

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ХРАНИЛИЩ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ СУБЛИМАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю. Н. Зозуль¹, В. В. Шлыгин¹, С. В. Ахромеев¹, М. А. Эдомская²,
К. Е. Шаврина², М. В. Маркова²

¹Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна ФМБА России, Москва

²ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Обнинск, Калужская область

Статья поступила в редакцию 10 июля 2024 г.

В статье представлены результаты оценки состояния загрязнения окружающей среды в районе расположения шламовых полей отходов сублиматного производства в г. Ангарске. Радиационная обстановка характеризуется фоновыми показателями мощности дозы гамма-излучения на открытой местности. Отходы производства плавиковой кислоты, представляющие собой отвалы фторгипса, содержат природные радионуклиды на уровне, допускающем их использование в качестве строительных материалов ($A_{эфф} = 9$ Бк/кг). Анализ радиэкологической обстановки в районе расположения обводненных шламоотстойников, куда сбрасывались отходы производства по обогащению урана, указывает на наличие грунтов, загрязненных техногенными радионуклидами ^{137}Cs и ^{241}Am и изотопами урана. Выявлены участки территории, на которых удельная активность ^{241}Am превышает критерий отнесения к радиоактивным отходам (РАО). Изучение донных отложений шламоотстойников показало выраженную пространственную гетерогенность распределения техногенных радионуклидов. Удельная активность ^{241}Am достигает значений, превышающих критерии отнесения к категории очень низкоактивных отходов. С учетом того факта, что исследуемые хранилища отходов расположены в высокопроницаемых грунтах, существует потенциальная опасность миграции техногенных радионуклидов и загрязнения подземных вод. Используемую технологию консервации шламоотстойников отсыпкой грунтом с защитным покрытием можно рассматривать в качестве временной меры до принятия решений по их изоляции и для предотвращения загрязнения подземных вод.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, очень низкоактивные отходы, сублиматное производство, фторгипс, шламовые поля, изотопы урана, цезий-137, америций-241.

В границах городской черты г. Ангарска (Иркутская область) на выделенной территории в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) предприятия по обогащению урана расположены пункты временного хранения технологических отходов: хранилища жидких отходов (шламоотстойники) и шламовые поля с отвалами фторгипса.

Шламоотстойники представляют собой 6 наземных бетонированных емкостей прямоугольной формы, в которые сливались пульпа от нейтрализации очищенных от урана оборотных вод и смывы от очистки аэропромвыбросов [1]. При отстаивании пульпа разделялась на илы и высокоминерализованный раствор. Осветленная

пульпа частично испаряется и, несмотря на гидроизоляцию стенок и дна сооружений, просачивается в подстилающий грунт. Твердый осадок формирует слой донных отложений и накапливается в сооружениях.

Технологическая схема временного размещения отходов до 1985 г. допускала перелив осветленной части пульпы после отстаивания во внешнюю среду. Позднее, с переходом на технологии, требующие меньшего расхода воды, перелив за пределы сооружений прекратили [1]. До 1993 г. на предприятии наряду с материалами природного происхождения перерабатывалось вторичное сырье (регенерированное), которое в следовых количествах содержит трансурановые и осколочные элементы.

Подача пульпы в шламоотстойники окончательно прекращена в 2012 г. По состоянию на летний период 2023 года на предприятии оставались две емкости обводненные, три — законсервированные, одна — в стадии консервации.

Территория законсервированных емкостей огорожена, установлены знаки радиационной опасности, доступ населения частично ограничен (рис. 1А). Обводненные шламоотстойники представляют собой поверхностные водные объекты, обвалованные по периметру земляными дамбами, без ограничения доступа (рис. 1Б).

Проект консервации шламоотстойников предполагает формирование покрывающего экрана, обволакивающего их различными слоями для обеспечения гидроизоляции от поверхностных вод, а также противоэрозионной защиты (рис. 2).

