работы АЭС в нормальных условиях суммарная доза радионуклидов ^{60}Co и ^{90}Sr увеличивается на один математический порядок.

Вклад различных путей облучения населения в суммарную дозовую нагрузку в результате выбросов АЭС в атмосферу в течение 1-го и 30-го года работы при нормальных условиях показан на рисунке 3.

Расчетным путем установлен основной путь облучения населения – внешнее фотонное облучение от радиоактивного облака (рисунок 3). За 30 лет эксплуатации АЭС в нормальном режиме вклад облучения от радиоактивного облака в суммарную дозу облучения снижется с 75,2% до 66,7%. Это связано с увеличением внешнего облучения от поверхности почвы (с 0,4% до 2,4%) и внутреннего облучения при первичном пути поступления (с 24,2% до 30,8%) в организм человека, за счет накопления долгоживущих радионуклидов, находящихся в объектах окружающей среды.

Отдельные радионуклиды вносят различный вклад в формирование дозовой нагрузки по различным путям облучения организма человека (рисунок 4). Это обусловлено особенностью характеристик каждого радиоактивного изотопа, входящего в состав атмосферных выбросов АЭС, а также различием физико-химических свойств данных элементов, которые влияют на их миграционные способности в объектах окружающей среды.

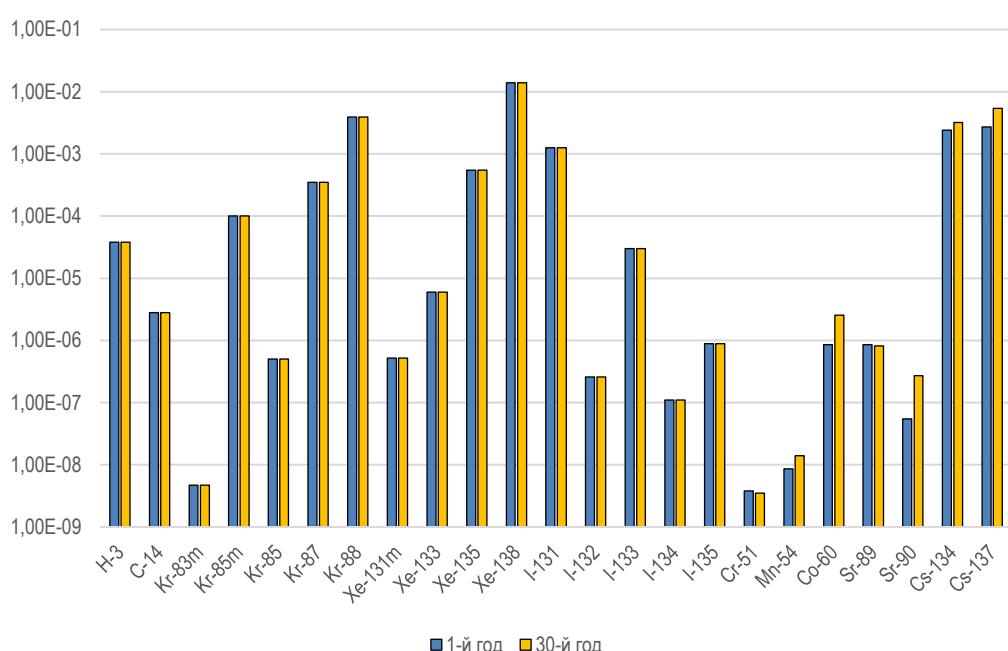


Рисунок 2. Суммарная доза по всем путям облучения, мкЗв/год

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ АЭС



Рисунок 3. Вклад различных путей облучения в суммарную дозовую нагрузку населения

