DOI: 10.21870/0131-3878-2021-30-3-103-111

УДК 504.055:546.15.02.131

Оценка распространения ^{131}I в окружающей среде и доз облучения населения Обнинска и его окрестностей от выбросов АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»

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

ФГБУ «НПО «Тайфун», Обнинск

Выбросы радиофармацевтического производства АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» являются источником поступления ^{131}I в атмосферный воздух и дополнительного облучения населения Обнинска и его окрестностей. Для оценки годовых доз облучения населения выполнен расчёт содержания ^{131}I в окружающей среде от штатных выбросов предприятия. Данные радиационного мониторинга в Обнинске использовались для подтверждения корректности расчётных оценок среднегодовых объёмных активностей ^{131}I в воздухе. Годовые дозы облучения населения Обнинска и окрестностей от выбросов ^{131}I НИФХИ в 2015-2019 гг. находились в пределах 0,5-2,0 мкЗв/год, что значительно ниже квоты предела дозы для населения, проживающего в районе расположения НИФХИ (300 мкЗв/год). Радиационный риск воздействия на население выбросов ^{131}I предприятием в 2015-2019 гг. был пренебрежимо малым ($<10^{-6}$ год $^{-1}$).

Ключевые слова: выброс, йод-131, радиационный мониторинг, расчёт, доза, население, Обнинск, радиофармацевтическое производство.

Введение

В настоящее время наиболее значительным источником поступления ^{131}I в атмосферу являются выбросы радиофармацевтического производства [1]. В районе Обнинска находится АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» (далее – НИФХИ), один из видов деятельности которого – производство радиофармацевтических препаратов. Образующийся в процессе производства ^{131}I , в основном, задерживается фильтрующими устройствами. Тем не менее, некоторая часть его поступает в атмосферу и обнаруживается системой радиационного мониторинга в приземном воздухе Обнинска, что может вызывать беспокойство местного населения. ^{131}I характеризуется высокой летучестью и подвижностью в окружающей среде, способностью концентрироваться в щитовидной железе человека. В связи с этим важно оценить воздействие штатных выбросов ^{131}I НИФХИ на население Обнинска и его окрестностей.

Как показывают данные многолетнего мониторинга радиационной обстановки Обнинска, наблюдается увеличение годового выброса ^{131}I , что обусловлено развитием предприятия и ростом производства выпускаемых препаратов. На рис. 1 показаны годовые выбросы ^{131}I НИФХИ, а также допустимые выбросы этого радионуклида в 2015-2019 гг. [2-5]. Годовой выброс ^{131}I в атмосферу с 2015 г. увеличился на порядок и в 2015-2018 гг. превышал допустимый выброс (ДВ), оставаясь, в то же время, значительно ниже основного установленного норматива – предельно допустимого выброса ^{131}I – $4,55 \cdot 10^{13}$ Бк/год [2-6].

Возросло количество случаев регистрации ^{131}I воздухофильтрующей установкой УВФ-2 НПО «Тайфун», находящейся в Обнинске. Так, в 2018 г. в приземном слое атмосферного воздуха Обнинска было зарегистрировано максимальное количество случаев обнаружения ^{131}I (130) за последний десятилетний период наблюдений. Максимальная суточная объёмная активность ^{131}I в приземном слое атмосферы Обнинска наблюдалась 3-4 октября 2018 г. и составила 0,25 Бк/м 3 ,

Бурякова А.А.* – мл. науч. сотр.; Булгаков В.Г. – зам. генерального директора, к.ф.-м.н.; Крышев А.И. – зав. лаб., д.б.н.; Каткова М.Н. – зав. лаб., к.б.н. ФГБУ «НПО «Тайфун».

*Контакты: 249038, Калужская обл., Обнинск, ул. Победы, 4. Тел.: +7(484) 399-70-03, доб. 1601; e-mail: buryakova@rpatyphoon.ru.

что примерно в 30 раз ниже допустимой среднегодовой объёмной активности для ^{131}I $\text{ДОА}_{\text{нас}}=7,3 \text{ Бк/м}^3$ по НРБ-99/2009 [6, 7]. Среднегодовая объёмная активность ^{131}I ($8,8 \cdot 10^{-4} \text{ Бк/м}^3$) в приземном воздухе Обнинска в 2018 г. оказалась наиболее высокой за последние 10 лет [6].

Рис. 1. Годовой выброс ^{131}I в атмосферный воздух НИФХИ в 2015-2019 гг., величины допустимого и предельно допустимого выброса радионуклида, Бк/год.

