

Содержание трития в прибрежных водах Дальневосточных регионов Российской Федерации в первый год контролируемого сброса воды с АЭС «Фукусима-1» (Предварительные данные)

В.С. Репин, К.В. Варфоломеева, А.М. Библин, К.А. Седнев, С.А. Зеленцова, **Г.В. Архангельская**

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

В статье представлены результаты исследования содержания трития в морской воде, отобранной в период с сентября 2023 года по июнь 2024 года в прибрежных акваториях Дальневосточных регионов Российской Федерации, включая Камчатский, Приморский и Хабаровский края, Магаданскую и Сахалинскую области, а также Чукотский автономный округ. Целью исследования является определение фоновых значений объемной активности трития. Для определения фонового содержания трития в 185 пробах морской воды, отобранных специалистами территориальных органов Роспотребнадзора шести субъектов Дальневосточного федерального округа, был использован низкофоновый жидкостной сцинтилляционный спектрометрический радиометр альфа-, бета-излучения «Quantulus 1220». Результаты исследований показывают, что уровни удельной активности трития за период наблюдений с сентября 2023 года по июнь 2024 года составили $<10,0$ Бк/кг. Зарегистрированные уровни трития, в соответствии с НРБ-99/2009, существенно ниже уровня вмешательства (7600 Бк/л) для питьевой воды, получаемой из морской воды после опреснения.

Ключевые слова: тритий, удельная активность, морская вода, Тихий океан, Японское море, Охотское море, субъекты Дальневосточного федерального округа, АЭС «Фукусима-1».

Введение

Авария на АЭС «Фукусима-1», произошедшая 11 марта 2011 года в Японии, стала второй по масштабам радиационной аварией в истории после Чернобыля [1, 2]. В ходе ликвидации последствий аварии одной из проблем для японского оператора «Tokyo Electric Power Company Holdings» (TEPCO) стало накопление резервуаров радиоактивной водой [3–6] из-за необходимости подачи воды для охлаждения разрушенных реакторов и откачки грунтовых вод. С 2013 года на станции работает система очистки воды от радионуклидов ALPS, которая очищает воду до установленных нормативов, за исключением трития, очистка которого невозможна [7]. К августу 2023 года резервуары объемом 1,37 млн тонн, содержащие очищенную от радионуклидов воду (за исключением трития), были заполнены на 98%. МАГАТЭ одобрило план правительства Японии по контролируемому поэтапному сбросу очищенной воды с тритием в Тихий океан.

Для сброса очищенной от радионуклидов воды под дном океана специалисты TEPCO проложили туннель длиной 1,5 км [5]. Система сброса включает ряд основных компонентов:

- средства для измерения и подтверждения того, что сбрасываемая вода, за исключением трития, соответствует национальным нормативным требованиям;
- устройство для перекачивания сбрасываемой воды;
- установка для разбавления, позволяющая снизить концентрацию трития до 1500 Бк/л, что соответствует требованиям для сброса;

- разгрузочная установка, включающая вертикальную шахту для разгрузки, разгрузочный туннель и выпускное отверстие;

- система контроля и подготовки воды к сбросу.

Контролируемые сбросы очищенной воды планируется осуществлять в течение примерно 30 лет.

С 24 августа по 11 сентября 2023 года была сброшена первая партия очищенной от радионуклидов воды объемом 7 788 м³ с содержанием трития 14×10^4 Бк/л [8]. К октябрю 2024 года было проведено 9 сбросов с общим объемом тритиевой воды до разбавления — 37 948 м³ [9].

Мониторинг содержания трития в сбрасываемой воде и в водах акватории АЭС «Фукусима-1» осуществляется независимо TEPCO, Министерством окружающей среды Японии и администрацией префектуры Фукусима, а также специалистами МАГАТЭ. В большинстве проб, отобранных в акватории, объемная активность трития не превышала 10 Бк/л, однако в некоторых точках достигала 63 Бк/л [10]. Согласно ранее проведенным исследованиям уровень содержания трития в поверхностных слоях и в толще воды северо-западной части Тихого океана до аварии составлял 0,4–1,3 ТЕ (0,15 Бк/л) [11].

