DOI: 10.25283/2587-9707-2026-2-75-86 УДК 574.2:539.6

РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ ЧЕРНОБЫЛЯ

С. В. Панченко[1], С. Л. Гаврилов[1], Д. Е. Павлов[2], Е. В. Шмелёва[2]

[1] Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва

[2] Департамент по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Минск, Республика Беларусь

Статья поступила в редакцию 11 февраля 2026 г.

Рассмотрена инвентаризация большей части радиоактивных отходов чернобыльского происхождения по трем странам: Республике Беларусь, Российской Федерации и Украине. Приведены категоризации отходов, а также пунктов их размещения на основе действующих нормативных документов.

Ключевые слова: *чернобыльская авария, радиоактивные отходы, пункт захоронения радиоактивных отходов, пункт сосредоточения радиоактивных отходов, категоризация радиоактивных отходов, категоризация пунктов сосредоточения радиоактивных отходов.*

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) появились такие новые понятия, как зона отчуждения, топливосодержащие материалы (ТСМ) и др. В настоящей статье мы остановимся на наследии этой аварии, а именно на радиоактивных отходах (РАО), образовавшихся в результате нее на большой территории бывшей страны.

Радиоактивные материалы, вышедшие из-под контроля в результате аварии и ставшие источником долгосрочной опасности, можно подразделить на два основных типа: собственно ядерное высокоактивное топливо (топливная масса) и радиоактивные продукты, образовавшиеся в ходе эксплуатации атомного реактора. И те и другие вызывали высокую озабоченность в обществе и требовали разработки новых подходов по обращению с ними. Кроме того, эти радиоактивные материалы могут классифицироваться по масштабам их распространения в окружающей среде. Пространственное распределение ядерного топлива, установленное по результатам многолетних исследований, представлено в табл .1.

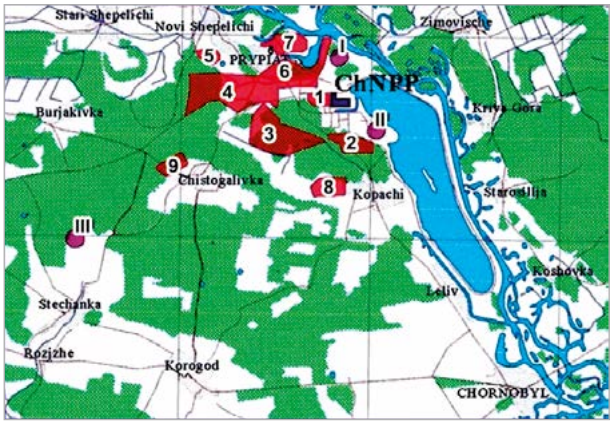
Таблица 1. Оценки топливного баланса при аварии на ЧАЭС [1]

Параметр	%	В тоннах
Полное количество топлива в реакторе 4-го блока перед аварией	100	190,2
Обнаруженное на объекте «Укрытие» в том числе:	~95	180,7
в недоступных помещениях	~15	28,5
за его пределами, включая:	<5	<9,5
площадку ЧАЭС	<0,3	<0,6
30-километровую зону [2]	1,5*	3,4
80-километровую зону	1,8	2,8
остальную территорию СССР	<1,5	<3,4
за границами территории СССР	~0,1	~0,19

*В работе [2] приведена суммарная активность $^{239+240}$Pu на 1994 г., равная 37 ТБк; если использовать соотношение между изотопами плутония, то данная величина будет составлять не 1,5 %, а примерно 4,5 % от общей наработки этих нуклидов в топливе.

В качестве реперного радионуклида, характеризующего активность топлива, выберем такой долгоживущий изотоп, как ^{239}Pu. Его полная активность в топливе на момент аварии составляла ≈ 95 ТБк [3]. Во многих работах приводится суммарная активность ^{239}Pu и ^{240}Pu, поэтому укажем и начальную активность ^{240}Pu — 1 560 ТБк.

В зоне отчуждения на территории Украины создали три пункта захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО): «Подлесный», «III очередь ЧАЭС» (ПЗРО «Комплексный») и «Буряковка», кроме того, в начальный период было образовано несколько пунктов временной локализации РАО — ПВЛРО (рис. 1).



ПЗРО: I — «Подлесный», II — «Комплексный», III — «Буряковка»; ПВЛРО: 1 — «Старая Стройбаза», 2 — «Новая Стройбаза», 3 — «Рыжий лес», 4 — «Станция Янов», 5 — «г. Припять», 6 — «Нефтебаза», 7 — «Песчаное Плато», 8 — «Копачи», 9 — «Чистоголовка»

Рис. 1. Расположение ПЗРО и ПВЛРО на территории Чернобыльской зоны [5]

ПЗРО «Буряковка» — траншейного типа, размещен в 12 км от ЧАЭС. Хранилище имеет 30 траншей, в которых в начальный период захоронено около 564,0 тыс. м^3 РАО. Гидроизоляция траншей выполнена уплотненной глиной. Позднее хранилище использовалось для приема и размещения радиоактивных отходов, образующихся в результате дезактивации участков территории возле ЧАЭС и других мест.

ПЗРО «Подлесный» — модульного типа, размещен на расстоянии 1,5 км от ЧАЭС. В хранилище емкостью 5 млн м^3 находилось 11 тыс. м^3 РАО суммарной активностью $2{,}6 \cdot 10^{15}$ Бк по состоянию на 2000 г. В конце 90-х годов была отмечена подвижка грунтов его бетонного основания, что привело к появлению трещин в нем и в стенах модулей, в связи с чем размещение отходов было прекращено и оно приобрело статус хранилища в стадии консервации. ПЗРО «Подлесный» является потенциально опасным объектом, так как содержит большое количество высокоактивных отходов, находится в аварийном состоянии и расположен сравнительно близко от реки Припять. По степени угрозы он сравним с объектом «Укрытие», хотя, из-за недостаточного внимания к нему, в некоторой степени даже опасней [5].

ПЗРО «Комплексный» — расположен на территории 3-й очереди ЧАЭС, в нем находится 11 500 контейнеров с твердыми отходами общим объемом 88 тыс. м^3 и суммарной активностью $1{,}3 \cdot 10^{15}$ Бк (по состоянию на 2000 г.). Хранилище выполнено из сборного железобетона с монолитным основанием, расположенным на глиняной подушке толщиной 1—1,5 м, находящейся на глубине около 6 м от поверхности. Это хранилище не соответствует требованиям национального законодательства (статусу ПЗРО) и требует принятия срочных мер по обеспечению безопасности.

В зоне отчуждения расположено значительное число ПВЛРО, которые возникли в период 1986—1987 гг. в результате проведения первоочередных мероприятий по дезактивации загрязненной территории после катастрофы на ЧАЭС.

Эти работы проводились с целью скорейшей изоляции больших объемов загрязненной почвы, деревьев, строительных конструкций зданий и сооружений, техники и др. путем размещения их в буртах и траншеях (оврагах) для предотвращения опасности миграции радионуклидов воздушным путем в результате ветрового переноса радиоактивной пыли и другими путями. Общее количество траншей и буртов в зоне отчуждения более 1 000. По территориальному расположению все ПВЛРО объединены в сектора (табл. 2).