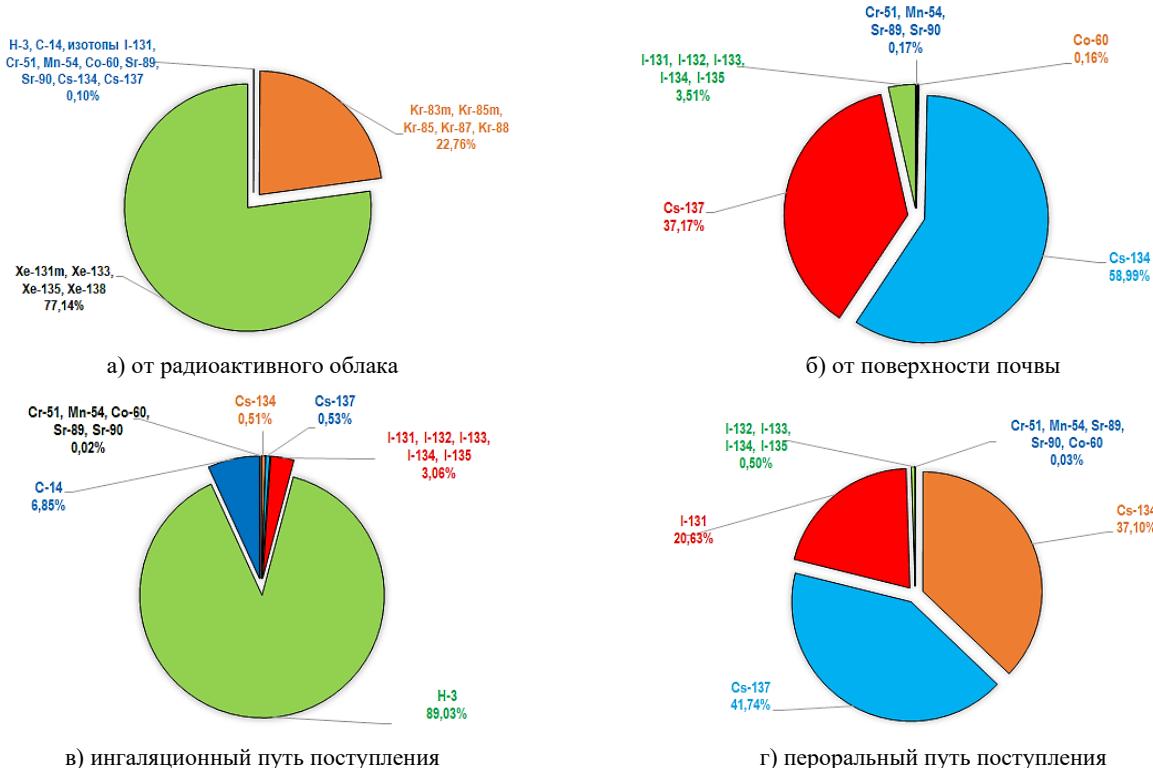


Рисунок 4. Вклад различных радионуклидов в формирование дозовых нагрузок на население

Как видно из рисунка 4 а, инертные радиоактивные газы вносят существенный вклад в суммарную дозовую нагрузку только по пути облучения от радиоактивного облака. Вклад ^{3}H значительно преобладает при облучении, обусловленном поступлением радионуклидов в организм человека за счет дыхания (рисунок 4 в). При облучении от поверхности почвы наибольший вклад вносят радионуклиды ^{134}Cs и ^{137}Cs (рисунок 4 б), а при потреблении продуктов питания – ^{134}Cs , ^{137}Cs и ^{131}I (рисунок 4 г).

На формирование суммарной дозы внутреннего облучения существенное влияние оказывает рацион питания населения (рисунок 5).

Согласно полученным данным (рисунок 5), в суммарную дозу внутреннего облучения за счет перорального поступления наибольший вклад дает потребление мясомолочных продуктов, меньше – потребление рыбы, злаков, овощей и фруктов.

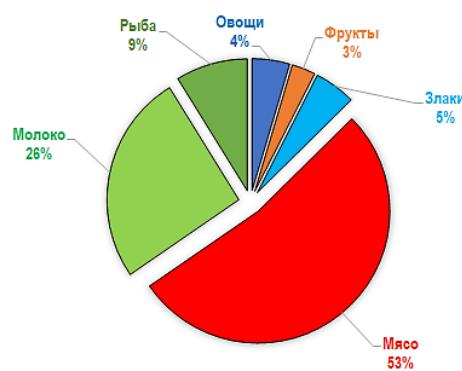


Рисунок 5. Вклад пищевого рациона в формирование дозы внутреннего облучения

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ АЭС

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам теоретической оценки дозовой нагрузки на население можно сделать следующие выводы:

1. При эксплуатации АЭС в нормальных условиях не будут превышены квоты на допустимую дозовую нагрузку на население (10 мкЗв/год), формируемую за счет выбросов радиоактивных газов и аэрозолей в атмосферу.

2. Расчетная суммарная доза облучения населения от атмосферных выбросов при нормальных условиях работы АЭС значительно меньше допустимой дозовой нагрузки, как в первый год работы электростанции (0,025 мкЗв/год), так и за 30 лет (0,029 мкЗв/год). Значительного увеличения суммарной дозовой нагрузки на население с течением времени за счет накопления долгоживущих радионуклидов в объектах окружающей среды не происходит.

3. Основной вклад в суммарную дозовую нагрузку на население вносит внешнее фотонное облучение от радиоактивного облака.

4. В зависимости от пути облучения организма человека основными дозообразующими радионуклидами являются: ^{138}Xe – при облучении от радиоактивного облака; ^3H – за счет дыхания (ингаляционный путь); ^{134}Cs и ^{137}Cs – в случае облучения от поверхности почвы; ^{134}Cs , ^{137}Cs и ^{131}I – при потреблении продуктов питания (пероральный путь).