Шламовые поля с отвалами фторгипса, представляющие собой плоские залежи пастообразной массы светло-серого цвета, образованы в результате хранения твердых отходов производства плавиковой кислоты. В настоящее время разработана технология применения отвалов в качестве сырьевой продукции. Химический состав и физические свойства фторгипса позволили использовать его как



Рис. 1. Шламоотстойники технологических отходов:
А — законсервированные, Б — обводненные



Рис. 2. Шламоотстойник технологических отходов:
А — до консервации, 2022 г., Б — в процессе консервации, 2023 г.



Рис. 3. Отвалы фторгипса на шламовых полях

сырье для производства цемента и гипса высокоих марок [2].

Методы и средства исследования

Исследуемыми параметрами радиационно-экологической обстановки являлись мощность AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) на местности и удельная активность радионуклидов в грунтах. МАЭД измеряли в ходе пешеходной гамма-съемки (МКС-01А «Мультирад-М», Россия) и в точках отбора проб (ДКГ-02У «Арбитр», Россия). Пробоотбор грунта осуществляли из поверхностного слоя (0–10 см). Для оценки распространения загрязнения по глубине в районе размещения обводненных шламоотстойников отбирали пробы керна грунта на глубину до 80 см с последовательным разделением на слои по 10–20 см (рис. 4).

Определение радионуклидного состава и удельной активности изотопов выполнены в лабораторных условиях методами гамма-спектрометрии (гамма спектрометр «ГАММА-III» с полупроводниковым германиевым детектором, США) и радиометрии (радиометр УМФ-2000, Россия). Пробоотбор осуществлен в соответствии с лицензией Росгидромета № Р/2016/3044/100/Л, исследования проведены в рамках аттестата аккредитации Ra.Ru.21BY01 (ИЛЦ ГМ ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России) и Ra.Ru.513078 (ИЛ НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ, г. Обнинск). Категорирование проб грунтов и донных осадков по удельной активности техногенных радионуклидов и изотопов урана выполнено в соответствии с установленными критериями неограниченного использования ($A_{НИ}$) и отнесения к РАО [3].

Математическая обработка результатов проводилась посредством программного продукта

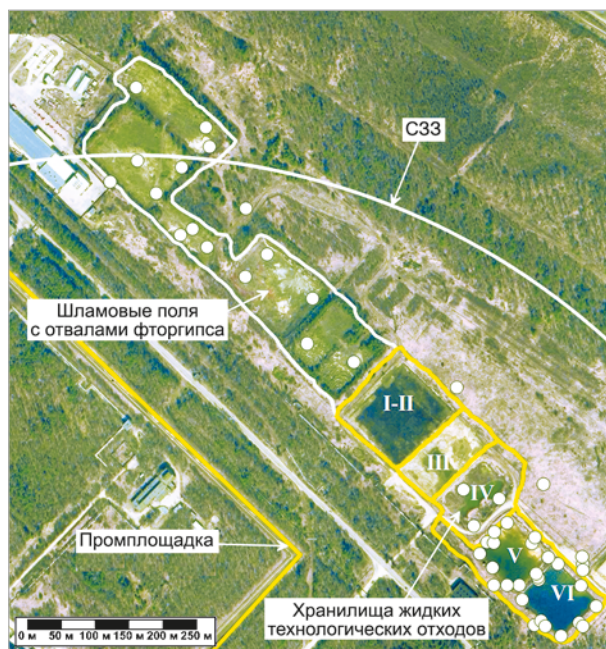


Рис. 4. Расположение точек отбора проб на территории пунктов временного хранения технологических отходов в С33 предприятия: I–III – законсервированные, IV – консервация в период 2023 г., V–VI – обводненные

для работы с электронными таблицами. В качестве показателя центральной тенденции использована медиана и границы ее доверительного интервала при $P = 0,95$, согласно ГОСТ Р ИСО 16269-7-2004¹. В соответствии с принципом консервативности минимальные и максимальные значения, а также границы доверительного интервала медианы приведены с запасом на расширенную неопределенность измерений.

