

Н.К. Шандала, С.М. Киселев, В.А. Серегин, А.А. Филонова, Д.В. Исаев

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ОБЪЕКТОВ И ТЕРРИТОРИЙ ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ И ЗАДАЧИ НА БУДУЩЕЕ

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Наталия Константиновна Шандала, e-mail: shandala-fmbc@bk.ru

### РЕФЕРАТ

Рассмотрены и охарактеризованы основные достижения в одном из ведущих направлений деятельности ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России – санитарно-гигиеническое обеспечение радиационной безопасности при обращении с ядерным наследием Российской Федерации. Представлена современная методология радиационно-гигиенического мониторинга, ставшая надежным залогом адекватного ответа на текущие вызовы, связанные с функционированием пунктов временного хранения ОЯТ и РАО на Северо-западе России. Отдельное внимание уделено актуальным вопросам радиационно-гигиенического обследования прибрежной части районов проживания населения Арктической зоны РФ и разработке регулирующих документов. Определены перспективы дальнейшего развития исследований в целях совершенствования радиационной безопасности.

**Ключевые слова:** ядерная и радиационная безопасность, ядерное наследие, радиационно-гигиенический мониторинг, население, персонал, радионуклиды, дозы облучения, регулирующие документы

**Для цитирования:** Шандала Н.К., Киселев С.М., Серегин В.А., Филонова А.А., Исаев Д.В. Научно-методическое сопровождение санитарно-эпидемиологического надзора при реабилитации объектов и территорий ядерного наследия и задачи на будущее // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2024. Т. 69. № 2. С. 30–37. DOI:10.33266/1024-6177-2024-69-2-30-37

N.K. Shandala, S.M. Kiselev, V.A. Seregin, A.A. Filonova, D.V. Isaev

## Scientific and Methodological Support of Health and Epidemiological Supervision during the Remediation of Nuclear Legacy Facilities and Sites and Tasks for the Future

A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

Contact person: Nataliya K. Shandala, e-mail: shandala-fmbc@bk.ru

### ABSTRACT

The article deals with and characterizes the main achievements in one of the leading areas in the activities of the SRC-FMBC – medical and health physics support of radiation safety when managing the nuclear legacy of the Russian Federation. An advanced methodology for radiation and health physics monitoring is presented, which has become a reliable guarantee of an adequate response to current challenges associated with the operation of sites for spent nuclear fuel and radioactive waste temporary storage in the Northwest Russia. Special attention is paid to topical issues of radiation and health physics survey of the coastal part of the areas inhabited by the population of the Arctic zone of the Russian Federation and the development of regulatory documents. Prospects for further development of research in order to improve radiation safety have been identified.

**Keywords:** nuclear and radiation safety, nuclear legacy, radiation and health physics monitoring, population, personnel, radionuclides, doses, regulatory documents

**For citation:** Shandala NK, Kiselev SM, Seregin VA, Filonova AA, Isaev DV. Scientific and Methodological Support of Health and Epidemiological Supervision during the Remediation of Nuclear Legacy Facilities and Sites and Tasks for the Future. Medical Radiology and Radiation Safety. 2024;69(2):30–37. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2024-69-2-30-37

В ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (далее – ФМБЦ им. А.И. Бурназяна) накоплен многолетний опыт в области радиационно-гигиенического сопровождения работ по обращению с ядерным наследием на предприятиях, акваториях и территориях, расположенных в Северо-западном и Дальневосточном регионах, а также прибрежной полосе Арктической зоны Российской Федерации. Исследовательские работы были посвящены совершенствованию эколого-гигиенических основ радиационной защиты населения и радиационной безопасности персонала, изучению состояния здоровья. Эти направления развивались в рамках ряда Федеральных целевых программ (ФЦП) и международного сотрудничества.

Цель настоящей статьи: обобщить основные результаты радиационно-гигиенических исследований, послуживших основой совершенствования санитарно-эпидемиологического надзора при обращении с ядерным наследием, и выявить актуальные перспективные задачи в проблеме обеспечения радиационной безопасности персонала и населения, наметив пути их решения.

В период 2000–2022 гг. коллектив отдела радиационной безопасности населения ФМБЦ им. А.И. Бурназяна участвовал в выполнении научно-исследовательских работ и мероприятий двух ФЦП: «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности» и «Промышленная утилизация вооружения и военной техники ядерного комплекса», в рамках которых решались проблемы радиационной безопасности и защиты персонала, населения и окружающей среды в случае обращения с ядерным наследием России и необходимости вывода из эксплуатации ряда объектов военно-морской техники.

В результате разработана комплексная система оценки экологического состояния и здоровья населения на территориях расположения объектов бывших береговых технических баз ВМФ России в Северо-западном и Дальневосточном регионах России, позволяющая [1]:

- Получать информацию о состоянии загрязнения производственной и окружающей среды;
- Проводить комплексную гигиеническую оценку воздействия на население техногенных и природных факторов;
- Объективно оценивать состояние здоровья населения.

Методической основой системы является долгосрочный радиационно-гигиенический мониторинг, расширяющий рекомендации социально-гигиенического мониторинга (рис. 1).