К числу проблемных участков расположения РАО можно также отнести водоем-охладитель ЧАЭС, состоянию которого посвящен целый ряд работ [6]—[11]. Основными причинами значительного радиоактивного загрязнения вод и, особенно, донных отложений были выпадения на его поверхность большого количества частиц ядерного топлива из разрушенного реактора, радиоактивных аэрозолей, а также сброс высокозагрязненных технических вод с промплощадки ЧАЭС в момент аварии через ливневую канализацию. К 2010 г., по результатам оценок УкрНИГМИ, в донных отложениях водоема накоплено около 280 ТБк ^{137}Cs, 42 ТБк ^{90}Sr и 0,75 ТБк изотопов плутония [4]. В предположении, что под ними авторы понимали $^{239+240}$Pu, получим: около 0,3 % топлива могло находиться в этой локализации.

После прекращения подкачки воды насосной станцией ее уровень снизился на 6—7 м за счет

Таблица 2. Количественная оценка радиоактивных отходов, сосредоточенных в ПЗРО и ПВЛРО на начало 21-го века [5]

Объекты сосредоточения РАО		Объем РАО, 10^3 м^3	Масса РАО, 10^6 кг	Активность, ПБк	Удельная активность, 10^6 Бк/кг
ПЗРО	«Подлесный»	11	22	2,60	120
	«Комплексный»	26	42	0,47	11
	«Буряковка»	653	945	2,44	2,7
	Всего в ПЗРО	**690**	**1009**	**5,51**	
ПВЛРО	«Старая стройбаза»	248	469	1,13	2,4
	«Новая стройбаза»	150	70	0,19	2,7
	«Рыжий лес»	500	250	0,48	1,9
	«Ст. Янов»	30	15	0,037	2,5
	«г. Припять»	16	11	0,026	2,4
	«Нефтебаза»	159	255	0,048	0,18
	«Песчаное плато»	57	92	0,0064	0,07
	«Копачи»	110	90	0,033	0, 37
	«Чистогаловка»	160	150	0,0037	0,02
	Всего в ПВЛРО	**1430**	**1402**	**1,954**	
Всего в ПЗРО и ПВЛРО		**2120**	**2411**	**7,464**	

фильтрации через тело дамбы и частично из-за испарения. Вода осталась только в естественных понижениях старой поймы р. Припять, с которой вновь образованные водоемы гидравлически связаны. Сформировались три зоны: полностью осушенная, полуболотная, а также постоянно затопленные участки. Общая площадь первой составила около 12 км^2, т. е. примерно 60% от бывшего зеркала водоема. На этом участке осталось 12—20% радионуклидов, находящихся в водоеме-охладителе [4].

План преобразования объекта «Укрытие» под названием SIP (Shelter Implementation Project), а в русской версии — «Арка», предусматривал изъятие ядерного топлива, что в качестве первоочередной задачи нашло отражение даже в постановлениях украинского правительства.

Известный ученый академик Э .В .Соботович, который являлся организатором и научным руководителем штаба АН УССР в Чернобыле, так комментировал такую стратегию обращения с топливом: «*Во-первых, для выемки топливосодержащих масс нам не хватит всего населения Киева, чтобы уложиться в допустимых 3 бэра. Во-вторых, куда извлеченное топливо девать? Его там с высокоактивными отходами порядка 100 тыс. тонн. А еще 200 тыс. тонн среднеактивных отходов и около миллиона тонн низкоактивных отходов. По правилам МАГАТЭ высокоактивные отходы нужно помещать в контейнеры по 100 кг в каждый. Представьте себе, сколько нам надо заводов по изготовлению миллионов контейнеров построить! Или на Западе их покупать? У них там хороший такой бизнес получится. Но чем мы будем платить?*»

В качестве альтернативы выемки всех РАО Э .В .Соботович видел такие возможности: «*Замонолитить 4-й блок на сто лет, пока его радиоактивность не понизится в сто раз. Но возникает два вопроса: не просядет ли под таким весом фундамент, что приведет к дополнительному поступлению грунтовых вод и не безнравственно ли перекладывать наши заботы на плечи правнуков (что в корне противоречит философии МАГАТЭ)?*

Очень конкурентоспособна идея захоронения омоноличенного 4-го блока целиком. То есть превращения его в большой «контейнер» и опускания на глубину порядка 1 километра. Это стоило бы 1,5—2 млрд долларов. Мы уже около миллиарда потратили на объект «Укрытие», а решения проблемы нет.

Все остальные проекты не решают проблемы загрязнения грунтовых вод. Что бы мы там наверху не строили, какие бы козырьки не надвигали, в объекте «Укрытие» образуется конденсационная вода. Она выщелачивает радиоактивность и несет с грунтовыми водами в Припять. Это будет продолжаться столько, сколько будет стоять объект.

Погружение блока в кристаллические формации целиком и будет преобразованием в экологически безопасную систему. Но это предложение на «западников» никакого впечатления не производит. Реализация такого проекта исключительно силами Украины представлялась затруднительной».

Помимо созданных в первые годы на промплощадке ЧАЭС объектов сосредоточения РАО, появились места их размещения и на соседних территориях Республики Беларусь и Российской Федерации. Эти отходы образовались как за счет перемещения радиоактивных материалов из Украины, так и при дезактивации населенных пунктов (НП) и отдельных территорий, расположенных внутри этих государств.

Количества РАО, образовавшихся в результате проведения дезактивационных работ, в различных странах существенно различались. В то же время масштабы загрязненных территорий и, соответственно, объемы предстоящих мероприятий по их очистке оказались столь велики, что всем была очевидна невозможность создания в короткие сроки фундаментальных могильников, при этом часть специалистов не видела в этом особой необходимости, так как значительная часть отходов дезактивации, в соответствии с действующим законодательством, относилась к самой низкой категории.

По этой причине при выборе месторасположения сооружений для захоронения РАО с низким и средним уровнями активности учитывались, помимо требований действовавших нормативных актов [13], [14], рекомендации и предложения ведущих ученых и специалистов. В их основу была положена записка президента Академии наук СССР А. П. Александрова, работавшего тогда одновременно и директором Института атомной энергии имени И. В. Курчатова: «О хранилищах мало- и средне-загрязненного грунта, удаляемого при дезактивации жилых поселков» [17].

Эти рекомендации нашли практическое применение на территориях Украины и Беларуси. В России в начальный период, казалось, не было необходимости в использовании подобных рекомендаций из-за отсутствия собственно отходов.

Однако позднее для 4 НП, попавших в зону отчуждения, и 215 НП с плотностью загрязнения от 555 до 1 480 кБк/м^2 был намечен комплекс мероприятий, направленных на снижение уровней облучения населения за счет благоустройства, включая и проведение дезактивационных работ. Их выполнение в течение 1987—1991 гг. привело к улучшению радиационной обстановки в загрязненных НП и одновременно к образованию значительного объема различного рода отходов. При этом, вне зависимости от степени изученности характера загрязнения, они относились к категории радиоактивных, что обусловливало необходимость их захоронения в хранилищах траншейного или курганного типа.

