

# К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Е. Г. Васильева, А. А. Аракелян, П. А. Блохин, А. А. Самойлов, С. В. Панченко

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва

Статья поступила в редакцию 14 июня 2024 г.

*Статья посвящена анализу положений действующих нормативно-правовых актов при обращении с грунтами промышленных площадок, загрязненными химическими веществами, в части их изъятия и присвоения статуса отходов производства и потребления. Рассмотрены особенности методик категорирования грунтов и классификации отходов, варианты обращения с ними в аспекте их применения на объектах атомной отрасли, а также сформулированы предложения по их корректировке.*

**Ключевые слова:** вывод из эксплуатации объектов использования атомной энергии, химическое загрязнение грунтов, категории загрязнения почвы, отходы производства и потребления, класс опасности отходов, радиоактивные отходы.

## Введение

Анализ практических работ, выполненных в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2035 года» по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии (ОИАЭ), показывает, что для достижения возможности неограниченного использования площадок [1] имеют значение мероприятия по удалению не только радиоактивных загрязнений, но и химических веществ, включая соединения тяжелых металлов, летучие органические соединения, полиароматические углеводороды и прочие опасные вещества, утвержденные Распоряжением Правительства Российской Федерации от 08.07.2015 № 1316-р [2].

Одним из наиболее проблемных вопросов при удалении химических веществ является обращение с загрязненными грунтами. Существующая

практика базируется на определении их категории, исходя из содержания в них загрязняющих веществ, и последующем выборе соответствующего варианта дальнейшего использования. Этот процесс может быть осложнен наличием некоторых технических неточностей нормативной документации, а выбор итоговой стратегии по обращению с загрязненными грунтами в значительной степени затруднен из-за отсутствия однозначных решений при определении вариантов дальнейшего использования.

Анализ нормативных документов в области обращения с загрязненными грунтами, представленный в данной статье, указывает на необходимость внесения в некоторые из них изменений с целью исключения технических неточностей и конкретизации правил в области дальнейшего использования загрязненных грунтов.

В качестве наиболее наглядного примера, в полной мере описывающего существующую схему принятия решений при обращении с грунтами промышленных площадок, загрязненными химическими веществами, в части их изъятия и присвоения статуса отходов производства и потребления, в работе рассмотрен вывод из эксплуатации ОИАЭ.

### Вывод из эксплуатации ОИАЭ

Работы по выводу из эксплуатации ОИАЭ включают в себя, в частности, обращение с загрязненными грунтами, исходя из предполагаемого назначения площадки после их завершения. Схема принятия решения об обращении с загрязненными грунтами состоит из двух этапов (рис. 1), более подробно рассмотренных в последующих разделах.

На практике при выводе из эксплуатации является необходимость в уточнении ряда вопросов, например:

- при проведении комплексного инженерно-радиационного обследования (КИРО) (приказ Ростехнадзора № 432 от 11.11.2019) оценка химического загрязнения может производиться только для отдельных территорий, на которых, по данным технической документации, ранее уже были зафиксированы случаи

радиоактивного или химического загрязнения грунта. При отсутствии этих данных в предварительный осмотр оценка химического загрязнения не включается, а при непосредственном проведении КИРО необходимо предусматривать мероприятия для получения сведений о содержании химических токсических веществ и материалов только в системах и оборудовании ОИАЭ. Так как подходы к оценке химического загрязнения не закреплены в нормативной документации, мониторинг и оценка химического загрязнения производятся только для уже зафиксированных случаев;

- отсутствуют единые требования допустимого загрязнения в зависимости от назначения использования почв;
- не определены требования к специализированным полигонам для отходов, образующихся в ходе работ по выводу из эксплуатации, которые могут иметь смешанное загрязнение (как химическими, так и радиоактивными веществами).

### Определение степени и уровня загрязнения почвы (1 этап)

Как показано на обобщенной схеме принятия решений по обращению с загрязненными грунтами при выводе из эксплуатации ОИАЭ (рис. 1),