Рис. 1. Научно-методическое обеспечение работ по реабилитации радиационно-опасных объектов в Дальневосточном и Северо-западном регионах России

Fig. 1. Scientific and methodological support of remediation of radiation hazardous facilities in the Far-Eastern and Northwest regions of Russia

Исследования, проведенные в районах расположения предприятий, осуществляющих утилизацию атомных подводных лодок и судов атомного технологического обслуживания, включало отбор и анализ проб объектов окружающей среды, растительности и пищевых продуктов местного происхождения для последующего проведения радиохимических и спектрометрических исследований, а также гамма-съёмку территории и акватории. При этом каждый из исследуемых объектов в ЗАТО Фокино, Вилочинск, Александровск и других территориях имел район сравнения, так называемые фоновые районы [2]. В результате были обнаружены очаги локальных радиационных загрязнений; разработаны модули баз данных с результатами исследований и даны рекомендации по оптимизации и корректировке радиационного контроля, проводимого Центрами гигиены и эпидемиологии ФМБА России (рис. 2).

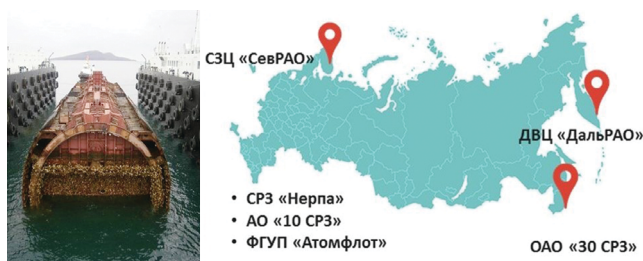


Рис. 2. Объекты исследования радиационно-гигиенической обстановки в районах расположения предприятий, осуществляющих утилизацию и обслуживание АПЛ и судов АТО

Fig. 2. Facilities for surveying the radiation and health physics situation in the areas of enterprises involved in decommissioning, dismantling and servicing nuclear submarines and nuclear service vessels

На основании проведенных исследований по оценке радиационно-гигиенической обстановки и условий труда персонала был разработан пакет нормативно-методической документации по санитарно-гигиеническому

и медицинскому обеспечению работ при утилизации и реабилитации, включающий три руководства; методические указания и рекомендации (рис. 3).

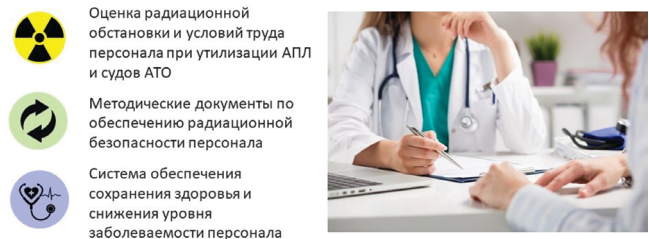


Рис. 3. Совершенствование нормативно-методической документации по санитарно-гигиеническому обеспечению работ по утилизации атомных объектов морской техники

Fig. 3. Enhancing regulatory and methodical documentation on medical and health physics support of decommissioning and dismantling nuclear facilities of marine equipment

Научно-исследовательские работы, выполняемые в течение 20 лет в рамках Соглашения между ФМБА России и Direktoratом радиационной защиты и ядерной безопасности Норвегии (DSA), посвящены развитию регулирования радиационной безопасности на объектах и территориях ядерного наследия Северо-запада России. Исследования были основаны на сборе данных и анализе радиационной обстановки в районах хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО), образовавшихся при утилизации атомных лодок, накопленных и складированных на пунктах временного хранения (ПВХ) Кольского полуострова (рис. 4).



Рис. 4. Объекты ядерного наследия Кольского полуострова

Fig. 4. Nuclear legacy sites of the Kola Peninsula

В ходе выполнения указанных работ решались следующие задачи:

- Оценка радиологических угроз для определения приоритетных направлений регулирования.
  - Детальный анализ радиационной обстановки на площадках, территориях и в окрестности ПВХ ОЯТ и РАО.
  - Обеспечение радиационной безопасности персонала и населения.
  - Разработка электронных карт и геоинформационных систем.
  - Аварийное реагирование, противоаварийные учения и тренировки.
  - Культура безопасности в части мониторинга риска нарушения профессиональной надёжности персонала.
  - Разработка регулирующих документов.
  - Оптимизация радиационной защиты.
- Современный этап ликвидации ядерного наследия в Северо-западном регионе характеризуется интенсив-

ным развитием инфраструктуры по обращению с ОЯТ и РАО. Возрастающие масштабы и сложность работ по обращению с ОЯТ (губа Андреева), переработка и кондиционирование РАО (губа Сайда), выгрузка ОЯТ из реакторов с жидкометаллическим теплоносителем (пос. Гремиха), временное хранение ОЯТ («Атомфлот»), определили необходимость применения комплексного подхода в процессе функционирования комплекса предприятий, задействованных в реабилитации ядерного наследия. Работа по проектам «Оценка угроз», проводимая 1 раз в 7 лет, начиная с 2014 г., позволила нам определить приоритеты имеющихся угроз при регулировании радиационной безопасности. Исследования отличаются комплексностью оценки как радиологических, так и не радиологических рисков для населения и окружающей среды. Например, в 2021 г. была проведена сравнительная оценка рисков состояния загрязнения окружающей среды в районах расположения предприятий ФГУП «Атомфлот» и СЗЦ «СевРАО» - филиала ФГУП «ФЭО», задействованных в обращении с ОЯТ и РАО.

