

© Романович И.К., 2018

УДК 614.876 (470)

ЛИКВИДАЦИЯ ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ: РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЗАКТИВИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ ТЕРРИТОРИИ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

И.К. Романович

ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Роспотребнадзора,
ул. Мира, 8, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия

Представлены подходы к установлению критериев (требований) радиационной безопасности к дезактивированным участкам территории, зданиям и сооружениям, выводимых из эксплуатации объектов использования атомной энергии и других видов практической деятельности с источниками ионизирующего излучения. Определены основные направления дальнейшего использования дезактивированных участков территории, зданий и сооружений, включающих 5 сценариев ограниченного и неограниченного их использования; установлены критерии радиационной безопасности в виде граничной эффективной дозы облучения критической группы населения в 0,3 мЗв/год, проживающего или работающего на дезактивированных объектах; обоснованы контролируемые параметры радиационной обстановки и их уровни, а также перечень радионуклидов, подлежащий контролю. Приведены значения удельной активности (Бк/кг) остаточного радиоактивного загрязнения грунтов и материалов конструкций зданий и сооружений, доза облучения населения при которых не превысит 0,3 мЗв/год. На основе представленных данных разработан проект санитарных правил и методических указаний.

Ключевые слова: дезактивация, доза облучения, критерии реабилитации, направления использования, природные радионуклиды, радиоактивное загрязнение, техногенные радионуклиды, удельная активность.

I.K. Romanovich □ LIQUIDATION OF THE NUCLEAR LEGACY: RADIATION-HYGIENIC SAFETY CRITERIA FOR THE DECONTAMINATED SITES OF TERRITORIES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS □ Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, 8, Mira str., Saint-Petersburg, 197101, Russia.

The article presents approaches to the establishment of criteria (requirements) of radiation safety to the decontaminated areas of the territory, buildings and decommissioned facilities of use of atomic energy and other types of practical activities with sources of ionizing radiation. The main directions of further use of the decontaminated areas of the territory, buildings, and constructions, including 5 scenarios of restricted and unrestricted use, are determined; the criteria of radiation safety in the term of a dose constraint of a critical group of the population in 0.3 mSv/year living or working on decontaminated objects are established; the controlled parameters of the radiation situation and their levels, as well as the list of radionuclides subject to control are justified. The article presents the values of specific activity (Bq/kg) of residual radioactive contamination of soils and materials of buildings and structures, the radiation dose to the population in which will not exceed 0.3 mSv/year. Based on the presented data, draft sanitary rules and guidelines have been developed.

Key words: decontamination, radiation dose, rehabilitation criteria, directions of use, natural radionuclides, radioactive contamination, technogenic radionuclides, specific activity.

Создание стремительными темпами в СССР в 40–50-х годах ядерного щита, атомного подводного флота и атомной энергетики неизбежно привело к образованию огромной инфраструктуры различного рода объектов использования атомной энергии. Значительная часть этих объектов утратила свое научное, промышленное или военное предназначение, их эксплуатация прекращена, однако до настоящего времени они не выведены из эксплуатации в современном понимании этого термина.

Вывод из эксплуатации объекта использования атомной энергии означает деятельность по реабилитации или дезактивации площадки, осуществляемая после прекращения эксплуатации объекта, исключающая его использование по проектному назначению вплоть до полного или частичного освобождения участка территории, зданий и сооружений от радиационного контроля органов государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии.

В значительной части публикаций такие объекты использования атомной энергии называют «ядерным наследием». В ряде субъектов Российской Федерации образовалось значительное количество объектов «ядерного наследия», занимающих обширные территории, загрязненные техногенными и природными радионуклидами, и создающих реальную угрозу радиационной безопасности больших контингентов населения, проживающего вблизи таких объектов. Кроме того, поддержание объектов «ядерного наследия» в радиационно-безопасном состоянии является экономически высоко затратным видом деятельности [1, 2, 5, 8, 16, 17, 20, 22].

На решение задачи по ликвидации «ядерного наследия» в ближайшие 15 лет направлена федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года» (ФЦП ЯРБ-2) [19].

