

Использование результатов радиационного мониторинга окружающей среды для контроля источника выбросов йода-131 предприятием

А.И. Крышев, В.Г. Булгаков, М.Н. Каткова, О.Н. Полянская, А.А. Бурякова

Научно-производственное объединение «Тайфун», Обнинск, Россия

Выполнен анализ взаимного соответствия данных о годовом выбросе радионуклида предприятием, расчетной модели переноса примеси, использующейся при установлении нормативов предельно допустимых выбросов, и среднегодовой объемной активности радионуклида, определенной с использованием данных радиационного мониторинга приземного слоя воздуха, на примере выброса ^{131}I акционерным обществом «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова» (г. Обнинск). Показано, что для выброса предприятия в 2013–2022 гг. результаты радиационного мониторинга окружающей среды подтверждают как данные радиационного контроля источника выброса ^{131}I , так и адекватность расчетной модели переноса примеси. Среднегодовой метеорологический фактор разбавления выброса ^{131}I предприятием в приземном слое атмосферы, оцененный с использованием данных мониторинга, не превышает значение, полученное с помощью модели расчета переноса примеси. Выявлена сильная корреляция среднегодовой объемной активности ^{131}I в приземном воздухе, полученной с использованием результатов измерений, и данных радиационного контроля годовых выбросов предприятия. Отсутствует корреляция изменчивости фактора разбавления по расчетным оценкам и данным мониторинга, что может быть связано с неоднородностью выброса ^{131}I предприятием в течение года.

Ключевые слова: выброс йода-131, мониторинг окружающей среды, радиационный контроль источника, модель атмосферного переноса, фактор разбавления.

Введение

Согласно руководству по безопасности МАГАТЭ [1], важным и существенным элементом контроля выбросов радиоактивных веществ является регулярный мониторинг – как источника выбросов, так и окружающей среды. В документе [1] отмечается, что одной из задач мониторинга окружающей среды является проверка результатов мониторинга источника выбросов, а сам мониторинг окружающей среды должен быть таким, чтобы обеспечить возможность верификации результатов мониторинга источника посредством отбора проб и выполнения измерений в тщательно выбранных местах вблизи ядерно и радиационно опасного объекта. Приземный слой атмосферного воздуха является компонентом природной среды, который имеет наибольшую функциональную связь с выбросами радионуклидов. Годовая эффективная доза

облучения населения от выбросов предприятия в условиях нормальной эксплуатации прямо пропорциональна среднегодовой объемной активности радионуклидов в приземном слое атмосферного воздуха [2].

Величина среднегодовой объемной активности радионуклида в приземном слое атмосферного воздуха может быть получена двумя независимыми методами:

- инструментальным – с использованием данных радиационного мониторинга окружающей среды;
- расчетным – например, с помощью модели, принятой в методике установления нормативов предельно допустимых выбросов, где используются данные контроля источника выброса (годовой выброс радионуклида) и характеристики, влияющие на рассеивание примеси (геометрические и физические параметры источника, метеорологические условия)^{1,2}.

¹ Методические рекомендации по расчету нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ из организованных источников в атмосферный воздух применительно для организаций Госкорпорации «Росатом». Утверждены 15.07.2014 г. № 1-1/310-Р. М., Росатом, 2014 [Methodological guidelines for calculating the maximum permissible emissions of radioactive substances from organized sources into the atmosphere for organizations of the State Atomic Energy Corporation «Rosatom». Approved by the State Atomic Energy Corporation «Rosatom» No 1-1/310-P of 15.07.2014. (In Russ.)]

² РБ-106-21. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендуются методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосфер-

Крышев Александр Иванович

Научно-производственное объединение «Тайфун»

Адрес для переписки: 249038, Россия, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, д. 4; E-mail: ecomod@yandex.ru

Сопоставление величин среднегодовой объемной активности, полученных инструментальным и расчетным методом (по модели для установления нормативов предельно допустимых выбросов), позволяет проанализировать корректность данных об источнике выброса и адекватность расчетной модели переноса примеси, используемой при расчете годовой эффективной дозы облучения населения и нормативов предельно допустимых выбросов. В данной работе такой анализ выполнен на примере выброса ^{131}I АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» (г. Обнинск) в период 2013–2022 гг.

Результаты мониторинга содержания ^{131}I в приземном слое атмосферы г. Обнинска в 1989–1996 гг. и 2004–2013 гг. представлены и проанализированы в работе [3]. В публикации [4] обсуждается использование данных радиационного мониторинга атмосферного воздуха сетью лабораторий с целью идентификации источника выбросов ^{131}I . В работе [5] проанализирована возможность использования результатов мониторинга для верификации моделей рассеяния выбросов радионуклидов из стационарных источников в городской среде. На основе модельных расчетов переноса ^{131}I оценивалась годовая доза облучения населения, проживающего в районе расположения НИФХИ [6].

Цель исследования – анализ возможности использования метода верификации данных о годовых выбросах радионуклида предприятием в атмосферный воздух на основе результатов радиационного мониторинга окружающей среды.