**Радиационно-гигиенический мониторинг**

Результаты 6945 измерений мощности ambientного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД ГИ) на территории ПВХ в губе Андреева, проведенных в 2022 г., показаны на рис. 5. Полученные результаты позволяют констатировать, что к настоящему времени МАЭД ГИ изменяется в диапазоне 0,03–150,0 мкЗв/ч, при этом наиболее высокие значения зафиксированы в районе здания № 5, где в одиннадцати точках МАЭД ГИ превышала 150 мкЗв/ч.

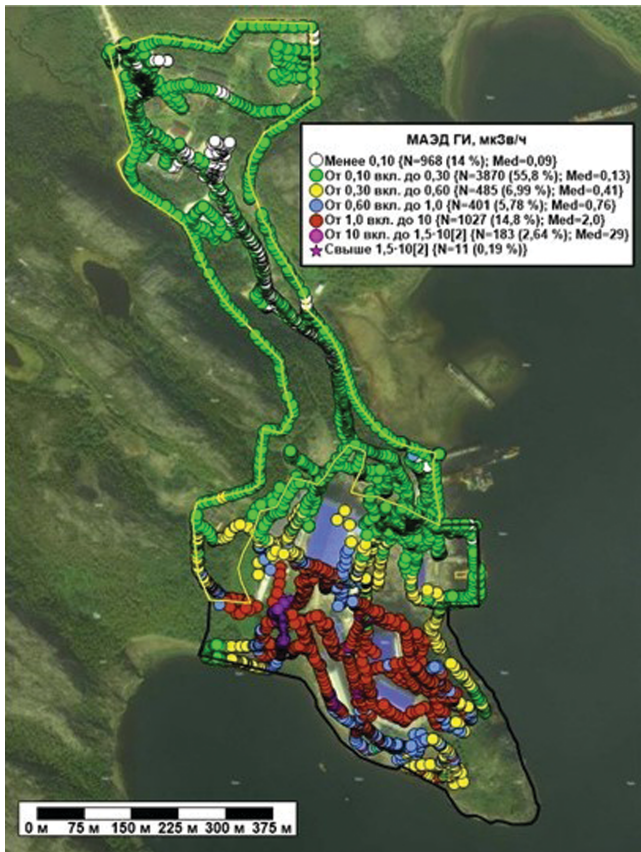


Рис. 5. Мощность ambientного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД ГИ) на территории ПВХ в губе Андреева в 2022 г. Объекты ядерного наследия Кольского полуострова

Fig. 5. Gamma ambient dose equivalent rate (ADER) within the site for temporary storage at Andreeva Bay in 2022. Nuclear legacy facilities of the Kola Peninsula

Интерполированные значения МАЭД ГИ, получаемые ежегодно на протяжении 20-летнего периода исследований, позволили построить картограмму, характеризующую динамику изменений МАЭД ГИ на промплощадке и в санитарно-защитной зоне ПВХ в губе Андреева за 2008–2022 гг. [3] (рис. 6).

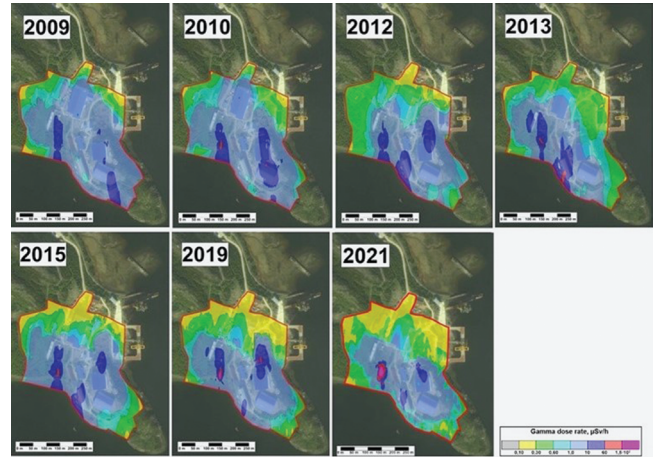


Рис. 6. Динамика показателей МАЭД ГИ на промплощадке и в санитарно-защитной зоне ПВХ в губе Андреева за 2008–2022 гг.

Fig. 6. Dynamics of ADER indicators at the industrial site and in the health protection zone of the site for temporary storage at Andreeva Bay for 2008–2022

Как видно из данных рис. 6, отмечается положительная динамика изменений МАЭД ГИ, сопровождающаяся сокращением площади радиоактивного загрязнения, что связано с результатами проводимых на территории промплощадки реабилитационных работ.

В табл. 1 приведены удельные активности <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs в объектах окружающей среды на ПВХ в губе Андреева по состоянию на 2022 г. Как следует из представленных данных, уровни загрязнения исследуемых проб, отобранных в районе пирса и у здания № 5, существенно превышают фоновые региональные показатели исследуемых видов объектов окружающей среды.

Таблица 1

Удельная активность <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs в объектах окружающей среды на ПВХ в губе Андреева в 2022 г.