Одним из направлений данной работы является разработка системы нормативно-правового и инструктивно-методического обеспече-

ния радиационной безопасности населения и охраны окружающей среды при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии и дальнейшем использовании дезактивированных участков территории, зданий и сооружений.

К выводимым из эксплуатации объектам использования атомной энергии (к «ядерному наследию») относятся [1, 2, 8, 16–18]:

- экспериментальные и исследовательские ядерные энергетические установки;
- надводные корабли и подводные лодки с ядерными энергетическими установками, плавучие и береговые базы их технического обслуживания;
- предприятия по добыче и производству ядерного топлива, хранению и переработке отработавшего ядерного топлива;
- предприятия по переработке, хранению и захоронению радиоактивных отходов;
- предприятия и площадки по производству и испытанию ядерного оружия;
- предприятия неядерных отраслей промышленности, на которых используются или концентрируются источники ионизирующего излучения и радиоактивные вещества;
- другие предприятия и учреждения, на которых произошли аварии с источниками ионизирующего излучения.

Цель исследования – изложение наших подходов к установлению критериев (требований) радиационной безопасности к дезактивированным участкам территории, зданиям и сооружениям выводимых из эксплуатации объектов использования атомной энергии и других видов практической деятельности с источниками ионизирующего излучения.

При разработке указанных критериев мы опирались на международные рекомендации по обеспечению радиационной безопасности и основные стандарты МАГАТЭ [9, 11, 15, 21], а также на целый ряд научных публикаций [1–3, 5–8, 12, 16, 17, 19, 20, 22].

Направления использования и показатели радиационной безопасности участков территории, зданий и сооружений, дезактивированных загрязненных природными радионуклидами, вне зависимости от их отнесения к объектам использования атомной энергии или другим видам практической деятельности с источниками ионизирующего излучения, на наш взгляд, должны соответствовать требованиям, установленным в НРБ-99/2009 [10], ОСПОРБ-99/2010 [12] и Сан-ПиН 2.6.1.2800–10 [3]. Данные требования проверены десятилетиями и не вызывают сомнений.

Направления использования и требования радиационной безопасности к участкам территорий, зданий и сооружений, дезактивированных выводимых из эксплуатации объектов использования атомной энергии после загрязнения техногенными радионуклидами, в нормативных документах в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения разрабатываются впервые.

Отмечаем, разрабатываемые радиационно-гигиенические требования не затрагивают обширные участки территорий, загрязненные в результате испытаний ядерного оружия и проведения мирных ядерных взрывов, а также в результате аварии на ПО «Маяк» и Чернобыльской АЭС.

Для разработки радиационно-гигиенических критериев безопасности дезактивирован-

ных участков территории, зданий и сооружений необходимо было решить целый ряд задач.

1. Определение основных направлений использования. Доза облучения населения будет напрямую зависеть от характера дальнейшего использования дезактивированных участков территорий, зданий и сооружений. Наиболее высокие дозы облучения населения будут наблюдаться при неограниченном по радиационному фактору использовании указанных объектов. Неограниченное по радиационному фактору использование участков территорий предполагает постоянное проживание и сельскохозяйственное использование данной земли. При таком использовании дезактивированных участков территории проживающее на них население будет подвергаться риску облучения практически всеми возможными путями облучения, а именно [4, 18, 19]:

- внешнее облучение от радионуклидов, содержащихся в почве или конструкциях зданий;
- внутреннее облучение за счет ингаляции радионуклидов, находящихся в воздухе вследствие их ресуспензии;
- внутреннее облучение за счет пищевого поступления радионуклидов в организм с продуктами питания (растительного и животного происхождения), питьевой водой, рыбой из местных водоемов;
- внутреннее облучение за счет прямого поступления радионуклидов в организм с частями почвы;
- загрязнение радионуклидами кожи;
- внутреннее облучение за счет ингаляции мигрирующих в воздух помещений летучих радиоактивных газов.

Снижения доз облучения населения при использовании дезактивированных участков территории, зданий и сооружений возможно за счет установления определенных ограничений по радиационному фактору на их использование. Ограничения могут касаться конкретных видов использования, к примеру, запрет на сельскохозяйственное использование земель, в том числе на использование для личных подсобных хозяйств, а также могут устанавливаться ограничения по продолжительности использования реабилитированного объекта или участка территории. В этом случае остаточное радиоактивное загрязнение дезактивированных участков территории, зданий и сооружений может быть выше, чем при неограниченном использовании.