В январе-феврале 2017 г. в ряде европейских стран (Норвегия, Финляндия, Польша, Чехия, Германия, Франция, Испания) системами радиационного мониторинга было обнаружено повышенное содержание ^{131}I в воздухе [1]. Суточные концентрации ^{131}I в этих странах в тот период находились в пределах $0,1-10 \text{ мБк/м}^3$ (для сравнения – в Обнинске в этот момент они достигали нескольких десятков мБк/м^3). В публикации [1], подготовленной сотрудниками научно-исследовательских институтов разных стран, были высказаны многочисленные гипотезы о возможном источнике поступления ^{131}I в атмосферу. В качестве одного из вероятных источников ^{131}I назывались выбросы исследовательских реакторов или радиофармацевтических производств, в числе которых рассматривался и НИФХИ [1]. При этом было отмечено, что обнаруженные уровни содержания ^{131}I в воздухе не представляют опасности для здоровья людей.

НПО «Тайфун» осуществляет в Обнинске и его окрестностях постоянный радиационный мониторинг окружающей среды, даёт оценку радиационной обстановки. Определение содержания в атмосферном воздухе и выпадениях ^{131}I проводится сотрудниками НПО «Тайфун» на стационарном посту, расположенном в 5 км в северо-северо-западном направлении от промплощадки НИФХИ [6]. Цель настоящей работы – проведение модельного расчёта содержания ^{131}I в окружающей среде и оценка дозовой нагрузки на население, проживающее в районе расположения АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова». Для оценки годовых доз облучения населения необходимо провести расчёт распределения ^{131}I в окружающей среде при выбросах НИФХИ. Поскольку это предприятие является единственным значимым источником ^{131}I в воздухе Обнинска, то данные радиационного мониторинга могут быть использованы для подтверждения корректности расчётных оценок.

Материалы и методы

Для оценки дозовой нагрузки на население от выбросов ^{131}I были проанализированы данные о годовых выбросах этого радионуклида НИФХИ в 2015-2019 гг. [2-5] и результаты радиационного мониторинга [6].

В атмосферном воздухе Обнинска ^{131}I регистрируется в молекулярной и аэрозольной формах. В проведённых расчётах использовались данные о соотношении форм йода в приземном слое воздуха в 2015-2019 гг., полученные сотрудниками лаборатории Института проблем мониторинга окружающей среды НПО «Тайфун».

Расчёт содержания ^{131}I в окружающей среде проводился с использованием стандартной гауссовой модели рассеяния примеси при выбросе из вентиляционной трубы предприятия. Величина фактора метеорологического разбавления вычислялась в соответствии с методикой [8] с учётом теплового и динамического подъёма струи выброса. Для расчёта использовались метеорологические характеристики, определяемые на метеостанции г. Малоярославец. Оценка годовой дозы облучения населения проводилась для трёх сценариев.

Сценарий 1. Взрослый человек постоянно проживает и ведёт хозяйственную деятельность в критической точке (КТ) местности, находящейся на расстоянии 1,9 км в северо-восточном направлении от источника выброса.

Сценарий 2. Взрослый человек постоянно проживает и ведёт хозяйственную деятельность в д. Доброе, ближайшем населённом пункте к НИФХИ, расположенном на расстоянии 1,5 км в северо-западном направлении от источника выброса. Всего в д. Доброе постоянно проживают около 430 человек [5].

Сценарий 3. Взрослый человек постоянно проживает в Обнинске, в той его части, которая по расчётным оценкам наиболее подвержена воздействию выбросов НИФХИ, на расстоянии 4 км к северу от источника выбросов. Этот житель Обнинска также имеет дачный дом и участок на территории садового товарищества «Медик», расположенного в 700 м к северо-востоку от источника выбросов, и выращивает на своём участке картофель, овощи и фрукты для личного потребления.

Годовые дозы для населения рассчитаны по методике [8] с учётом внешнего облучения от радиоактивного облака и поверхности почвы; внутреннего облучения от вдыхания ^{131}I и его поступления с местными продуктами питания. Принято, что дозы облучения, связанные с поступлением радионуклида по пищевым цепочкам, зависят от долей продуктов местного производства от общего годового потребления этих продуктов населением, характерных для центрального региона России [8]. Для оценки дозы внешнего облучения от ^{131}I использовались коэффициенты дозового преобразования при облучении человека от облака и от радиоактивно загрязнённой поверхности без учёта глубинного распределения согласно публикации МАГАТЭ [9].