The specific activity of <sup>90</sup>Sr and <sup>137</sup>Cs in environmental media of the site for temporary storage at Andreeva Bay over 2022

Место отбора	Вода морская, Бк/л		Донные отложения, Бк/кг		Водоросли, Бк/кг	
	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs
Устье ручья, здание № 5	0,2	0,3	5,0–16,0	18,0–360,0	11,0–15,0	1,2–140,0
Акватория у пирса	0,03	0,04	2,0–17,0	12,0–160,0	13,0–18,0	2,9–10,0
Фон по региону	0,004	0,003	0,1–2,0	1,0–5,0	<0,4	<0,2

Удельная активность техногенных радионуклидов в пробах объектов окружающей среды, отобранных на различных участках территории, по годам 20-летних исследований мало отличается: в 2022 г. содержание как <sup>90</sup>Sr, так и <sup>137</sup>Cs остается на уровне значений, полученных в предыдущие периоды исследований.

Оценена миграционная способность радионуклидов и формы их нахождения в объектах окружающей среды. Так, в почве в подвижной форме находится 90 % <sup>90</sup>Sr и 30 % <sup>137</sup>Cs, в донных отложениях – 75 % <sup>90</sup>Sr и 60 % <sup>137</sup>Cs.

Исследования загрязненности морской акватории в районе старого пирса зафиксировали наличие <sup>60</sup>Co в пробах донных отложений, причем локация мест загрязнения совпадала с локацией загрязнения <sup>137</sup>Cs [4].

**Химический мониторинг**

Особенности миграции <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs поставили задачу изучить радиационное состояние подземной воды, а также оценить её загрязнение нерадиационными химическими агентами. Динамичные исследования подземной воды из скважин показали, что содержание <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr значительно превышают уровни вмешательства, установленные в Нормах радиационной безопасности для питьевой воды. По сравнению с радиоактивным загрязнением, химическое загрязнение той же подземной воды более распрямно по локализации. Для тяжелых металлов 2-ого класса опасности отмечены многократные случаи превышения гигиенических нормативов для питьевой воды и рыбохозяйственной деятельности: концентрации свинца, ртути и ряда других химических элементов превышались в 2–4 раза (рис. 7).

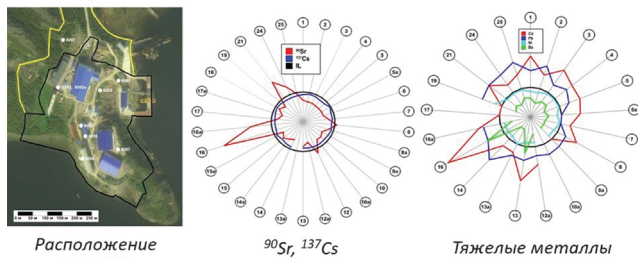


Рис. 7. Исследования физико-химических показателей в пробах воды из контрольных скважин на промплощадке ПВХ в губе Андреева в 2016–2022 гг.

Fig. 7. Studies of physical and chemical parameters in water samples from monitoring wells at the industrial site of the site for temporary storage at Andreeva Bay in 2016–2022

**Биологический мониторинг**

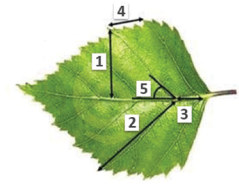
Для комплексной оценки санитарно-эпидемиологической обстановки был апробирован метод биоиндикации, основанный на определении биологически и экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций растений непосредственно в среде обитания. Этот перспективный прием оценки состояния окружающей среды с использованием Аллиум-теста позволил выявить генотоксичность (способность среды влиять на структурно-функциональное состояние генетического аппарата) лука как тест-объекта. Биотестирование образцов почвы и подземной воды из скважин провели на 1000 проросших луковиц, изучая 34970 клеток придаточных корней лука в 180 препаратах. Согласно полученным данным, вода из наблюдательных скважин обладает мутагенной активностью: частота aberrantных клеток в тест-объекте достоверно превышала уровень спонтанных нарушений хромосом в контроле (рис. 8).

В качестве одного из критериев состояния окружающей среды при осуществлении биологического мониторинга на промышленной площадке и в зоне наблюдения ПВХ в губе Андреева использовали индекс флуктуирующей асимметрии, отражающий ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии растительности (рис. 8). Оценка индекса флуктуирующей асимметрии 540 листьев березы, отобранных около здания № 5, и 223 листьев из зоны наблюдения показала, что в максимально загрязненном районе ПВХ он соответствую-

**Биоиндикация - Allium-test**



**Флуктуирующая асимметрия**



Показатель	Индекс	Качество среды
< 0,040	1	Нормальные
0,040-0,044	2	Небольшие отклонения
0,045-0,049	3	Средние отклонения
0,050-0,054	4	Существенные отклонения
> 0,054	5	Критическое состояние

Рис. 8. Применение методов биологического мониторинга для оценки техногенного загрязнения окружающей среды на ПВХ в губе Андреева

Fig. 8. Application of biological monitoring methods to assess manmade environmental contamination of the site for temporary storage at Andreeva Bay

ет критическому состоянию загрязнения окружающей среды, а состояние зоны наблюдения оценивается как «существенное отклонение от нормы».

Для структурирования радиационно-гигиенической информации и анализа изменений состояния загрязненности окружающей среды в ходе реабилитационных мероприятий разработана информационно-аналитическая система (ИАС), включающая подробные базы данных радиационных параметров, обсуждаемых выше.