Учитывая вышеизложенное, предложены некоторые наиболее общие сценарии использования дезактивированных участков территорий, зданий и сооружений:

Сценарий 1. Неограниченное по радиационному фактору использование дезактивированных площадок (жители сельского населенного пункта, фермеры). Данный вид использования предполагает постоянное проживание на загрязненной территории и неограниченное сельскохозяйственное использование земли, включающее производство и потребление продукции растениеводства и животноводства, потребление дикорастущих грибов и ягод, произрастающих на дезактивированных площадках, потребление мяса диких животных и птицы, кормовой базой которых являются растения, произрастающие на дезактивированных площадках, рыбы из местных водоемов и питьевой

воды из местных водоемов (колодцев, скважин), расположенных на этой территории.

Сценарий 2. Ограничение на сельскохозяйственное использование земли (жители пригорода, поселка городского типа). Предполагает постоянное проживание на загрязненной территории и ограничение на сельскохозяйственное использование земли (производство и потребление только продукции растениеводства – приусадебное хозяйство).

Сценарий 3. Ограничение на хозяйственное использование загрязненной земли (жители города). Предполагает постоянное проживание человека в городской застройке без хозяйственного использования загрязненной земли.

Сценарий 4. Ограничение на постоянное проживание (производственные условия, работающие на загрязненной территории). Предполагает временное нахождение на загрязненной территории, включая здания и сооружения (2 000 ч/год).

Сценарий 5. Туризм. Предполагает временное нахождение на загрязненной территории (1 месяц в год) и рекреационное ее использование.

2. Выбор критерия радиационной безопасности. В качестве критерия радиационной безопасности населения используется дозовый критерий или величина радиационного риска. Для дезактивированных участков территорий выбран дозовый критерий. Выбор критерия и его уровня нами обоснован в предыдущих публикациях [4, 19].

Максимальная величина средней годовой эффективной дозы техногенного облучения критической группы населения за счет неограниченного использования дезактивированной площадки не должна превышать 0,3 мЗв. При ограниченном использовании дезактивированной площадки средняя годовая эффективная доза техногенного облучения критической группы населения с учетом введенных ограничений не должна превышать 0,3 мЗв, а без учета введенных ограничений – 1 мЗв.

3. Выбор контролируемых параметров радиационной обстановки. Оценить дозы облучения населения при неограниченном использовании дезактивированных участков территории, зданий и сооружений, когда возможны практически все известные пути облучения населения, представляется очень сложной задачей. Для облегчения этой задачи нами предложено использовать такой параметр радиационной обстановки, как уровень остаточного радиоактивного загрязнения дезактивированного участка территории, здания или сооружения. В работе [4] нами описана модель и рассчитаны численные значения содержания радионуклидов в почве (Бк/кг) для сценариев облучения, соответствующих постоянному проживанию населения на высвобожденной территории, или временному нахождению (туризм), соответствующих средней годовой эффективной дозе техногенного облучения критической группы населения в 0,3 мЗв. Дополнительно рассчитаны удельные активности радионуклидов (Бк/кг) для производственного сценария, соответствующие ограниченному времени пребывания на территории (2 000 ч/год) и одновременному воздействию радионуклидов, содержащихся как в почве, так и в конструкциях зданий.

Однако применение уровня остаточного радиоактивного загрязнения дезактивированного участка территории, здания или сооружения имеет ряд ограничений:

– уровни снимаемого радиоактивного загрязнения поверхностей помещений и оборудования на дезактивированной площадке для всех сценариев использования не должны превышать 0,04 Бк/см² для альфа-излучающих радионуклидов и 0,4 Бк/см² для бета-излучающих радионуклидов;

– для сценария 1 уровень остаточного радиоактивного загрязнения не должен превышать значений, приведенных в приложении 3 к ОСПОРБ-99/2010 [12];

– для остальных сценариев уровень остаточного радиоактивного загрязнения не должен превышать значений МЗУА, приведенных в приложении 4 к НРБ-99/2009 [10].