Задачи исследования

Задачей исследования является анализ взаимного соответствия данных о годовом выбросе радионуклида предприятием, расчетной модели переноса примеси, используемой при установлении нормативов предельно допустимых выбросов радионуклидов в Госкорпорации «Росатом», и среднегодовой объемной активности радионуклида, определенной с использованием данных радиационного мониторинга приземного слоя воздуха, на примере выброса ^{131}I АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» (г. Обнинск).

Материалы и методы

В районе г. Обнинска находится предприятие АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» (далее – НИФХИ), один из видов деятельности которого – производство радиофармацевтических препаратов. В процессе производства образуется ^{131}I , который в основном задерживается фильтрующими устройствами. Тем не менее, некоторая часть его поступает в атмосферу и обнаруживается системой радиационного мониторинга в приземном воздухе г. Обнинска. Выброс ^{131}I НИФХИ осуществляется из организованного источника – вентиляционной трубы вы-

сотой 86 м. Другие источники выброса ^{131}I в г. Обнинске и его окрестностях отсутствуют.

На территории г. Обнинска ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета проводит многолетние наблюдения за радиоактивными аэрозолями и молекулярной фракцией радиоактивного йода из приземного слоя атмосферы. Пункт отбора проб атмосферных аэрозолей и молекулярной фракции радиоактивного йода расположен на площадке высотной метеорологической мачты (ВММ-310) в центре г. Обнинска. Расположение пункта отбора проб – на расстоянии 5,8 км к северо-северо-западу от источника выброса ^{131}I . Периодичность отбора проб составляет 1 сутки. Отбор проб радиоактивных аэрозолей и молекулярной фракции радиоактивного йода осуществляется с помощью автоматизированной воздухофильтрующей установки (ВФУ) типа УВФ-2 путем прокачки атмосферного воздуха через систему накопительных фильтров.

ВФУ типа УВФ-2 одновременно с отбором проб обеспечивает автоматическое непрерывное измерение объемного расхода воздуха, прокачиваемого за время экспозиции пробы, автоматическое непрерывное измерение поверхностной суммарной β -активности и мощности амбиентного эквивалента дозы γ -излучения (МАЭД) под накопительным фильтром. Вся указанная информация отображается на дисплее и по каналам связи передается на удаленный персональный компьютер. Программное обеспечение обеспечивает дистанционное управление УВФ-2, сбор, накопление, обработку и анализ данных, поступающих с УВФ-2 по каналу связи, выработку «тревожного (алармового) сигнала» для оператора в случае резкого увеличения содержания техногенных радионуклидов в воздухе.

Для отбора проб радиоактивных аэрозолей используется фильтр типа ФПП-15-1,5, для отбора проб молекулярного ^{131}I – СФМ-2И-ПС. Диапазон измерения объемного расхода воздуха составляет 300–2500 м³/ч, с пределом допускаемой основной относительной погрешности определения объема воздуха, прокачанного через фильтр, не более $\pm 4\%$. Диапазон измерения мощности амбиентной дозы γ -излучения (для УВФ-2) от 0,05 мкЗв/ч до 10 Зв/ч с пределом допускаемой основной относительной погрешности не более 25%. Диапазон измерения поверхностной β -активности (для УВФ-2) от $4,4 \cdot 10^{-2}$ до $2,2 \cdot 10^4$ Бк/см², с пределом допускаемой основной относительной погрешности не более $\pm 25\%$ ³.

После отбора экспонированные фильтры в тот же день доставляются в радиометрическую лабораторию. Аэрозольный фильтр прессуется в таблетки диаметром 46 мм и высотой 5–8 мм. Молекулярный фильтр сворачивается и помещается в измерительный контейнер диаметром 140 мм и высотой 100 мм. Для проведения γ -спектрометрического анализа применяется поверенный полупроводниковый детектор из особо чистого германия (GEM60P4-83, «ORTEC»), помещенный в низкофо-

ный воздух. М., Ростехнадзор, 2021 [RB-106-21. Safety guide on nuclear energy use. Recommended methods of parameters calculation which are necessary to prepare and establish permissible limits of radioactive substances discharges into atmosphere. Moscow, Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service (Rostechnadzor), 2021. (In Russ.)]

³ РД 52.18.826-2015 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 12. Наблюдения за радиоактивным загрязнением компонентов природной среды. Обнинск, 2015. 105 с. [Guidance document 52.18.826-2015 Manual of hydrometeorological stations and posts. Issue 12. Observations on the radioactive contamination of environmental components. Obninsk, 2015, 105 p. (In Russ.)]

новую защитную камеру. Относительная эффективность детектора составляет 60% (1,33 МэВ, ^{60}Co), отношение пик/комpton 70:1, ПШПВ – 1,9. Для обработки спектра используется программа «GammaVision». Идентификация ^{131}I в атмосферных аэрозолях определяется по пику полного поглощения 364,49 кэВ (квантовый выход 81,2%). Поправка на распад радионуклида учитывается на середину срока отбора. Расширенная неопределенность объемной активности ^{131}I не превышает 50%. Минимальная детектируемая активность в соответствии с методикой⁴ составляет $1 \cdot 10^{-6}$ Бк/м³.

