DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-2s-83-96
УДК: 614.876:621.039(470)

Научно-практический опыт надзорной деятельности в области обеспечения защиты населения и окружающей среды на объектах ядерного наследия России

Н.К. Шандала, С.М. Киселев, А.В. Титов

Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия

В настоящее время в России реализуется национальная программа реабилитации площадок наследия, образовавшихся в результате деятельности атомной промышленности, использования ядерной энергии в военных целях, а также вследствие радиационных аварий и инцидентов. В ходе ее выполнения приоритетное место уделяется вопросам медико-санитарного обеспечения персонала и населения, проживающего вблизи этих предприятий. Данная деятельность лежит в сфере полномочий Федерального медико-биологического агентства (ФМБА России). С самого начала становления атомной промышленности в нашей стране ведущим институтом по медицинским проблемам отрасли являлся Институт биофизики (ныне – ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России), являющийся технически поддерживающей организацией ФМБА России. Одним из основных направлений и главным назначением его деятельности является научно-методическое обеспечение радиационной безопасности и защиты персонала и населения, проживающего в районах расположения радиационных объектов. В этом крайне обширном направлении работ радиационно-гигиенический мониторинг на протяжении более 60 лет всегда занимал главенствующее место. В настоящей работе представлены результаты многолетнего радиационно-гигиенического мониторинга (2005–2018 гг.) на бывших береговых технических базах Военно-морского флота России, а ныне – пунктах временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов на Северо-Западе и на Дальнем Востоке России; территориях расположения объектов уранодобывающей и перерабатывающей промышленности: Приаргунское горно-химическое объединение (Забайкальский край) и бывшее производственное объединение «Алмаз» (г. Лермонтов, Ставропольский край); а также на объектах уранового наследия в Средней Азии (Республики Таджикистан и Кыргызстан). Обсуждены закономерности формирования радиационной обстановки в районах расположения объектов наследия, обозначены существующие проблемы и представлены дальнейшие направления совершенствования радиационной безопасности с учетом накопленного опыта.

Ключевые слова: *ядерное наследие, урановое наследие, мониторинг, облучение населения, окружающая среда, нерадиационное загрязнение, оценка риска, регулирующие документы.*

Введение

В соответствии с Основами государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности, утвержденной Президентом Российской Федерации в 2018 г., в России в формате специальной программы осуществляется комплекс мероприятий, направленных на ликвидацию ядерного и уранового наследия бывшего СССР. Одним из ключевых направлений, отмеченных в документе, является развитие систем социально-гигиенического мониторинга, включающих радиационный контроль среды обитания и состояние здоровья населения в районах расположения объектов ядерного наследия. К таким объектам в России относятся бывшие береговые базы атомного флота и объекты по утилизации атомных подводных лодок (АПЛ), территории предприятий уранодобывающей и перерабатывающей промышленности. Федеральное медико-биологическое агентство осуществляет функции государственного санитарно-эпидемиологического надзора и медицинского обеспечения на радиационных объектах, включая объекты наследия. Эта деятельность проводится в соответствии с утверждаемыми планами и государственными заданиями. Для их выполнения в ФМБА России создана соответствующая инфраструктура, разработаны нормативно-методические документы, регламентирующие этот вид деятельности на всех поднадзорных объектах. ФГБУ ГНЦ ФМБЦ имени А.И. Бурназяна ФМБА России (далее – ФМБЦ) осуществляет научно-техническое со-

Киселев Сергей Михайлович
Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна
Адрес для переписки: 123098, Москва, ул. Живописная, 46; E-mail: sergbio@gmail.com

провождение деятельности регулятора в данном направлении [1].

Рассматривая современный этап реализации программы ликвидации наследия, следует отметить, что к настоящему время практически завершены работы по модернизации инфраструктуры объектов и полным ходом идет реализация проектов, связанных непосредственно с обращением с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО). Данная деятельность, учитывая уникальность применяемых технологий, является наиболее ответственным этапом реализации всего плана реабилитации, успех которого зависит от конструктивного взаимодействия оператора и регулятора в решении единой задачи обеспечения защиты населения и персонала в ходе проведения реабилитационных работ.

Начиная с 2005 г., сотрудниками ФМБЦ в рамках федеральных программ и международного сотрудничества был инициирован целый ряд проектов в этой области, которые стали базовой основой формирования методологии совершенствования регулирующего надзора на площадках ядерного наследия. Накопленный опыт позволил определить приоритеты по большинству важных вопросов, требующих надзора и развития регулирования при реабилитации площадок наследия.

Радиационно–гигиенический мониторинг на территориях расположения бывших береговых баз атомного подводного флота России

Деятельность по утилизации атомного флота СССР проводится на территории объектов бывшей военной инфраструктуры. Особенности загрязнения природной среды обусловлены как результатами предыдущей деятельности, осуществляемой на этих объектах в период активной эксплуатации атомного флота, так и текущей, связанной с выводом из эксплуатации объектов использования атомной энергии. Технологические операции обращения с ОЯТ и РАО, связанные с утилизацией АПЛ и судов атомного технологического обслуживания (АТО), включают выгрузку отработавшего ядерного топлива из реакторов утилизируемых лодок (СЗЦ «СевРАО» отд. Гремиха) и аварийных хранилищ (СЗЦ «СевРАО» г. Андреева), извлечение, сортировку РАО (ДВЦ «ДальРАО» отд. Вилючинск), сбор и кондиционирование твердых и жидких РАО (ДВЦ «ДальРАО», б. Сысоева), разделку корпусных частей АПЛ, подготовку блок-упаковок реакторных отсеков и их размещение на площадках долговременного хранения (ДВЦ «ДальРАО», пункт долговременного хранения реакторных отсеков (ПДХ РО м. Устричный). Очевидно, что интенсификация деятельности по обращению с ОЯТ и РАО предполагает увеличение нагрузки на окружающие эти объекты экосистемы и требует тщательного анализа и контроля осуществляемой оператором деятельности для предотвращения загрязнения окружающей среды и защиты населения, проживающего на близлежащих территориях. Эта деятельность осуществляется регулятором в формате радиационно-гигиенического мониторинга (РГМ). Проведение РГМ планируется и осуществляется с учетом разработанной Госкорпорацией «Росатом» стратегии реабилитации площадок и особенностей применяемых технологий, используемых на каждом этапе реабилитации объектов наследия. Результаты многолетних радиационно-гигиенических исследований на площадках наследия подробно изложены в ряде отечественных и зарубежных публикаций [2–13]. Накопленный опыт в этой области позволяет отметить ряд характерных особенностей состояния загрязнения технических площадок и прилегающих территорий и определить приоритеты в надзорной деятельности в будущем.

Оценка радиоактивного загрязнения площадок ядерного наследия

Первичная оценка радиологических рисков, проведенная специалистами ФМБЦ на площадках наследия в начале 2000-х гг., показала, что основным источником потенциальной опасности для населения и окружающей среды являются накопленные объемы ОЯТ и РАО, хранящиеся в условиях нарушенных защитных барьеров на территориях бывших объектов береговой инфраструктуры атомного флота.

Для решения первоочередной задачи предотвращения дальнейшего загрязнения окружающей среды основная деятельность оператора за последнее десятилетие была сосредоточена на восстановлении инженерных защитных барьеров хранилищ, инвентаризации радиоактивных отходов, совершенствовании инфраструктуры предприятий для дальнейшей реализации задач по восстановлению загрязненных территорий.

Эффективность этой деятельности подтверждается результатами РГМ, позволившими охарактеризовать изменение радиационной обстановки положительной динамикой уменьшением мощности дозы гамма-излучения на промплощадках объектов наследия [2].

Многолетние исследования позволяют охарактеризовать территории бывших береговых баз атомного флота следующими особенностями загрязнения окружающей среды. Наряду с основными дозообразующими техногенными радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr, в объектах окружающей среды (ООС) обнаруживаются следующие радионуклиды: ^{60}Co, ^{3}H, ^{152}Eu, ^{154}Eu, изотопы плутония (^{238}Pu,^{239}Pu,^{240}Pu,^{241}Pu), ^{241}Am. Особенности их распределения в окружающей среде промышленных площадок заключаются в наличии локальных участков загрязнения, образовавшихся в результате миграции радионуклидов в окружающую среду из хранилищ ОЯТ и РАО. Локализация линз радиоактивного загрязнения по вертикальному профилю грунтов характеризуется неравномерным (очаговым) характером распределения (рис. 1), причем загрязнение ^{137}Cs локализовано преимущественно в верхних слоях, тогда как распределение ^{90}Sr имеет более диффузный характер, что определяется физико-химическими особенностями поведения радионуклидов в окружающей среде [12].