4. Обоснование перечня радионуклидов, подлежащих контролю. Важное значение имеет и перечень радионуклидов, подлежащих контролю в обязательном порядке. В приложении 2 к НРБ-99/2009 [10] представлены значения пределов годового поступления с воздухом и пищей и допустимой объемной активности во вдыхаемом воздухе для 402 радионуклидов, а в приложении 3 – значения дозовых коэффициентов при поступлении радионуклидов в организм взрослых с водой для 197 радионуклидов.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 08.07.2015 № 1316-р «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды» в перечень раздела I «Для атмосферного воздуха» включено 93, в раздел II «Для водных объектов» – 80, в раздел III «Для почв» – 4 радиоактивных изотопа в элементной форме и в виде соединений. В число 4 радионуклидов, включенных в перечень, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны почвы, вошли ^{239,240}Pu, ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs.

Анализ материалов предыдущего опыта реабилитации радиационных объектов свидетельствует о том, что данные объекты задолго до принятия решения об их реабилитации приостановили свою практическую деятельность. В этой связи на всех объектах, включая ядерные энергетические установки, бассейны выдержки отработавшего ядерного топлива, радиохимические комбинаты и т. д., будут отсутствовать короткоживущие радионуклиды, образующиеся при ядерной реакции деления. А те короткоживущие радионуклиды, которые образуются при распаде радионуклидов со средними (от 3 до 30 лет) и длительными (более 30 лет) периодами полураспада, учитываются в цепочке распада при идентификации основного радионуклида.

Таким образом, исключив из указанных перечней короткоживущие радионуклиды, предложен оптимизированный перечень радионуклидов, подлежащих контролю при радиационном обследовании дезактивированных участков территории, зданий и сооружений [13, 14]: H-3, C-14*, Fe-55, Co-60, Sr-90*, Sb-125, Cs-137*, Ra-226*, Th-232*, U-234*, U-238*, Pu-239*, Pu-240*, Am-241* (– с продуктами их распада).

Удельные активности радионуклидов (из представленного списка) в почве и строительных конструкциях (Бк/кг) для предложенных сценариев облучения, соответствующих средней годовой эффективной дозе техногенного облучения критической группы населения в 0,3 мЗв, с указанными выше ограничениями приведены в табл. 1 и 2 [4].

Таблица 1. Значения удельных активностей радионуклидов в грунте, при которых средняя годовая эффективная доза техногенного облучения критической группы населения не превышает 0,3 мЗв для различных сценариев использования дезактивированных площадок, Бк/кг

Радионуклид	Удельная активность радионуклидов для сценариев 1–3 и 5, Бк/кг			
	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 5
H-3	4 900	–	–	–
C-14	530	–	–	–
Cs-137+D ²⁾	33	360	400	150
Sr-90+D	38	80	1×10^5	160
Ra-226+D	7,4	10	160	40
Am-241+D	100	1×10^3	1×10^3	500
Co-60	20	90	90	100
Pu-239	100	1×10^3	1×10^3	500
Pu-240	100	1×10^3	1×10^3	500
Ra-228+D	70	70	260	350
Th-228+D	90	170	170	450
Th-230	45	46	740	225
Th-232	50	50	90	250
U-233	130	$1,5 \times 10^3$	1×10^4	700
U-235+D	110	$1,6 \times 10^3$	1×10^4	600
U-238+D	130	1×10^4	1×10^4	700

Таблица 2. Значения удельных активностей радионуклидов в грунте и ограждающих конструкциях зданий и сооружений, при которых средняя годовая эффективная доза облучения критической группы населения не превышает 0,3 мЗв при использовании дезактивированной площадки в производственных целях (сценарий 4)

Радионуклид	Источник – почва		Источник – конструкции зданий	
	B1 (вне здания), Бк/кг	B2 (в здании), Бк/кг	B3 (поверхностное), кБк/м ²	B4 (объемное), Бк/кг
Am-241+D	1×10^3	$1,0 \times 10^3$	1	1×10^3
Co-60	270	570	15	87
Cs-137+D	1 160	2 430	60	380
Pu-239	1×10^3	1×10^3	0,75	1×10^3
Sr-90+D	$8,4 \times 10^4$	1×10^5	230	$2,9 \times 10^4$

B1 – вариант 1 – определен для работающих все рабочее время вне здания и облучающихся от источника, находящегося в почве;

B2 – вариант 2 – определен для работающих все рабочее время внутри здания и облучающихся от источника, находящегося в почве;

B3 – вариант 3 – определен для работающих все рабочее время внутри здания и облучающихся от поверхностного источника в его конструкциях;

B4 – вариант 4 – определен для работающих все рабочее время внутри здания и облучающихся от объемного источника в его конструкциях.