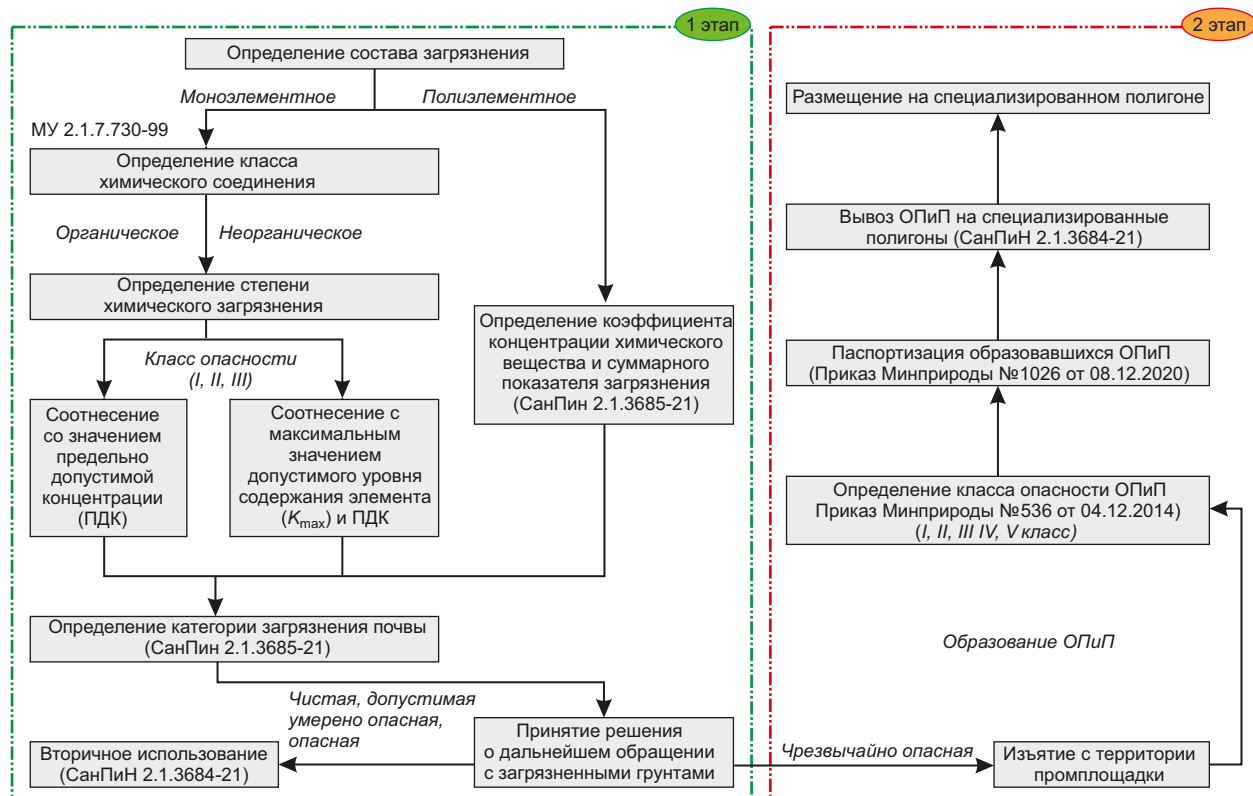


Рис. 1. Обобщенная схема принятия решений по обращению с загрязненными грунтами при выводе из эксплуатации ОИАЭ

в соответствии с Санитарными правилами и нормами 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [3] и методическими указаниями МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» [4], оценка степени химического загрязнения почвы проводится для каждого отдельного вещества и должна учитывать фактическое содержание компонентов загрязнения, их персистентность, растворимость в воде, подвижность в почве и глубину залегания загрязненного слоя.

Затруднения при проведении классификации создает схожесть предмета оценки в понятиях «степень загрязнения почвы» и «уровень химического загрязнения почвы», так как каждое из них в существующей редакции нормативной документации включает в себя отдельные категории, не имеющие взаимосвязи между собой (табл. 1–3). Отметим, что в санитарных правилах и нормах СанПиН 1.2.3685-21 в разделе, касающемся загрязнения почвы, табличные материалы предполагают только варианты по определению степени и категории загрязнения почвы, хотя в сопутствующем им тексте используется понятие «уровень химического загрязнения почвы».

В пункте 3.2 письма Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ от 27 декабря 1993 г. № 04-25/61-5678 «О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» указано, что степень загрязнения земель характеризуется 5 уровнями [5]. Таким образом можно предположить, что «уровень химического загрязнения почвы» является составной частью понятия «степень химического загрязнения почвы».

Критерии оценки этого показателя зависят от класса химических веществ, и если для неорганических соединений учитываются класс опасности компонента загрязнения, его предельно допустимая концентрация (ПДК) и максимальное значение допустимого уровня содержания элемента ( $K_{\max}$ ) по одному из четырех показателей вредности (транслокационному, миграционному водному, миграционному воздушному или общесанитарному) (табл. 1), то для органических соединений угроза определяется исходя из их ПДК и класса опасности (табл. 2).

Необходимо подчеркнуть, что данные критерии оценки применяются только при моноэлементном загрязнении, для случаев полиэлементного загрязнения допускается определение степени опасности по наиболее токсичному элементу с максимальным содержанием в почве, без учета классов химических соединений [4].

**Таблица 1. Оценка степени загрязнения почв неорганическими веществами [3], [4]**

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
	I класс	II класс	III класс
Класс опасности вещества	I класс	II класс	III класс
$> K_{\max}$	Очень сильная	Очень сильная	Сильная
От ПДК до $K_{\max}$	Очень сильная	Сильная	Средняя
От 2 фоновых значений до ПДК	Слабая	Слабая	Слабая

**Таблица 2. Оценка степени загрязнения почв органическими веществами [3], [4]**

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
	I класс	II класс	III класс
Класс опасности вещества	I класс	II класс	III класс
$> 5$ ПДК	Очень сильная	Очень сильная	Сильная
От 2 до 5 ПДК	Очень сильная	Сильная	Средняя
От 1 до 2 ПДК	Слабая	Слабая	Слабая

Далее, на основании данных оценки степени химического загрязнения почв определяется категория загрязнения грунтов (рис. 1), при этом основным параметром является суммарный показатель загрязнения, определяемый как сумма коэффициентов концентрации химических веществ ( $K_{ci}$ ). Этот показатель разработан на основании множественных геохимических и геогигиенических исследований окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения и представляет собой один из индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения при оценке уровня химического загрязнения, и рассчитывается как:

$$K_{ci} = C_i / C_{\phi i},$$

где  $K_{ci}$  — коэффициент концентрации  $i$ -го компонента загрязнения;

$C_i$  — фактическое содержание определяемого вещества в почве, (мг/кг);

$C_{\phi i}$  — региональное фоновое значение содержания определяемого вещества в почве, (мг/кг) [3].