Ряд стран и территорий Северо-Восточной Азии осуществляют мониторинг содержания трития в своих территориальных водах. Согласно данным Государственного управления по ядерной безопасности в Китайской Народной Республике, содержание трития в прибрежных водах за 2023 год достигает 2,0 Бк/кг [12]. По данным мониторинга Гонконгской обсерватории удельная активность трития

Репин Виктор Степанович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: V.Repin@mail.ru

в морской воде в 2023 году находилась в диапазоне 0,3–1,7 Бк/кг [13]. Содержание трития в водах, омывающих Тайвань, по результатам мониторинга Министерства науки и технологии и Национального центра по исследованию ядерной энергии в 2023 году достигает 2,11 Бк/кг [14]. В Южной Корее, согласно данным Корейского института ядерной безопасности, уровень содержания трития в морской воде составляет менее 6,1 Бк/кг [15].

В Российской Федерации мониторинг за содержанием трития в поверхностных водоемах и осадках осуществляет Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), однако исследование содержания трития в морских водах в рамках программы мониторинга не предусмотрено [16].

Согласно многолетним исследованиям Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева, содержание трития в дальневосточных морях до начала сброса накопленных вод с АЭС «Фукусима-1» находилось в пределах от 0,20 до 1,60 ТЕ (0,02–0,19 Бк/л). Исследования 2024 года показали, что содержание трития варьирует от 0,40 до 0,78 ТЕ (0,05–0,09 Бк/кг). Наибольшие значения были зафиксированы в основной ветви течения Куроисио и около Южных Курил [17].

Зарегистрированные уровни трития в воде исследованных акваторий не превышают глобальные фоновые уровни содержания трития в морской воде [18–24].

Согласно результатам исследования радиационной обстановки в Курило-Камчатском регионе Тихого океана, проведенного специалистами Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева (ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева), содержание трития в морской воде не превышало 2 Бк/кг [25].

В связи с началом долгосрочного сброса очищенной радиоактивной воды с тритием с АЭС «Фукусима-1» в Тихий океан, Коллегия Роспотребнадзора 30 ноября 2023 года приняла решение организовать совместный мониторинг фонового содержания трития в морской воде Дальневосточных регионов России. В мониторинге участвуют ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева и центры гигиены и эпидемиологии в Камчатском, Приморском и Хабаровском краях, а также в Магаданской, Сахалинской областях и Чукотском автономном округе.

Цель исследования – определить фоновые уровни содержания трития в прибрежной морской воде акваторий шести субъектов Дальневосточного федерального Округа Российской Федерации как критерия для анализа возможных изменений его концентраций в будущем.

Материалы и методы

Выбор мест для отбора проб морской воды в первую очередь определялся исходя из транспортной доступности и технических возможностей территориальных органов Роспотребнадзора, а также стабильности течений, близости береговой линии и глубины забора проб. Пробы морской воды отбирали на расстоянии 1 и 500 м от береговой

линии. Часть проб была отобрана на расстояниях 1 000 и 1 500 м., когда это позволяли технические возможности. В каждой точке один раз в квартал отбирали по 2 пробы с поверхности воды и с глубины 5 метров. На рисунке представлены населенные пункты, рядом с которыми производился отбор проб.

Согласно методике выполнения измерений активности альфа-, бета-излучающих радионуклидов в жидких и твердых пробах с использованием радиометра альфа-, бета-излучения спектрометрического «Quantulus 1220» во ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева (свидетельство об аттестации № 45014.15225/RA.RU.311243, аттестована ФГУП «ВНИИФТРИ»), морскую воду отбирали в чистые стеклянные емкости, объемом по 500 мл, каждую пробу подкисляли концентрированной азотной кислотой до уровня pH = 3–4. Для минимизации обмена трития с атмосферной влагой, емкости с пробами герметично закрывали. Затем емкости подписывали согласно акту отбора проб. В акте указывали наименование близлежащего населенного пункта, координаты точек отбора, глубину, дату и время отбора, климатические параметры, объем пробы, ФИО и должность, структурное подразделение отбиравшего пробы и его контактные данные. Отобранные образцы проб отправляли на дальнейшее исследование в испытательный лабораторный центр ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева. Методом двойной дистилляции пробы морской воды очищали от солей и сопутствующих радионуклидов. Пробы счетного образца после дистилляции готовили в измерительной вiale объемом 20 мл путем смешивания 10 мл дистиллята с 10 мл сцинтилляционного коктейля Optifase HiSafe III производства PerkinElmer™ (США).