Следует отметить, что приведенный нами перечень сценариев, путей облучения критической группы населения и перечень радионуклидов может быть расширен и дополнен. В этих случаях необходимы расчеты удельных активностей радионуклидов в грунте и строительных конструкциях, обуславливающих среднюю годовую эффективную дозу облучения критической группы населения не более чем 0,3 мЗв для конкретных сценариев использования дезактивированных площадок.

5. Оценка соответствия установленным критериям. Установив значения удельных активностей радионуклидов в грунте, конструкциях зданий и сооружений, при которых средняя годовая эффективная доза техногенного об-

лучения критической группы населения не превышает 0,3 мЗв для различных сценариев использования дезактивированных площадок, проведение заключительного радиационно-гигиенического обследования дезактивированных объектов сводится к определению остаточной удельной активности радионуклидов в исследуемых средах и наличия поверхностного снимаемого радиоактивного загрязнения. Все виды радиационного контроля (измерение мощности дозы гамма-излучения, поверхностного радиоактивного загрязнения, полевая спектрометрия, отбор проб грунта на поверхности участка и на определенных заглублениях, а также воды), проводимого при заключительном радиационно-гигиеническом обследовании дезактивированных участков территории, зданий и сооружений, будут направлены на выявление участков с повышенным содержанием радионуклидов и в конечном итоге на определение максимальной удельной активности радионуклидов в пробах, отобранных на обследуемом объекте. Если содержание радионуклидов во всех отобранных пробах ниже установленных для определенного сценария использования дезактивированного объекта, при этом соответствуют и показатели для снимаемого поверхностного радиоактивного загрязнения, то такой участок территории, здание или сооружение соответствует установленным требованиям.

Заключение. В Российской Федерации в соответствии с федеральной целевой программой «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года» (ФЦП ЯРБ-2) проводится ликвидация «ядерного наследия». Одним из направлений данной работы является разработка нормативно-методических требований по обеспечению радиационной безопасности населения и охраны окружающей среды при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии и дальнейшем использовании дезактивированных участков территории, зданий и сооружений.

Для разработки радиационно-гигиенических критериев безопасности дезактивированных участков территории, зданий и сооружений нами решены следующие задачи:

- определены основные направления дальнейшего их использования;
- установлены критерии радиационной безопасности;
- обоснованы контролируемые параметры радиационной обстановки и их уровни;
- обоснован перечень радионуклидов, подлежащих контролю.

Разработанные и обоснованные радиационно-гигиенические критерии легли в основу проекта санитарно-эпидемиологических правил «Гигиенические требования к дезактивации участков территории, зданий и сооружений выводимых из эксплуатации объектов использования атомной энергии и других видов практической деятельности с источниками ионизирующего излучения», а также методических указаний «Организация и проведение заключительного радиационно-гигиенического обследования участков территории, зданий и сооружений, дезактивированных после загрязнения техногенными радионуклидами в результате деятельности объектов использования атомной энергии и других видов практической деятельности с источниками ионизирующего излучения».

ЛИТЕРАТУРА

(п. 21, 22 см. References)

1. **Баринов А.С., Михейкин С.В., Сафронов В.Г. и др.** Выработка типовых подходов к реабилитации загрязненных объектов // Безопасность окружающей среды. 2009. № 1. С. 50–53.
2. **Беляев М.В.** ФГУП «РОСРАО»: Проекты реабилитации // Безопасность окружающей среды. 2010. № 3. С. 45–52.
3. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения: СанПиН 2.6.1.2800–10 (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 24.12.2010 № 171). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 40 с.
4. **Голиков В.Ю., Романович И.К.** Обоснование радиологических критериев использования территорий с остаточным радиоактивным загрязнением на основе дозового подхода // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10. № 4. С. 6–22. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-4-6-22
5. **Горлинский Ю.Е., Кутыков В.А., Никольский О.А.** Уроки разработки стратегии экологической реабилитации объекта радиационного наследия // Атомная энергия. 2009. Т. 107. № 6. С. 334–342.
6. **Кирилов В.Ф., Коренков И.П., Крюков В.В. и др.** О гигиенических критериях допустимой остаточной ак-