Уровень химического загрязнения установлен санитарными правилами как ( $K_{ci}$ ) и представляет собой отношение концентрации загрязняющего вещества к фоновому содержанию его в почве при моноэлементном загрязнении, в случаях полиэлементного загрязнения используется суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) (табл. 3):

$$Z_c = \sum (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1).$$

**Таблица 3. Определение категории загрязнения почвы [3]**

Категории загрязнения	Суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ )	Содержание в почве (мг/кг)					
		I класс опасности		II класс опасности		III класс опасности	
		ОС	НС	ОС	НС	ОС	НС
Чистая	–	от фона до ПДК					
Допустимая	< 16	от 1 до 2 ПДК	от фона до ПДК	от 1 до 2 ПДК	от фона до ПДК	от 1 до 2 ПДК	от фона до ПДК
Умеренно опасная	16–32	–	–	–	–	от 2 до 5 ПДК	от ПДК до $K_{max}$
Опасная	32–128	от 2 до 5 ПДК	от ПДК до $K_{max}$	от 2 до 5 ПДК	от ПДК до $K_{max}$	> 5 ПДК	> $K_{max}$
Чрезвычайно опасная	> 128	> 5 ПДК	> $K_{max}$	> 5 ПДК	> $K_{max}$	–	–

ОС – органические соединения;  
НС – неорганические соединения.

Разделение табл. 3 по классам химических веществ на органические и неорганические позволяет заметить, что для последних СанПиН 1.2.3685-21 установлены одинаковые содержания загрязняющих веществ для категорий «чистая» и «допустимая» (табл. 3.1). Если учитывать степени загрязнения почвы, то категория «чистая» должна характеризоваться содержанием загрязняющих веществ в почве от 1 до 2 фоновых значений, а категория «допустимая» — от 2 фоновых значений до ПДК.

**Таблица 3.1. Определение категории загрязнения почвы для неорганических соединений**

Категории загрязнения	Суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ )	Содержание в почве (мг/кг)		
		I класс опасности	II класс опасности	III класс опасности
Чистая	–	от фона до ПДК		
Допустимая	< 16	от фона до ПДК		
Умеренно опасная	16–32	–	–	от ПДК до $K_{max}$
Опасная	32–128	от ПДК до $K_{max}$	от ПДК до $K_{max}$	> $K_{max}$
Чрезвычайно опасная	> 128	> $K_{max}$	> $K_{max}$	–

Для органических веществ (табл. 3.2) категория «допустимая» определяется диапазоном содержания от 1 до 2 ПДК, что подразумевает возможность превышения предельно допустимых концентраций вредных химических веществ в почве, установленных СанПиН 1.2.3685-21. Дополнительно отметим, что в СанПин 2.1.7.1287-03 категория загрязнения «чистая» относится только к объектам повышенного риска, таким как территории детских и образовательных учреждений, спортивных, игровых, детских площадок жилой застройки, мест отдыха, рекреаций, зон санитарной охраны водоемов, прибрежных областей, санитарно-защитных участков [6].

**Таблица 3.2. Определение категории загрязнения почвы для органических соединений**

Категории загрязнения	Суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ )	Содержание в почве (мг/кг)		
		I класс опасности	II класс опасности	III класс опасности
Чистая	–	от фона до ПДК		
Допустимая	< 16	от 1 до 2 ПДК	от 1 до 2 ПДК	от 1 до 2 ПДК
Умеренно опасная	16–32	–	–	от 2 до 5 ПДК
Опасная	32–128	от 2 до 5 ПДК	от 2 до 5 ПДК	> 5 ПДК
Чрезвычайно опасная	> 128	> 5 ПДК	> 5 ПДК	–

Еще один вариант оценки степени загрязнения земель химическими веществами по суммарному показателю загрязнения (табл. 4), включающий значения для категории «чистая», приводится в письме Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ от 27 декабря 1993 г. №04-25/61-5678 «О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» [5].

**Таблица 4. Оценка степени загрязнения земель химическими веществами по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ) [5]**

Значение показателя $Z_c$	Степень загрязнения земель	Уровень загрязнения
< 2	Допустимая	1 (допустимый)
2–8	Слабая	2 (низкий)
8–32	Средняя	3 (средний)
32–64	Сильная	4 (высокий)
> 64	Очень сильная	5 (очень высокий)

Данные, приведенные в табл. 4, связывают оценки в табл. 1 и 2 с суммарным показателем

загрязнения почв  $Z_c$ , но никак не коррелируют с его значениями, используемыми при определении категорий загрязнения почв в СанПин 1.2.3685-21.

Отметим также возможные неопределенности в выборе фоновых значений содержания химических веществ в почве. Например, для г. Москвы в качестве таких можно рассмотреть следующие показатели:

- концентрации в пробах почв территорий, не испытывающих техногенной нагрузки, в соответствии с Порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами, утвержденным Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации [5] (табл. 5);
- региональные фоновые содержания, утвержденные для Российской Федерации в целом в [5] (табл. 6);
- рекомендуемые значения (табл. 7), установленные Комитетом по архитектуре и градостроительству г. Москвы (Москомархитектурой) [7].

Сравнение фоновых концентраций загрязняющих веществ (рис. 2) показывает, что для некоторых элементов они могут различаться в 2–3 раза.