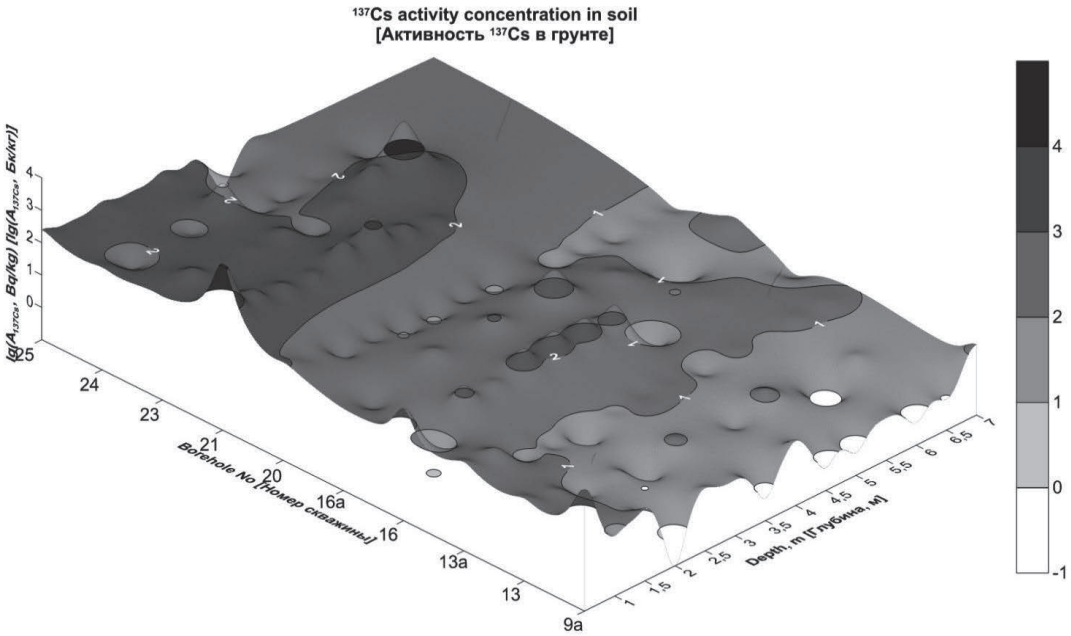

Рис. 1. Распределение ^{137}Cs по вертикальному профилю грунта на технической площадке ДВЦ «ДальРАО» (б. Сысоева). По материалам анализа кернов при бурении скважин
[Fig. 1. Vertical profile of distribution of 137Cs in the soil on the industrial site of the FEC DALRAO (Sysoeva bay) based on the results of the analysis of the core samples from bore drilling]

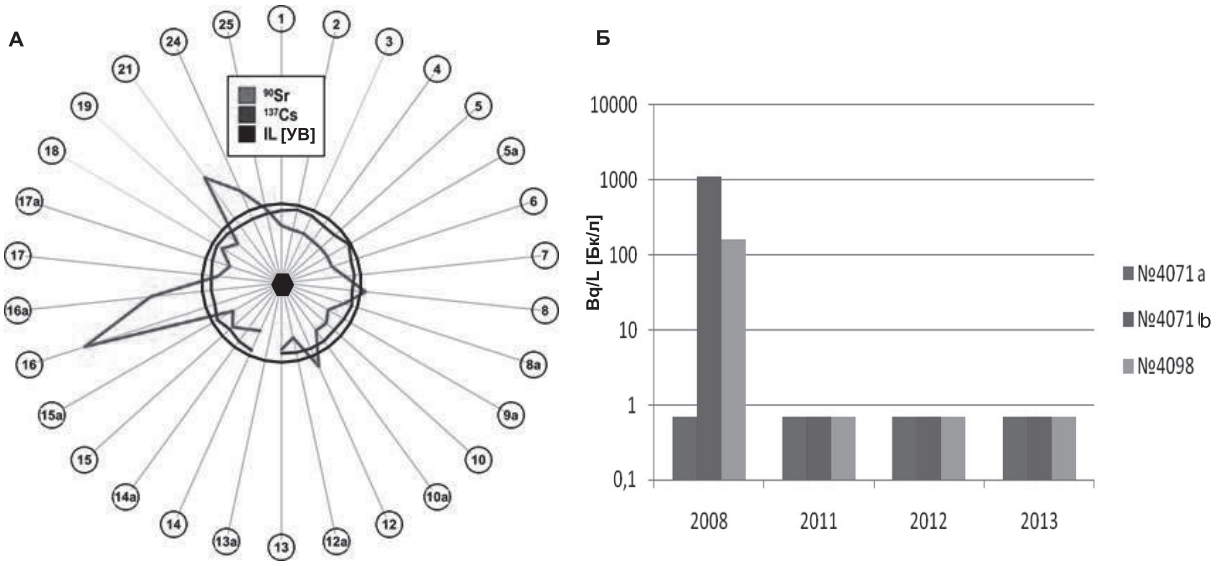

Рис. 2. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в скважинах наблюдательной сети: А – ДВЦ «ДальРАО». Внутренний шестигранник означает региональные фоновые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в подземной воде [9]; Б – СЗЦ «СевРАО». Динамика изменения содержания ^{90}Sr в воде скважин, расположенных в районе проведения реабилитационных работ
[**Fig. 2.** Concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the bores of the surveillance network FEC DALRAO. Internal hexagon corresponds to the regional background levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr concentration in the groundwater [9]
NWC "SevRAO". Dynamics of the changes in the concentration of ^{90}Sr in the water of the bores located in the remediation area]

Рис. 3. Картограммы загрязнения морской акватории ^{60}Co и ^{137}Cs (б. Чажма, ПДХ РО м. Устричный, ДВЦ «ДальРАО»)
[Fig. 3. Meter charts of the contamination of the offshore zone by ^{60}Co and ^{137}Cs (Chazhma bay, LTS RC RO cape Ustrishniy, FEC "DalRAO")]

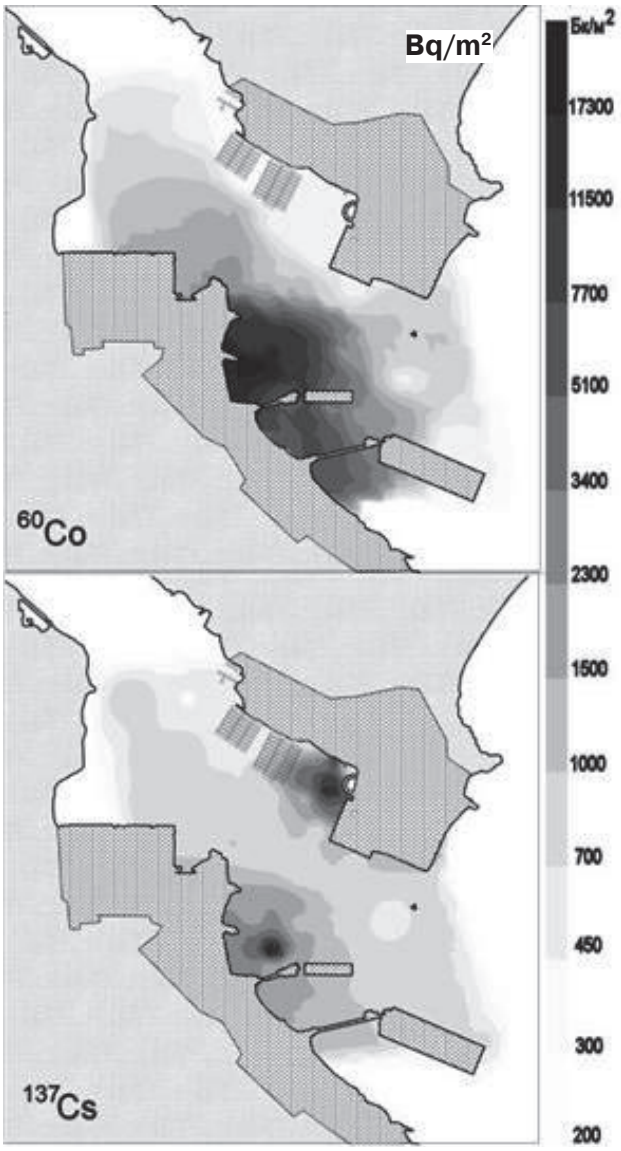

Рис. 3. Картограммы загрязнения морской акватории ^{60}Co и ^{137}Cs (б. Чажма, ПДХ РО м. Устричный, ДВЦ «ДальРАО»)
[Fig. 3. Meter charts of the contamination of the offshore zone by ^{60}Co and ^{137}Cs (Chazhma bay, LTS RC RO cape Ustrishniy, FEC "DalRAO")]

Техногенное загрязнение распространяется в грунтовые и подземные воды, а также на локальные участки прибрежной морской акватории (рис. 2 и 3).

Мониторинг скважин наблюдательной сети исследуемых объектов показывает, что основными техногенным радионуклидами в подземных водах являются ^{137}Cs и ^{90}Sr, уровни которых превышают фоновые региональные показатели более чем в 1000 раз [8,10]. Следует отметить, что доминирующим радионуклидом, уровни которого в подземных водах обнаруживаются выше нормативных показателей для питьевой воды, является ^{90}Sr. Характер загрязнения объектов морской среды ^{137}Cs и ^{90}Sr также определяется существенным превышением региональных фоновых уровней [8, 10, 12].

Анализ динамики радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды за более чем 10-летний период наблюдения на объектах ядерного наследия показывает, что его качественный и количественный характер не претерпел существенных изменений. Радиоэкологическое состояние территорий исследуемых объектов характеризуется большими объемами техногенных загрязненных грунтов, которые по уровню активности можно отнести преимущественно к категории промышленных, а в ряде случаев – очень низкоактивных радиоактивных отходов (рис. 4). Очевидно, что в процессе реабилитации территорий объектов наследия планируется обращение с большим объемом промышленных отходов. Качественное обеспечение радиационного мониторинга при обращении с этими отходами в хозяйственной деятельности является важным направлением обеспечения радиационной безопасности населения и окружающей среды.