Приготовленные пробы тщательно перемешивали и помещали в охлажденную измерительную камеру прибора, где для подавления фото- и хемилюминесценции их выдерживали в течение 8–12 часов, после чего запускали серию измерений. Все измерения проб трития в морской воде выполняли в течение 3–6 часов на низкофоновом жидкостном сцинтилляционном спектрометрическом радиометре альфа-, бета-излучения «Quantulus 1220» (США, фирма «АМТЕК», торговая марка ORTEC 2010 г.).

Для обеспечения стабильности условий измерений перед каждой серией определения содержания трития в пробах морской воды, а также в конце, проводили контроль фонового образца и стандартного образца трития, прилагаемого к прибору [26]. Статистическая обработка результатов выполнена средствами MS Excel. Графические построения выполнены средствами MS Excel, картографические построения – с использование QGIS.

В таблице 1 представлено общее количество проб морской воды, поступивших из Дальневосточного федерального округа с 2023 года по сентябрь 2024 года¹.

В таблице 2 показано количество проб, отобранных специалистами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» субъектов Дальневосточного региона РФ за исследуемый период в зависимости от расстояния до береговой линии.



Рис. Карта-схема точек отбора морской воды в Дальневосточных регионах
[Fig. Scheme of seawater sample points in the Far Eastern regions of the Russian Federation]

Общее количество проб морской воды, поступивших из Дальневосточного федерального округа с 2023 года по сентябрь 2024 года

Таблица 1

Total number of seawater samples from the Far Eastern Federal District from 2023 through September 2024]

[Table 1

Субъекты Российской Федерации [Subjects of the Russian Federation]	Год [Year]	
	2023	2024
Камчатский край [Kamchatka Kray]	20	44
Магаданская область [Magadan Oblast]	2	4
Приморский край [Primorsky Kray]	27	24
Сахалинская область [Sakhalin Oblast]	–	36
Хабаровский край [Khabarovsk Kray]	–	10
Чукотский АО [Chukotka Autonomous Okrug]	–	18
Всего [Total]	49	136

Таблица 2

**Распределение количества проб морской воды в зависимости от расстояния до береговой линии
за исследуемый период**

[Table 2]

Distribution of the number of seawater samples depending on the distance to the coastline during the study period]

Субъекты Российской Федерации [Subjects of the Russian Federation]	Расстояние от береговой линии, м. [Distance from coastline, m]			Всего [Total]
	≤1	500	1000 – 1500	
Камчатский край [Kamchatka Kray]	7	21	36	64
Магаданская область [Magadan Oblast]	4	2	0	6
Приморский край [Primorsky Kray]	16	33	2	51
Сахалинская область [Sakhalin Oblast]	13	23	0	36
Хабаровский край [Khabarovsk Kray]	4	6	0	10
Чукотский АО [Chukotka Autonomous Okrug]	6	12	0	18
Всего [Total]	50	97	38	185

Результаты и обсуждение

Удельная активность трития во всех 185 пробах морской воды, отобранных из мониторинговых точек в акваториях внутренних морей и Тихого океана Дальневосточных регионов, была менее 10,0 Бк/кг. Статистически значимых различий в удельной активности трития в зависимости от расстояния от берега в пределах до 1000–1500 м не обнаружено.

Согласно результатам исследований по моделированию переноса трития от места сброса, наиболее активная часть пятна загрязнения морской воды перемещается течением Куросио к восточному побережью Америки и достигает берегов Камчатки спустя несколько лет [27, 28]. Вихревые потоки на периферии радиоактивного пятна хотя и способствуют в течение первого года заносу трития в Японское и Охотское моря, а также к южной оконечности полуострова Камчатка, однако уровни удельной активности трития на периферии оцениваются сотыми и тысячными долями Бк/м³, что делает их неразличимыми на фоне естественных уровней. Косвенным свидетельством отсутствия поступления значимых уровней трития в прибрежные воды дальневосточных регионов России является также отсутствие достоверных различий в удельной активности трития в прибрежных зонах Тихого океана и внутренних морей.

Зарегистрированные уровни трития, в соответствии с НРБ-99/2009, существенно ниже уровня вмешательства (7600 Бк/л) для питьевой воды, получаемой из морской воды после опреснения.