Динамика годового выброса ^{131}I по данным штатного радиационного контроля НИФХИ [7, 8] и среднегодовая объемная активность ^{131}I в приземном слое воздуха г. Обнинска, определенная с использованием данных измерений НПО «Тайфун» (сумма атмосферных аэрозолей и молекулярной фракции), приведены в таблице 1.

Таблица 1

Годовой выброс ^{131}I НИФХИ по данным штатного радиационного контроля (ТБк/год) и динамика среднегодовой объемной активности ^{131}I в приземном воздухе г. Обнинска в 2013 – 2022 гг. по данным измерений (Бк/м³)

[Table 1

Annual discharge of ^{131}I from NIFHI according to the data of normal radiation control (TBq/year) and dynamics of the annual average volume activity of ^{131}I in the near-surface air in Obninsk, 2013 – 2022, estimated using data of measurements (Bq/m³)

| Год [Year] | Выброс в атмосферный воздух [Atmospheric release] | Среднегодовая объемная активность [Annual average volume activity] |
|------------|---|--|
| 2013 | 0,12 | $(7,3 \pm 2,2) \cdot 10^{-5}$ |
| 2014 | 0,16 | $(2,5 \pm 0,8) \cdot 10^{-5}$ |
| 2015 | 0,85 | $(4,8 \pm 1,5) \cdot 10^{-4}$ |
| 2016 | 1,4 | $(3,1 \pm 0,9) \cdot 10^{-4}$ |
| 2017 | 1,6 | $(4,1 \pm 1,2) \cdot 10^{-4}$ |
| 2018 | 2,2 | $(8,8 \pm 2,6) \cdot 10^{-4}$ |
| 2019 | 1,2 | $(5,8 \pm 1,7) \cdot 10^{-4}$ |
| 2020 | 1,1 | $(3,9 \pm 1,2) \cdot 10^{-4}$ |
| 2021 | 1,3 | $(4,1 \pm 1,2) \cdot 10^{-4}$ |
| 2022 | 0,7 | $(2,4 \pm 0,7) \cdot 10^{-4}$ |

Годовой выброс радионуклида и его среднегодовая объемная активность в атмосферном воздухе связаны между собой такой характеристикой, как среднегодовой метеорологический фактор разбавления выброса в приземном слое атмосферы (далее – фактор разбавления). Фактор разбавления (с/м³) равен отношению среднегодовой объемной активности радионуклида в воздухе (Бк/м³) к усредненной за год мощности его выброса (Бк/с) [9].

Фактор разбавления выброса ^{131}I НИФХИ в приземном слое атмосферы в месте расположения пункта мониторинга в г. Обнинске определен для каждого года в период с 2013 по 2022 г. 2 независимыми способами. Фактор разбавления G_r , с/м³, получен с использованием стандар-

тной Гауссовой модели переноса примеси, принятой в методике установления нормативов предельно допустимых выбросов¹. Фактор разбавления G_r вычисляется в зависимости от параметров источника (геометрическая высота, линейная и объемная скорость выброса, температура выброса) и метеорологических характеристик, влияющих на рассеивание примеси в атмосфере (повторяемость совместной реализации определенного направления ветра, категории устойчивости атмосферы и градации скорости ветра; температура воздуха в окружающей среде; интенсивность осадков различного типа и др.).

Фактор разбавления G_m , с/м³, получен как отношение среднегодовой объемной активности в атмосферном воздухе по данным радиационного мониторинга, Бк/м³ (см. табл. 1), к усредненному за год выбросу радионуклида по данным штатного контроля НИФХИ, Бк/с. При обоих способах расчета сделано предположение о равномерном распределении выброса радионуклида в течение года^{1,2}.

Поскольку методики установления нормативов предельно допустимых выбросов^{1,2} предполагают консервативный подход к расчету переноса примеси и оценке годовой эффективной дозы облучения населения, то можно ожидать выполнение соотношения $G_r \geq G_m$. Тогда расчетная среднегодовая объемная активность ^{131}I в приземном воздухе окажется выше или равна полученной по результатам измерений, с учетом неопределенности модельной оценки и данных измерений. Это позволит сделать вывод о том, что результаты радиационного мониторинга окружающей среды подтверждают данные радиационного контроля источника выброса ^{131}I , а расчетная модель, используемая при установлении нормативов предельно допустимых выбросов, не занижает среднегодовую объемную активность ^{131}I в приземном воздухе. От корректности оценки источника выброса и среднегодовой объемной активности в приземном воздухе напрямую зависит корректность расчета годовой эффективной дозы облучения населения и норматива предельно допустимого выброса радионуклида.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 показана динамика фактора разбавления выброса ^{131}I НИФХИ в приземном слое атмосферы в 2013–2022 гг. Фактор разбавления G_m оценен в месте расположения пункта мониторинга в г. Обнинске с использованием данных измерений, фактор разбавления G_r получен расчетным путем с помощью стандартной Гауссовой модели. Для сравнения на рисунке 1 отображены результаты расчета G_r с использованием наиболее консервативной модели из методики¹, не учитывающей тепловой и динамический подъем струи выброса, и более реалистичной модели из той же методики¹, учитывающей тепловой и динамический подъем струи выброса.