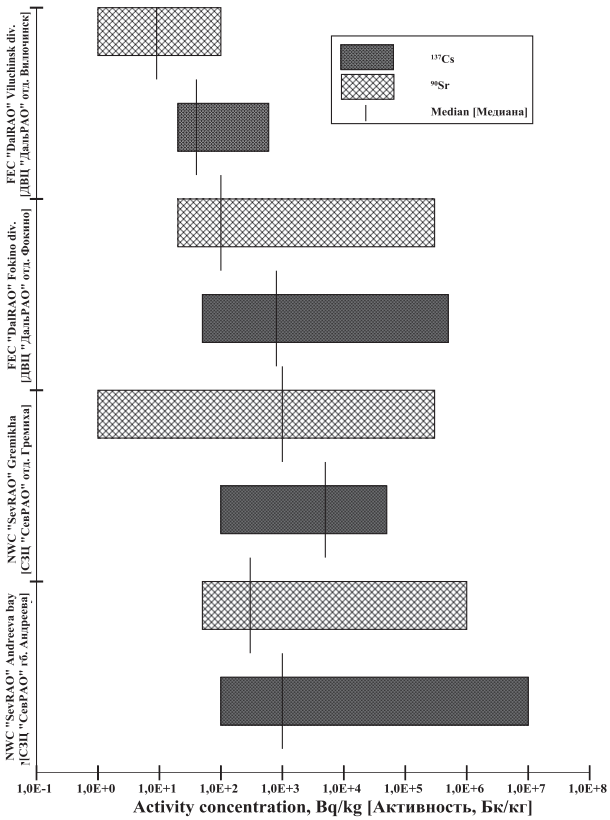

Рис. 4. Техногенное загрязнение грунтов на территории промышленных площадок объектов ядерного наследия
[Fig. 4. Technogenic contamination of the soil on the territory of the industrial sites of the nuclear legacy facilities]

Мониторинг радиационной обстановки в зонах наблюдения исследуемых объектов за период наблюдения 2005–2018 гг. не выявил негативных тенденций ее изменения. Состояние окружающей среды характеризуется фоновыми значениями мощности дозы, а также фоновыми показателями содержания техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в объектах окружающей среды (вода, почва, растительность) и местных пищевых продуктов, обусловленными глобальными выпадениями (табл. 1, рис. 5).

Таблица 1

Результаты радиохимических исследований проб пищевых продуктов и объектов окружающей среды в п. Старый Дунай (ДВЦ «ДальРАО» отд. Фокино) [9]

[Table 1

Results of the radiochemical analysis of the samples of the food products and environmental objects in in the Old Danube village (FEC "DalRAO", Fokino dev.) [9]]

Пищевой продукт [Food product]	Удельная активность, Бк/кг(л) (медиана) [Activity conc., Bk/kg (l) (median)]	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Молоко [Milk]	0,02–0,62 (0,24)	0,03–0,649 (0,24)
Картофель [Potatoes]	0,02–0,38 (0,11)	0,01–7,3 (0,63)
Овощи и бахчевые [Vegetables]	0,01–0,1 (0,06)	0,04–0,2 (0,12)
Мясо [Meat]	0,05–0,21 (0,16)	0,1–0,33 (0,14)
Грибы [Mushrooms]	0,16–14,6 (6,38)	0,1–1,2 (0,65)
Рыба [Fish]	0,07–0,97 (0,52)	0,1–0,22 (0,14)
Ягоды [Berries]	0,1–0,55 (0,33)	0,1–0,23 (0,17)
	Объект окружающей среды [Environmental samples]	
Почва (огород) [Soil (kitchen gardens)]	1,8–70,3(20,4)	0,7–10,5(2,9)
Растительность [Vegetation]	0,05–16 (3,36)	1,7–14,7 (4,8)
Вода (подземная) [Ground water]	0,005–0,03 (0,012)	0,002–0,143 (0,05)
Вода речная [River water]	0,009±0,004	0,01±0,005
Вода морская [Sea water]	0,006±0,003	0,009±0,005

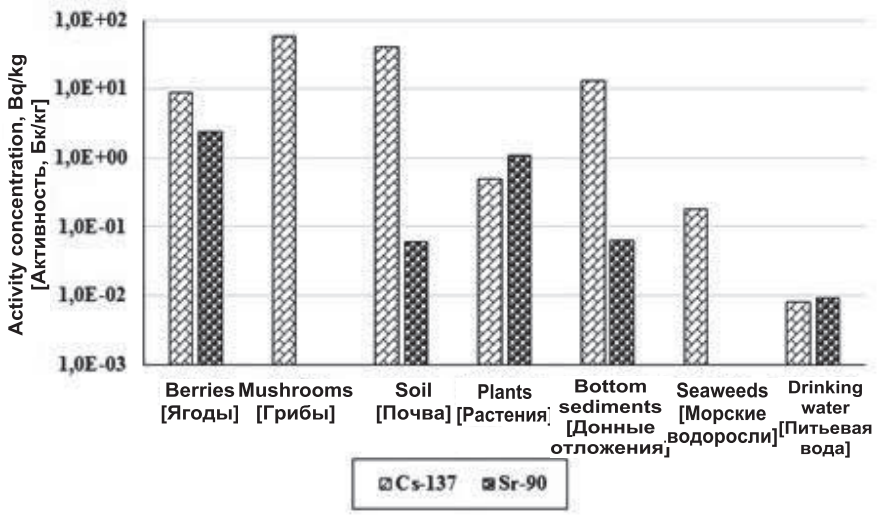

Рис. 5. Содержание техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды. Зона наблюдения СЗЦ «СевРАО» отд. Гремиха, 2018 г.
[Fig. 5. Concertation of the artificial radionuclides in the environmental samples. Surveillance zone of the NWC "SevRAO", Gremikha dep., 2018]

Оценка нерадиационного фактора загрязнения площадок ядерного наследия

Традиционно техногенное загрязнение объектов ядерного наследия рассматривается преимущественно в фокусе оценки радиационного фактора, с учетом специфики осуществляемой деятельности. Результаты проведенных нами исследований показывают, что особенности загрязнения площадок наследия характеризуются наличием в окружающей среде поллютантов как радиационной, так нерадиационной природы. К факторам нерадиационной природы относится целый спектр неорганических и органических загрязнителей (табл. 2).

Таблица 2

Спектр загрязнителей нерадиационной природы на объектах ядерного наследия

[Table 2

Non radioactive pollutants at the nuclear legacy sites]

Неорганические соединения [Inorganic compounds]
Оксиды тяжелых металлов (железа, марганца, меди, алюминия, свинца, хрома, никеля) [Heavy metal oxides (ferrum, mangan, copper, aluminum, lead, chromium, nickel)]
Оксиды азота (II, IV), углерода (IV), серы (IV). Кислоты – азотная, серная, сернистая [The nitrogen (II, IV), carbon (IV), sulphur (IV) oxides]
Фтороводород, гексафторалюминат натрия [Fluorine hydrate, Sodium hexafluorinealuminate]
Органические соединения [Organic compounds]
Алифатические углеводороды (керосин, бензин, углеводороды предельные С12 – С19) [Aliphatic hydrocarbons (kerosene, gasoline, hydrocarbons C12-C14)]
Органические спирты, альдегиды, кислоты, эфиры (этиловый спирт, щавелевая кислота, формальдегид, ацетон, этилгликольацетат, бутигликольацетат бутилацетат, эпихлоргидрин) [Organic alcohols, aldehydes, acids, ethers (ethyl alcohol, oxalic acid, formic aldehyde, ethylglycolacetate, buthylglycoacetate, butilacetate, epycloratehydrin)]
Полиароматические соединения (бензпирен, бензол, толуол, ксилол, смесь жидких алифатических и ароматических углеводородов) [Polyaromathic hydrocarbons (benzpyrene, benzol, toluol, xylol, mixtures of liquid aliphatic and aromatic hydrocarbons)]
Амины (диэтилтриамин) [Amines (diethyltriamin)]

Спектр загрязнителей нерадиоактивной природы существенно более разнообразен, по сравнению с радионуклидным составом загрязнения исследуемых объектов. Основными источниками химического загрязнения окружающей среды (ОС) являются выбросы на площадках газорезательных, сварочных, покрасочных и дезактивационных работ, сопровождающих современный этап утилизации объектов ядерного наследия, а также котельные, работающие на мазутном топливе.

Кроме того, отмечено существенное загрязнение грунтов, поверхностных, грунтовых и подземных вод широким спектром тяжелых металлов (никель, ванадий, свинец, мышьяк, бериллий, таллий, кадмий, медь, хром, марганец и др.), сформировавшееся в процессе прошлой производственной деятельности этих предприятий. Уровни загрязнения ООС можно охарактеризовать превышением максимально допустимых концентраций химических веществ (ПДК) от 10 до 1100 раз [12, 13] (рис. 6).