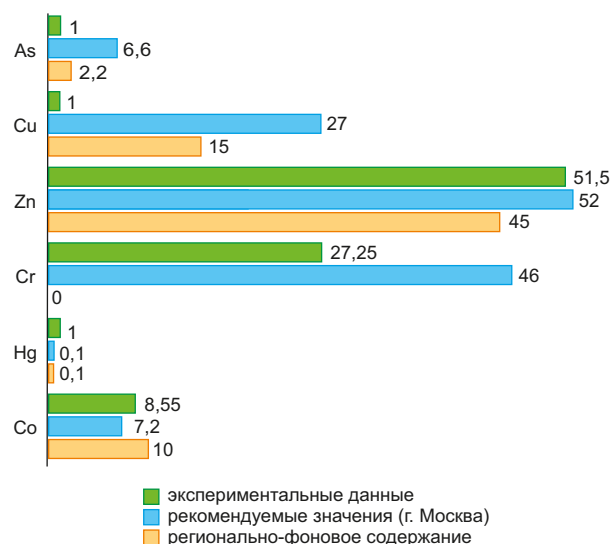


Рис. 2. Сравнение устанавливаемых значений фоновых концентраций тяжелых металлов

Таблица 5. Фоновые концентрации по элементам и соединениям в пробах почв, отобранных в парках Коломенское и Борисовские пруды (мг/кг)

As	Bi	Cd	Co	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Se
1	1	1	8,55	1	94	5,2	11,3	51,5	5,25
Sb	Hg	Be	Mo	V	B	Cr	Ba	Sr	W
1	1	0,08	1	11,6	0,76	27,25	46,25	16,05	1

Таблица 6. Региональное фоновое содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах (мг/кг) [5]

Почвы	Zn	Cd	Pb	Hg	Cu	Co	Ni	As
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05	8	3	6	1,5
Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые	45	0,12	15	0,10	15	10	30	2,2
Серые лесные	60	0,20	16	0,15	18	12	35	2,6
Черноземы	68	0,24	20	0,20	25	15	45	5,6
Каштановые	54	0,16	16	0,15	20	12	35	5,2

Таблица 7. Рекомендуемые Москомархитектурой фоновые значения химических веществ (мг/кг) [7]

Mn	As	Cu	Zn	Cd	Cr	Pb	Ni	Hg	Co
1260	6,6	27	52	0,3	46	26	20	0,1	7,2

На примере пробы загрязненного грунта с категорией «чрезвычайно опасная», взятой при подготовке к выводу из эксплуатации ОИАЭ, рассчитаем коэффициенты концентрации химических веществ ( $K_c$ ) и суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ). По данным монографии [8], в составе почв карельской и восточносибирской тайги могут присутствовать цинк, медь, свинец и никель. Далее, основываясь на данных о содержании указанных элементов в пробе загрязненного грунта (табл. 8), определим его категорию с использованием различных фоновых концентраций (табл. 5–7).

Таблица 8. Значения концентраций загрязняющих веществ в пробе грунта и соответствующие фоновые значения (мг/кг) [5], [7]

	Cu	Ni	Pb	Zn
Концентрация загрязняющих веществ в пробе грунта	686,25	290,88	383,75	2542,25
$C_{ф1}$ (Борисовские пруды)	1	5,2	11,3	51,5
$C_{ф2}$ (Министерство природных ресурсов РФ)	15	30	15	45
$C_{ф3}$ (Мосархитектура)	27	20	26	52
$K_{c1}$	686,25	55,94	33,96	49,36
$K_{c2}$	45,75	9,70	25,58	56,49
$K_{c3}$	25,42	14,54	14,76	48,89

Значения суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ), рассчитанные с использованием  $K_{c1}$  и  $K_{c2}$ , составят 822,5 и 134,5 соответственно и будут отнесены к категории «чрезвычайно опасная», а суммарный показатель, полученный с использованием  $K_{c3}$ , будет равен 100,6, что позволяет

присвоить данной пробе категорию «опасная» вместо «чрезвычайно опасная» и существенно меняет подход в обращении с таким грунтом.

### Определение класса опасности отходов производства и потребления по степени негативного воздействия на окружающую среду (2 этап)

В СанПин 2.1.7.1287-03 [6] установлено требование к обязательному мониторингу состояния почвы в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий. При получении результатов такого исследования, констатирующих химическое загрязнение на уровне выше ПДК, и последующем определении степени химического загрязнения и отнесении загрязненных грунтов к категории «чрезвычайно опасная» (1 этап) возможен только один вариант их использования — вывоз и утилизация на специализированных полигонах (рис. 1) [9].

Прием на такие объекты требует отнесения грунтов к отходам производства и потребления с соответствующей паспортизацией и определением класса их опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду на основании методики (рис. 3), утвержденной приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 536 от 04.12.2014 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» (далее — Приказ) [10].

В приложении №4 Приказа приведены стандартные значения коэффициента степени опасности  $i$ -го компонента отхода для окружающей среды ( $W_i$ ), унифицированного относительного параметра опасности компонента отхода для окружающей среды ( $Z_i$ ) и относительного параметра опасности компонента отхода для окружающей среды ( $X_i$ ) для некоторых компонентов отходов (рис. 3). С момента утверждения Приказа были проведены обширные исследования токсикологических показателей для различных химических веществ. Стоит отметить, что учет современных данных при описании первичных характеристик опасности, включая уровни летальной дозы  $LD_{50}$  и летальной концентрации  $LC_{50}^{водн}$ , приводит к расхождению в итоговых значениях параметра  $K$ . Расчет параметра  $K$  для состава загрязнения, приведенного в табл. 8, учитывающий обновленные токсикологические показатели, не приведет к большим расхождениям, но при использовании обновленных величин  $LD_{50}$  и  $LC_{50}^{водн}$  для мышьяка (табл. 9) расхождения будут ощутимыми.