Значительное увеличение объема подобных отходов произошло после выхода распоряжения Совета Министров РСФСР № 878-р от 05 .10 .8 *о переселении в 1989—1993 гг. жителей отдельных населенных пунктов Брянской области* (31 НП) и особенно в 1992 г. после распоряжения Правительства РСФСР № 237-р от 28 .12 .199 которым утверждался список НП, отнесенных к различным зонам радиоактивного загрязнения. В частности, в Брянской области в зоне отселения было уже 144 НП. Часть освободившихся после эвакуации жителей ветхих строений сносилась, а полученные отходы подлежали захоронению в соответствии с действовавшими требованиями.

Во исполнение распоряжения Президента РСФСР № 70-рп от 02 .11 .199 Совету Министров РСФСР надлежало *«разработать и утвердить порядок инвентаризации мест и объектов образования, транспортировки, переработки, использования, сбора, хранения и захоронения радиоактивных веществ и источников ионизирующего излучения на территории РСФСР и на его основе до 1 января 1993 г. составить Государственный регистр мест захоронения радиоактивных отходов…»*. Этот документ имел непосредственное отношение и к рассматриваемой теме [16]. В 1993 г. в Брянской области были начаты исследования, направленные на выявление мест захоронения и оценку радиационной опасности таких временных хранилищ [17]. Одновременно велась разработка инструкции по ликвидации и изоляции ветхих сооружений в зонах отселения и отчуждения [18].

Однако впоследствии, из-за неуклонного сокращения объемов финансирования научно-исследовательских работ, самостоятельных исследований по проблематике не проводилось. На территории других российских областей, несмотря на проведение дезактивации и складирование образующихся отходов в границах НП, инвентаризация так и не была осуществлена.

В Брянской области при реализации международного проекта «Радиоэкология» в рамках франко-германской инициативы (ФГИ) был проведен в 2000—2001 гг. повторный подсчет мест захоронения отходов дезактивации с анализом накопленной в них активности. Общее количество изолированного ^{137}Cs определялось величиной 0,2 ТБк (с неопределенностью оценки от 0,1 до 0,3 ТБк) [17], а объем составил примерно 50 тыс. м^3 (табл. 3).

На территории Гомельской области БССР, находящейся значительно ближе к ЧАЭС, чем российские НП, зона эвакуации (отчуждения) в радиусе до 49 км от станции была установлена уже в 1986 году. В тот же период началось создание сети пунктов захоронения отходов дезактивации (ПЗОД). Согласно первоначальному учету [5], было зарегистрировано 92 таких объекта.

По инженерному обустройству они разделяются на три категории [25] в зависимости от уровня удельной активности или поверхностного загрязнения отходов дезактивации:

- первой категории (ПЗОД-I) — специальное инженерное сооружение (емкость), предназначенное для захоронения отходов дезактивации с удельной активностью ^{137}Cs от 100 кБк/кг и выше, обеспечивающее их надежную изоляцию за счет использования специальных инженерных защитных барьеров и гидротехнических мероприятий, имеющее систему постоянного контроля за его состоянием и воздействием на окружающую среду.

В настоящее время в Беларуси имеется один ПЗОД подобного типа — «Хатки». Он расположен на юге зоны отчуждения в составе Полесского государственного радиационно-экологического заповедника в нескольких километрах от границы с Украиной. Объект представляет

Таблица 3. Параметры хранилищ радиоактивных отходов дезактивации в Брянской области

Район	Ближайший населенный пункт	Общий объем отходов, тыс. м^3		Ожидаемые запасы ^{137}Cs, ГБк	Минимальная и максимальные оценки запасов ^{137}Cs, ГБк
		Официальные данные	Результаты исследования		
Красногорский	Буковец	7,1	7,2 (5–9)	24	20–30
	Николаевка	12,3	2 (1–5)	3,9	0,8–6
	Яловка	13,0	1,8 (1–3)	3,6	0,5–5
Новозыбковский	Бабаки	8,3	1,6 (1–3)	4,5	3,5–5
	Святск	10,6	10 (8–12)	107	50–130
Злынковский	Вышков	1,4	5 (2–8)	21	6–40
	Савицкий Лог-1	0,32	1,6 (1–2,5)	9,1	6–20
	Савицкий Лог-2		3,5 (1,5–4,2)	17	10–30
	Сенное-1	0,13	1 (0,5–2)	2	1–10
	Сенное-2		0,15 (0,1–0,3)	1	0,5–2
Гордеевский	Кожаны	2,1	0,5 (0,4–1,5)	2,8	2–6
	Мирный	10,6	6,3 (3,5–10)	27	20–40
	Творишино	4,71	1 (0,4–2)	1	0,5–2
	Ширяевка	5,0	0,1 (0,01–0,3)	0,1	0,05–0,5
Клинцовский	Клинцы	8,6		1,2	0,3–2

собой приповерхностный могильник из 8 траншей, состоящих из бетонных ячеек (3 × 3 × 3 м). Сверху они закрыты бетонными плитами, на которые уложен слой глины. В ПЗОД (по данным отчетности) в 1991 году было изолировано 3088 тонн радиоактивных биологических отходов. Их общая активность на момент захоронения составляла $74{,}5 \cdot 10^{10}$ Бк;

- второй категории (ПЗОД-II) — инженерное сооружение для приповерхностного захоронения отходов дезактивации с удельной активностью содержания ^{137}Cs от 1,0 до 100 кБк/кг, предотвращающее распространение радионуклидов в окружающую среду за счет использования простейших глиняных защитных экранов. Оборудование ПЗОД-II обеспечивает возможность контроля за его состоянием и воздействием на природу. В Беларуси существует 9 пунктов захоронения такого типа;
- третьей категории (ПЗОД-III) — это организованные в первоначальный послеаварийный период приповерхностные пункты хранения отходов дезактивации, выполненные, как правило, без проектов и учета гидрогеологических ограничений, требующие дополнительных мероприятий по инженерному обустройству и контролю за их состоянием и воздействием на окружающую среду.

Практически все они создавались в экстремальных условиях и оборудовались обычно в бывших карьерах, оврагах, понижениях рельефа, иногда специально вырытых траншеях или на ровных площадках. Существует 76 ПЗОД-III, три из них имеют защиту основания в виде слоя глины или полимерной пленки, 11 — скважины для контроля загрязненности грунтовых вод.

ПЗОД-I и ПЗОД-II внесены в Единую государственную систему учета и контроля источников ионизирующего излучения.

Обращение с отходами дезактивации, а также обустройство, содержание и радиационный контроль ПЗОД осуществляют специализированные предприятия: «Полесье» и «Радон», имеющие специальные разрешения (лицензии). Обслуживание осуществляется в соответствии с графиками, согласованными с местными органами санитарно-эпидемиологической службы.

Краткие характеристики ПЗОД приведены в табл. 4.