**Радиационная безопасность персонала**

В «Основах государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу» указывается, что одной из целей является поддержание в соответствии с принципами нормирования, обособования и оптимизации на возможно низком уровне риска радиационного воздействия на персонал, осуществляющий эксплуатацию объектов использования атомной энергии в мирных и оборонных целях. Исследование условий труда персонала на ПВХ с последующей оценкой доз облучения в зависимости от вида работ явилось основанием разработки ряда регулирующих документов по надзору за обеспечением радиационной безопасности. Была обособована также необходимость дальнейшей разработки новых рекомендаций, в том числе, по безопасному проведению работ при удалении некondиционного ОЯТ с ПВХ в губе Андреева.

В целом, особое внимание, связанное с прогнозируемыми высокими дозозатратами персонала, уделяется вопросам подготовки к вывозу и непосредственно процессу вывоза ОЯТ, а также работам по сбору просыпей ОЯТ из бывших бассейнов выдержки. В 2009–2013 гг. на ПВХ в губе Андреева были осуществлены «пробные» вывозы первых партий ОЯТ на танкере «Серебрянка». При этом фактические дозы персонала составили чуть более 1 % от прогнозных показателей и не превышали контрольных уровней. Соответственно, данные операции не могли и не повлияли с точки зрения дополнительных дозовых нагрузок на население. Максимальные дозы облучения персонала не превышали 4 мЗв/год. В этот период времени проводился также вывоз ОЯТ с территории ПВХ в поселке Гремиха, который к 2015 г. практически был завершен. 27 июня 2017 г. стартовали широкомасштабные работы по удалению ОЯТ с территории ПВХ в губе Андреева, откуда контейнеровоз «Россита» доставил в Мурманск первую партию транспортно-упаковочных контейнеров с ОЯТ. С начала работ

во ФГУП «Атомфлот» уже передано более 700 отработанных топливо-выделяющих сборок из 21 тыс., хранящихся на объекте.

На рис. 9 приведена пятилетняя динамика средних индивидуальных эффективных доз облучения персонала группы А, начиная с 2014 г., т.е. периода завершения интенсивного обращения с ОЯТ на ПВХ в поселке Гремиха, и начала больших работ в губе Андреева и в губе Сайда.

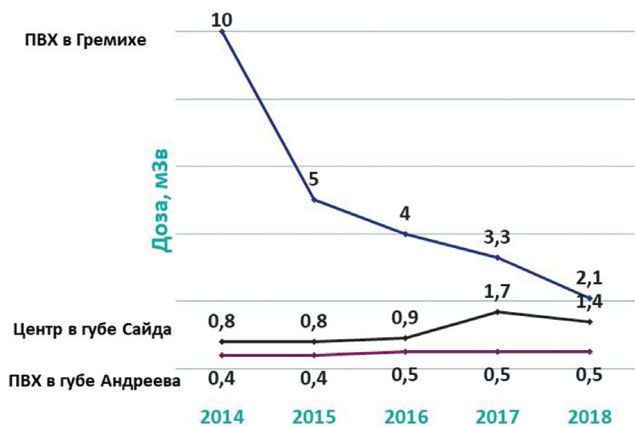


Рис. 9. Средние дозы облучения персонала группы А на ПВХ в поселке Гремиха, в губе Андреева и центре длительного хранения в губе Сайда за период 2014–2019 гг.

Fig. 9. Average occupational doses of exposure to group A personnel at site for temporary storage in Gremikha village, Andreeva Bay and long-term storage facility in Saida Bay over the period 2014–2019

В табл. 2 представлены индивидуальные эффективные дозы облучения персонала группы А по результатам индивидуального дозиметрического контроля, проводимого на ПВХ в губе Андреева, поселке Гремиха и в губе Сайда в 2022 г. Для определения индивидуальной эффективной дозы использовались:

- Автоматизированный комплекс индивидуального дозиметрического контроля (АКИДК-301) в комплекте с дозиметрами ДВГ-01, ДВГН-01 на основе термоминесцентного метода.
- Установка спектрометрическая МКС-01А «Мультирад-гамма» «СИЧ» для определения состава и измерения активности гамма-излучающих нуклидов в теле человека и критическом органе спектрометрическим методом.
- Прямопоказывающие индивидуальные дозиметры ДКС-АТ3509, ДВС-02Д на основе измерения импульсов, генерируемых в полупроводниковом детекторе под воздействием рентгеновского, гамма- и нейтронного излучения.

Как следует из данных табл. 2, превышение индивидуальных эффективных доз облучения персонала свыше 50 мЗв/год не зафиксировано. Следует также отметить, что за все годы исследований на рассматриваемых объектах не было зафиксировано превышения суммарной индивидуальной эффективной дозы облучения персонала группы А сверх нормируемой НРБ 1999/2009 величины.

Научно-техническая поддержка при решении задач по оценке и анализу состояния радиационной безопасности персонала осуществляется с помощью специально разработанной ИАС [5], позволяющей:

- Определять зоны, в которых радиационная обстановка известна с наибольшей неопределенностью, т.е. необходима дополнительная радиационная разведка.