Подставив полученные значения баллов, соответствующие каждому оцененному первичному показателю опасности компонента отхода, получим:

$$X_i = \frac{\left(\sum_{j=1}^n B_j\right) + B_{inf}}{n+1} = \frac{27}{12} = 2,25;$$

$$Z_i = \frac{4X_i}{3} - \frac{1}{3} = \frac{4 \times 2,25}{3} - \frac{1}{3} = 2,67; \lg W_i = Z_i.$$

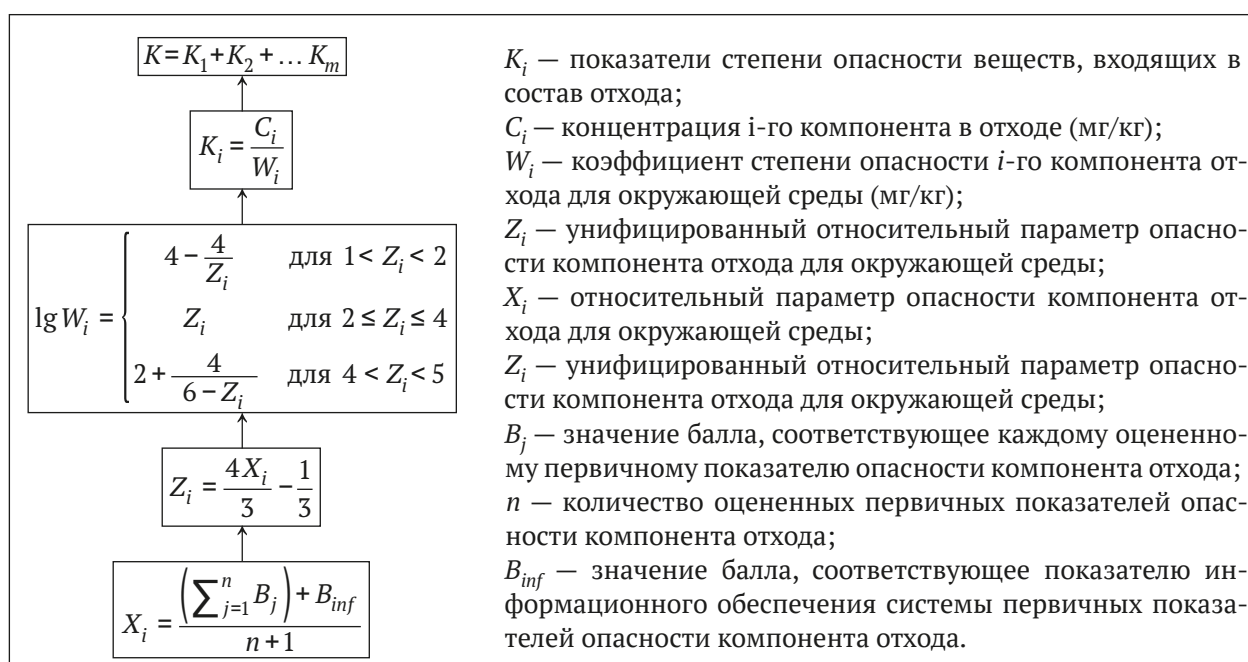


Рис. 3. Порядок расчета степени опасности отхода для окружающей среды

Таблица 9. Первичные показатели опасности компонента для мышьяка

Первичные показатели опасности компонента отхода	Значение показателя	Балл	Источник информации
ПДК <sub>п</sub> (ОДК), мг/кг	10	2	[3]
Класс опасности в почве	1	1	
ПДК <sub>в</sub> (ОДУ, ОБУВ), мг/л	0,01	2	
Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	1	1	
ПДК <sub>р.х.</sub> (ОБУВ), мг/л	0,05	3	[11]
Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования	3	3	
ПДК <sub>с.с.</sub> (ПДК <sub>м.р.</sub> , ОБУВ), мг/м <sup>3</sup>	0,0003	1	[3]
Класс опасности в атмосферном воздухе	1	1	
ПДК <sub>пп</sub> (МДУ, МДС), мг/кг	–	–	–
lg (S, мг/л/ПДК <sub>в</sub> , мг/л)	<1	4	[12]
lg (C <sub>нас</sub> , мг/м <sup>3</sup> /ПДК <sub>р.з.</sub> )	–	–	–
lg (C <sub>нас</sub> , мг/м <sup>3</sup> /ПДК <sub>с.с.</sub> или ПДК <sub>м.р.</sub> )	–	–	–
lg K <sub>ов</sub> (октанол/вода)	–	–	–
LD <sub>50</sub> , мг/кг	145	2	[13]
LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	–	–	–
LC <sub>50</sub> <sup>водн</sup> , мг/л/96 ч	28,68	3	[12]
БД=БПК <sub>5</sub> /ХПК 100 %	–	–	–
Персистентность (трансформация в окружающей природной среде)	–	–	–
Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)	–	–	–
Информационное обеспечение (B <sub>инф</sub> )	n>0,9	4	