- тивности радионуклидов после дезактивации // Медицина труда и промышленная экология. 2005. № 3. С. 38–42.
7. **Коренков И.П., Лашенкова Т.Н.** Радиационно-гигиенические критерии при проектировании и выводе из эксплуатации радиационно-опасных объектов // Гигиена и санитария. 2005. № 3. С. 63–65.
8. Ликвидация ядерного наследия: 2008–2015 годы / Под общей редакцией А.А. Абрамова, О.В. Крюкова, И.И. Линге. М., 2015. 182 с.
9. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения // Серия изданий по безопасности, № 115, МАГАТЭ, Вена, 1997. 56 с.
10. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): СанПиН 2.6.1.2523–09 (утв. и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 07.07.2009 № 47 с 01.09.2009). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
11. Освобождение площадок от регулирующего контроля после завершения практической деятельности: Руководство № WS-G-5.1 (Серия норм по безопасности МАГАТЭ). Вена, 2008. 42 с.
12. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): СП 2.6.1.2612–10 (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26 апреля 2010 г. № 40). М., 2010. 82 с.
13. **Панов А.В., Санжарова Н.И., Гераськин С.А. и др.** Анализ международных подходов к обеспечению радиационной безопасности населения и окружающей среды при реабилитации объектов и территорий, загрязненных в результате прошлой деятельности предприятий ядерного топливного цикла // Радиация и риск. 2016. Т. 25. № 3. С. 86–103.
14. **Панов А.В., Фесенко С.В., Санжарова Н.И. и др.** Реабилитация зон локальных радиоактивных загрязнений // Атомная энергия. 2006. Т. 10. Вып. 2. С. 125–134.
15. Применение концепций исключения, изъятия и освобождения от контроля: Руководство № RS-G-1.7 (Серия Норм МАГАТЭ по безопасности). Вена, 2006. 31 с.
16. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Вывод из эксплуатации / Под редакцией Л.А. Большова, Н.П. Лаверова, И.И. Линге. М., 2015. Т. 3. 316 с.
17. Проблемы ядерного наследия и пути их решения / Под общей редакцией Е.В. Евстратова, А.М. Агапова, Н.П. Лаверова и др. М., 2012. Т. 1. 356 с.
18. **Романович И.К.** Научное обоснование подходов к организации и проведению радиационного обследования реабилитированных радиационных объектов // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10. № 3. С. 90–102. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-90-102
19. **Романович И.К., Стамат И.П., Санжарова Н.И. и др.** Критерии реабилитации объектов и территорий, загрязненных радионуклидами в результате прошлой деятельности: Часть 1. Выбор показателей для обоснования критериев реабилитации // Радиационная гигиена. 2016. Т. 9. № 4. С. 6–15. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-6-15
20. **Сивинцев Ю.В., Высоцкий В.Л., Калинин Р.И. и др.** Количественные критерии реабилитации территории береговых технических баз ВМФ // Атомная энергия. 2006. Т. 101. № 1. С. 35–49.

REFERENCES

1. Barinov A.S., Mikhejkin S.V., Safronov V.G. et al. Vyrabotka tipovykh podhodov k reabilitatsii zagraznykh objektov [Development of typical approaches to rehabilitation of contaminated sites]. *Bezopasnost' okruzhajushchej sredy*, 2009, no. 1, pp. 50–53. (In Russ.)
2. Beljaev M.V. FGUP «ROSRAO»: Projekty reabilitatsii [FGUP «ROSRAO»: Rehabilitation projects]. *Bezopasnost' okruzhajushchej sredy*, 2010, no. 3, pp. 45–52. (In Russ.)
3. Gigenicheskie trebovaniya po ogranicheniju obluhenija naselenija za schet prirodnykh istochnikov ionizirujushchego izlucheniya: SanPiN 2.6.1.2800–10 (utv. postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossijskoj Federatsii ot 24.12.2010 № 171) [Hygienic requirements to limit public exposure to natural sources of ionizing radiation: SanPiN 2.6.1.2800–10 (approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 24.12.2010 no. 171)]. Moscow: Federal'nyj