Результаты и обсуждение

На рис. 2 представлен результат расчёта среднегодовой объёмной активности ^{131}I в приземном воздухе в 2019 г. в районе расположения НИФХИ. Указана критическая точка местности, где по расчётным оценкам среднегодовая объёмная активность ^{131}I в воздухе в 2019 г. была максимальной (1,5 мБк/м³). Расчётная среднегодовая объёмная активность ^{131}I в Обнинске в 2019 г. находилась в пределах 0,5-1,2 мБк/м³.

Проведено сравнение среднегодовой объёмной активности ^{131}I в месте расположения стационарного поста мониторинга НПО «Тайфун» в Обнинске, полученной расчётным путём и на основе данных измерений (табл. 1).

Рис. 2. Карта изолиний среднегодовой объёмной активности ^{131}I в воздухе в районе расположения НИФХИ в 2019 г., Бк/м³ (красная точка – источник выброса; зеленая точка – стационарный пост НПО «Тайфун»; синяя точка – критическая точка местности).

Таблица 1

Среднегодовая объёмная активность ^{131}I в месте расположения поста НПО «Тайфун» в Обнинске, расчёт по модели и на основе данных измерений

Год	Среднегодовая объёмная активность, Бк/м ³	
	Расчёт	Измерения
2015	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-4}$
2016	$6,6 \cdot 10^{-4}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$
2017	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-4}$
2018	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$8,8 \cdot 10^{-4}$
2019	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$5,8 \cdot 10^{-4}$

Из табл. 1 можно сделать вывод о том, что модель переноса, в целом, корректно оценивает среднегодовую объёмную активность ^{131}I в приземном воздухе Обнинска и её результаты могут быть использованы как входные данные для расчётов годовых доз облучения населения.

Результаты расчётов динамики годовой дозы облучения населения по трём сформулированным сценариям представлены на рис. 3.

По расчётным оценкам в 2015-2019 гг. дозовые нагрузки от выбросов ^{131}I на население, проживающее в районе расположения НИФХИ, находились в пределах 0,5-2,0 мкЗв/год. Это составляет 0,2-0,7% от квоты предела дозы для населения, выделенной НИФХИ 300 мкЗв/год. Наибольшие расчётные годовые дозы облучения имели место в 2018 г. – для критической точки местности 2,0 мкЗв/год, для жителей д. Доброе 1,7 мкЗв/год. Годовые дозы облучения населения от выбросов ^{131}I НИФХИ для жителя Обнинска (в рамках сценария 3) находились в пределах 0,5-1,3 мкЗв/год, максимум также имел место в 2018 г.

Рис. 3. Суммарные дозы облучения населения от ^{131}I в районе расположения НИФХИ в 2015-2019 гг., мЗв/год.

На рис. 4 приведены отношения доз облучения от молекулярной и аэрозольной фракций ^{131}I для населения Обнинска, д. Доброе и в КТ в ситуации с наиболее высокими уровнями содержания за весь период наблюдений – в 2018 г. Отношение молекулярной и аэрозольной фракций получено на основе данных радиационного мониторинга. Появление йода в Обнинске в молекулярной форме за рассматриваемый период в среднем изменялось от 77 до 93%, в аэрозольной фракции – от 7 до 23%.

Рис. 4. Отношение молекулярной и аэрозольной формы ^{131}I в суммарной дозе облучения населения, проживающего в районе расположения НИФХИ, в 2018 г., мЗв/год.

Дозовые нагрузки изменяются в зависимости от химической формы ^{131}I . Наибольший вклад в суммарную дозу облучения за весь рассматриваемый период вносит доза от молекулярной фракции ^{131}I , вклад которой в 2018 г. достиг 74%. Так, в д. Доброе дозовая нагрузка от молекулярного ^{131}I в 2018 г. составила 1,3 мкЗв/год, в Обнинске – 0,99 мкЗв/год. Для сравнения в критической точке местности оценка дозовой нагрузки от молекулярной формы равна 1,4 мкЗв/год. За рассматриваемый период эксплуатации НИФХИ преобладает вклад дозы от молекулярной фракции ^{131}I в суммарную дозовую нагрузку и составляет в среднем 74-92% (рис. 5).

Рис. 5. Соотношение молекулярной и аэрозольной формы ^{131}I в суммарной дозе облучения населения д. Доброе в 2015-2019 гг., мкЗв/год.