5. В суммарную дозу внутреннего облучения за счет перорального поступления наибольший вклад дает потребление мясо-молочных продуктов, меньше – потребление рыбы, злаков, овощей и фруктов.

6. Адекватная оценка суммарных доз облучения населения возможна только в том случае, если в качестве исходных данных использованы все основные дозообразующие радионуклиды. Различие в теоретических и реальных данных по составу атмосферных выбросов при эксплуатации АЭС в нормальных условиях, может оказать существенное влияние на результаты прогнозных оценок.

Данная работа выполнена в рамках финансирования Агентства Республики Казахстан по атомной энергии по научно-технической программе BR24792713 «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан».

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан на 2023–2029 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724.
2. Часто задаваемые вопросы про АЭС / <https://www.gov.kz/situations/723/1481?lang=ru>
3. Постановление правительства Республики Казахстан «О районе строительства ядерной установки «Атомная электрическая станция»» от 30 декабря 2024 года № 1137.
4. Стожаров, А. Н. Радиационно-гигиеническая оценка нормированных выбросов в атмосферу атомными электростанциями с водо-водяными энергетическими реакторами // Медицинский журнал. – 2017. – № 1. – С. 119–123.
5. Карпенко Е.И., Спиридовон С.И., Куртмулаева В.Э. Долгосрочный прогноз дозовых нагрузок на население при штатных атмосферных выбросах Ленинградской АЭС-2 с помощью программного средства CROM // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2018. – Т. 27. – № 2. – С. 20–27.
6. Новости Казахстана и мира на сегодня / <https://www.zakon.kz/stati/6448186-glavnye-voprosy-ob-aes-v-kazakhstane-kto-kak-i-v-kakie-sroki-mozhet-ee-postroit.html>
7. М. К. Мукушева, С. И. Спиридовон, Р. А. Микаилова, А. В. Топорова. Сравнительный анализ программных средств для прогнозирования радиоэкологических последствий штатных и аварийных выбросов АЭС для населения // Вестник НЯЦ РК. – 2024. Выпуск 1. – С. 89–95. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-1-89-95>
8. Ленинградская АЭС-2 энергоблоки № 1 и № 2. Материалы обоснования лицензии на эксплуатацию энергоблока № 2 Ленинградской АЭС-2. Книга 1 // ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2015, 155 стр. – С. 23.
9. Статистика уровня жизни. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах Республики Казахстан / <https://stat.gov.kz>
10. «Гигиенические нормативы к обеспечению радиационной безопасности» (утверждены приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от 2 августа 2022 года № КР ДСМ-71).
11. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» (утверждены приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от 15 декабря 2020 года № КР ДСМ-275/2020, с изменениями и дополнениями по состоянию на 22.04.2023 г.).

REFERENCES

1. Kontseptsiia razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa Respubliki Kazakhstan na 2023–2029 gody. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 28 iyunya 2014 goda No. 724.
2. Chasto zadavaemye voprosy pro AES / <https://www.gov.kz/situations/723/1481?lang=ru>
3. Postanovlenie pravitel'stva Respubliki Kazakhstan "O rayone stroitel'stva yadernoy ustanovki 'Atomnaya elektricheskaya stantsiya'" ot 30 dekabrya 2024 goda No. 1137.
4. Stozharov, A. N. Radiatsionno-gigienicheskaya otsenka normirovannykh vybrosov v atmosferu atomnymi elektrostantsiyami s vodo-vodyanyimi energeticheskimi reaktorami // Meditsinskiy zhurnal. – 2017. – No. 1. – P. 119–123.
5. Karpenko E.I., Spiridonov S.I., Kurtmulaeva V.E. Dolgosrochnyy prognos dozovykh nagruzok na naselenie pri shtatnykh atmosfernnykh vybrosakh Leningradskoy AES-2 s pomoshch'yu programmnnogo sredstva CROM // Radiatsiya i risk (Byulleten' Natsional'nogo radiatsionno-epidemiologicheskogo registra). – 2018. – Vol. 27. – No. 2. – P. 20–27.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ АЭС