Как видно на рисунке 1, фактор разбавления G_r , полученный по наиболее консервативной расчетной модели, превышает величину G_m в 1,5–4,7 раз. Фактор разбавления G_r , рассчитанный с учетом теплового и динамическо-

⁴ МВК 6.1.10-15. Методика контроля радиоактивного загрязнения приземного воздуха и выпадений на поверхность земли в ФГБУ «НПО «Тайфун». Обнинск, 2016, 57 с. [MVK 6.1.10-15. Methods of monitoring the radioactive contamination of surface air and fallout on the surface of the earth in the FGBU «NPO «Typhoon». Obninsk, 2016, 57 p. (In Russ.)]

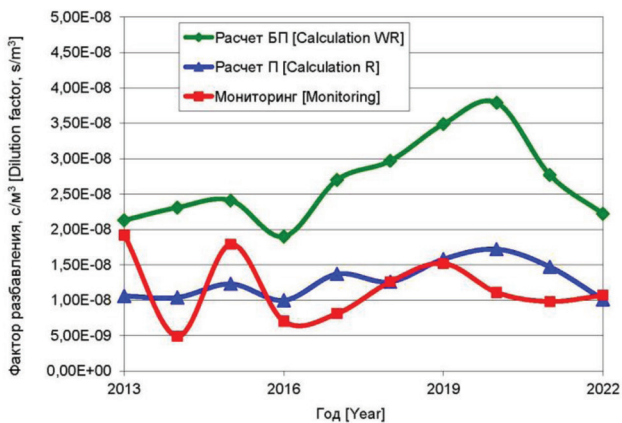


Рис. 1. Динамика фактора разбавления выброса ^{131}I НИФХИ в приземном слое атмосферы, расчет по модели без учета подъема струи выброса (БП), с его учетом (П) и оценка с использованием данных мониторинга

[Fig. 1. Dynamics of the dilution factor of the ^{131}I NIFHI release in the surface layer of the atmosphere, calculation according to the model excluding the rise of the release jet (ER), taking it into account (R) and assessment using monitoring data]

го подъема струи выброса, отличается от величины G_m в 0,7–1,5 раз. Среднее значение фактора разбавления G_m , полученное с использованием данных мониторинга в 2013–2022 гг., составляет $(1,2 \pm 0,5) \cdot 10^{-8}$ с/м³. Среднее значение фактора разбавления G_r , рассчитанное по модели с учетом теплового и динамического подъема струи выброса, составляет $(1,3 \pm 0,5) \cdot 10^{-8}$ с/м³, а по наиболее консервативной модели – $(2,7 \pm 0,6) \cdot 10^{-8}$ с/м³.

Таким образом, соотношение $G_r \geq G_m$ выполняется для выброса ^{131}I НИФХИ. Результаты радиационного мониторинга окружающей среды подтверждают как данные радиационного контроля источника выброса ^{131}I , так и адекватность расчетной модели переноса примеси, используемой при установлении нормативов предельно допустимых выбросов. На рисунке 2 представлен результат расчета среднегодовой объемной активности ^{131}I в пункте мониторинга в г. Обнинске в 2013–2022 гг. по Гауссовой модели с учетом теплового и динамического подъема струи выброса в сравнении с данными измерений.

На рисунке 2 видно, что в течение всего периода времени с 2013 по 2022 г. результаты радиационного мониторинга подтверждали корректность расчетных оценок среднегодовой объемной активности ^{131}I в приземном слое атмосферы в пункте мониторинга в г. Обнинске и не противоречили данным радиационного контроля источника выброса ^{131}I .

Выявлена сильная корреляция среднегодовой объемной активности ^{131}I в приземном воздухе, полученной с использованием результатов измерений, и данных радиационного контроля годовых выбросов НИФХИ (рис. 3), коэффициент детерминации $r^2 = 0,765$. Столь сильная корреляция подтверждает корректность методики определения выброса ^{131}I , используемой НИФХИ.

Выборки значений фактора разбавления примеси при выбросе ^{131}I НИФХИ за каждый год в период 2013–2022 гг. проанализированы с помощью критерия Шапиро – Уилка

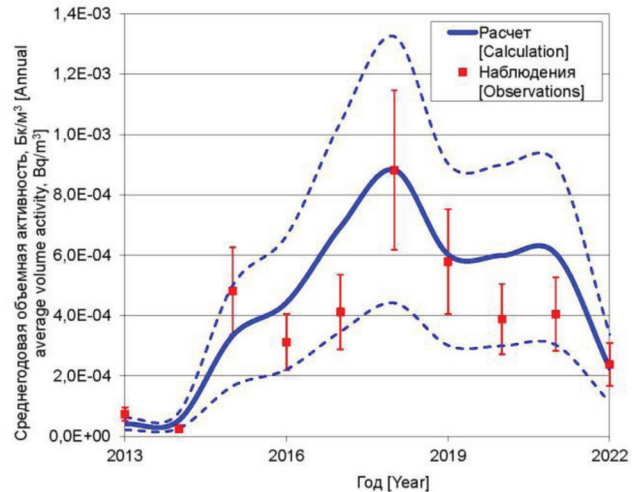


Рис. 2. Динамика среднегодовой объемной активности (СГОА) ^{131}I в приземном слое атмосферы в пункте мониторинга в г. Обнинске, расчет по модели и с использованием данных измерений