В 2019 г. расчётная годовая доза облучения населения от выбросов ^{131}I НИФХИ снизилась, составляя для сценария 2 (д. Доброе) 0,93 мкЗв/год, сценария 3 (житель Обнинска) – 0,71 мкЗв/год. Можно сделать вывод, что для всех рассмотренных сценариев годовая доза облучения существенно ниже квоты предела дозы для населения, проживающего в районе расположения НИФХИ. Полученные результаты подтверждают, что риск от дополнительного радиационного воздействия выбросов ^{131}I НИФХИ в 2015-2019 гг. для жителей Обнинска и других населённых пунктов в районе расположения предприятия, является пренебрежимо малым ($<10^{-6}$ год $^{-1}$).

Заключение

Выбросы радиофармацевтического производства АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» являются источником появления ^{131}I в атмосферном воздухе Обнинска и его окрестностей. Наибольшие за последние 5 лет годовые дозы облучения населения имели место в 2018 г., составляя для жителей Обнинска 1,3 мкЗв, д. Доброе – 1,7 мкЗв, что существенно ниже установленной для выбросов НИФХИ годовой дозовой квоты 300 мкЗв. Преобладает вклад молекулярной фракции ^{131}I в суммарную дозовую нагрузку, составляя в среднем 74-92%. Радиационный риск от выбросов ^{131}I НИФХИ в 2015-2019 гг. для населения Обнинска и окрестностей является пренебрежимо малым ($<10^{-6}$ год $^{-1}$).

Литература

1. Masson O., Steinhauser G., Wershofen H., Mietelski J.W., Fischer H.W., Pourcelot L., Saunier O., Bieringer J., Steinkopff T., Hyza M., Moller B., Bowyer T.W., Dalaka E., Dalheimer A., de Vismes-Ott A., Eleftheriadis K., Forte M., Gasco Leonarte C., Gorzkiewicz K., Homoki Z., Isajenko K., Karhunen T., Katzlberger C., Kierepko R., Kovendine Konyi J., Mala H., Nikolic J., Povinec P.P., Rajacic M., Ringer W., Rulik P., Rusconi R., Safrany G., Sykora I., Todorovic D., Tschiersch J., Ungar K., Zorko B. Potential source apportionment and meteorological conditions involved in airborne ^{131}I detections in January/February 2017 in Europe // Environ. Sci. Technol. 2018. V. 52, N 15. P. 8488-8500. DOI: 10.1021/acs.est.8b01810.
2. Отчёт по экологической безопасности за 2015 год. Обнинск: АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», 2016. 29 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosatom.ru/upload/iblock/334/334f8a20cd4f2b02cb25e58b48190bd8.pdf> (дата обращения 18.02.2020).
3. Отчёт по экологической безопасности за 2016 год. Обнинск: АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», 2017. 33 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosatom.ru/upload/iblock/5c2/5c23b960e75ad21b606a7a860e28bcf3.pdf> (дата обращения 18.02.2020).
4. Отчёт по экологической безопасности за 2017 год. Обнинск: АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», 2018. 34 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/226/226e2f5d4d58c786ed2e930c2de11408.pdf> (дата обращения 18.02.2020).
5. Отчёт по экологической безопасности за 2018 год. Обнинск: АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», 2019. 35 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/145/145018ae12a5b0d4dd03816eb68248ba.pdf> (дата обращения 23.03.2020).
6. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2015-2018 гг. /под ред. В.М. Шершакова, В.Г. Булгакова, С.М. Вакуловского и др. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2016-2019.
7. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормативы. СанПиН 2.6.1.2523-09. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
8. МТ 1.2.1.15.1176-2016. Разработка и установление нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ атомных станций в атмосферный воздух: Методика. М.: АО «Концерн Росэнергоатом», 2016. 69 с.
9. Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment. Safety Report Series No. 19. Vienna: IAEA, 2001.

Radiiodine, ^{131}I , release into the atmosphere during normal operation of the radiopharmaceutical production facility at the Karpov Institute of Physical Chemistry: analysis of ^{131}I concentration in the air and radiation dose to the population of the Obninsk city and its surroundings

Buryakova A.A., Bulgakov V.G., Kryshev A.I., Katkova M.N.