Таблица 4. Количественная оценка радиоактивных отходов, сосредоточенных в ПЗОД Республики Беларусь [5]

Категория ПЗОД	Область	Объем РАО, 10^3 м^3	Масса РАО, 10^6 кг	Активность, ГБк
ПЗОД-I	Гомельская	2,6	3,1	356,5
ПЗОД-II	Гомельская	50,5	60,5	156,7
	Могилевская	102,4	123,0	696,7
	Брестская	10,4	6,99	29,6
ПЗОД-III	Гомельская	525,5	630,3	2798,8
	Брестская	3,9	2,6	79,9
Всего		**695,3**	**826,5**	**4118,2**

Таким образом, на территории Беларуси активность отходов чернобыльского происхождения более чем на 3 порядка величины ниже, чем в Украине, и примерно на порядок величины выше, чем в России.

В настоящее время на территории Республики Беларусь находится 86 ПЗОД суммарным объемом около 695 тыс. $м^3$, все они включены в национальный реестр объектов ядерного наследия [12].

В процессе систематизации информации по всем пунктам хранения и захоронения РАО исследователи столкнулись с тем фактом, что ни в одной из трех стран не было национальной классификации РАО по уровню активности отдельных радионуклидов. В СПОРО-85, действующих на момент аварии, дана классификация твердых РАО по мощности дозы на расстоянии 0,1 м от поверхности [13]:

а) I группа — до 30 мбэр/ч (0,3 мЗв/ч);
б) II группа — от 30 мбэр/ч (0,3 мЗв/ч) до 1 000 мбэр/ч (10 мЗв/ч);
в) III группа — выше 1 000 мбэр/ч (10 мЗв/ч).

Твердые отходы считаются радиоактивными, если их удельная активность [13]:

- больше 74 кБк/кг ($2 \cdot 10^{-6}$ Ки/кг) — для β-активных веществ;
- больше 7,4 кБк/кг ($2 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг) — для α-активных веществ (для радионуклидов трансурановых элементов больше 0,37 кБк/кг — $1 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг);
- уровни загрязнения поверхностей превышают 5 α-част./(с ^{2}·мин) или 50 β-част./(с ^{2}·мин), определяемых на площади 100 $см^2$.

Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных электростанций (СП АС-88 и СП АС 88/93) [14], [15] устанавливали принадлежность отходов к твердым РАО по одному из трех критериев:

- мощность дозы на расстоянии 0,1 м от поверхности превышает 100 мкбэр/ч (1 мкЗв/ч);
- удельная активность больше $2 \cdot 10^{-6}$ Ки/кг ($7{,}4 \cdot 10^4$ Бк/кг) для β-излучателей и $2 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг ($7{,}4 \cdot 10^3$ Бк/кг) — для источников α-излучения (для растворимых солей нормы уменьшаются в 10 раз);
- поверхностная загрязненность превышает для β-излучателей 500 част./с ^{2}·мин, для α-излучателей — 5 част./с ^{2}·мин.

Практически применяемая в СССР классификация РАО выделяла три категории жидких РАО: слабо-, средне- и высокоактивные [13] (табл. 5).

Таблица 5. Классификация радиоактивных отходов, принятая в СССР

Категория РАО	Мощность дозы α-излучения на расстоянии 0,1 м от поверхности, мЗв/ч	Удельная активность, Бк/л
1	до 0,3	$< 3{,}7 \cdot 10^5$
2	$3 \cdot 10^{-1} - 10$	$3{,}7 \cdot 10^5 - 3{,}7 \cdot 10^{10}$
3	> 10	$> 3{,}7 \cdot 10^{10}$

В Концепции обращения с РАО в Украине, разработанной в 1993 г. [20] (документ рекомендательного характера), была предложена классификация РАО по условиям их длительного хранения и захоронения, созданная на основе качественной классификации РАО, рекомендованной МАГАТЭ [21], с использованием критериев, действовавших в СССР до 1991 г. (табл. 6).

В 1998 г. была принята классификация РАО чернобыльского происхождения в Республике Беларусь [24] (в 2004 г. документ был актуализирован [25]). В ней они подразделяются на три категории по содержанию ^{137}Cs — главного радионуклида в радиоактивных отходах, локализованных в стране.

Таблица 6. Классификация радиоактивных отходов по условиям их длительного хранения и захоронения [22], [23]

Категория отходов по МАГАТЭ (по СПОРО-85)	Основные характеристики			Период изоляции от биосферы	Вид изоляции
	Мощность дозы γ-излучения на расстоянии 10 см от поверхности, мЗв/ч	Удельная β-активность, Бк/кг	Удельная α-активность, Бк/кг		
1. РАО с долгоживущими радиоизотопами (период полураспада более 30 лет)					
Высокоактивные (III группа)	> 10	$> 3{,}7 \cdot 10^9$	$> 3{,}7 \cdot 10^8$	Более 10 тыс. лет для РАО с трансурановыми элементами. До 1 000 лет для РАО с долгоживущими изотопами	Геологическое захоронение
Среднеактивные (II группа)	$3 \cdot 10^{-1} - 10$	$3{,}7 \cdot 10^6 - 3{,}7 \cdot 10^9$	$3{,}7 \cdot 10^5 - 3{,}7 \cdot 10^8$		
Низкоактивные (I группа)					
2. РАО с короткоживущими радиоизотопами (период полураспада менее 30 лет)					
Среднеактивные (II группа)	$3 \cdot 10^{-1} - 10$	$3{,}7 \cdot 10^6 - 3{,}7 \cdot 10^9$	$7{,}4 \cdot 10^3 - 3{,}7 \cdot 10^5$	До 300 лет	Наземные, приповерхностные или подземные
Низкоактивные (I группа)	$3 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-1}$	$7{,}4 \cdot 10^4 - 3{,}7 \cdot 10^6$	$7{,}4 \cdot 10^3 - 3{,}7 \cdot 10^5$		

Однако все существующие классификации не охватывали широкого спектра РАО, поэтому в рамках проекта ФГИ были предприняты усилия для создания их единой категоризации.

Состав и уровень активности отходов дезактивации в общем обусловлен степенью близости дезактивируемой территории к источнику загрязнения — 4-му энергоблоку ЧАЭС, поэтому РАО, локализованные в Украине в зоне отчуждения, отличаются от локализованных в Беларуси и России большим разнообразием радионуклидного состава и гораздо более высокими уровнями активности. Изначально были разработаны общие принципы категоризации, в основу которых были положены следующие положения [5]:

- соблюдение максимальной адекватности действующим нормативным документам. Ее критерии должны, по возможности, соответствовать принятым в них принципам, а границы хотя бы некоторых категорий — указанным в официальной классификации РАО;
- использование общего подхода к классификации РАО, рекомендованной МАГАТЭ, согласно которому ее критериями должны быть уровни активности — с одной стороны, и содержание долгоживущих радионуклидов — с другой;
- учет специфических особенностей РАО чернобыльского происхождения. В пунктах сосредоточения радиоактивных отходов (ПСРО) они представляют собой агломерат разнообразных несортированных материалов и веществ; их активность обусловлена совместным присутствием β-, γ- и α-излучающих радионуклидов; удельная активность преобладающих объемов РАО не достигает уровней, при которых, согласно действующим нормативным документам, отходы считаются радиоактивными;
- процесс должен быть достаточно простым и обеспечивать практическую возможность идентификации РАО по имеющимся данным инвентаризации, которые являются, по существу, экспертными оценками объема, массы, общей и α-активности РАО в ПСРО. Данные о концентрации отдельных радионуклидов являются еще менее надежными, поскольку основаны на результатах их немногочисленных обследований.