[Fig. 2. Dynamics of average annual volume activity ^{131}I in the surface layer of the atmosphere at the monitoring point in Obninsk, calculated by model and using measurement data]

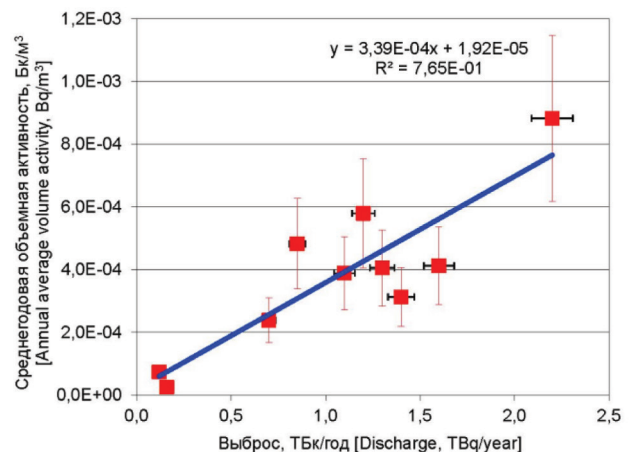


Рис. 3. Корреляция между среднегодовой объемной активностью ^{131}I в приземном слое атмосферы в пункте мониторинга в г. Обнинске, полученной с использованием данных измерений, и годовыми выбросами НИФХИ

[Fig. 3. Correlation between the average annual volume ^{131}I activity in the surface layer of the atmosphere at the monitoring point in Obninsk, obtained using measurement data, and annual releases of NIFHI]

проверки нормальности распределения случайных величин [10]. Нулевая гипотеза H_0 критерия Шапиро – Уилка заключается в том, что случайная величина распределена по нормальному закону. Уровень значимости α – пороговая величина значимой вероятности (p -значения), или допустимая вероятность ошибки при отклонении нулевой гипотезы – принят равным 0,05. Если p -значение выше α и статистика критерия W выше табличного значения 0,842 для $N = 10$ и $\alpha = 0,05$, то принимается гипотеза H_0 . Для выборки значений фактора разбавления, полученной с использованием данных радиационного мониторинга,

p -значение равно 0,879, статистика критерия Шапиро – Уилка – 0,963. Для выборки значений фактора разбавления, полученной расчетным путем по модели с учетом теплового и динамического подъема струи выброса, p -значение равно 0,311, статистика критерия Шапиро – Уилка – 0,879. Статистический анализ подтверждает нормальное распределение фактора разбавления примеси при выбросе ^{131}I НИФХИ при обоих способах оценки (рис. 4).

Значения фактора разбавления G_r (расчет) и G_m (мониторинг) варьируют от года к году. Для выброса ^{131}I НИФХИ в 2013–2022 гг. максимальная и минимальная величина G_r различается в 1,7 раз, G_m – в 3,9 раз. В теории причинной изменчивости фактора разбавления является изменчивость среднегодовых метеорологических характеристик рассеивания примеси в разные годы. Несмотря на то, что численные значения G_r и G_m хорошо соответствуют друг другу (см. рис. 1), корреляции их изменчивости не выявлено. На рисунке 5 видно отсутствие корреляции изменчивости фактора разбавления выброса ^{131}I НИФХИ в приземном слое атмосферы, полученного с помощью модели и с использованием данных мониторинга, коэффициент детерминации $r^2 = 0,016$.

Возможной причиной отсутствия корреляции изменчивости значений G_r и G_m может быть то, что при расчетах делалось предположение об однородности и равномерном распределении выброса радионуклида предприятием в течение года. В случае выбросов НИФХИ это допущение могло не соблюдаться [6], что, тем не менее, не повлияло на корректность расчета численного значения среднегодовой объемной активности ^{131}I с помощью модели, используемой в методике установления нормативов предельно допустимых выбросов. Вопрос влияния краткосрочных повышенных выбросов ядерно и радиационно опасных объектов на величину годовой эффективной дозы облучения населения и норматив предельно допустимого выброса требует дополнительного исследования.