- centr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora Publ., 2011, 40 p. (In Russ.)
4. Golikov V.Yu., Romanovich I.K. Obosnovanie radiologicheskikh kriteriev ispol'zovaniya territorij s ostatnochnym radioaktivnym zagraznieniem na osnove dozovogo podhoda [Justification of radiological criteria for the use of areas with residual radioactive contamination based on the dose approach]. *Radiatsionnaya gigiena*, 2017, vol. 10, no. 4, pp. 6–22. DOI: 10.21514/1998-426H-2017-10-4-6-22 (In Russ.)
 5. Gorlinskiy Yu.E., Kut'kov V.A., Nikol'skij O.A. Uroki razrabotki strategii ekologicheskoy reabilitatsii objekta radiatsionnogo nasledija [Lessons from the development of a strategy for ecological rehabilitation of a radiation-legacy object]. *Atomnaya energiya*, 2009, vol. 107, no. 6, pp. 334–342. (In Russ.)
 6. Kirilov V.F., Korenkov I.P., Krjukov V.V. et al. O gigienicheskikh kriteriyakh dopustimoy ostatnochnoy aktivnosti radionuklidov posle dezaktivatsii [About the hygienic criteria for acceptable residual radionuclide activity after deactivation]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2005, no. 3, pp. 38–42. (In Russ.)
 7. Korenkov I.P., Lashchenova T.N. Radiatsionno-gigienicheskie kriterii pri proektirovanii i vyvode iz ekspluatatsii radiatsionno-opasnykh objektov [Radiation and hygienic criteria for the design and decommissioning of radiation-hazardous facilities]. *Gigiena i Sanitariya*, 2005, no. 3, pp. 63–65. (In Russ.)
 8. Likvidatsiya yadernogo naslediya: 2008–2015 gody [Elimination of nuclear legacy: 2008–2015]. Edited by A.A. Abramov, O.V. Krjukov, I.I. Linge. Moscow, 2015, 182 p. (In Russ.)
 9. Mezhdunarodnye osnovnye normy bezopasnosti dlja zashchity ot ionizirujushchikh izluchenij i bezopasnogo obrashcheniya s istochnikami izluchenija [International basic safety standards for protection against ionizing radiation and safe handling of radiation sources]. Seriya izdanij po bezopasnosti, no. 115, MAGATE, Vena, 1997, 56 p. (In Russ.)
 10. Normy radiatsionnoj bezopasnosti (NRB-99/2009): SanPiN 2.6.1.2523–09 (utv. i vvedeny v dejstvie postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossijskoj Federatsii ot 07.07.2009 № 47 s 01.09.2009) [Radiation safety standards (NRB-99/2009): SanPiN 2.6.1.2523–09 (approved and put into effect by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 07.07.2009 no. 47 from 01.09.2009)]. Moscow: Federal'nyj centr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora Publ., 2009, 100 p. (In Russ.)
 11. Osvobozhdenie ploshchadok ot regulirujushchego kontrolja posle zaversheniya prakticheskoy dejatel'nosti: Rukovodstvo № WS-G-5.1 (Seriya Norm MAGATE po bezopasnosti) [Release of sites from regulatory control on termination of practices: Guide № WS-G-5.1 (IAEA Safety Standards Series)]. Vienna, 2008, 42 p. (In Russ.)
 12. Osnovnye sanitarnye pravila obespechenija radiatsionnoj bezopasnosti (OSPORB-99/2010): SP 2.6.1.2612-10 (utv. Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossijskoj Federatsii ot 26 aprelya 2010 g. № 40) [Basic sanitary rules for radiation safety (OSPORB-99/2010): SP 2.6.1.2612-10 (approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 26 April 2010 no. 40)]. Moscow, 2010, 82 p. (In Russ.)