ПДК<sub>п</sub> – предельно допустимая концентрация вещества в почве  
 ОДК – ориентировочно допустимая концентрация  
 ПДК<sub>в</sub> – предельно допустимая концентрация вещества в воде водных объектов, используемых для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения  
 ОДУ – ориентировочно допустимый уровень  
 ОБУВ – ориентировочный безопасный уровень воздействия  
 ПДК<sub>р.х.</sub> – предельно допустимая концентрация вещества в воде водных объектов рыбохозяйственного значения  
 ПДК<sub>с.с.</sub> – предельно допустимая концентрация вещества среднесуточная в атмосферном воздухе населенных мест  
 ПДК<sub>м.р.</sub> – предельно допустимая концентрация вещества максимально разовая в атмосферном воздухе населенных мест  
 ПДК<sub>пп</sub> – предельно допустимая концентрация вещества в пищевых продуктах  
 МДУ – максимально допустимый уровень  
 МДС – максимально допустимое содержание  
 S – растворимость компонента отхода (вещества) в воде при 20 °С  
 C<sub>нас</sub> – насыщающая концентрация вещества в воздухе при 20 °С и нормальном давлении  
 ПДК<sub>р.з.</sub> – предельно допустимая концентрация вещества в атмосферном воздухе рабочей зоны  
 K<sub>ов</sub> – коэффициент распределения в системе октанол/вода при 20 °С  
 LD<sub>50</sub> – средняя смертельная доза компонента в миллиграммах действующего вещества на 1 кг живого веса, вызывающая гибель 50 % подопытных животных при однократном пероральном введении в унифицированных условиях  
 LC<sub>50</sub> – средняя смертельная концентрация вещества, вызывающая гибель 50 % подопытных животных при ингаляционном поступлении в унифицированных условиях  
 LC<sub>50</sub><sup>водн</sup> – средняя смертельная концентрация вещества в воде, вызывающая гибель 50 % всех взятых в опыт гидробионтов (например, рыб) через 96 часов  
 БД – биологическая диссимилиация  
 БПК<sub>5</sub> – биологическое потребление кислорода, выраженное в миллилитрах O<sub>2</sub>/л за 5 суток  
 ХПК – химическое потребление кислорода, выраженное в миллилитрах O<sub>2</sub>/100 л

Сопоставление значений, полученных с использованием обновленных токсикологических данных, с указанными в Приказе (табл. 10) показывает расхождение в значениях параметров, которое при дальнейших расчетах, в особенности для многокомпонентных отходов, может приводить к неопределенностям при выборе класса опасности отходов.

Таблица 10. Сравнение параметров для определения степени опасности мышьяка

	Наименование параметра		
	X <sub>i</sub>	Z <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>
Приказ	2,27	2,69	493,55
Расчет	2,25	2,67	467,74

Для наглядной иллюстрации возьмем отход с концентрацией мышьяка 4 900 мг/кг, характерной для отложений угольной золы или отходов горной промышленности [14]. Степень опасности отхода для окружающей среды ( $K$ ) и соответствующий ей класс (табл. 11) определяются как:

$$K_{\text{приказ}} = 4900/493,55 = 9,93, K_{\text{расчет}} = 4900/467,55 = 10,48.$$

**Таблица 11. Значения степени опасности отходов производства и потребления для окружающей среды ( $K$ ) по классам опасности**

Класс опасности отхода	Степень опасности отхода для окружающей среды ( $K$ )
I	$10^6 \geq K > 10^4$
II	$10^4 \geq K > 10^3$
III	$10^3 \geq K > 10^2$
IV	$10^2 \geq K > 10$
V	$K \leq 10$

В качестве практического примера в табл. 12 приведен покомпонентный расчет пробы загрязненного грунта, полученной на одной из промышленных площадок г. Москвы, которая по уровню химического загрязнения почвы относится к категории «чрезвычайно опасная», поскольку имеет место превышение ПДК по тяжелым металлам.

**Таблица 12. Покомпонентный расчет пробы загрязненного грунта**

Компонент	$C_i$ (мг/кг)	$X_i$	$Z_i$	$\lg W_i$	$W_i$ (мг/кг)	$K_i$
Мышьяк	54,38	2,27	2,69	2,69	493,55	0,110
Кадмий	6,75	2,12	2,49	2,49	309,03	0,0218
Медь	686,25	2,84	3,45	3,45	2 840,10	0,242
Марганец	1 287,50	3,15	3,87	3,87	7 356,42	0,175
Никель	290,88	2,64	3,19	3,19	1 536,97	0,189
Свинец	383,75	2,306	2,81	2,81	650,63	0,590
Цинк	2542,25	2,8	3,4	3,4	2 511,89	1,012
Ртуть	< 0,1	1,79	2,05	2,05	113,07	0,000884
Хром	243,75	2,92	3,56	3,56	3 630,78	0,0671
Стронций	56,90	3,09	3,79	3,79	6 118,81	0,00093
Бензол	2,41	2,14	2,52	2,52	331,13	0,00728
Толуол	0,95	2,69	3,25	3,25	1 778,28	0,000534
Бенз(а)пирен	0,025914	1,6	1,8	1,778	59,97	0,000432
Грунт	994 444,10	4*			$10^{6*}$	0,994
Сумма:						3,411

\* Компоненты природного происхождения являются практически безвредными отходами с относительным параметром опасности для окружающей среды ( $X$ ), равным 4, и, следовательно, коэффициентом степени опасности для окружающей среды ( $W$ ) –  $10^6$  [9].

Полученные результаты показывают, что при одной и той же концентрации вредного химического вещества отход может быть отнесен к разным классам опасности в зависимости от используемого подхода по определению параметров  $W_i$ ,  $Z_i$  и  $X_i$ .