Заключение

1. Средние уровни удельной активности трития за период наблюдений с сентября 2023 года по июнь 2024 года составили < 10,0 Бк/кг.
2. Целесообразно продолжать осуществлять мониторинг содержания трития в прибрежных водах Дальневосточных регионов Российской Федерации.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Репин В.С. – разработка дизайна исследования, определение цели и задач, организация отбора проб морской воды, анализ полученных данных и написание статьи.

Варфоломеева К.В. – организация сбора проб морской воды, оформление результатов измерений, анализ литературных данных, написание промежуточного варианта статьи.

Библин А.М. – анализ литературных данных, подготовка промежуточного варианта статьи.

Седнев К.А. – анализ литературных данных, подготовка проб и проведение измерения трития, подготовка табличных и картографических материалов.

Зеленцова С.А. – организация сбора проб воды, оформление результатов измерений, анализ литературных данных.

Архангельская Г.В. – редактирование промежуточного варианта статьи.

Благодарности

Авторы выражают благодарность специалистам ФБУЗ Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском, Камчатском и Хабаровском крае, а также в Сахалинской и Магаданской областях и Чукотском автономном округе за их участие в своевременном отборе и отправке проб морской воды в ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Исследование уровней трития в морской воде Дальневосточных регионов Российской Федерации».

Литература

1. Авария на АЭС «Фукусима-1»: радиологические последствия и уроки / под ред. акад. РАН Г.Г. Онищенко и проф. А.Ю. Поповой. СПб.: ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2021. 388 с.
2. International Atomic Energy Agency. The Fukushima Daiichi Accident. Report by the Director General. IAEA, 2015. 208 p.
3. Yamanishi T., Kakiuchi H., Tauchi H., et al. Discussions on Tritiated Water Treatment for Fukushima Daiichi Nuclear Power Station // Fusion Science and Technology. 2020. Vol. 76, № 4. P. 430–438. DOI: 10.1080/15361055.2020.1716454.
4. Боровой А.А., Гаврилов С.Л., Хвощинский В.А. Фукусима. Проблема воды. М.: НИЦ «Курчатовский институт», 2024. 44 с.
5. IAEA Comprehensive Report on the safety review of the ALPS -treated water at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. IAEA, 2023. 129 p.
6. Plan for the Stabilization and Treatment of Waste generated by Contaminated Water Purification and Treatment Facilities. URL: https://www.tepco.co.jp/en/decommission/progress/water_treatment/images/200619.pdf. (Дата обращения: 16.09.2024).
7. Buesseler K.O. Opening the floodgates at Fukushima // Science. 2020. Vol. 369. № 6504. P. 621–622. DOI: 10.1126/science.abc1507.
8. Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Completion of the Discharge from Measurement/Confirmation Facility Tank Group B (First Discharge). URL: https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/information/newsrelease/reference/pdf/2023/reference_20230911_01-e.pdf (Дата обращения: 16.09.2024).
9. ALPS Treated Water Discharge Status Update. URL: https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/information/newsrelease/reference/pdf/2024/reference_20240926_02-e.pdf (Дата обращения: 16.09.2024).
10. Overarching Radiation monitoring data Browsing System around Japan URL: <https://www.monitororbs.jp/en/qmap.html> (Дата обращения: 16.09.2024).
11. IAEA. Technical Reports Series № 495. Tritium in the Environment. Preprint. 2024. 272 p.
12. National Nuclear Safety Administration. URL: <https://nnsa.mee.gov.cn/ztzl/haqbg/fshjzlbq/202407/P020240718535044630888.pdf> (Дата обращения: 16.09.2024).
13. Hong Kong observatory. URL: <https://www.hko.gov.hk/en/radiation/monitoring/seawater.html> (Дата обращения: 16.09.2024).
14. Ocean radioactive Information System. URL: <https://tworis.aec.gov.tw/monitorvalue.php> (Дата обращения: 16.09.2024).
15. Korea Institute of Nuclear Safety. URL: <https://nsic.nssc.go.kr/marine/marineMonitoring.do> (Дата обращения: 16.09.2024).
16. Радиационная обстановка по территории России и сопредельных государств в 2022 г. Ежегодник. НПО «Тайфун». Обнинск, 2023. URL: https://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/ezhegodniki/ro/ezhegodnik_ro_2022.pdf (Дата обращения: 08.07.2024).
17. Лобанов В.Б., Горячев В.А., Сергеев А.Ф., Будянский М.В. Нужно ли бояться «фукусимского трития»? URL: <https://www.poi.dvo.ru/sites/default/files/News/News/Нужно%20ли%20бояться%20-%20на%20сайт-мс.pdf> (Дата обращения: 03.10.2024).
18. Бондарева Л.Г., Чеботина М.Я., Артамонова И.Г., Тананаев И.Г. Тритий. Теория, практика, последствия: монография. Апатиты: Издательство Кольского научного центра, 2024. 359 с.
19. Антонова Е.В., Антонов К.Л., Васянович М.Е., Панченко С.В. Тритий от молекулы до биосферы. 1. Закономерности поведения в окружающей среде // Экология. 2022. №4. С. 255–288.
20. Investigation of the environmental fate of tritium in the atmosphere. Part of the Tritium Studies Project. Ottawa: CCNS, 2009. 104 p.
21. Момот О.А., Силин И.И., Сынзыныс Б.И., Козьмин Г.В. Оценка радиационного риска для здоровья населения при наличии трития в питьевой воде. Идентификация опасности // Экология энергетики. 2007. С. 84–91.
22. Management of waste containing tritium and carbon-14. Vienna: IAEA, 2004. 109 p.
23. Okada S., Momoshima N. Overview of tritium: characteristics, sources, and problems // Health Physics. 1993. Vol. 65, № 6. P. 595–609.
24. Кесслер Г. Ядерная энергетика. М.: Энергоатомиздат, 1986. 261 с.
25. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К. и др. О четвертой комплексной научной экспедиции по мониторингу радиационной обстановки в Курило-Камчатском регионе Тихого океана // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 1. С. 6–15. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-1-6-15.
26. Репин В.С., Варфоломеева К.В., Зеленцова С.А. и др. Методические особенности наблюдения за многолетней динамикой малых уровней трития в окружающей среде // Радиационная гигиена. 2023. Т. 16, № 3. С. 91–100. DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-3-91-100.
27. Zhao C., Wang G., Zhang M. et al. Transport and dispersion of tritium from the radioactive water of the Fukushima Daiichi nuclear plant // Marine Pollution Bulletin. 2021. Vol. 169. No. 112515. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112515.
28. Будянский М.В., Удалов А.А., Лебедева М.А., Белоненко Т.В. Оценка загрязнения вод Южно-Курильской рыболовной зоны России радиоактивными водами АЭС «Фукусима-1» на основе лагранжева моделирования // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2024. Т. 515, № 1. С. 164–174. DOI: 10.31857/S2686739724030212.