 13. Panov A.V., Sanzharova N.I., Geras'kin S.A. et al. Analiz mezhdunarodnykh podkhodov k obespecheniju radiatsionnoj bezopasnosti naselenija i okruzhajushchej sredy pri reabilitatsii objektov i territorij, zagraznennykh v rezul'tate proshloj dejatel'nosti predpriyatij jadernogo toplivnogo cikla [Analysis of international approaches to ensuring radiation safety of the population and the environment in the rehabilitation of facilities and territories contaminated as a result of past activities of nuclear fuel cycle enterprises]. *Radiatsiya i risk*, 2016, vol. 25, no. 3, pp. 86–103. (In Russ.)
 14. Panov A.V., Fesenko S.V., Sanzharova N.I. et al. Reabilitatsiya zon lokal'nykh radioaktivnykh zagraznenij [Rehabilitation of areas of local radioactive contamination]. *Atomnaya energiya*, 2006, vol. 10, issue 2, pp. 125–134. (In Russ.)
 15. Primenenie kontseptsij iskljuchenija, izjatija i osvobozhdenija ot kontrolja: Rukovodstvo № RS-G-1.7 (Seriya Norm MAGATE po bezopasnosti) [Application of the concepts of exclusion, exemption and clearance: Safety Guide RS-G-1.7 (IAEA Safety Standards Series)]. Vienna, 2006, 31 p. (In Russ.)
 16. Problemy jadernogo nasledija i puti ih reshenija. Vyvod iz ekspluatatsii [Problems of nuclear legacy and ways to solve them. Nuclear decommissioning]. Edited by Bol'shov L.A., Laverov N.P., Linge I.I.. Moscow, 2015, vol. 3, 316 p. (In Russ.)
 17. Problemy jadernogo nasledija i puti ih reshenija [Problems of nuclear legacy and ways to solve them]. Edited by E.V. Evstratov, A.M. Agapov, N.P. Laverov et al. Moscow, 2012, vol. 1, 356 p. (In Russ.)
 18. Romanovich I.K. Nauchnoe obosnovanie podkhodov k organizatsii i provedeniju radiatsionnogo obsledovaniya reabilitirovannykh radiatsionnykh objektov [Scientific substantiation of approaches to organization and conducting radiation surveys at the rehabilitated radiation sited]. *Radiatsionnaya gigiena*, 2017, vol. 10, no. 3, pp. 90–102. DOI: 10.21514/1998-426H-2017-10-3-90-102 (In Russ.)
 19. Romanovich I.K., Stamat I.P., Sanzharova N.I. et al. Kriterii reabilitatsii objektov i territorij, zagraznennykh radionuklidami v rezul'tate proshloj dejatel'nosti: Chast' 1. Vybór pokazatelej dlja obosnovaniya kriteriev reabilitatsii [Criteria for rehabilitation of facilities and territories contaminated with radionuclides as a result of past activities: Part 1. The choice of indicators for justification of the criteria for rehabilitation]. *Radiatsionnaya gigiena*, 2016, vol. 9, no. 4, pp. 6–15. DOI: 10.21514/1998-426H-2016-9-4-6-15 (In Russ.)
 20. Sivintsev Yu.V., Vysotskij V.L., Kalinin R.I. et al. Kolichestvennye kriterii reabilitatsii territorij beregovykh tehniceskikh baz VMF [Quantitative criteria for rehabilitation of the territory of shore servicing bases of the naval fleet]. *Atomnaya energiya*, 2006, vol. 101, no. 1, pp. 35–49. (In Russ.)
 21. IAEA Safety Standards for protecting people and environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements. Part 3. No. GSR Part 3. Vienna. 2014. 436 p.
 22. Sneve M.K., Kiselev M., Kochetkov O. Regulatory improvements related to the radiation and environmental protection during remediation of the nuclear legacy sites in North West Russia. Final report of work completed by FMBA and NRPA in 2007. Str levern Rapport 2008: 8. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority 2008. Språk: engelsk. 183 p.

Контактная информация:

Романович Иван Константинович, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева тел.: +7 (812) 233-53-63, e-mail: I.Romanovich@niirg.ru

Contact information:

Romanovich Ivan, Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of RAS, Head of the Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev phone: +7 (812) 233-53-63, e-mail: I.Romanovich@niirg.ru