## Заключение

Проведенный анализ нормативно-правовой базы позволил выделить ряд ключевых неопределенностей при оценке категории загрязнения почв в части расчета суммарного показателя загрязнения, а также вариативности значений фоновых концентраций загрязняющих веществ. При определении классов опасности отходов производства и потребления расчетные параметры могут изменяться в зависимости от количества данных для оценки первичных показателей опасности компонента отхода, что усложнит дальнейшую классификацию. Неверная категоризация загрязненных почв сопряжена с нарушением правил их дальнейшего использования, а неточность в определении класса опасности отходов производства и потребления может привести к захоронению опасных загрязнений на бытовых полигонах, которые для этого не предназначены и не имеют необходимых инженерных барьеров. Для исключения подобных ситуаций сформулированы рекомендации по совершенствованию ключевых положений нормативно-правовых актов в области категоризации загрязненных грунтов и возможности их дальнейшего применения:

- необходимо обновить в приказе Министерства природных ресурсов и экологии № 536 от 04.12.2014 данные по первичным показателям опасности компонентов отхода на основании результатов современных лабораторных исследований и расширить перечень веществ, для которых определены коэффициенты опасности, в соответствии со списком, утвержденных Распоряжением Правительства РФ от 08.07.2015 № 1316-р;
- следует сформировать единые требования к определению степени загрязнения почв, определению их категории и последующему обращению с ними при их переходе в статус отходов производства и потребления, а также исключить возможные разночтения, показанные в настоящей статье;
- следует дополнить нормативную документацию по выводу из эксплуатации в части обязательной оценки химических загрязнений строительных конструкций, оборудования и грунтов площадки с выполнением классификации образующихся отходов и определения методов обращения с ними.



### Литература

1. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Вывод из эксплуатации. / Под общ. ред. Л. А. Большова, Н. П. Лаверова, И. И. Линге. Т. 3. — Москва, 2015. 316 с.
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.07.2015 № 1316-р (ред. от 10.05.2019) «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды».
3. 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
4. Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест: Методические указания. — М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 38 с.
5. Письмо Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ 27 декабря 1993 г. № 04-25/61-5678 «О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами».
6. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 16 с.
7. Указание Комитета по архитектуре и градостроительству г. Москвы от 11 марта 2004 г. № 5 «Об утверждении Инструкции по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве».
8. Добровольский В. В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. — М. : Мысль, 1983. 272 с.
9. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарные правила и нормы. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.
10. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» от 04 декабря 2014 года № 536.
11. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 552 от 13 декабря 2016 года «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
12. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. В трех томах. Том III. Неорганические и элементарно-органические соединения / Под ред. Н. В. Лазарева и И. Д. Гадаскиной. — Л. : Химия. 1977. 608 с.
13. Паспорт безопасности химической продукции. Мышьяк. Официальный сайт компании Merck. — URL: <https://www.sigmaaldrich.com/RU/ru/sds/aldrich/267961> (дата обращения: 04.02.2024).
14. Путилина, В. С. Поведение мышьяка в почвах, горных породах и подземных водах. Трансформация, адсорбция / десорбция, миграция / В. С. Путилина, И. В. Галицкая, Т. И. Юганова // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. 2011. № 97. 249 с.

### Информация об авторах

*Васильева Евгения Григорьевна*, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории радиоэкологии, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: [vasileva@ibrae.ac.ru](mailto:vasileva@ibrae.ac.ru).

*Аракелян Арам Айкович*, научный сотрудник лаборатории радиоэкологии, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: [arakelyan@ibrae.ac.ru](mailto:arakelyan@ibrae.ac.ru).

*Блохин Павел Анатольевич*, кандидат технических наук, заведующий отделом анализа рисков, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: [blokhin@ibrae.ac.ru](mailto:blokhin@ibrae.ac.ru).

*Самойлов Андрей Анатольевич*, кандидат технических наук, заведующий отделом прикладных задач заключительной стадии жизненного цикла, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: [samoylov@ibrae.ac.ru](mailto:samoylov@ibrae.ac.ru).

*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.ru](mailto:panch@ibrae.ac.ru).

## Библиографическое описание статьи

Васильева Е. Г., Аракелян А. А., Блохин П. А., Самойлов А. А., Панченко С. В. К вопросу нормирования отходов производства и потребления при реабилитации промышленных площадок объектов использования атомной энергии // Радиоактивные отходы. 2024. № 3 (28). С. 32–42. DOI: 10.25283/2587-9707-2024-3-32-42.

## CONSIDERATIONS ON THE REGULATION OF PRODUCTION AND CONSUMPTION WASTE MANAGEMENT DURING NUCLEAR SITE CLEANUP

Vasilyeva E. G., Arakelyan A. A., Blokhin P. A., Samoilov A. A., Panchenko S. V.

Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Article received on June 14, 2024

*The article evaluates current legal framework regulating soil management at industrial sites with chemical contamination, in particular, soil removal and assigning it the status of production and consumption waste. It considers some features specific for the methods applied for soil categorization and waste classification, as well as waste management options as referred to their use at nuclear facilities and introduces some proposals for their adjustment.*

**Keywords:** decommissioning of nuclear facilities, chemical contamination of soils, categories of soil contamination, production and consumption waste, waste hazard class, radioactive waste.