Ранее на основе модельных расчетов было показано, что годовая доза облучения населения г. Обнинска и его окрестностей от выброса ^{131}I НИФХИ в атмосферный воздух не превышает 1,7 мкЗв/год, что значительно

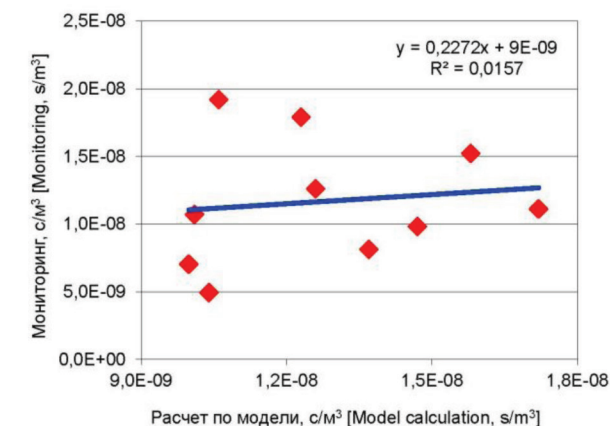
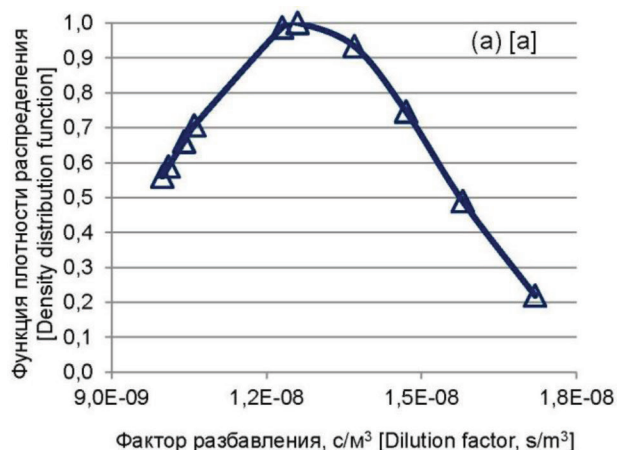


Рис. 5. Отсутствие корреляции между изменчивостью годовых значений фактора разбавления выброса ^{131}I НИФХИ в приземном слое атмосферы, рассчитанных по модели и использованием данных мониторинга

[Fig. 5. Absence of correlation between the variability of the annual values of the dilution factor of the ^{131}I release by NIFHI in the surface layer of the atmosphere calculated by the model and using monitoring data]

ниже выделенной для предприятия части дозовой квоты 300 мкЗв/год [6].

При использовании данного подхода для верификации методики контроля выбросов других ядерно и радиационно опасных объектов необходимо учитывать присутствие техногенных радионуклидов в составе глобального фона, влияние выбросов других предприятий, наличие нескольких источников выбросов организации (их взаимное расположение и высоты).

Заключение

Результаты определения среднегодовой объемной активности техногенных радионуклидов в приземном воздухе, полученные с использованием данных радиационного мониторинга в районе расположения ядерно и радиаци-

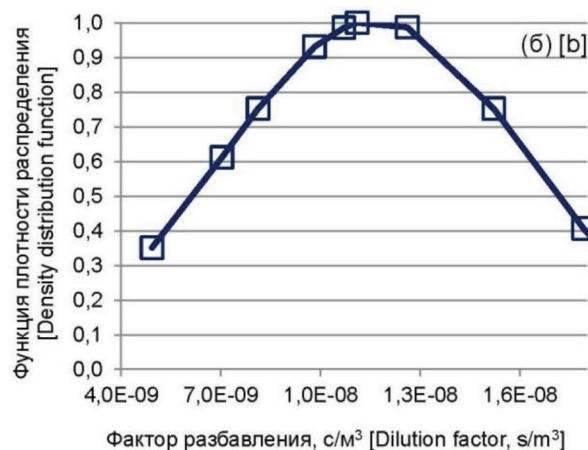


Рис. 4. Функция плотности распределения фактора разбавления в 2013–2022 гг.: а – расчет, б – мониторинг. По оси x – фактор разбавления за каждый год, $\text{с}/\text{м}^3$; по оси y – функция плотности распределения, нормированная на свое максимальное значение за данный период

[Fig. 4. The dilution factor distribution density function in 2013-2022, a – calculation, b – monitoring. On the x -axis is the dilution factor for each year, s/m^3 ; on the y -axis is the distribution density function normalized to its maximum value for this period]

онно опасных объектов, могут использоваться для контроля источника и верификации расчетной модели переноса примеси через функциональную характеристику – среднегодовой метеорологический фактор разбавления выброса. Фактор разбавления, оцененный по данным штатного контроля источника и мониторинга окружающей среды, не должен превышать расчетное значение, полученное при разработке нормативов предельно допустимых выбросов. Если это условие не выполняется, то методики оценки источника выброса организации и/или расчетные модели переноса примеси требуют пересмотра и верификации, поскольку от корректности оценки источника выброса и среднегодовой объемной активности в приземном воздухе напрямую зависит корректность расчета годовой эффективной дозы облучения населения и норматива предельно допустимого выброса радионуклида.

Показано, что для выброса ^{131}I АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» в 2013–2022 гг. имеется сильная корреляция среднегодовой объемной активности ^{131}I в приземном воздухе, полученной с использованием результатов измерений, и данных радиационного контроля годовых выбросов НИФХИ, что подтверждает корректность методики определения выброса ^{131}I , используемой предприятием.