Как следует из анализа существовавших классификаций РАО, никакая из них не удовлетворяет изложенным принципам. Однако один из критериев, принятый в СССР, а также предложенный в «Концепции обращения с РАО в Украине», может быть использован для категоризации РАО чернобыльского происхождения. Таким критерием является уровень удельной α-активности, по которому они подразделяются на отходы с короткоживущими и долгоживущими радионуклидами. Использование удельной β-активности для категоризации РАО по содержанию короткоживущих отходов нецелесообразно в силу их специфичности. Уровень поверхностной загрязненности материалов β- излучателями и мощность дозы α-излучения на расстоянии 0,1 м от поверхности также не применяют как критерии категоризации, поскольку они имеют смысл лишь для некоторой части РАО и практически не могут быть оценены в ПСРО.

В результате обсуждения этой проблемы на рабочем совещании (октябрь 1999 г.) было признано наиболее целесообразным использование уровня удельной активности по ^{137}Cs. Таким образом, критериями категоризации РАО чернобыльского происхождения приняты:

- удельная активность по ^{137}Cs;
- удельная α-активность.

Необходимо подчеркнуть, что во всех существующих классификациях принадлежность РАО к тому или иному классу (группе, категории) устанавливается по какому-либо одному критерию. Выбор двух указанных выше критериев для отходов чернобыльского происхождения предполагает их совместное использование для отнесения к той или иной категории.

Согласно изложенному выше, РАО подразделяются на классы путем комплексирования двух критериев: уровни удельной активности ^{137}Cs $A(^{137}\mathrm{Cs})_S$ и удельной α-активности $A(\alpha)_S$. Первый используется как характеристика общей удельной активности РАО, поскольку ^{137}Cs вносит в нее наибольший вклад. По аналогии с классификацией РАО, применявшейся в СССР, отходы чернобыльского происхождения подразделяются на группы (низкоактивные и среднеактивные) по величине $A(^{137}\mathrm{Cs})_S$, численно равной граничному уровню β-активности.

Второй является оценкой содержания в РАО долгоживущих радионуклидов. Каждая из групп подразделяется на категории по величине $A(\alpha)_S$, соответствующей какому-либо из граничных уровней удельной α-активности в классификации, применявшейся в СССР.

Категоризация РАО очень низких уровней активности осуществлена по принципу разделения отходов чернобыльского происхождения, принятому в Беларуси, т. е. при условии $A(^{137}\mathrm{Cs})_S > 0{,}96\cdot10^3 \approx 1\cdot10^3$ (Бк/кг). РАО с удельной активностью по ^{137}Cs не выше $1\cdot10^4$ Бк/кг выделены в группу «Условно радиоактивных отходов» (табл. 7 и рис. 2).

Таблица 7. Категоризация чернобыльских радиоактивных отходов

Категория РАО	Удельная активность ^{137}Cs $A(^{137}Cs)_S$, Бк/кг	Удельная α-активность $A(\alpha)_S$, Бк/кг
I. Условно радиоактивные отходы:		
I-a	$1{\cdot}10^3 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^4$	$A(\alpha)_S \leqslant 4{\cdot}10^2$
I-b	$1{\cdot}10^3 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^4$	$A(\alpha)_S > 4{\cdot}10^2$
II. РАО очень низкого уровня активности:		
II-a	$1{\cdot}10^4 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^5$	$A(\alpha)_S \leqslant 4{\cdot}10^2$
II-b	$1{\cdot}10^4 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^5$	$A(\alpha)_S > 4{\cdot}10^2$
III. РАО низкого уровня активности:		
III-a	$1{\cdot}10^5 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^7$	$A(\alpha)_S \leqslant 4{\cdot}10^2$
III-b	$1{\cdot}10^5 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^7$	$4{\cdot}10^2 < A(\alpha)_S \leqslant 7{\cdot}10^3$
III-c	$1{\cdot}10^5 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^7$	$A(\alpha)_S > 7{\cdot}10^3$
IV. РАО среднего уровня активности:		
IV-a	$A(^{137}Cs)_S > 1{\cdot}10^7$	$A(\alpha)_S \leqslant 10^3$
IV-b	$A(^{137}Cs)_S > 1{\cdot}10^7$	$7{\cdot}10^3 < A(\alpha)_S \leqslant 4{\cdot}10^5$
IV-c	$A(^{137}Cs)_S > 1{\cdot}10^7$	$A(\alpha)_S > 10^5$

Как показано выше, локализованные РАО чернобыльского происхождения классифицированы на 10 категорий по удельной активности ^{137}Cs и удельной α-активности. ПСРО, существующие в Республике Беларусь, России и Украине, разделены на 5 категорий по особенностям конструкции и способу размещения РАО (табл .8). Их идентификация — это установление позиции каждого из существующих в системе обеих категоризаций — ПСРО и РАО.

РАО чернобыльского происхождения, локализованные в ПСРО Украины, относятся к следующим пяти категориям:

I-b: $1{\cdot}10^3 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^4$; $A(\alpha)_S > 4{\cdot}10^2$,

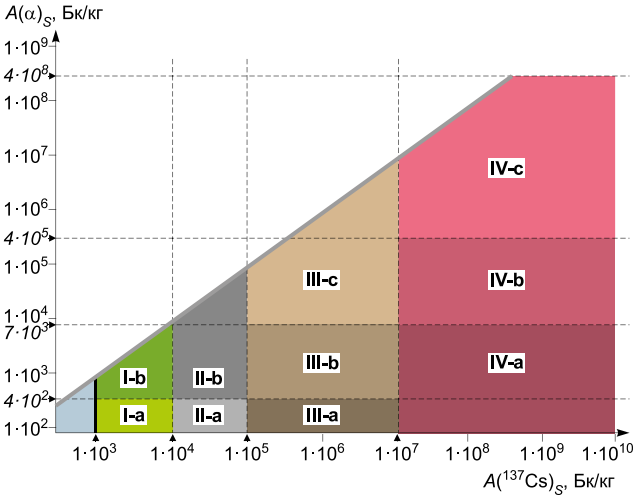


Рис. 2. Единая категоризация радиоактивных отходов

II-a: $1{\cdot}10^4 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^5$; $A(\alpha)_S \leqslant 4{\cdot}10^2$,
II-b: $1{\cdot}10^4 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^5$; $A(\alpha)_S > 4{\cdot}10^2$,
III-b: $1{\cdot}10^5 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^7$; $4{\cdot}10^2 < A(\alpha)_S \leqslant 7{\cdot}10^3$,
III-c: $1{\cdot}10^5 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^7$; $A(\alpha)_S > 7{\cdot}10^3$

ПСРО, существующие в Украине, делятся на 5 категориий — A, B, C, D, E.