Таблица 2

Индивидуальные эффективные дозы облучения персонала группы А, находящегося на индивидуальном дозиметрическом контроле в 2022 г.  
Individual effective occupational doses of group A personnel under individual dose monitoring in 2022

№№ п/п	Подразделение СЗЦ «СевРАО» – филиала ФГУП «ФЭО»	Число контролируемых лиц, чел.	Число лиц, получивших годовую эффективную дозу облучения, чел.					Средняя годовая доза, мЗв
			<1 мЗв	1–2 мЗв	2–5 мЗв	5–20 мЗв	20–50 мЗв	
1	Отделение Губа Андреева	75	46	11	17	1	0	1,21
2	Отделение Гремиха	64	24	32	6	2	0	1,53
3	Отделение Сайда-Губа	143	129	3	8	3	0	0,58
Итого		282	199	46	31	6	0	0,96

- Прогнозировать индивидуальные дозы облучения персонала.
- Осуществлять локализацию областей, вносящих максимальный вклад в дозу облучения.
- Оптимизировать транспортные потоки при эвакуации персонала в зоне возможной радиационной аварии.
- Оптимизировать дозовые нагрузки при передвижении персонала и при проведении работ по выгрузке ОЯТ.
- Давать оптимальные рекомендации по проведению радиационного контроля на промплощадке и в сооружениях.

**Противоаварийная готовность**

Высокий потенциал опасности накопленных ОЯТ и РАО, необходимость проведения работ в нестандартных условиях требуют совершенствования системы аварийной готовности и реагирования в направлении минимизации последствий возможных аварийных ситуаций. За годы сотрудничества с DSA было проведено четыре международных противоаварийных учения на ПВХ в губе Андреева.

Один из аспектов деятельности ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в Арктической зоне в настоящее время – это участие в противоаварийных учениях серии «Арктика», которые регулярно проводятся на территории Северо-запада РФ и служат целям повышения противоаварийной готовности и медицинского реагирования на возможные чрезвычайные, нештатные ситуации, которые могут произойти на объектах ядерного наследия. На этих учениях совершенствуется не только организация взаимодействия участников аварийного реагирования, но и отрабатывается широкий комплекс задач по оказанию медицинской помощи пострадавшим и проведению санитарно-гигиенических мероприятий при ликвидации последствий аварии. На одном из учений в качестве технологического сценария радиационной аварии был выбран инцидент, связанный с внешним воздействием на атомный ледокол, находящийся у причала на территории ФГУП «Атомфлот», вследствие чего произошла разгерметизация первого контура с потерей теплоносителя и повреждение активной зоны одного из реакторов ЯЭУ. Медицинский сценарий предусматривал отработку организации этапов оказания неотложной помощи пострадавшим в догоспитальный период, действия медицинских специалистов учреждений ФМБА России, а также

проведение мероприятий психологической поддержки персонала, привлекаемого к аварийно-спасательным и другим неотложным работам [6].

**Разработка регулирующих документов**

На базе полученных результатов радиационно-гигиенического мониторинга и оценки состояния радиационной безопасности персонала и населения разработались специальные методические документы, предназначенные для органов и учреждений ФМБА России. В этих документах содержатся требования к радиационной безопасности персонала и населения, индивидуальному дозиметрическому контролю, обращению с РАО, экологической реабилитации территорий. Опираясь на российский опыт регулирования и полученные результаты научных исследований, был разработан ряд международных документов для объектов ядерного наследия (рис. 10).



Рис. 10. Нормативно-методические документы в области надзора и контроля радиационной безопасности на объектах ядерного наследия  
Fig. 10. Regulatory and methodical documents in the field of supervision and control of radiation safety at nuclear legacy sites

**Проблема затопленных ядерно- и радиационно-опасных объектов**

Учитывая активное присутствие человека в Арктической зоне, а также увеличение грузооборота по Северному морскому пути, особое внимание направлено на радиационную обстановку и радиологические проблемы, которые присутствуют в регионе. С 2020 г. ведутся рабо-

ты по мониторингу радиационной обстановки на территориях проживания населения, ближайших к объектам затопления ядерно- и радиационно-опасных объектов в Карском и Баренцевом морях Арктики. Согласно Основам государственной политики Российской Федерации в Арктической зоне на период до 2035 г., утвержденным Президентом Российской Федерации, проблема затопленных и затонувших объектов с ОЯТ и РАО требует поэтапного решения, в том числе, подъем таких объектов и их перевод в ядерно- и радиационно- безопасное состояние (рис. 11).

Радиационно-гигиеническое обследование прибрежной зоны районов проживания населения близлежащих к объектам затопления ядерно- и радиационно-опасных объектов – села Териберка, острова Кильдин и поселка Амдерма – включало исследование МАЭД, гамма-спектрометрическое и радиохимическое изучение содержания радионуклидов (<sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>235</sup>U) во всех объектах наземной и морской среды, а также в местных пищевых продуктах [7]. В результате показано:

- Средние значение МАЭД на исследуемых территориях не превышают среднегодовые значения, характерные для данных регионов.
- Содержание техногенных радионуклидов в окружающей наземной среде и прибрежной морской акватории находится на уровне глобальных выпадений.
- Доза внешнего облучения формируется за счет источников природного облучения. Вклад техногенного облучения составляет 0,7 %.
- Разработана и запатентована База данных с результатами исследований радиационной обстановки для каждой территории.

Таким образом, по результатам работ получены «фоновые» показатели радиационно-гигиенической обстановки до начала работ по подъему затопленных объектов, что позволит в дальнейшем оценить последствия планируемых реабилитационных мероприятий в этом районе Арктической зоны и представить информационные материалы для заинтересованной общественности. В дальнейшем необходима организация санитарно-эпидемиологического надзора за состоянием радиационной безопасности на всех этапах реализации предстоящих работ.