### References

1. *Problemy yadernogo naslediya i puti ikh resheniya. Vyvod iz ekspluatatsii* [Nuclear legacy challenges and ways to address them. Decommissioning]. Vol. 3. Under the general editorship of L. A. Bolshov, N. P. Laverov, I. I. Linge. Moscow, 2015. 316 p.
2. Order of the Government of the Russian Federation of July 8, 2015 No. 1316-r (as amended on May 10, 2019) “*Ob utverzhdenii perechnya zagryaznyayushchikh veshchestv, v otnoshenii kotorykh primenyayutsya mery gosudarstvennogo regulirovaniya v oblasti okhrany okruzhayushchey sredy*” [On the Approved List of Contaminants Subject to State Regulation in the Field of Environmental Protection].
3. 1.2.3685-21. *Gigiyenicheskiye normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya* [Hygienic Standards and Requirements for the Safety and (or) Harmlessness of Environmental Factors for Human].
4. *Gigiyenicheskaya otsenka kachestva pochvy naselonnykh mest: Metodicheskiye ukazaniya* [Hygienic assessment of soil quality at contaminated sites: Guidelines]. Moscow, Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia Publ., 1999. 38 p.
5. Letter from the Ministry of Environment Protection and Natural Resources of the Russian Federation December 27, 1993 No. 04-25/61-5678 “*O porjadke opredeleniya razmerov ushcherba ot zagryazneniya zemel' khimicheskimi veshchestvami*” [On the Procedure Implemented to Evaluate the Damage from Land Contamination by Chemicals].
6. *Sanitarno-epidemiologicheskiye trebovaniya k kachestvu pochvy: Sanitarno-epidemiologicheskiye pravila i normativy* [Sanitary and epidemiological requirements for soil quality: Sanitary and epidemiological rules and standards]. Moscow, Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Russian Ministry of Health Publ., 2004. 16 p.
7. Directive of the Committee on Architecture and Urban Planning of Moscow of March 11, 2004 No. 5 “*Ob utverzhdenii Instruktsii po inzhenerno-geologicheskim i geoekologicheskim izyskaniyam v g. Moskve*” [On the Approved Instructions for Engineering-Geological and Geoecological Surveys in Moscow].

8. Dobrovolsky V. V. *Geografiya mikroelementov. Global'noye rasseyaniye monografiya* [Geography of microelements. Global dispersion]. Moscow, Mysl Publ., 1983. 272 p.
9. SanPiN 2.1.3684-21. *Sanitarno-epidemiologicheskiye trebovaniya k sodержaniyu territoriy gorodskikh i sel'skikh poseleniy, k vodnym ob'yektam, pit'yevoy vode i pit'yevomu vodosnabzheniyu naseleniya, atmosfernomu vozdukhу, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennykh, obshchestvennykh pomeshcheniy, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy* [Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of territories in urban and rural settlements, water bodies, drinking water and drinking water supply to the population, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial and public premises, organization and implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures].
10. Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation “*Ob utverzhdenii Kriteriyev otneseniya otkhodov k I-V klassam opasnosti po stepeni negativnogo vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredу*” [On Approved Criteria for Waste Assignment to Hazard Classes I-V According to the Degree of Negative Impact to the Environment] of December 4, 2014 No. 536.
11. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 552 of December 13, 2016 “*Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya*” [On Approved Water Quality Standards for Water Bodies of Fishery Importance, Including Standards for the Threshold Concentrations of Harmful Substances in the Waters of Water Bodies of Fishery Importance].
12. *Vrednyye veshchestva v promyshlennosti. Spravochnik dlya khimikov, inzhenerov i vrachey. Tom III. Neorganicheskiye i elementorganicheskiye soyedineniya* [Harmful substances in industry. Handbook for chemists, engineers and doctors. Volume III. Inorganic and organoelement compounds]. Ed. N. V. Lazarev and I. D. Gadaskina. Leningrad, Khimiya Publ., 1977. 608 p.
13. *Pasport bezopasnosti khimicheskoy produktsii. Mysh'yak* [Safety data sheet for chemical products. Arsenic]. Official website of Merck. — URL: <https://www.sigmaaldrich.com/RU/ru/sds/aldrich/267961> (accessed on: 02.04.2024).
14. Putilina V. S. *Povedeniye mysh'yaka v pochvakh, gornyykh porodakh i podzemnykh vodakh. Transformatsiya, adsorbtsiya / desorbtsiya, migratsiya* [Behavior of arsenic in soils, rocks and groundwater. Transformation, adsorption / desorption, transfer] V. S. Putilina, I. V. Galitskaya, N.I. Uganova // Ecology. Series of analytical reviews of world literature, 2011. No. 97. 249 p.

---

### Information about the authors

Vasilyeva Evgeniya Grigorievna, Candidate of Technical Sciences, Researcher at the Laboratory of Radioecology, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulsкая st., Moscow, 115191, Russia), e-mail: [vasileva@ibrae.ac.ru](mailto:vasileva@ibrae.ac.ru).

Arakelyan Aram Aikovich, Researcher at the Laboratory of Radioecology, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulsкая st., Moscow, 115191, Russia), e-mail: [arakelyan@ibrae.ac.ru](mailto:arakelyan@ibrae.ac.ru).

Blokhin Pavel Anatolyevich, Candidate of Technical Sciences, Head of the Risk Analysis Department, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulsкая st., Moscow, 115191, Russia), e-mail: [blokhin@ibrae.ac.ru](mailto:blokhin@ibrae.ac.ru).

Samoilov Andrey Anatolyevich, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Applied Problems of the final stage of the life cycle, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulsкая st., Moscow, 115191, Russia), e-mail: [samoylov@ibrae.ac.ru](mailto:samoylov@ibrae.ac.ru).

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

### Bibliographic description

Vasilyeva E. G., Arakelyan A. A., Blokhin P. A., Samoilov A. A., Panchenko S. V. Considerations on the regulation of production and consumption waste management during nuclear site cleanup. *Radioactive Waste*, 2024, no. 3 (28), pp. 32–42. DOI: 10.25283/2587-9707-2024-3-32-42. (In Russian).