РАО чернобыльского происхождения, локализованные в ПСРО Беларуси, имеют три категории:

I-a: $1{\cdot}10^3 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^4$; $A(\alpha)_S \leqslant 4{\cdot}10^2$,
II-a: $1{\cdot}10^4 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^5$; $A(\alpha)_S \leqslant 4{\cdot}10^2$,
III-a: $1{\cdot}10^5 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^7$; $A(\alpha)_S \leqslant 4{\cdot}10^2$,

ПСРО и ПЗОД, расположенные в Беларуси, разделены на 4 категории — B, C, D и E.

РАО чернобыльского происхождения, помещенные в ПСРО России, имеют только категорию **I-a**: $1{\cdot}10^3 < A(^{137}Cs)_S \leqslant 1{\cdot}10^4$; $A(\alpha)_S \leqslant 4{\cdot}10^2$,

ПСРО, существующие в России, относятся к двум категориям — D и E, и фактически на сегодняшний день их можно причислить к ПЗОД.

Таблица 8. Категоризация пунктов сосредоточения радиоактивных отходов

Категория	Тип пункта сосредоточения отходов	Фундамент и стены. Материал	Изоляция. Материал	Способ размещения и упаковка РАО	Представитель категории
A	Поверхностное	Бетон, железобетон	Только сверху. Цемент, глина	Железобетонные емкости. В контейнерной упаковке и без упаковки	*ПЗРО «Подлесный»*
B	Приповерхностное; траншейного типа	Бетон, железобетон	Снизу и сверху. Глина	В контейнерной упаковке и без упаковки	*ПЗРО «Комплексный»; ПЗОД-I «Хатки» (Беларусь)*
C	Приповерхностное; траншейного типа	Отсутствуют	Снизу и сверху. Глина	Без упаковки	*ПЗРО «Буряковка»; ПЗОД-II (Беларусь)*
D	Приповерхностное; траншейного типа	Отсутствуют	Только сверху. Местный грунт	Без упаковки	*Часть ПВЛРО (Украина); ПЗОД-III (Беларусь); ПВЛРО (Россия)*
E	Поверхностное, буртового типа	Отсутствуют	Только сверху. Местный грунт	Без упаковки	*Часть ПВЛРО (Украина); ПЗОД-III (Беларусь); ПВЛРО (Россия)*

Литература

1 . *Арутюнян Р. В., Большов Л. А., Боровой А. А., Велихов Е. П., Ключников А. А.* Ядерное топливо в объекте «Укрытие» Чернобыльской АЭС. — М. : Наука, 2010. 240 с.

2 . Анализ текущей безопасности объекта «Укрытие» и прогнозные оценки развития ситуации : Отчет МНТЦ «Укрытие», арх. № 3836. Отв. исполнитель А. А. Боровой. — Чернобыль, 2001. 337 с.

3 . *Боровой А. А., Довбенко А. А., Строганов А. А. и др.* Топливо 4-го энергоблока ЧАЭС. Справочник : Отчет КЭ при ИАЭ им. И. В. Курчатова. — Чернобыль, 1988. 105 с.

4 . Двадцать пять лет Чернобыльской катастрофы. Безопасность будущего : Сборник тезисов международной конференции, 20—22 апреля 2011 года, Киев, Украина. — Киев, 2011. 452 с.

5 . Франко-германская инициатива. Проект № 2 «Радиоэкологические последствия чернобыльской аварии», подпроект 2 «Локализованные радиоактивные отходы и стратегия обращения с ними». Финальный отчет. — Киев, 2002.

6 . *Buckley M. J., Bugai D., Dutton L. M. C., Gerchikov M. Yu. et al.* Drawing up and evaluating remedial strategies for the Chernobyl cooling pond. Final Report: C6476/TR/001. Service Contract No. B7-5230/2000/306958/MAR/C2. UK, NNC Limited, 2002.

7 . *Войцехович О., Канивец В. Лаптев Г., Бугай Д. и др.* Экологическое обоснование возможности вывода водоема-охладителя из эксплуатации и подготовка исходных данных для выполнения технико-экономического расчета, номер госрегистрации 0106U011970. Подготовлено ЦМДПТ по заказу ЧАЭС. 2006.

8 . *Bulgakov A., Konoplev A., Smith J., Laptev G., Voitsekhovich O.* Fuel particles in the Chernobyl cooling pond: current state and prediction for remediation options // Journal of Environmental Radioactivity. 2009. Vol. 100. No. 4. Pp. 329—332. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2008.12.012.

9 . *Кашпаров В. О., Хомутин В. Ю., Глуховской О. С. и др.* Оценка опасности вторичного ветрового переноса радиоактивных аэрозолей после частичного осушения водоема-охладителя ЧАЭС // Бюллетень экологического состояния зоны отчуждения и зоны безусловного (обязательного) отселения. 2003. № 1 (21). С. 67—74.

10 . *Петров М. Ф., Кірєєв С. І.* Природне заростання ложа водойми-охолоджувача ЧАЕС після понижения його рівня // Бюллетень экологического состояния зоны отчуждения и зоны безусловного (обязательного) отселения. 2006. № 1 (27). С .78—82.

11 . *Бугай Д. И. и др.* Экспериментальные гидрогеологические исследования и фильтрационные расчеты водоема-охладителя Чернобыльской АЭС // Бюллетень экологического состояния зоны отчуждения и зоны безусловного (обязательного) отселения. 2005. № 1 (25). С. 42—58.

12 . *Павлов Д. Е., Шмелева Е. В. Басалай Л. Б.* Управление территориями ядерного наследия, совершенствование правового регулирования // Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях : Сборник трудов XII Международной научной конференции, Москва, 29—31 октября 2025 года. — Москва, ИБРАЭ РАН, 2025. — С. 59—65.

13 . СанПиН 42-129-11—3938—85. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-85). — Москва, 1986.

14 . СП АЭС-88. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных электростанций .— Москва, 1986.

15 . СП-АС 88/93. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (2-е издание, исправленное и дополненное). — Москва, 1993.

16 . Сборник информационно-нормативных материалов по вопросам преодоления в Российской Федерации последствий Чернобыльской катастрофы. В 2 частях. — Москва, 1991.

17 . Исследование мест захоронения отходов дезактивации на территории Брянской области в связи с ликвидацией последствий аварии на Чернобыльской АЭС : Отчет ИБРАЭ РАН. — Москва, 2003. 66 с.

18 . *Пархоменко В. И., Рамзаев В. П. и др.* Заключительный отчет по теме 4 .1 . «Оценка радиационной опасности временных хранилищ радиоактивных отходов в Красногорском районе Брянской области». — Новозыбков, 1993. 21 с.

19 . *Пархоменко В. И. и др.* Инструкция по ликвидации и захоронению ветхих сооружений в зоне отселения и отчуждения. — Новозыбков, 1993.