Многофакторный характер загрязнения объектов ядерного наследия предполагает необходимость совершенствования подходов к оценке воздействия на человека и окружающую среду в процессе реализации восстановительных мероприятий. В международной практике регулирования практикуется традиционный подход, сфокусированный на контроле преимущественно радиационного фактора на данных объектах, который является недостаточным для адекватной оценки состояния природной среды и состояния здоровья населения и персонала, проводящего работы по его утилизации. Так, в руководстве по безопасности МАГАТЭ WS-G-5.1 [14] не рассматриваются нерадиационные риски за счет влияния химических и/или биологических факторов на персонал, население и окружающую среду, несмотря на то, что влияние данных факторов может представлять соответствующую опасность. Вместе с тем, при выводе объектов из эксплуатации и, в частности, при реабилитации площадок для случаев возможного проживания населения и ведения хозяйственной деятельности оценка нерадиационных факторов также должна учитываться, наряду с радиационными факторами.

С точки зрения соблюдения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в условиях многофакторного воздействия, следует отметить, что независимое регламентирование загрязняющих веществ радиационной и химической природы в объектах окружающей среды может привести к тому, что суммарное воздействие превысит допустимую величину риска для здоровья человека и окружающей среды. В связи с этим необходимым является развитие комплексных подходов к оценке состояния природной среды и совершенствование моделей оценок рисков радиационной и химической природы с учетом особенностей загрязнения реабилитируемого объекта.

С применением концепции комплексной оценки рисков была оценена значимость вклада загрязнителей радиационной и нерадиационной природы для населения, проживающего в районе расположения предприятий СЗЦ «СевРАО» и ДВЦ «ДальРАО» [15]. Показано, что суммарный индивидуальный канцерогенный риск воздействия радиационного фактора с учетом всех путей облучения населения составляет 1,08E-06 и находится на уровне пренебрежимого, тогда как суммарные канцерогенные риски от воздействия тяжелых металлов, присутствующих в питьевой воде, характеризуются значениями, превышающими приемлемый риск в диапазоне от 1,0E-4 до 5,0E-4.

Радиационно–гигиенический мониторинг на объектах уранового наследия

В СССР основные предприятия по добыче и переработке урановых руд были сосредоточены в Российской Федерации, на Украине и в республиках Центральной Азии.

В настоящее время многие территории и объекты в

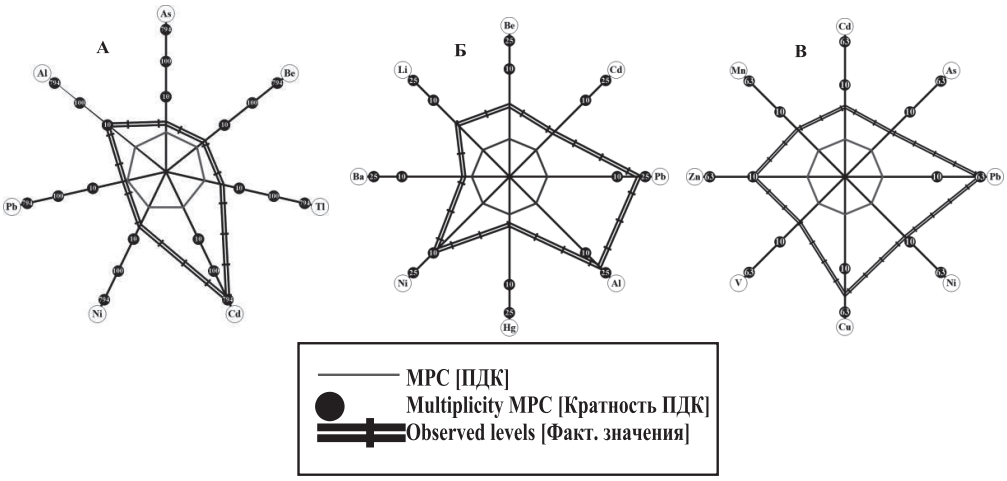

Рис. 6. Загрязнение подземных вод тяжелыми металлами ДВЦ «ДальРАО» (отд. Фокино) 2017(А) и СЗЦ «СевРАО» г. Андреева 2013 (Б); загрязнение грунтов тяжелыми металлами на промплощадке СЗЦ «СевРАО» отд. Гремиха (В)
[Fig. 6. Contamination of the ground water by the heavy metals (a) FEC "DalRAO" (Fokino dev.), 2017 and (b) NWC "SevRAO", Andreeva bay, 2013, (C) contamination of by the heavy metals on the industrial site of the NWC "SevRAO", Gremikha dev.]

местах урановых разработок приобрели статус «площадок уранового наследия».

В Российской Федерации в рекультивационных работах нуждаются действующие объекты (ПАО «ППГХО», Забайкальский край, Малышевское рудоуправление, Свердловская область, Чепецкий механический завод, г. Глазов, машиностроительный завод (ОАО «МСЗ»), г. Электросталь), отработанные месторождения (ЛПО «Алмаз», Новотроицкое рудоуправление г. Балей, Читинская область, степное рудоуправление в Калмыкии) и места ведения опытно-промышленных работ геологоразведочными партиями (Алданское месторождение, Якутия, Стрельцовское месторождение, Забайкальский край) [16].

В 2010–настоящее время ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА в рамках Федеральной целевой программы «Ядерная и радиационная безопасность» проводит мониторинг радиационной обстановки в районах расположения действующего предприятия ПАО ППГХО и выведенного из эксплуатации ЛПО «Алмаз».

Целью исследований являлась оценка основных путей радиационного воздействия предприятий по добыче и переработке урановых руд на персонал, работающий в санитарно-защитной зоне, и на население, проживающее в районах их расположения.

Приаргунское производственное горно-химическое объединение (ППГХО) является многоотраслевым горнодобывающим предприятием в России, осуществляющим подземную добычу урановых руд и их переработку гидрометаллургическим способом. За более чем 50-летний период деятельности предприятия накопилось большое количество отходов (отвалы горных пород, хвосто- и огаркохранилища), которые можно отнести к объектам уранового наследия. Несмотря на то, что эти объекты наследия находятся под контролем действующих лицензий, они являются источниками реальных и/или потенциальных рисков для здоровья и безопасности населения и окружающей среды [17].

Другим примером уже отработанных месторождений и классическим примером объекта уранового наследия является бывшее предприятие «Алмаз» (г. Лермонтов, Ставропольский край). ЛПО «Алмаз» осуществляло разработку урановых месторождений с 1949 г. Работы по ликвидации рудника и закрытию штолен и стволов выполнялись до 1994 г. по техническим решениям предприятия в соответствии с действовавшими на тот период нормативами [18]. Однако эрозия и обвалы грунта в 1990 и 1993 гг. изменили состояние отвалов отработанных горных пород, выявив технологические недостатки реализованных проектов по рекультивации загрязненных территорий. Выход из строя установки по очистке шахтных вод создал угрозу радиоактивного загрязнения близлежащих территорий. В настоящее время ситуация коренным образом не изменилась, и радиоактивные отходы уранового производства являются источником реальных рисков для населения и окружающей среды.

Результаты многолетних радиационно-гигиенических исследований на объектах уранового наследия, опубликованные нами в научной печати [19–28], свидетельствуют о том, что на всех этапах функционирования урановодобывающих и перерабатывающих производств основным фактором радиационного воздействия на персонал и население, проживающее в районах их расположения, является радиоактивных газ радон. Объемная активность радона в наземных рабочих помещениях варьируется в пределах от 20 до 11 000 Бк/м^3 [17] (табл. 3).

Наиболее неблагоприятная радиационная обстановка

сложилась в поселке Октябрьский (Читинская область), который, вопреки законодательству, находился на территории СЗЗ действующего предприятия ПАО ППГХО [24]. Концентрация радона в жилых помещениях превышала допустимые уровни, обусловливая высокие дозы облучения населения (табл. 4) [27].

Содержание природных радионуклидов в пищевых продуктах, выращенных на загрязненных территориях, характеризуется существенным накоплением ^{226}Ra в молоке и корнеплодах (рис. 7).

Результаты проведенных совместно со специалистами ФГБУЗ ЦГиЭ № 107 ФМБА России исследований по-

Таблица 3

Содержание радона в воздухе наземных помещений СЗЗ ПАО ППГХО, 2011 г.

[Table 3

Concentration of the radon in the air of the ground premises of the HPZ PIMCU, PJSC, 2011]

Параметр распределения [Parameter]	Объемная активность, Бк/м^3 [Volume activity, Bk/m^3]		
	Зима [Winter]	Весна [Spring]	Лето [Summer]
Среднее [Mean]	720	1430	1110
Минимум [Minimum]	105	22	106
Максимум [Maximum]	5020	10 830	8450

Таблица 4

Среднегодовые дозы жителей п. Октябрьский Читинской области от радона (2006–2007 гг.)