В течение всего периода времени с 2013 по 2022 г. результаты радиационного мониторинга не превышали расчетные оценки среднегодовой объемной активности ^{131}I в приземном слое атмосферы в пункте мониторинга в г. Обнинске. Это подтверждает корректность расчетной модели переноса примеси, используемой при установлении нормативов предельно допустимых выбросов НИФХИ. Численные значения факторов разбавления, рассчитанные по модели и с использованием данных мониторинга, соответствуют друг другу (с учетом неопределенности оценки). При этом корреляции их изменчивости не выявлено, что может быть связано с неравномерностью выбросов ^{131}I НИФХИ в течение года.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Крышев А.И. – написание текста статьи, проведение модельных расчетов, представление и обсуждение результатов.

Булгаков В.Г. – разработка метода верификации данных о годовых выбросах радионуклида предприятием в атмосферный воздух на основе результатов радиационного мониторинга окружающей среды.

Каткова М.Н. – организация измерений объемной активности радионуклида.

Полянская О.Н. – описание методики измерений, проведение измерений объемной активности, анализ и интерпретация данных.

Бурякова А.А. – подготовка исходных данных, редактирование статьи и подготовка ее к публикации.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов при выполнении работы и подготовке данной статьи.

Литература

1. IAEA Safety Standards. Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection. Safety Guide No. RS-G-1.8. IAEA, Vienna, 2005. 119 p.
2. Vasyanovich M.E., Ekinin A.A., Vasilyev A.V., et al. Determination of radionuclide composition of the Russian NPPs atmospheric releases and dose assessment to population // Journal of Environmental Radioactivity. 2019. Vol. 208-209. P. 106006.
3. Агеева Н.В., Ким В.М., Васильева К.И., и др. Многолетние наблюдения за содержанием ^{131}I в приземном слое атмосферы г. Обнинска Калужской области // Радиация и риск. 2015. Т. 24, № 1. С. 96–107.
4. Masson O., Steinhäuser G., Wershofen H., et al. Potential Source Apportionment and Meteorological Conditions Involved in Airborne ^{131}I Detections in January/February 2017 in Europe // Environmental Science & Technology. 2018. V. 52. P. 8488-8500. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b01810>.
5. Панченко С.В., Припачкин Д.А., Крышев А.И., Каткова М.Н. Опыт использования моделей рассеяния примеси в городской среде // Атомная энергия. 2020. Т. 128, № 5. С. 282–288.
6. Бурякова А.А., Булгаков В.Г., Крышев А.И., Каткова М.Н. Оценка распространения ^{131}I в окружающей среде и доз облучения населения Обнинска и его окрестностей от выбросов АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» // Радиация и риск. 2021. Т. 30, № 3. С. 103–111.
7. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2017 году. Ежегодник. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», Росгидромет, 2018. 360 с.
8. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2021 году. Ежегодник. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», Росгидромет, 2022. 342 с.
9. Крышев А.И., Иванов Е.А. Оценка распределения максимальных значений метеорологического фактора разбавления концентраций радиоактивных выбросов в районах расположения АЭС // Метеорология и гидрология. 2022. Вып. 9. С. 114–122.
10. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика для инженеров и научных работников. Москва, Физматлит. 2006. 816 с.

Поступила: 21.03.2023 г.

Крышев Александр Иванович – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета. **Адрес для переписки:** 249038, Россия, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4; E-mail: ecomod@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0001-6816-0260

Булгаков Владимир Георгиевич – кандидат физико-математических наук, исполняющий обязанности заместителя генерального директора – директора Института проблем мониторинга Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета, Обнинск, Россия

Каткова Маргарита Николаевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета, Обнинск, Россия

Полянская Ольга Николаевна – научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета, Обнинск, Россия

Бурякова Анна Александровна – младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета, Обнинск, Россия
ORCID ID: 0000-0002-4455-9565

Для цитирования: Крышев А.И., Булгаков В.Г., Каткова М.Н., Полянская О.Н., Бурякова А.А. Использование результатов радиационного мониторинга окружающей среды для контроля источника выбросов йода-131 предприятием // Радиационная гигиена. 2023. Т. 16, №2. С. 44-51. DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-2-44-51

Use of the radiation environmental monitoring results for control of the atmospheric releases of iodine-131 by the facility

Alexander I. Kryshev, Vladimir G. Bulgakov, Margarita N. Katkova, Olga N. Polyanskaya, Anna A. Buryakova

Research and Production Association «Typhoon», Obninsk, Russia

The analysis was performed, whether the following characteristics correspond with each other: data on the annual release of the radionuclide by the enterprise, the calculation model used for establishing the annual permissible release levels of radionuclides, and the annual average volume activity of the radionuclide, determined using the data of routine radiation monitoring of the surface air. Such analysis was carried out for the release of ¹³¹I from the L. Ya. Karpov Scientific Research Institute of Physics and Chemistry (Obninsk) in 2013–2022. It is shown that for the enterprise release in 2013–2022, the results of environmental radiation monitoring confirm both the data of radiation control of the ¹³¹I release source and the correctness of the radionuclide air transfer calculation model. The average annual meteorological dilution factor of the ¹³¹I for the enterprise release in the surface layer of the atmosphere, estimated from monitoring data, does not exceed the model calculated value. Strong correlation was revealed between the average annual volume activity of ¹³¹I in the surface air, obtained using measurement results, and data on annual air releases of the enterprise. No correlation was found for the variability of the dilution factor estimated by the transfer model and monitoring data. It may be caused by the heterogeneity of the ¹³¹I releases by the enterprise during the year.