6. Novosti Kazakhstana i mira na segodnya / <https://www.zakon.kz/stati/6448186-glavnye-voprosy-ob-aes-v-kazakhstane-kto-kak-i-v-kakie-sroki-mozhet-ee-postroit.html>
7. Mukusheva M.K., Spiridonov S.I., Mikailova R.A., Toporova A.V. Comparative analysis of software tools to predict the radioecological consequences after routine and accidental emmisions by NPP for the population // NNC RK Bulletin. – 2024. Issue 1. – P. 89–95. (In Russ.) <https://doi.org/10.5267/1729-7885-2024-1-89-95>
8. Leningradskaya AES-2 energobloki No. 1 i No. 2. Materialy obosnovaniya litsenzii na ekspluatatsiyu energobloka No. 2 Leningradskoy AES-2. Kniga 1// OAO "Kontsern Rosenergoatom". – 2015. – P. 23.
9. Statistika urovnya zhizni. Potreblenie produktov pitaniya v domashnikh khozyaystvakh Respubliki Kazakhstan / <https://stat.gov.kz>
10. "Gigienicheskie normativy k obespecheniyu radiatsionnoy bezopasnosti" (utverzhdeny prikazom Ministra zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan ot 2 avgusta 2022 goda No. KZ DSM-71).
11. Sanitarnye pravila "Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k obespecheniyu radiatsionnoy bezopasnosti" (utverzhdeny prikazom Ministra zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan ot 15 dekabrya 2020 goda No. KZ DSM-275/2020, s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 22.04.2023 g.).

АЭС ҚАЛЫПТЫ ЖҰМЫС ИСТЕУІ КЕЗІНДЕ АТМОСФЕРАЛЫҚ ШЫҒАРЫНДЫЛАРДАН ХАЛЫҚА ТҮСЕТІН ДОЗАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕҢІ ТЕОРИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ

С. П. Левченко*, В. В. Божко, П. Е. Кривицкий

ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, Курчатов, Қазақстан

* Байланыс үшін E-mail: levchenko_sveta@nnr.kz

Бұл жұмыста АЭС жұмысының бірінші жылында және қалыпты жағдайда 30 жыл пайдаланылғаннан кейін атмосфералық шығарындыларынан халықта түсетін дозалық жүктемені теориялық бағалау нәтижелері ұсынылған. Дозалық жүктемелер адам ағзасының келесі сәулелену жолдарын ескере отырып бағаланады: радионуклидтердің ингаляциялық түсуінен ішкі сәулелену, бұлттан сыртқы сәулелену, жергілікті жердің ластануынан сыртқы сәулелену және азық-түлікті тұтынудан ішкі сәулелену. АЭС-ті қалыпты жағдайда пайдалану кезінде атмосфераға радиоактивті газдар мен аэрозольдардың шығарылуынан қалыптасатын халыққа рұқсат етілген дозалық жүктеме (10 мкЗв/жыл) квотасынан аспайтыны есептеу арқылы анықталды. Халықта түсетін жиынтық дозалық жүктемеге негізгі үлесті радиоактивті бұлттан сыртқы фотондық сәулелену қосады. Атмосфералық шығарындылар нәтижесінде қалыптасатын барлық сәулелену жолдары бойынша жиынтық доза қоршаған орта объектілерінде ұзак өмір сүретін радионуклидтердің жинақталуы есебінен уақыт өткен сайын ұлғаяды, осыған байланысты АЭС қалыпты жағдайда 30 жыл жұмыс істегеннен кейін ^{60}Co және ^{90}Sr радионуклидтерінің жиынтық дозасы бір математикалық мәртеге ұлғаяды.

Түйін сөздер: атом электр станциясы (АЭС), радионуклиидтер, атмосферада шығарындылар, дозалық жүктеме, халық, қоршаған орта, сәулелену.

THEORETICAL ASSESSMENT OF PUBLIC RADIATION BURDEN BY ATMOSPHERIC EMISSIONS UNDER NORMAL NPP OPERATING CONDITIONS

S. P. Levchenko*, V. V. Bozhko, P. Ye. Krivitsky

Branch "Institute of Radiation Safety and Ecology" RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

E-mail for contacts: levchenko_sveta@nnr.kz

This paper presents the results of a theoretical assessment of public radiation burden by atmospheric emissions from NPP during the first year of operation and after 30 years of operation under normal conditions. Radiation burdens were estimated given the following exposure pathways of the human body: internal exposure through inhalation of radionuclides, external exposure to a cloud, external exposure to ground contamination and internal exposure to the intake of foodstuffs. It was found by calculation that when a NPP is operated under normal conditions, quotas for the permissible public radiation burden ($10 \mu\text{Sv/year}$) generated by emissions of radioactive gases and aerosols into the atmosphere will not be exceeded. The main contribution to the total public radiation burden is made by external photon exposure to a radioactive cloud. The total dose through all exposure pathways resulting from atmospheric emissions increases over time due to the accumulation of long-lived radionuclides in environmental compartments, for which reason, after 30 years of NPP operation under normal conditions, the total dose of ^{60}Co and ^{90}Sr will increase by one mathematical order of magnitude.

Keywords: nuclear power plant (NPP), radionuclides, atmospheric emissions, radiation burden, population, environment, exposure.