20 . *Соботович Э. В. и др.* Концепция обращения с радиоактивными отходами Украины. — Киев, Академия наук Украины, 1993. 132 с.

21 . Underground Disposal of Radioactive Wastes. Basic Guidance. Safety series, No. 54. — Vienna, IAEA, 1981.

22 . Концепция по обращению с радиоактивными отходами в пунктах временной локализации на территории Украины : Отчет о НИР ВНИПИпромтехнологии. — Москва, 1991.

23 . *Либов Е. А., Ильичев В. А. и др.* Изучение мест захоронения РАО, разработка технологий и мероприятий по их долговременной локализации. ВНИПИпромтехнологии, Чернобыль/Фонды Чернобыля. — Москва, 1992.

24 . СПООД-98. Санитарные правила обращения с отходами дезактивации, образующимися в результате работ по преодолению последствий

катастрофы на Чернобыльской АЭС. — Минск : Министерство здравоохранения, 1998.
25 .2 .6 .6 .8-8-20 Санитарные правил и нормы. Обращение с отходами дезактивации, образующимися в результате работ по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС (СПООД-2004). — Минск : Министерство здравоохранения, 2004.

Информация об авторах

Панченко Сергей Владимирович, старший научный сотрудник лаборатории радиоэкологии, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: panch@ibrae .ac .r

Гаврилов Сергей Львович, заведующий отделением, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: gav@ibrae .ac .r

Павлов Дмитрий Евгеньевич, заместитель начальника Департамента по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (220030, Республика Беларусь, Минск, ул. Берсона, д. 16), e-mail: Pavlov@gosatomnadzor.gov.by.

Шмелёва Екатерина Владимировна, начальник управления по обращению с радиоактивными отходами и объектами ядерного наследия, Департамент по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (220030, Республика Беларусь, Минск, ул. Берсона, д. 16), e-mail: Shmeleva@gosatomnadzor.gov.by.

Библиографическое описание статьи

Панченко С. В., Гаврилов С. Л., Павлов Д. Е., Шмелёва Е. В. Радиоактивные отходы Чернобыля // Радиоактивные отходы. 2026. № 2 (35). С. 75—86. DOI: 10 .25283/258 -9707-2026-2-75-86.

RADIOACTIVE WASTE OF CHERNOBYL ORIGIN

Panchenko S. V.[1], Gavrilov S. L.[1], Pavlov D. E.[2], Shmeleva E. V.[2]

[1] Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

[2] Department for Nuclear and Radiation Safety of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Article received on February 11, 2026

The paper considers the inventory accounting for most part of the radioactive waste of the Chernobyl origin in three countries, namely, the Republic of Belarus, the Russian Federation and the Republic of Ukraine. It presents a waste categorization system developed jointly by specialists from these three countries based on current regulations, as well as a general categorization system for disposal and storage facilities accommodating such waste.

Keywords: *Chernobyl accident, radioactive waste, disposal facility for radioactive waste, consolidation facility for radioactive waste, categorization of radioactive waste, categorization of radioactive waste consolidation facilities.*

References

1 .Arutyunyan R. V., Bolshov L. A., Borovoi A. A., Velikhov E. P., Klyuchnikov A. A. *Yadernoye toplivo v ob"yekte "Ukrytiye" Chernobyl'skoy AES* [Nuclear fuel in the "Shelter" encasement of the Chernobyl NPP]. Moscow, Nauka Publ., 2010. 240 p.

2 .*Analiz tekushchey bezopasnosti ob"yekta "Ukrytiye" i prognoznyye otsenki razvitiya situatsii: Otchet MNTTS "Ukrytiye"* [Current safety level at the Shelter facility: analysis and predictive assessments of its evolution: ISTC Shelter Report]. Archive No. 3836. Responsible executor A. A. Borovoi. Chernobyl, 2001. 337 p.

3 . Borovoi A. A., Dovbenko A. A., Stroganov A. A. et al. *Toplivo 4-go energobloka CHAES. Spravochnik* [Fuel at Unit 4 of the Chernobyl Nuclear Power Plant. Handbook]. Report of the CE under the I .V .Kurchatov Institute of Atomic Energy. Chernobyl, 1988. 105 p.

4 . *Dvadtsat' pyat' let Chernobyl'skoy katastrofy. Bezopasnost' budushchego* [Twenty-fi e years after Chernobyl accident. Safety for the future] : A collection of abstracts of an international conference, April 20—22, 2011, Kiev, Ukraine. — Kiev, 2011. 452 p.

5 . *Franko-germanskaya initsiativa. Proyekt No. 2 "Radioekologicheskiye posledstviya Chernobyl'skoy avarii", podproyekt 2 "Lokalizovannyye radioaktivnyye otkhody i strategiya obrashcheniya s nimi"* [French-German Initiative. Project No .2 Radioecological Consequences of the Chernobyl Accident, subproject 2 Localized Radioactive Waste and Their Management Strategy]. Final report. Kiev, 2002.

6 . Buckley M. J., Bugai D., Dutton L. M. C., Gerchikov M. Yu. et al. Drawing up and evaluating remedial strategies for the Chernobyl cooling pond. Final Report: C6476/TR/001. Service Contract No .B7-5230/2000/306958/MAR/C2. UK, NNC Limited, 2002.

7 . Voitsekhovich O., Kanivets V., Laptev G., Bugai D. et al. *Ekologicheskoye obosnovaniye vozmozhnosti vyvoda vodoyema-okhladitelya iz ekspluatatsii i podgotovka iskhodnykh dannykh dlya vypolneniya tekhniko-ekonomicheskogo rascheta* [Environmental Assessment of a Decommissioning Option for the Cooling Pond and Preparation of Initial Data for the Technical and Economic Calculation], State Registration No. 0106U011970. Prepared by the TsMDPT at the request of the Chernobyl Nuclear Power Plant, 2006.

8 . Bulgakov A., Konoplev A., Smith J., Laptev G., Voitsekhovich O. Fuel particles in the Chernobyl cooling pond: current state and prediction for remediation options. *Journal of Environmental Radioactivity,* 2009, vol. 100, no. 4, pp. 329—332. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2008.12.012.

9 . Kashparov V. O., Khomutin V. Yu., Glukhovsky O .S. et al. Otsenka opasnosti vtorichnogo vetrovogo perenosa radioaktivnykh aerozoley posle chastichnogo osusheniya vodoyema-okhladitelya CHAES [Risk Assessment for the Secondary Wind Transport of Radioactive Aerosols after Partial Drainage of the Cooling Pond at Chernobyl NPP]. *Byulleten' ekologicheskogo sostoyaniya zony otchuzhdeniya i zony bezuslovnogo (obyazatel'nogo) otseleniya — Bulletin on the Ecological State of the Exclusion Zone and the Zone of Unconditional (Mandatory) Resettlement,* 2003, no. 1 (21), pp. 67—74.