[Table 4

Average annual effective dose to the public due to radon in Oktyabrskiy settlement, Chita region (2006-2007)]

Группа населения [Public group]	Поселок Октябрьский [Oktyabrskiy settlement]		Фоновый район (поселок Соктуй) [Background region (Soktuy settlement)]
	Среднегодовая доза, мЗв [Average annual effective dose, mSv]	Диапазон, мЗв/год [Dose range, mSv/year]	Среднегодовая доза, мЗв [Average annual effective dose, mSv]
Пенсионеры и работающие в зданиях [Pensioners and workers in the buildings]	14.0	1.3 – 85.0	7.6
Население, работающее за пределами поселка [Members of the public, working outside of the village]	8.4	0.82 – 52.0	4.7
Дети [Children]	9.2	0.85 – 57.0	5.1

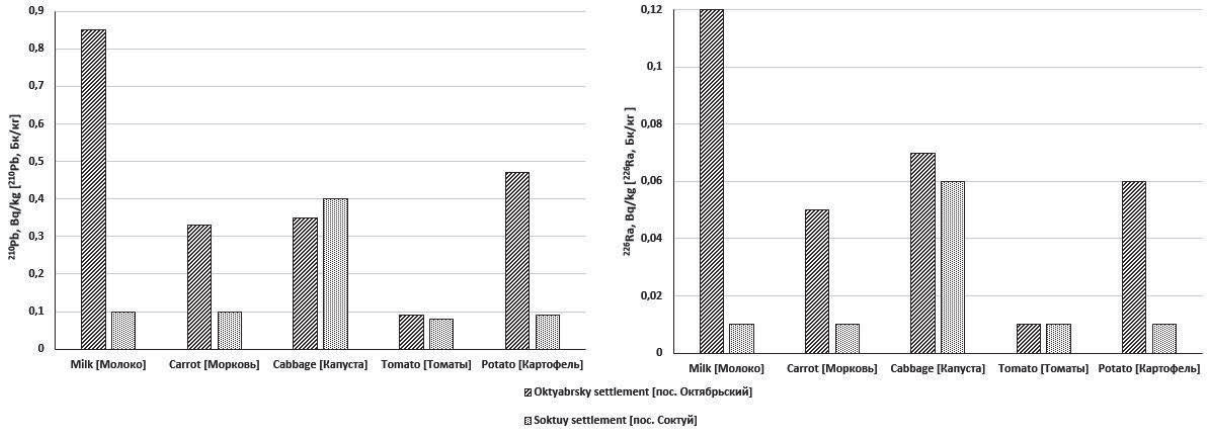

Рис. 7. Удельная активность ^{226}Ra и ^{210}Pb в местных пищевых продуктах п. Октябрьский. Данные приведены в сравнении с фоновым районом п. Соктуй

[Fig. 7. Activity concentration of 226Ra and 210Pb in the local food products of the settlement Oktyabrskiy. Data is presented in comparison with the background region, Soktuy settlement]

зволили ускорить принятие оператором решения о ликвидации поселка и отселении местного населения (около 1600 чел.) в ближайший г. Краснокаменск, состоявшееся в 2009 г.

Загрязнение поверхностных и подземных вод на объектах уранового наследия

Объекты уранодобывающей и прерабатывающей промышленности являются источниками загрязнения поверхностных и подземных вод. Радиационно-гигиенические исследования показали, что в период ливневых дождей на территориях расположения бывшего предприятия ЛПО «Алмаз» происходит вымывание радионуклидов с поверхности отвалов и распространение радиоактивного загрязнения за их пределы. Загрязненные воды распространяются в пруды и другие поверхностные водоемы, которые используются населением в хозяйственных целях (табл. 5) [19].

Источниками техногенного радиоактивного и химического загрязнения поверхностных и подземных вод в районе действующего предприятия ПАО ППГХО являются огарко- и хвостохранилища с нарушенными инженерными барьерами, золоотвалы теплоэлектростанции, промышленные водоемы, временные водотоки, образованные аварийными сбросами рудничных вод [22]. Активность естественных радионуклидов в воде Умыкейских озер, куда до 2009 г. осуществлялся сброс бытовых и промышленных сточных вод и которые используются населением в качестве неорганизованных зон отдыха и рыбалки, превышает уровни вмешательства, установленные для питьевой воды [17, 28]. После прекращения сбросов ситуация, связанная с загрязнением водоемов, стабилизировалась, однако требует разработки специальной программы долговременного мониторинга для оценки ее соответствия санитарно-гигиеническим нормам.

Особую обеспокоенность вызывает потенциальная возможность загрязнения основного хозяйственно-питьевого водозабора г. Краснокаменска, источником которого являются подземные воды долины Урулюнгуй на расстоянии около 40 км от города. Показано, что разработка месторождений, сброс рудничных вод, утечки из хвостохранилищ и повышенная кислотность грунтов огаркохранилища изменили общий гидрохимический баланс территории и способствовали возникновению новых (наложенных) ореолов рассеяния элементов группы урана. Увеличение расхода подземного потока за счет инфильтрации техногенных вод, смешения природных вод с фильтрационными потоками от промышленных водоемов и промышленных площадок, содержащих повышенные относительно естественного фона количества сульфат-, гидрокарбонат и карбонат-ионов, привело к развитию и продвижению ореола уранового загрязнения на участок водозабора [28]. Результаты многолетнего РГМ показывают, что в питьевой воде периодически фиксируется превышение действующих в России уровней вмешательства по суммарной альфа-активности (от 6 до 10 раз). Уровень вмешательства по ^{222}Rn практически постоянно превышается от 2 до 4 раз [28]. В питьевой воде отмечается также превышение нормативов по содержанию химических соединений фтора и марганца. В настоящее время рассматриваются возможные пути улучшения ситуации и осуществляется организация контрольных наблюдательных пунктов за состоянием поверхностных и подземных вод.

Объекты уранового наследия в республиках бывшего СССР

Опыт проведения РГМ, полученный на объектах уранового наследия в России, был применен на территориях расположения бывших урановых производств в странах Центральной Азии. Работа проводилась совместно со специалистами этих стран в рамках межгосударственной целевой программы ЕврАзЭС «Рекультивация территорий государств-членов ЕврАзЭС, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств».

Таблица 5

Объемная активность радионуклидов в воде поверхностных водоемов (г. Лермонтов, Ставропольский край)

[Table 5

Radionuclide activity concentration in the water of the surface basins]

Расположение водоема [Basin location]	Объемная активность радионуклидов, Бк/л [Activity conc. Bq/L]					$\Sigma(A_i/IL_i)$
	^{238}U	^{226}Ra	^{235}U	^{210}Po	^{210}Pb	
Верхнее озеро у штольни 11 (рудник № 2) [Upper lake near gallery 11 (mine № 2)]	5,1	0,096	0,067	0,002	0,14	2,7
Нижнее озеро у штольни 11 (рудник № 2) (г. Бык) [Lower lake near gallery 11 (mine №2) Byk city]	8,1	0,11	0,81	0,01	0,05	3,5
Пруд у штольни 9 (рудник № 2) [Pond near gallery 11 (mine №2)]	45	0,58	0,70	0,041	0,014	17
Верхнее озеро у штольни 32 (рудник № 1) [Upper lake near gallery 32 (mine №1)]	11	2,5	0,18	0,002	0,006	11
Штольня 16, левый пруд (рудник №1) [Gallery 16, left pond (mine №1)]	8,0	7,6	0,22	0,030	0,014	19
УВ, Бк/кг [Interventional level, Bq/kg]	3,0	0,49	2,9	0,11	0,2	

Исследования проводились в районах расположения объектов уранового наследия в Киргизии (поселки Каджи-Сай и Мин-Куш) и Таджикистане (г. Истиклол). Такие же исследования была выполнены и в контрольных районах, не подверженных воздействию уранодобывающей промышленности. Анализ структуры формирования доз облучения населения исследуемых районов, в целом, отражает закономерности, наблюдаемые на территориях расположения объектов уранового наследия в России. Основной вклад в дозу облучения населения вносит внешнее облучение и радиоактивный газ радон (рис. 8).

В рамках данной работы, помимо отработки элементов РГМ, был выполнен анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями населения. Результаты работы опубликованы в брошюре [29].

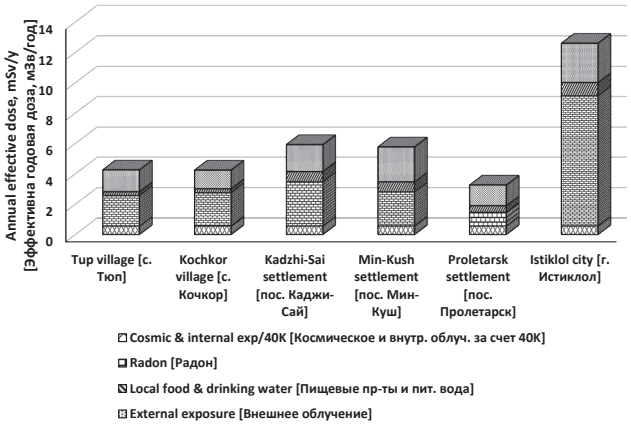

Рис. 8. Вклад различных источников излучения в индивидуальную эффективную годовую дозу облучения населения в исследуемых населенных пунктах Кыргызской Республики и Республики Таджикистан
[Fig. 8. Contribution of different sources into the individual annual effective dose to the public in the surveyed residential places in Kyrgyz Republic and Republic of Tajikistan]

Практический выход проведенных исследований

Результаты РГМ послужили основой для анализа и совершенствования методической базы регулирования защиты населения и окружающей среды в процессе выполнения реабилитационных работ на площадках наследия.

В частности, разработаны и утверждены руководства «Критерии и нормативы реабилитации», которые устанавливают численные значения ограничения облучения персонала и населения, а также загрязнения окружающей среды после проведения реабилитационных мероприятий на основных площадках ядерного и уранового наследия в России [30–33]. В методических указаниях [34–38] на основе анализа «наилучших практик» представлены вопросы организации радиационного контроля на различных этапах работ, выполняемых на площадках наследия. В методических рекомендациях [39, 40] изложены вопросы организации и приборного обеспечения работ по РГМ, а также методики определения радионуклидов в различных пробах.