**Ядерное наследие в Арктической зоне - затопленные и затонувшие радиационно-опасные объекты, несущие радиационный риск для населения и окружающей среды**



Рис. 11. Радиационно-гигиенический мониторинг в районах затопленных ядерно- и радиационно-опасных объектов  
Fig. 11. Radiation and health physics monitoring in th area of flooded nuclear and radiation hazardous facilities

### Заключение

На основании вышеизложенного сформулированы следующие особенности санитарно-эпидемиологического надзора на объектах и территориях ядерного наследия:

- Проведение научно-прикладных исследовательских работ в области обеспечения радиационной безопасности персонала и населения, а также радиационной защиты окружающей среды.
- Оценка радиологических угроз с целью определения приоритетов регулирования.
- Разработка и внедрение новых отечественных нормативно-методических документов, а также новых международных документов по теме ядерного наследия.
- Применение эффективных механизмов взаимодействия эксплуатирующей организации с регулирующим органом, а также со всеми заинтересованными организациями.
- Проведение общественных слушаний в ходе реабилитационных работ.

Подводя итог двадцатилетней деятельности ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России в области научно-методического сопровождения санитарно-эпидемиологического надзора при реабилитации объектов и территорий ядерного наследия, следует заключить, что к настоящему времени полученные оценки по комплексным исследованиям состояния радиационной безопасности показывают, что условия труда персонала соответствуют требованиям действующих Норм радиационной безопасности, а перепрофилированная деятельность бывших береговых технических баз ВМФ в ареале промышленной площадки сопровождается возможным загрязнением окружающей наземной и морской среды не столько радиационными, сколько химическими загрязнителями.

Поскольку, согласно стратегии и планам Госкорпорации «Росатом», темпы обращения с ОЯТ и удаления РАО в исследуемых нами регионах (Северо-западный и Дальневосточный) будут нарастать, дальнейшая деятельность по медико-санитарному обеспечению объектов и территорий ядерного наследия должна быть направлена, в основном, на проведение практических мероприятий по периодическому динамическому наблюдению за состоянием здоровья персонала, населения и окружающей среды на основе данных радиационно-гигиенического мониторинга. При этом должна учитываться специфика Северо-западного (Северный морской путь) и Дальневосточного (Территория опережающего развития) регионов.

### Задачи на будущее

В Северо-западном регионе России сосредоточено значительное количество радиационно опасных объектов, включая объекты ядерного наследия (производственные площадки СЗЦ «СевРАО» – филиала ФГУП «ФЭО»), предприятия по утилизации атомного флота России (СРЗ «Нерпа», 10 СРЗ), региональный центр по обращению с радиоактивными отходами, предприятие обслуживания ледокольного флота России (ФГУП «Атомфлот»), Кольская АЭС и другие. Многолетний анализ экологических отчетов Госкорпорации «Роса-

том» позволяет отметить положительную динамику роста выбросов химических веществ в окружающую среду. Более того, фактические выбросы и сбросы приближаются к установленным нормативам. На радиационных объектах и в районах их расположения в объектах окружающей среды обнаруживаются загрязнители химической природы (в частности, токсичные металлы) в концентрациях, существенно превышающих установленные нормативы. Наши исследования подтверждают необходимость совершенствования гигиенического мониторинга загрязнения окружающей среды с расширением его в части определения приоритетных химических загрязнителей.

Серьезной гигиенической проблемой является отсутствие инфраструктуры обращения с особо низкими радиоактивными отходами (ОНРАО) и промышленных отходов с повышенным содержанием техногенных радионуклидов, образующихся в больших объемах в процессе производственной деятельности. До принятия общего решения о создании приповерхностных пунктов захоронения ОНРАО предприятия вынуждены хранить отходы этой категории на собственных территориях. В результате происходит накопление этих классов отходов практически на всех предприятиях, где осуществляется обращение с радиоактивными материалами. Необходимо оценить объемы накопленных и темпы образования ОНРАО с тем, чтобы оптимизировать размещение пунктов изоляции этих отходов в регионе в целом, а также организовать санитарно-гигиенический мониторинг на всех этапах обращения с ними. В противном случае, дальнейшее накопление этих отходов на предприятиях приведет к нарушению инженерных барьеров и проникновению загрязнителей в окружающую среду, в том числе и прибрежную морскую акваторию, которая примыкает к промышленным площадкам и широко используется населением в рыбохозяйственных целях.

Основной предпосылкой для улучшения качества жизни отдельных северных территорий является развитие транспорта и коммуникаций, что, в свою очередь, зависит от топливной и энергетической базы. В настоящее время активно развиваются атомные технологии, растет ледокольный флот, функционирует первая плавучая атомная теплоэлектростанция в г. Певек Чукотского АО, совершенствуются военные технологии, строятся порты Северного морского пути. В этой связи необходимо предложить проведение радиационно-гигиенического мониторинга, который является надежной гарантией безопасности для населения на всех этапах существования радиационно опасного объекта. Кроме того, на начальной стадии функционирования радиационно-опасного объекта необходимо проводить снятие так называемого «нулевого фона», т.е. исходных параметров окружающей природной среды и здоровья населения. Это позволит оценить влияние радиационно-опасного объекта на население, а также послужит критерием восстановления при возникновении аварийной ситуации.