10 . Petrov M. F., Kireyev S. I. Prirodne zarostannya lozha vodoymi-okholodzhuvacha CHAES pislya ponizheniya yogo rivnya [Natural overgrowth of the cooling pond bed at the Chernobyl Nuclear Power Plant after its drawdown]. *Byulleten' ekologicheskogo sostoyaniya zony otchuzhdeniya i zony bezuslovnogo (obyazatel'nogo) otseleniya — Bulletin on the Ecological State of the Exclusion Zone and the Zone of Unconditional (Mandatory) Resettlement,* 2006, no .1 (27), pp. 78—82.

11 . Bugai D. I. et al. Eksperimental'nyye gidrogeologicheskiye issledovaniya i fil'tratsionn ye raschety vodoyema-okhladitelya Chernobyl'skoy AES [Experimental hydrogeological studies and fl w calculations for the cooling pond of the Chernobyl NPP]. *Byulleten' ekologicheskogo sostoyaniya zony otchuzhdeniya i zony bezuslovnogo (obyazatel'nogo) otseleniya — Bulletin on the Ecological State of the Exclusion Zone and the Zone of Unconditional (Mandatory) Resettlement,* 2005, no. 1 (25), pp. 42—58.

12 . Pavlov D. E., Shmeleva E. V. Basalaj L. B. *Upravleniye territoriyami yadernogo naslediya, sovershenstvovaniye pravovogo regulirovaniya* [Management of nuclear legacy territories, improvement of legal regulation]. Proceedings of the XII International Scientific Conference "Radiation Protection and Radiation Safety in Nuclear Technologies", Moscow, October 29—31, 2025. Moscow, NSI PAS Publ., 2025. Pp. 59—65.

13 . SaNPIN 42-129-11—3938—85. *Sanitarnye pravila obrashcheniya s radioaktivnymi otkhodami (SPORO-85)* [Sanitary Rules for Radioactive Waste Management] (SPORO-85). Moscow, 1986.

14 . SP AES-88. *Sanitarnyye pravila proyektirovaniya i ekspluatatsii atomnykh elektrostantsiy* [Sanitary Rules for the Design and Operation of Nuclear Power Plants]. Moscow, 1988.

15 . SP-AS 88/93. *Sanitarnyye pravila proyektirovaniya i ekspluatatsii atomnykh elektrostantsiy* [Sanitary Rules for the Design and Operation of Nuclear Power Plants]. 2nd edition, revised and supplemented. Moscow, 1993.

16 . *Sbornik informatsionno-normativnykh materialov po voprosam preodoleniya v Rossiyskoy Federatsii posledstviy Chernobyl'skoy katastrofy* [Collection of information and regulatory materials on overcoming the consequences of the Chernobyl disaster in the Russian Federation]. In 2 parts. Moscow, 1991.

17 . *Issledovaniye mest zakhoroneniya otkhodov dezaktivatsii na territorii Bryanskoy oblasti v svyazi s likvidatsiyey posledstviy avarii na Chernobyl'skoy AES* [Study of disposal sites for decontamination waste in the Bryansk region resulted from the accident cleanup at the Chernobyl NPP]. Report of the Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2003. 66 p.

18 . Parkhomenko V. I., Ramzaev V. P. et al. *Zaklyuchitel'nyy otchet po teme 4.1.4 "Otsenka radiatsionnoy opasnosti vremennykh khranilishch radioaktivnykh otkhodov v Krasnogorskom rayone Bryanskoy oblasti"*

[Final Report on Topic 4 .1 . Radiation Hazard Assessment of Temporary Radioactive Waste Storage Facilities in the Krasnogorsk District of the Bryansk Region]. Novozybkov, 1993. 21 p.
19 . Parkhomenko V. I. et al. *Instruktsiya po likvidatsii i zakhoroneniyu vetkhikh sooruzheniy v zone otseleniya i otchuzhdeniya* [Instructions for the Elimination and Disposition of Dilapidated Structures in the Resettlement and Exclusion Zone]. Novozybkov, 1993.
20 . Sobotovich E. V. et al. *Kontseptsiya obrashcheniya s radioaktivnymi otkhodami Ukrainy* [Concept of Radioactive Waste Management in Ukraine]. Kyiv, Academy of Sciences of Ukraine Publ., 1993. 132 p.
21 . Underground Disposal of Radioactive Wastes. Basic Guidance. Safety series, No. 54. Vienna, IAEA Publ., 1981.
22 . *Kontseptsiya po obrashcheniyu s radioaktivnymi otkhodami v punktakh vremennoy lokalizatsii na territorii Ukrainy* [Concept for Radioactive Waste Management at Temporary Containment Facilities in Ukraine]. Research Report. Moscow, VNIPIpromtekhnologii Publ., 1991.
23 . Libov E. A., Ilyichev V. A. et al. *Izucheniye mest zakhoroneniya RAO, razrabotka tekhnologiy i meropriyatiy po ikh dolgovremennoy lokalizatsii* [Study of Radioactive Waste Disposal Facilities, Development of Technologies and Measures for Their Long-Term Containment]. VNIPIpt, Chernobyl/ Fondy Chernobylya [Chernobyl Funds]. Moscow, VNIPIpromtekhnologii Publ., 1992.
24 . SPOOD-98. *Sanitarnyye pravila obrashcheniya s otkhodami dezaktivatsii, obrazuyushchimisya v rezul'tate rabot po preodoleniyu posledstviy katastrofy na Chernobyl'skoy AES* [Sanitary rules for the management of decontamination waste resulting from cleanup activities at the Chernobyl NPP]. Minsk, Ministry of Health Publ., 1998.
25 . 2 .6 .6 .8-8-20 *Sanitarnyye pravila i normy. Obrashcheniye s otkhodami dezaktivatsii, obrazuyushchimisya v rezul'tate rabot po preodoleniyu posledstviy katastrofy na Chernobyl'skoy AES* [Sanitary rules and norms. Management of decontamination waste resulting from cleanup activities at the Chernobyl NPP]. Minsk, Ministry of Health Publ., 2004.

Information about the authors

Panchenko Sergey Vladimirovich, Senior Researcher at the Laboratory of Radioecology, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulskaya st., Moscow, 115191, Russia), e-mail: panch@ibrae .ac .r

Gavrilov Sergey Lvovich, Head of division, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulskaya st., Moscow, 115191, Russia), e-mail: gav@ibrae .ac .r

Pavlov Dmitry Evgenevich, Deputy Chief of the Department for Nuclear and Radiation Safety of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus (16, Bersona st., Minsk, 220030, Republic of Belarus), e-mail: Pavlov@gosatomnadzor.gov.by.

Shmeleva Ekaterina Vladimirovna, Head of the Department for Radioactive Waste Management and Nuclear Heritage Facilities, Department for Nuclear and Radiation Safety of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus (16, Bersona st., Minsk, 220030, Republic of Belarus), e-mail: Shmeleva@gosatomnadzor.gov.by.

Bibliographic description

Panchenko S. V., Gavrilov S. L., Pavlov D. E., Shmeleva E. V. Radioactive Waste of Chernobyl Origin. *Radioactive Waste,* 2026, no. 2 (35), pp. 75—86. DOI: 10 .25283/258 -9707-2026-2-75-86. (In Russian).