Поступила: 17.10.2024

Репин Виктор Степанович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: v.repin@mail.ru

Варфоломеева Ксения Владимировна – научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Библин Артем Михайлович – старший научный сотрудник, руководитель Информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Седнев Константин Андреевич – младший научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Зеленцова Светлана Александровна – научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Архангельская Генриетта Владимировна – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Репин В.С., Варфоломеева К.В., Зеленцова С.А., Библин А.М., Седнев К.А., Архангельская Г.В. Содержание трития в прибрежных водах Дальневосточных регионов Российской Федерации в первый год контролируемого сброса воды с АЭС «Фукусима-1» (Предварительные данные) // Радиационная гигиена. 2024. Т. 17, № 4. С. 27–34. DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-4-27-34

Tritium concentrations in coastal waters of the Far Eastern regions of the Russian Federation in the first year of controlled water discharge from the Fukushima–1 NPP (Preliminary results)

Victor S. Repin, Kseniya V. Varfolomeeva, Artem M. Biblin, Konstantin A. Sednev,
Svetlana A. Zelentsova, **Genrietta V. Arkhangelskaya**

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

The article presents results of a study on the tritium concentrations in seawater samples collected from September 2023 to June 2024 in coastal waters of the Far Eastern regions of the Russian Federation, including Primorsky, Kamchatka, and Khabarovsk Krai; Sakhalin and Magadan Oblasts; and the Chukotka Autonomous Okrug. The aim of the study is to determine the background values of tritium volume activity. The low-background liquid scintillation spectrometer-radiometer for alpha and beta radiation "Quantulus 1220" was used to determine the baseline tritium content in 185 seawater samples collected by specialists from the territorial bodies of Rospotrebnadzor in six subjects of the Far Eastern Federal District. The results indicate that the specific activity levels for the observation period from September 2023 to June 2024 were below 10.0 Bq/kg in samples collected from the coastal waters of the Far Eastern regions of the Russian Federation. The recorded tritium levels are significantly below the intervention level for drinking water (7600 Bq/L) as per NRB-99/2009, which applies to desalinated seawater.