Основываясь на опыте выполнения работ по ПВХ ОЯТ и РАО и по затопленным объектам, целесообразно расширить проведение радиационно-гигиенического мониторинга в Арктической зоне, обеспечивающее поддержание санитарно-эпидемиологического благополучия на должном уровне.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Киселев С.М., Шандала Н.К., Зозуль Ю.Н. Современная технология комплексного эколого-гигиенического мониторинга на объектах ядерного наследия // Хроническое радиационное воздействие: отдаленные медико-биологические эффекты: Материалы VII научной конференции с международным участием. 2022. С. 200-201.
2. Исаев Д.В., Старинский В.Г., Теснов И.К., Шлыгин В.В. Результаты исследования радиационно-экологической обстановки районов расположения судоремонтных предприятий, осуществляющих утилизацию АПЛ и судов АТО // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2022621039, 05.05.2022. Заявка № 2022620875 от 27.04.2022.
3. Shandala N., Sneve M., Seregin V. and Filonova A. Radiation Survey and Environmental Impact Assessment at the Site of Temporary Storage at Andreeva Bay (16 Years of Studies) // Radiol. Prot. 2021. No. 41. P. S406–S426.
4. Филонова А.А., Серегин В.А. Миграция техногенных радионуклидов в почвах и донных отложениях прибрежной полосы пункта временного хранения СевРАО и её влияние на возможное загрязнение морской акватории // Гигиена и санитария. 2014. Т.9, № 2. С. 18–22.
5. Chizhov K., Shandala N., Simakov A., Kryuchkov V., et al. Radiation Situation Dynamics at the Andreeva Bay Site for Temporary Storage of Spent Nuclear Fuel and Radioactive Waste over the Period 2002-2016 // Radiol. Prot. 2018. No. 38. P. S480–S509.
6. Шандала Н.К., Старинский В.Г., Семенова М.П., Филонова А.А. и др. Роль ФГБУ «ГНЦ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия и радиационной безопасности в Арктической зоне Российской Федерации // Медицина катастроф. 2023. № 1. С. 5–8.
7. Старинский В.Г., Исаев Д.В., Теснов И.К. База данных с результатами исследований радиационной обстановки в районах расположения села Териберка, острова Кильдин и поселка Амдерма // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2022621890, 01.08.2022. Заявка № 2022621278 от 07.06.2022.

## REFERENCES

1. Kiselev S.M., Shandala N.K., Zozul Yu.N.: Kiselev S, Shandala N, Zozul Yu. Advanced Technology of Comprehensive Ecological and Health Physics Monitoring at Nuclear Legacy Sites. *Khronicheskoye Radiatsionnoye Vozdeystviye: Otdalennyye Mediko-Biologicheskkiye Effekty* = Chronic Radiation Exposure: Long-Term Medical and Biological Effects. Proceedings of the VII International Scientific Conference. 2022. P. 200-201 (In Russ.).
2. Isayev D., Starinskiy V., Tesnov I., Shlygin V. Results of a Study of the Radiation Ecological Situation in the Areas of Shipyards Involved in Decommissioning and Dismantling of Nuclear Submarines and Servicing Nuclear Technological Vessels. Database Registration Certificate RU 2022621039, 05.05.2022. Application No. 2022620875 dated April 27, 2022 (In Russ.).
3. Shandala N., Sneve M., Seregin V., Filonova A. Radiation Survey and Environmental Impact Assessment at the Site of Temporary Storage at Andreeva Bay (16 Years of Studies). Radiol. Prot. 2021;41:S406–S426.
4. Filonova A., Seregin V. Migration of Manmade Radionuclides in Soils and Bottom Sediments of the Coastal Stripe of the SevRAO Site for Temporary Storage and Its Impact on Potential Contamination of Marine Water Area. *Gigiyena i Sanitariya* = Hygiene and Sanitation. 2014;9;2:18–22 (In Russ.).
5. Chizhov K., Shandala N., Simakov A., Kryuchkov V., et al. Radiation Situation Dynamics at the Andreeva Bay Site for Temporary Storage of Spent Nuclear Fuel and Radioactive Waste over the Period 2002-2016. Radiol. Prot. 2018;38:S480–S509.
6. Shandala N., Starinsky V., Semenova M., Filonova A., et al. Role of the SRC-FMBC in Provision of Medical and Epidemiological Wellbeing and Radiation Safety in the Arctic Zone of the Russian Federation. *Meditsina Katastrof* = Disaster Medicine. 2023;1:5–8 (In Russ.).
7. Starinskiy V., Isayev D., Tesnov I. Database Including the Results of Studies of the Radiation Situation in the Areas of the Village of Teriberka, the Island of Kildin and the Village of Amderma. Database Registration Certificate RU 2022621890, 01.08.2022. Application No. 2022621278 dated June 07, 2022 (In Russ.).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Участие авторов.** сбор, обработка и написание текста – Шандала Н.К., С.М. Киселев, В.А. Серегин, А.А. Филонова, Д.В. Исаев в равных частях.

**Поступила:** 20.11.2023. Принята к публикации: 27.12.2023.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Financing.** The study had no sponsorship.

**Contribution.** collection and processing and writing of the text – Shandala N., Kiselev S., Seregin V., Filonova A., Isayev D. – equal participation.

**Article received:** 20.11.2023. Accepted for publication: 27.12.2023.