Research and Production Association "Typhoon", Obninsk

Radiiodine, ^{131}I , is released into atmosphere during normal operation of the radiopharmaceutical production facility at the Karpov Institute of Physical Chemistry (NIFKhI) in Obninsk city. The paper presents analysis of monitoring of ^{131}I concentration in the air and radiation dose to the population of the Obninsk and its surroundings. To estimate annual radiation doses to the public ^{131}I concentration in the environment was first calculated. Data of radiation monitoring carried out in Obninsk were used to confirm the correctness of computed mean annual volume activity of ^{131}I in the air. Annual radiiodine doses to the public of Obninsk and its surroundings calculated exposed to radiation between 2015 and 2019 were within the range of 0.5 to 2.0 $\mu\text{Sv}/\text{year}$, this level was considerably lower the limit set for the population living near the NIFKhI (300 $\mu\text{Sv}/\text{year}$). The risk from radiiodine released into the atmosphere in the period from 2015-2019 was negligible ($<10^{-6} \text{ year}^{-1}$).

Key words: radioactive release, iodine-131, radiation monitoring, calculation, dose, population, Obninsk, radiopharmaceutical production facility.

References

1. Masson O., Steinhauser G., Wershofen H., Mietelski J.W., Fischer H.W., Pourcelot L., Saunier O., Bieringer J., Steinkopff T., Hyza M., Moller B., Bowyer T.W., Dalaka E., Dalheimer A., de Vismes-Ott A., Eleftheriadis K., Forte M., Gasco Leonarte C., Gorzkiewicz K., Homoki Z., Isajenko K., Karhunen T., Katzlberger C., Kierepko R., Kovendine Konyi J., Mala H., Nikolic J., Povinec P.P., Rajacic M., Ringer W., Rulik P., Rusconi R., Safrany G., Sykora I., Todorovic D., Tschiersch J., Ungar K., Zorko B. Potential source apportionment and meteorological conditions involved in airborne ^{131}I detections in January/February 2017 in Europe. *Environ. Sci. Technol.*, 2018, vol. 52, no. 15, pp. 8488-8500. DOI: 10.1021/acs.est.8b01810.
2. Report on environmental safety in 2015. Obninsk, L.Ya. Karpov Institute of Physical Chemistry, 2016. 29 p. Available at: <http://www.rosatom.ru/upload/iblock/334/334f8a20cd4f2b02cb25e58b48190bd8.pdf> (Accessed 18.02.2020). (In Russian).
3. Report on environmental safety in 2016. Obninsk, L.Ya. Karpov Institute of Physical Chemistry, 2017. 33 p. Available at: <http://www.rosatom.ru/upload/iblock/5c2/5c23b960e75ad21b606a7a860e28bcf3.pdf> (Accessed 18.02.2020). (In Russian).
4. Report on environmental safety in 2017. Obninsk, L.Ya. Karpov Institute of Physical Chemistry, 2018. 34 p. Available at: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/226/226e2f5d4d58c786ed2e930c2de11408.pdf> (Accessed 18.02.2020). (In Russian).
5. Report on environmental safety in 2018. Obninsk, L.Ya. Karpov Institute of Physical Chemistry, 2019. 35 p. Available at: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/145/145018ae12a5b0d4dd03816eb68248ba.pdf> (Accessed 23.03.2020). (In Russian).
6. Radiation situation in the territory of Russia and neighboring states in 2015-2018. Eds.: V.M. Shershakov, V.G. Bulgakov, S.M. Vakulovsky. Obninsk, RPA "Typhoon", 2016-2019. (In Russian).

Buryakova A.A.* – Researcher; Bulgakov V.G. – Deputy Director, C. Sc., Phys.-Math.; Kryshev A.I. – Head of Lab., D. Sc., Biol.; Katkova M.N. – Head of Lab., C. Sc., Biol. RPA "Typhoon".

*Contacts: 4 Pobedy str., Obninsk, Kaluga region, Russia, 249038. Tel.: +7(484)399-70-03 (add. 1601); e-mail: buryakova@rpatyphoon.ru.

7. *Radiation Safety Standards* (RSS-99/2009). Sanitary-epidemiological rules and standards. SanPin 2.6.1.2523-09. Moscow, Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2009. 100 p. (In Russian).
8. *Methodology MT 1.2.1.15.1176–2016*. Development and establishment of standards for maximum permissible atmospheric emissions of radioactive substances from nuclear power plants. Moscow, Rosenergoatom Concern, 2016. 69 p. (In Russian).
9. Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment. Safety Report Series No. 19. Vienna, IAEA, 2001.