При разработке этих документов были использованы положения новой системы радиационной защиты, постулированной в публикации МКРЗ 103 и требованиях МАГАТЭ 2014 г. [12, 13].

Заключение

Плановая деятельность по обращению с ОЯТ и РАО, реализуемая в рамках национальной программы по реабилитации ядерного наследия, осуществляется оператором в строгом соответствии с нормами радиационной безопасности. Результаты РГМ показывают, что в ходе проведения запланированных реабилитационных работ на площадках ядерного наследия отсутствует негативное влияние на население и окружающую среду, связанное с проводимой деятельностью.

Вместе с тем, существует проблема восстановления территорий объектов наследия, загрязненных в результате прошлой деятельности. Это связано с существенными объемами промышленных отходов и очень низкоактивных радиоактивных отходов, сформировавшихся в окружающей среде в результате миграционных процессов из хранилищ ОЯТ и РАО, отвалов горных пород, хвостохранилищ и т.д. Результаты РГМ показывают, что при организации деятельности по обращению с ними необходимо принимать во внимание комплексный характер их загрязнения поллютантами радиационной и нерадиационной природы. В связи с этим приоритетным направлением является развитие методологии комплексного радиационно-химического мониторинга и совершенствование моделей оценок рисков радиационной и химической природы с учетом особенностей загрязнения реабилитируемого объекта.

Учитывая тот факт, что территории площадок уранового наследия находятся на территориях с повышенным уровнем природной радиоактивности, решение оператором вопросов обеспечения радиационной безопасности населения при их реабилитации должно быть скоординировано с реализацией комплекса мер, направленных на снижение облучения населения природными источниками облучения, обозначенных в Основах государственной политики обеспечения ядерной и радиационной безопасности, утверждённых президентом РФ в 2018 г.

Литература

1. Уйба, В.В. Радиационно-гигиенический мониторинг: опыт и пути совершенствования радиационной безопасности населения, опубликованная в сборнике статей, посвященных 70-летию Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» (1946–2016 гг.) / В.В. Уйба, А.С. Самойлов, Н.К. Шандала, С.М. Киселев, Н.Я. Новикова, А.В. Титов, И.П. Коренков, А.А. Филонова, В.А. Серегин, Д.В. Исаев, С.В. Ахромеев, М.П. Семенова, Т.Н. Лащенова, А.М. Лягинская, Т.И. Гимадова, В.В. Романов; Под общ. ред. Л.А. Ильина, В.В. Уйба, А.С. Самойлова. – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2016. – 292 с.
2. Sneve M.K., Shandala N., Kiselev S. [et al.] Radiation safety during remediation of the SevRAO facilities: 10 years of regulatory experience. Journal of Radiological Protection, 2015, Vol. 35, № 3, pp. 571-596.
3. Шандала, Н.К. Регулирующий надзор и оценка радиационной обстановки в районах размещения бывших военных технических баз / Н.К. Шандала, С.М Киселев, В.А. Серегин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – № 3.- С. 15-19.

4. Шандала, Н.К. Обеспечение радиационной безопасности при реабилитации объектов СЗЦ «СевРАО» / Н.К. Шандала, С.М. Киселев, А.В. Титов [и др.] // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 5. – С. 10-16.
5. Шандала, Н.К. Радиационно-гигиенический мониторинг в районе размещения пункта временного хранения отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов в губе Андреева / Н.К. Шандала, А.А. Филонова, Е.С. Щелканова [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2014. – Т. 59, № 2. – С. 5-12.
6. Shandala N.K., Kochetkov O.A., Savkin M.N. [et al.] Regulatory supervision of sites for spent fuel and radioactive waste storage in the Russian northwest. Journal of Radiological Protection, 2008, Vol. 28, № 4, pp. 453-465.
7. Shandala N.K. et al. Radiological criteria for remediation of sites for spent fuel and radioactive waste in the Russian Northwest. Journal of Radiological Protection, 2008, Vol. 28, № 4, pp. 479-489.
8. Киселев, С.М. Радиационно-гигиенический мониторинг в районе расположения Дальневосточного центра по обращению с радиоактивными отходами (ДВЦ «ДальРАО» – филиал ФГУП «РосРАО») / С.М. Киселев, Н.К. Шандала, С.В. Ахромеев [и др.] // Гигиена и санитария. – 2015. – № 5. – С. 49.
9. Ахромеев, С.В. Исследование радиационной обстановки на объектах ядерного наследия в Дальневосточном регионе России / Ахромеев С.В., Киселев С.М., Титов А.В. [и др.] // АНРИ. – 2016. – № 1 (84). – С. 65-71.
10. Shandala N.K., Kiselev S.M., Titov A.V. [et al.] Independent regulatory examination of radiation situation in the areas of spent nuclear fuel and radioactive wastes storage in the Russian Far East. Radiation Protection Dosimetry, 2011, Vol. 146, № 1-3, pp. 129-132.
11. Sneve M.K., Kiselev M.F., Shandala N.K. Radio-ecological characterization and radiological assessment in support of regulatory supervision of legacy sites in northwest Russia. Journal of Environmental Radioactivity, 2014, Vol. 131, pp. 110-118.
12. Киселёв, С.М. Оценка состояния природной среды в районах расположения объектов ядерного наследия в Дальневосточном регионе России / С.М. Киселёв, С.В. Ахромеев, С.А. Гераськин, А.А. Удалова, В.Г Старинский, В.В. Шлыгин, Т.И. Гимадова, Н.К. Шандала // Вопросы радиационной безопасности. – 2017. – № 4. – С. 27-42.
13. Удалова, А.А. Оценка цито и генотоксичности подземных вод, отобранных на промплощадке дальневосточного центра по обращению с радиоактивными отходами / А.А. Удалова, С.В. Пяткова, С.А. Гераськин, С.М. Киселёв, С.В. Ахромеев // Радиационная биология и радиоэкология. – 2016. – Т. 56, № 2. – С. 208–219.
14. International Atomic Energy Agency, Release of Sites from Regulatory Control on Termination of Practices. IAEA Safety Standards Series No. WS-G-5.1, IAEA, Vienna (2006).
15. Научно методическое обеспечение работ по реабилитации радиационно-опасных объектов в Дальневосточном и Северо-Западном регионах России» (шифр «Территория-17»). Отчет. Этап 2. ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. – М., 2017.
16. Решение Экономического совета СНГ о докладе «Реабилитация территорий государств-участников Содружества Независимых Государств, подвергшихся деятельности урановых производств» (Вместе с Рабочей группой по подготовке Доклада) (Принято в г. Москве 27.12.2006)
17. Шандала, Н.К. Радиоэкологическая обстановка в районе расположения Приаргунского производственного горно-химического объединения / Н.К. Шандала, М.П. Семенова, Д.В. Исаев [и др.] // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 4. – С. 14-18.
18. СП ЛКП-91. Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд. МЗ СССР, 1991 г.
19. Шандала, Н.К. Оценка влияния последствий ливневых дождей на радиационную обстановку в районе расположения штольни № 16 бывшего предприятия ЛПО «Алмаз» / Н.К. Шандала, А.В. Титов, Д.В. Исаев, М.П. Семенова, В.А. Серегин, Т.В. Остапчук, В.В. Шлыгин, В.Г. Старинский, Р.А. Старинская // Медицина экстремальных ситуаций. – 2017. – № 2 (60), С. 202-207.
20. Шандала, Н.К. Радиационно-гигиенический мониторинг на объектах ядерного и уранового наследия / Н.К. Шандала, С.М. Киселёв, А.В. Титов, И.П. Коренков // Гигиена и Санитария. – 2017. – Т. 96, № 9. – С. 813-817.
21. Титов, А.В. Радиационная обстановка на объекте бывшего предприятия ЛПО «Алмаз» / А.В. Титов, Н.К. Шандала, А.М. Маренный, Т.В. Остапчук, Н.А. Нефедов, Д.В. Исаев, М.П. Семенова, В.И. Астафуров, В.Г. Старинский, В.В. Шлыгин // Гигиена и Санитария. – 2017. – Т. 96, № 9. -С. 822-826.
22. Шандала, Н.К. Радиационно-гигиенический мониторинг в районе расположения урановых шахт в Забайкалье / Н.К. Шандала, А.В. Титов, Е.А. Хохлова Д.В. Исаев, С.Б. Золотухина, Л.А. Журавлева, В.В. Шлыгин // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2014. – Т. 59, № 4. – С. 5-8.
23. Маренный, А.М. Обследование города Краснокаменск на содержание радона в помещениях / А.М. Маренный, С.М. Киселев, А.В. Титов [и др.] // Радиационная гигиена. – 2013. – Т. 6 № 3. – С. 47-52.
24. Уйба, В.В. Проблемы безопасности населения на территориях с природными и техногенными факторами радиации на примере района влияния Приаргунского горно-химического комбината / В.В. Уйба, М.Ф. Киселев, В.В. Романов [и др.] // Биосфера. – 2009. – Т. 1, № 1. – С. 101-105.
25. Шандала, Н.К. Радиационная обстановка в городе Краснокаменск / Шандала Н.К., Исаев Д.В., Гимадова Т.И. [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2015. – Т. 60, № 6. – С. 10-14.
26. Шандала, Н.К. Радиационная обстановка на рабочих местах персонала наземных объектов приаргунского производственного горно-химического объединения / Н.К. Шандала, А.М. Маренный, Д.В. Исаев, А.В. Титов, С.М. Киселев, М.П. Семенова, Н.А. Нефедов, В.И. Астафуров, Л.А. Журавлёва, М.А. Маренный, Е.А. Хохлова, В.В. Уйба // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2017. – Т. 62, № 5. – С. 21-27.
27. Ujba V.V., Kiselev M.F., Romanov V.V., Shandala N.K., Khohlova E.A. Life on the fault: investigation results. Environmental safety, 2007, No 2, pp. 68-71.
28. Titov A.V., Semenova M.P., Seregin V.A., Isaev D.V., Metlyaev E.G., Glagolev A.V., Klimova T.I., Sevtinova E.B., Zolotukhina S.B., Zhuravleva L.A. Radio-Ecological Conditions of Groundwater in the Area of Uranium Mining and Milling Facility – 13525. United States: N. p., 2013. Web.
29. Мониторинг здоровья населения и состояния окружающей среды в районах бывших урановых производств в Центральной Азии. // ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. – М., 34 с.
30. Р 2.6.1.012-14 Критерии и нормативы реабилитации территорий и объектов ФГУП «Дальневосточный центр по обращению с радиоактивными отходами» – филиала федерального государственного унитарного предприятия по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО».
31. Р 2.6.1.25-07 Критерии и нормативы реабилитации территорий и объектов, загрязненных техногенными радионуклидами, ФГУП «Северное федеральное предприятие по обращению с радиоактивными отходами» Федерального агентства по атомной энергии.
32. Р 2.6.5.048 – 2017. Критерии реабилитации территорий и объектов предприятий по добыче и переработке урановых руд: Руководство. – М., Федеральное медико-биологическое агентство, 2017 г.