Key words: tritium, specific activity, seawater, Pacific Ocean, Sea of Japan, Sea of Okhotsk, subjects of the Far Eastern Federal District, Fukushima–1 NPP.

Authors' personal contribution

Repin V.S. developed design of the study, determined aims and objectives, participated in the organization of sea water sampling, participated in the analysis of the obtained data and writing the article.

Varfolomeeva K.V. participated in organizing the collection of seawater samples, formalized the results of measurements, analyzed the literature data, prepared draft of the manuscript.

Biblin A.M. analyzed literature data, prepared draft of the manuscript.

Sednev K.A. analyzed the literature data, carried out sample preparation and measurements of tritium, developed cartographic materials.

Zelentsova S.A. participated in organizing the collection of seawater samples, formalized the results of measurements, analyzed the literature data, prepared draft of the manuscript.

Arkhangelskaya G.V. edited the draft of the manuscript.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the specialists of the Rospotrebnadzor Centers for Hygiene and Epidemiology

Viktor S. Repin

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: V.Repin@mail.ru

in Primorsky, Kamchatka and Khabarovsk Krai, Sakhalin and Magadan Oblasts and Chukotka Autonomous Okrug for collecting and sending seawater samples to the P.V. Ramzaev Research Institute of Radiation Hygiene.

Conflict of interests

Authors declare the absence of conflict of interest.

Sources of funding

The work was carried out within the framework of the research work «Investigation of tritium levels in sea water of the Far Eastern regions of the Russian Federation».