Key words: discharge of iodine-131, environmental monitoring, radiation source monitoring, atmospheric transport model, dilution factor.

Personal contribution of the authors

Kryshev A.I. – writing the text of the paper, conducting model calculations, presenting and discussing the results.

Bulgakov V.G. – development of a method for verifying data on annual radionuclide releases by the enterprise into the atmospheric air based on the results of radiation monitoring of the environment.

Katkova M.N. – organization of measurements of volumetric activity of a radionuclide.

Polyanskaya O.N. – description of measurement methods, measurement of volume activity, analysis and interpretation of data.

Buryakova A.A. – preparation of initial data, editing of the paper and preparing it for publication.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest in the performance of the work and preparation of this article.

References

1. IAEA Safety Standards. Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection. Safety Guide No. RS-G-1.8. IAEA, Vienna; 2005. 119 p.
2. Vasyanovich ME, Ekin AA, Vasilyev AV, Kryshev AI, Sazykina TG, Kosykh IV, et al. Determination of radionuclide composition of the Russian NPPs atmospheric releases and dose assessment to population. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2019;208-209: 106006.
3. Ageeva NV, Kim VM, Vasilyeva KI, Katkova MN, Volokitin AA, Polyanskaya ON. Long-term observations of the content of ¹³¹I in the surface layer of the atmosphere of Obninsk, Kaluga

Alexander I. Kryshev

Research and Production Association «Typhoon», Roshydromet

Address for correspondence: Pobedy str., 4, Obninsk, Kaluga region, 249038, Russia; E-mail: ecomod@yandex.ru

- region. *Radiatsiya i risk = Radiation and Risk*. 2015;24(1): 96-107 (In Russian).
4. Masson O, Steinhäuser G, Wershofen H, Mietelski JW, Fischer HW, Pourcelot L, et al. Potential Source Apportionment and Meteorological Conditions Involved in Airborne ¹³¹I Detections in January/February 2017 in Europe. *Environmental Science & Technology*. 2018. Vol. 52. P. 8488-8500. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b01810>.
 5. Panchenko SV, Pripachkin DA, Kryshev AI, Katkova MN. The experience of using impurity scattering models in an urban environment. *Atomnaya energiya = Atomic Energy*. 2020;128(5): 282-288 (In Russian).
 6. Buryakova AA, Bulgakov VG, Kryshev AI, Katkova MN. Radiiodine, ¹³¹I, release into the atmosphere during normal operation of the radiopharmaceutical production facility at the Karpov Institute of Physical Chemistry: analysis of ¹³¹I concentration in the air and radiation dose to the population of the Obninsk city and its surroundings. *Radiatsiya i risk = Radiation and Risk*. 2021;30(3): 103-111. DOI:10.21870/0131-3878-2021-30-3-103-111 (In Russian).
 7. Kryshev AI, Ivanov EA. Estimating the distribution of maximum values of the atmospheric dilution factor for radioactive discharges in the areas of nuclear power plants. *Meteorologiya i gidrologiya = Russian Meteorology and Hydrology*. 2022;9: 114-122. DOI:10.3103/S1068373922090102 (In Russian).
 8. The radiation situation in Russia and neighboring countries in 2017. Yearbook. Obninsk: RPA «Typhoon», Roshydromet; 2018. 360 p.
 9. The radiation situation in Russia and neighboring countries in 2021. Yearbook. Obninsk: RPA «Typhoon», Roshydromet; 2022. 342 p.
 10. Kobzar AI. Applied mathematical statistics. for engineers and Scientists. Fizmatlit, Moscow; 2006. 816 p. (In Russian).

Received: March 21, 2023

For correspondence: Alexander I. Kryshev – Doctor of Biological Sciences, Leading Research Scientist of Research and Production Association «Typhoon», Roshydromet (Pobedy str., 4, Obninsk, Kaluga region, 249038, Russia; E-mail: ecomod@yandex.ru)

ORCID ID: 0000-0001-6816-0260

Vladimir G. Bulgakov – PhD in Physics and Mathematics, Acting Deputy Director General – Director of the Institute of Monitoring Problems of Research and Production Association «Typhoon», Roshydromet, Obninsk, Russia

Margarita N. Katkova – PhD in Biological Sciences, Senior Researcher of Research and Production Association «Typhoon», Roshydromet, Obninsk, Russia

Olga N. Polyanskaya – Researcher of Research and Production Association «Typhoon», Roshydromet, Obninsk, Russia

Anna A. Buryakova – Junior Researcher of Research and Production Association «Typhoon», Roshydromet, Obninsk, Russia

ORCID ID: 0000-0002-4455-9565

For citation: Kryshev A.I., Bulgakov V.G., Katkova M.N., Polyanskaya O.N., Buryakova A.A. Use of the radiation environmental monitoring results for control of the atmospheric releases of iodine-131 by the facility. *Radiatsionnaya Gygiena=RadiationHygiene*. 2023. Vol. 16, No. 2. P. 44-51. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-2-44-51