33. Р 2.6.5.026-15 Обеспечение радиационной безопасности персонала и населения при проведении работ по реабилитации загрязненных радионуклидами участков территории.
34. МУ 2.6.5.053 – 2018. Проведение радиационного контроля при рекультивации территорий, загрязненных в результате деятельности предприятий по добыче и переработке урановых руд – М., Федеральное медико-биологическое агентство, 2018 г.
35. МУ 2.6.5.068-2018. Обеспечение радиационной безопасности персонала, населения и окружающей среды при рекультивации территорий, загрязненных в результате деятельности предприятий по добыче и переработке урановых руд – М., Федеральное медико-биологическое агентство, 2018 г.
36. МУ 2.6.6.049-2015 Организация радиационного контроля при производстве работ по извлечению, подготовке для транспортирования и вывозу радиоактивных отходов из хранилищ отделения «Вилючинск» ДВЦ «ДальРАО» – филиала ФГУП «РосРАО».
37. МУ 2.6.1.030-13 Организация радиационного контроля объектов окружающей среды в районе деятельности Дальневосточного центра по обращению с радиоактивными отходами – филиала ФГУП «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РОСРАО» (ДВЦ «ДальРАО» – филиал ФГУП РосРАО»).
38. МУ 2.6.1.37- 2007 «Организация радиационного контроля объектов окружающей среды в районе деятельности ФГУП «СевРАО».
39. МР 03.25-15 Приборное обеспечение работ по радиационно- гигиеническому мониторингу в районе расположения предприятия по обращения с радиоактивными отходами.
40. МР №35-14 «Организация и проведение мероприятий по снижению содержания изотопов радона в помещениях жилых и общественных зданий и сооружений».
41. Публикация 103 Международной Комиссии по Радиационной Защите / пер. с англ., под ред. М.Ф. Киселева и Н.К. Шандалы. – М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. – 312 с.
42. IAEA Library Cataloguing in Publication Data Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2014, № GSR Part 3, 518 p.

Поступила: 03.06.2019 г.

Шандала Наталия Константиновна – доктор биологических наук, заместитель генерального директора по науке и биофизическим технологиям, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия

Киселев Сергей Михайлович – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией регулирующего надзора за объектами ядерного наследия, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России. **Адрес для переписки:** 123098, Москва, ул. Живописная, 46; E-mail: sergbio@gmail.com

Титов Алексей Викторович – старший научный сотрудник, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия

Для цитирования: Шандала Н.К., Киселев С.М., Титов А.В. Научно-практический опыт надзорной деятельности в области обеспечения защиты населения и окружающей среды на объектах ядерного наследия России // Радиационная гигиена. – 2019. – Т. 12, № 2 (Спецвыпуск). – С. 83-96. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-10-2s-83-96.

Scientific and practical experience of supervisory activities in the field of the public and environmental protection at the Russian nuclear legacy sites

Nataliya K. Shandala, Sergey M. Kiselev, Aleksey V. Titov

State Research Center Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Today, Russia is implementing a national program for the remediation of legacy sites, resulting from the activities of the nuclear industry, the use of nuclear energy for military purposes, and due to radiation accidents and emergencies. Main priority is given to the health care provision issues of the workers and the population living in the vicinity of the targeted facilities. These tasks are under the regulatory responsibility of

Sergey M. Kiselev
State Research Center Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency
Address for correspondence: Zhivopisnaya str, 46, Moscow, 123098, Russia; E-mail: sergbio@gmail.com

the FMBA of Russia. Since the beginning of the development of the nuclear industry in the country, the Institute of Biophysics, technical supporting organization of the FMBA of Russia (now the State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Federal Medical Biological Agency (SRC-FMBC)), has been a leading institute in the scientific and methodological support of public radiation safety in the vicinity of radiation hazardous facilities serviced by the FMBA of Russia. In this regard, radiation-hygienic monitoring has always served as the main regulatory tool for more than 60 years. The paper describes the results of long-term monitoring (2005-2018) at the former coastal technical bases of the Russian Navy (now – sites for temporary storage of SNF and RW in the Russian Northwest and Far East (nuclear legacy sites); sites of the uranium mining and milling facilities: Priargun Mountain Chemical Association and former Production Association "Almaz" (Lermontov, Stavropol Krai); and at uranium legacy sites of the Central Asia (Republic of Tajikistan and Kyrgyz Republic). The peculiarities of radiation situation at the sites are discussed, current challenges identified, and further regulatory improvements presented based on the gained experience.

Key words: *nuclear legacy, uranium legacy, monitoring, public exposure, environment, non-radioactive contamination, risk assessment, regulatory documents.*