References

1. Fukushima-1" NPP Accident: radiological consequences and lessons. Ed. by acad. of RAS GG Onishenko and prof. AYu Popova. St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after prof. P.V. Ramzaev; 2021. 388 p. (In Russian).
2. International Atomic Energy Agency. The Fukushima Daiichi Accident. Report by the Director General. IAEA; 2015. 208 p.
3. Yamanishi T, Kakiuchi H, Tauchi H, Yamamoto T, Yamamoto I. Discussions on tritiated water treatment for Fukushima Daiichi nuclear power station. *Fusion Science and Technology*. 2020;76(4): 430–438. DOI: 10.1080/15361055.2020.1716454.
4. Borovoy AA, Gavrilov SL, Khvoshchinsky VA. Fukushima. The water problem. Moscow: Kurchatov Institute; 2024. 44 p. (In Russian).
5. IAEA Comprehensive Report On The Safety Review Of The ALPS-Treated Water At The Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. IAEA; 2023. 129 p.
6. Plan for the Stabilization and Treatment of Waste generated by Contaminated Water Purification and Treatment Facilities. Available from: <https://www.tepco.co.jp/en/decommission/progress/watertreatment/images/200619.pdf> (Accessed: September 16, 2024).
7. Buesseler KO. Opening the floodgates at Fukushima. *Science*. 2020; 369(6504): 621–622. DOI: 10.1126/science.abc1507.
8. Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Completion of the Discharge from Measurement. Confirmation Facility Tank Group B (First Discharge). Available from: https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/information/newsrelease/reference/pdf/2023/reference_20230911_01-e.pdf (Accessed: September 16, 2024).
9. ALPS Treated Water Discharge Status Update. Available from: https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/information/newsrelease/reference/pdf/2024/reference_20240926_02-e.pdf (Accessed: September 16, 2024).
10. Overarching Radiation monitoring data Browsing System around Japan. Available from: <https://www.monitororbs.jp/en/qmap.html> (Accessed: September 16, 2024).
11. IAEA. Technical Reports Series № 495. Tritium in the Environment. Preprint. 2024. 272 p.
12. National Nuclear Safety Administration. Available from: <https://nnsa.mee.gov.cn/ztlz/haqbg/fshjzlbq/202407/P020240718535044630888.pdf> (Accessed: September 16, 2024).
13. Hong Kong observatory. Available from: <https://www.hko.gov.hk/en/radiation/monitoring/seawater.html> (Accessed: September 16, 2024).
14. Ocean Radioactive Information System <https://tworis.aec.gov.tw/monitorvalue.php> (Accessed: September 16, 2024).
15. Korea Institute of Nuclear Safety. Available from: <https://nsic.nssc.go.kr/marine/marineMonitoring.do> (Accessed: September 16, 2024).
16. Radiation situation on the territory of Russia and neighboring countries in 2022. Yearbook. NPO "Typhoon". Obninsk; 2023. Available from: https://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/ezhegodniki/ro/ezhegodnik_ro_2022.pdf (Accessed: July 8, 2024). (In Russian).
17. Lobanov VB, Goryachev VA., Sergeev AF, Budyansky MV. Is it necessary to be afraid of "Fukushima tritium"? Available from: <https://www.poi.dvo.ru/sites/default/files/News/Нужно%20ли%20бояться%20-%20на%20сайт-mc.pdf> (Accessed: October 3, 2024). (In Russian).
18. Bondareva LG, Chebotina MYa, Artamonova IG, Tananaev IG. Tritium. Theory, practice, consequences. Monograph. Apatity: Publishing house of the Kola Scientific Center; 2024. 359 p. (In Russian).
19. Antonova EV, Antonov KL, Vasyanovich ME, Panchenko SV. Tritium from a molecule to the biosphere. 1. Patterns of behavior in the environment. *Ekologiya = Ecology*. 2022;4: 255–288. (In Russian).
20. Investigation of the environmental fate of tritium in the atmosphere. Part of the Tritium Studies Project. Ottawa: CCNS; 2009. 104.
21. Momot OA, Silin II, Synzynin BI, Kozmin GV. Assessment of radiation risk to public health in the presence of tritium in drinking water. Hazard identification. *Ekologiya energetiki = Ecology of energy*. 2007; 84–91. (In Russian).
22. Management of waste containing tritium and carbon-14. Vienna: IAEA; 2004. 109 p.
23. Okada S, Momoshima N. Overview of tritium: characteristics, sources, and problems. *Health Physics*. 1993;65(6): 595–609.
24. Kessler G. Nuclear power engineering. Moscow: Energoatomizdat; 1986. 261 p.
25. Onischenko GG, Popova AYu, Romanovich IK, Ivanov SA, Biblin AM, Repin VS, et al. Results of the fourth combined scientific expedition for the radiation monitoring in the Kuril-Kamchatka region of the Pacific ocean. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020;13(1): 6–15. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-1-6-15. (In Russian).
26. Repin VS, Varfolomeeva KV, Zelentsova SA, Arkhangelskaya GV, Sednev KA. Methodological features of monitoring the long-term dynamics of low levels of tritium in the environment. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2023;16(3): 91–100. DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-3-91-100 (In Russian).
27. Zhao C, Zhao C, Wang G, Zhang M, Wang G, de With G, et al. Transport and dispersion of tritium from the radioactive water of the Fukushima Daiichi nuclear plant. *Marine Pollution Bulletin*. 2021;169(112515). DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112515
28. Budyansky MV, Udalov AA, Lebedeva MA, Belonenko TV. Assessment of pollution of the waters in the South Kuril fishing zone of Russia by radioactive waters from the Fukushima-1 NPP based on Lagrangian modeling. *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o Zemle = Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth sciences*. 2024;515(1): 164–174. DOI: 10.31857/S2686739724030212 (In Russian).

Received: October 17, 2024

For correspondence: Viktor S. Repin – Doctor of Biological Sciences, Head of Ecology Laboratory of Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: V.Repin@mail.ru)

Kseniya V. Varfolomeeva – Research Fellow, Laboratory of Ecology, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

Artem M. Biblin – Head of the Information and Analytical Center, Senior Researcher, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

Konstantin A. Sednev – Junior Researcher, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

Svetlana A. Zelentsova – Research Fellow, Laboratory of Ecology, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

Genrietta V. Arkhangelskaya – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher, Laboratory of Ecology, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

For citation: Repin V.S., Varfolomeeva K.V., Biblin A.M., Sednev K.A., Zelentsova S.A., Arkhangelskaya G.V. Tritium concentration in coastal waters of the Far Eastern regions of the Russian Federation in the first year of controlled water discharge from the Fukushima-1 NPP (Preliminary results). *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2024. Vol. 17, No. 4. P. 27–34. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-4-27-34