References

1. Uyba V.V., Samoylov A.S., Shandala N.K., Kiselev S.M., Novikova N.Ya., Titov A.V., Korenkov I.P., Filonova A.A., Seregin V.A., Isaev D.V., Akhromeev S.V., Semenova M.P., Lashchenova T.N., Lyaginskaya A.M., Gimadova T.I., Romanov V.V. Radiation-hygienic monitoring: experience and approaches to the improvement of the radiation safety of the public. Published in a compendium of manuscripts devoted to the 70th anniversary of Federal state budgetary organization "State scientific center of the Russian Federation – Federal medical biophysical center after A.I. Burnazyan" (1946-2016). Ed. By L.A. Ilyin, V.V. Uiba, A.S. Samoilov. FGBU GNC FMBC after A.I. Burnazyan of the FMBA of Russia, 2016, 292 p. (In Russian)
2. Sneve M.K., Shandala N., Kiselev S. [et al.] Radiation safety during remediation of the SevRAO facilities: 10 years of regulatory experience. Journal of Radiological Protection, 2015, Vol. 35, № 3, pp. 571-596.
3. Shandala N.K., Kiselev S.M., Seregin V.A. [et al.] Regulative surveillance and assessment of the radiation situation in the locations of the former military technical bases. Gigiena i sanitariya = Hygiene and sanitary, 2013, № 3, pp. 15-19. (In Russian)
4. Shandala N.K., Kiselev S.M., Titov A.V. [et al.] Provision of the radiation safety during the remediation of the facilities of the SZC "SevRAO". Gigiena i sanitariya = Hygiene and sanitary, 2015, Vol. 94, № 5, pp. 10-16. (In Russian)
5. Shandala N.K., Filonova A.A., Shchelkanova E.S. [et al.] Radiation-hygienic monitoring in the area of location of the temporary spent nuclear fuel and radiation waste storage in Andreeva guba. Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical radiology and radiation safety, 2014, Vol. 59, № 2, pp. 5-12. (In Russian)
6. Shandala N.K., Kochetkov O.A., Savkin M.N. [et al.] Regulatory supervision of sites for spent fuel and radioactive waste storage in the Russian northwest. Journal of Radiological Protection, 2008, Vol. 28, № 4, pp. 453-465.
7. Shandala N.K., Titov A.V., Novikova N.Ya, Romanov V.V. Radiological criteria for remediation of sites for spent fuel and radioactive waste in the Russian Northwest. Journal of Radiological Protection, 2008, Vol. 28, № 4, pp. 479-489.
8. Kiselev S.M., Shandala N.K., Akhromeev S.V. [et al.] Radiation-hygienic monitoring in the area of location of the Far-East center of the radioactive waste management (DVC "DalRAO" – branch of the FGUP "RosRAO"). Gigiena i sanitariya = Hygiene and sanitary, 2015, № 5, pp. 49. (In Russian)
9. Akhromeev S.V., Kiselev S.M., Titov A.V. [et al.] Survey on the radiation situation on the nuclear legacy facilities in the Far-East region of Russia. ANRI = ANRI, 2016, № 1 (84), pp. 65-71. (In Russian)
10. Shandala N.K., Kiselev S.M., Titov A.V. [et al.] Independent regulatory examination of radiation situation in the areas of spent nuclear fuel and radioactive wastes storage in the Russian Far East. Radiation Protection Dosimetry, 2011, Vol. 146, № 1-3, pp. 129-132.
11. Sneve M.K., Kiselev M.F., Shandala N.K. Radio-ecological characterization and radiological assessment in support of regulatory supervision of legacy sites in northwest Russia. Journal of Environmental Radioactivity, 2014, Vol. 131, pp. 110-118.
12. Kiselev S.M., Akhromeev S.V., Geraskin S.A., Udalova A.A., Starinskiy V.G, Shlygin V.V., Gimadova T.I., Shandala N.K. Assessment of the environmental condition in the area of location of the nuclear legacy facilities in the Far-East region of Russia. Voprosy radiatsionnoy bezopasnosti = Issues of the radiation safety, 2017, № 4, pp. 27-42. (In Russian)
13. Udalova A.A., Pyatkova S.V., Geraskin S.A., Kiselev S.M., Akhromeev S.V. Assessment of cyto- and genotoxicity of the ground water sampled on the industrial site of the Far-East center of radioactive waste management. Radiatsionnaya biologiya i radioekologiya = Radiation biology and radioecology, 2016, Vol. 56, № 2, pp. 208–219. (In Russian)
14. International Atomic Energy Agency, Release of Sites from Regulatory Control on Termination of Practices. IAEA Safety Standards Series No. WS-G-5.1, IAEA, Vienna (2006).
15. Scientific-methodical provision of the activities on the remediation of the radiation-hazardous facilities in the Far-Easr and North-West regions of Russia (code "Territory-17"). Report. Stage 2. FGBU GNC FMBC after A.I. Burnazyan of the FMBA of Russia, Moscow, 2017. (In Russian)
16. Decision of the Economical Board of the CIS on the report "Remediation of the territories of the states-members of the CIS, affected by the activities of uranium industries" (Joint with the Workgroup on the preparation of the report). Approved in Moscow 27.12.2006. (In Russian)
17. Shandala N.K., Semenova M.P., Isaev D.V. [et al.] Radioecological situation in the area of location of Priargunskiy industrial mining-chemical enterprise. Gigiena i sanitariya = Hygiene and sanitary, 2014, Vol. 93, № 4, pp. 14-18. (In Russian)
18. SP LKP-91 Sanitary rules on termination, conservation and profiling of the facilities of the extraction and processing of radioactive ores. MZ USSR, 1991. (In Russian)
19. Shandala N.K., Titov A.V., Isaev D.V., Semenova M.P., Seregin V.A., Ostapchuk T.V., Shlygin V.V., Starinskiy V.G., Starinskaya R.A. Assessment of the impact of the consequences of the rain shower precipitation on the radiation situation in the area of location of the gallery 16 of the former factory LPO "Almaz". Meditsina ekstremalnykh situatsiy = Medicine of extremal conditions, 2017, №2 (60), pp. 202-207. (In Russian)
20. Shandala N.K., Kiselev S.M., Titov A.V., Korenkov I.P. Radiation-hygienic monitoring on the nuclear and uranium legacy facilities. Gigiena i Sanitariya = Hygiene and sanitary, 2017, Vol. 96, No. 9, pp. 813-817. (In Russian)
21. Titov A.V., Shandala N.K., Marennyy A.M., Ostapchuk T.V., Nefedov N.A., Isaev D.V., Semenova M.P., Astafurov V.I.,

Starinskiy V.G., Shlygin V.V. Radiation situation on the facility of the former factory LPO "Almaz". Gigiena i Sanitariya = Hygiene and sanitary, 2017, Vol. 96, №9, pp. 822-826. (In Russian)

22. Shandala N.K., Titov A.V., Khokhlova E.A. Isaev D.V., Zolotukhina S.B., Zhuravleva L.A., Shlygin V.V. Radiation-hygienic monitoring in the area of location of the uranium mine in Zabaykalye. Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical radiology and radiation safety, 2014. Vol. 59, № 4. pp. 5-8. (In Russian)
23. Marennyy A.M., Kiselev S.M., Titov A.V. [et al.] Survey of the Krasnokamensk city on the radon concentration in the habitats. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2013, Vol. 6, No. 3, pp. 47-52. (In Russian)
24. Uyba V.V., Kiselev M.F., Romanov V.V. [et al.] Problems of the safety of the public on the territories with natural and technogenic radiation factors on the example of the area of Priargunskiy mining-chemical combine. Biosfera = Biosphere, 2009. Vol. 1, № 1, pp. 101-105. (In Russian)
25. Shandala N.K., Isaev D.V., Gimadova T.I. [et al.] Radiation situation in the Krasnokamensk city. Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical radiology and radiation safety, 2015, Vol. 60, № 6, pp. 10-14. (In Russian)
26. Shandala N.K., Marennyy A.M., Isaev D.V., Titov A.V., Kiselev S.M., Semenova M.P., Nefedov N.A., Astafurov V.I., Zhuravleva L.A., Marennyy M.A., Khokhlova E.A., Uyba V.V. Radiation situation on the staff workplaces of the ground facilities of the Priargunskiy industrial mining-chemical combine. Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical radiology and radiation safety, 2017, Vol. 62, № 5, pp. 21-27. (In Russian)
27. Ujba V.V., Kiselev M.F., Romanov V.V., Shandala N.K., Khohlova E.A. Life on the fault: investigation results. Environmental safety, 2007, No 2, pp. 68-71.
28. Titov A.V., Semenova M.P., Seregin V.A., Isaev D.V., Metlyaev E.G., Glagolev A.V., Klimova T.I., Sevtinova E.B., Zolotukhina S.B., Zhuravleva L.A. Radio-Ecological Conditions of Groundwater in the Area of Uranium Mining and Milling Facility – 13525. United States: N. p., 2013. Web.
29. Monitoring of the health of the public and environmental conditions in the locations of the former uranium industries in Central Asia/ FGBU GNC FMBC after A.I. Burnazyan of the FMBA of Russia, Moscow, 34 p. (In Russian)
30. R 2.6.1.012-14. Criteria and norms of the remediation of the territories and facilities of FGUP "Far-East center on radioactive waste management" – branch of the federal state unitary facility on radiation waste management "RosRAO". (In Russian)
31. R 2.6.1.25-09 Criteria and norms of the remediation of the territories and facilities contaminated with technogenic radionuclides, FGUP "North federal facility on radioactive waste management" federal agency on nuclear energy. (In Russian)
32. R 2.6.5.048-2017. Criteria of the remediation of the territories and industrial facilities on mining and refining of the uranium ore: Guidebook. M. Federal medical-biological agency, 2017. (In Russian)
33. R 2.6.5.026-15 Provision of the radiation safety of the staff and public during the activities on remediation of the areas contaminated with radionuclides. (In Russian)
34. MU 2.6.5.053-2018. Radiation control during the remediation of the territories contaminated as a result of the activities of the uranium ore mining and refining facilities, 2018. (In Russian)
35. MU 2.6.5.068-2018. Provision of the radiation safety of the staff public and environment during the remediation of the territories contaminated as a result of the activities of the uranium ore mining and refining facilities. M. Federal medical-biological agency, 2018. (In Russian)
36. MU 2.6.6.049-2015. Radiation control during the activities on extraction, preparation and transportation of the radioactive wastes from the storages of the "Viluchinsk" department of DVC "DalRao", branch of FGUP "RosRAO". (In Russian)
37. MU 2.6.1.030-13 Radiation control of the objects of the environment in the area of activity of the Far-East center on the radioactive waste management – branch of FGUP "Facility on radioactive waste management "ROSRAO" (DVC "DalRao", branch of FGUP "RosRAO") (In Russian)
38. MU 2.6.1.37-2007. Radiation control of the objects of the environment in the area of activity of the FGUP "SevRaAO" (In Russian)
39. MR 03.25-15 Provision of the equipment for the activities on the radiation-hygienic monitoring in the area of location of the facility on the radioactive waste management. (In Russian)
40. MR № 25-14. Organization of the activities on the reduction of the radon isotopes in the premises of the residential and public buildings and constructions (In Russian)
41. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4). (In Russian)
42. IAEA Library Cataloguing in Publication Data Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2014, № GSR Part 3, 518 p.

Received: June 03, 2019

Nataliya K. Shandala – M.D., Ph.D., Science and Biophysics Technologies Deputy Director General, Doctor of Medical Science, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

For correspondence: Sergey M. Kiselev – Ph.D.in biol., Head of laboratory on regulatory supervisor of nuclear legacy sites, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (Zhivopisnaya ul., 46, Moscow, 123098, Russia; E-mail: sergbio@gmail.com)

Aleksey V. Titov – senior researcher, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

For citation: Shandala N.K., Kiselev S.M., Titov A.V. Scientific and practical experience of supervisory activities in the field of the public and environmental protection at the Russian nuclear legacy sites. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2019, Vol. 12, No. 2 (special issue), pp. 83-96. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426x-2019-12-2s-83-96.