Результаты

Мощность дозы гамма-излучения

На территории расположения шламовых полей с отвалами фторгипса МАЭД варьирует в диапазоне 0,03–0,14 мкЗв/ч (медиана – 0,04 мкЗв/ч). В районе законсервированных и обводненных шламоотстойников она характеризуется значениями 0,03–0,20 мкЗв/ч (медиана – 0,08 мкЗв/ч).

¹ГОСТ Р ИСО 16269-7-2004. Статистические методы. Статистическое представление данных. Медиана. Определение точечной оценки и доверительных интервалов [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035332> (дата обращения: 10.07.2020) [GOST R ISO 16269-7-2004. Statistical methods. Statistical presentation of data. Median. Determination of point estimates and confidence intervals [Electronic resource] // CODE: electronic fund of legal and regulatory technical documentation. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200035332> (Accessed: 07/10/2020) (In Russ)].

В целом исследуемые территории характеризуются равномерным распределением МАЭД в диапазоне, соответствующем средней величине данного показателя радиационной обстановки в Ангарске и Иркутской области (0,15 мкЗв/ч) [4], [5].

Содержание радионуклидов природного происхождения в отходах шламовых полей и на окружающей территории

Содержание природных радионуклидов в поверхностном слое грунта шламовых полей фторгипса варьирует: ^{226}Ra — в диапазоне 2–15 Бк/кг, ^{232}Th — 2–16 Бк/кг, ^{40}K — 1–430 Бк/кг. Для ^{235}U оно соответствует фоновым показателям, не превышая 2 Бк/кг [6]. Эффективная удельная активность ($A_{эфф.}$) изменяется от 5 до 72 Бк/кг (медиана — 9 Бк/кг), что существенно ниже критериев, ограничивающих использование материала в хозяйственной деятельности. Таким образом, поверхностный слой грунта, покрывающий фторгипс шламовых полей, как и сам фторгипс, являются радиационно безопасными материалами, что согласуется с результатами предыдущих исследований [2].

По сравнению с отвалами фторгипса, удельная активность природных радионуклидов в грунте вблизи хранилищ жидких технологических отходов отличается более высокими значениями (^{226}Ra — 7–62 Бк/кг, ^{232}Th — 12–50 Бк/кг, ^{40}K — 40–954 Бк/кг и ^{235}U — 2–180 Бк/кг) и определяется составом грунта и содержанием глинистой фракции. Наибольшие из них отмечены в грунте берегового склона обводненных шламоотстойников (карты V–VI), где удельная активность ^{235}U достигает 173 Бк/кг, а ^{238}U — 4 100 Бк/кг при медианном значении 9 и 140 Бк/кг соответственно (табл. 1). Причем этот параметр для природных радионуклидов на 3–4 порядка ниже критерия отнесения к РАО. На удалении от

Таблица 1. Удельная активность изотопов урана в грунте шламоотстойников жидких технологических отходов

Часть территории	№ точки	Удельная активность, Бк/кг		$^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$
		^{235}U	^{238}U	
Карта V				
Осушенное дно	G13–17	13 ± 1	190 ± 33	15
	G35	33 ± 2	750 ± 80	23
Береговой склон	G32	4 ± 2	180 ± 50	49
	G29	20 ± 2	400 ± 50	20
	G30	21 ± 1	450 ± 50	22
	G31	5 ± 1	92 ± 20	20
	G33	32 ± 2	700 ± 90	22
	G34	13 ± 1	200 ± 30	15
	G36	4 ± 2	105 ± 26	27
	G37	14 ± 4	260 ± 34	19
В 10 м от карты шламоотстойника	G38	9 ± 1	136 ± 22	15
	G39	4 ± 2	62 ± 15	15
Карта VI				
Осушенное дно	1	16 ± 1	< 60	–
	G1–6	5 ± 1	126 ± 28	26
Береговой склон	G21	< 2	48 ± 24	–
	G26	137 ± 6	3 200 ± 350	23
	G27	< 2	< 60	15
	G18	5 ± 1	119 ± 28	24
	G19	3 ± 1	80 ± 20	25
	G20	9 ± 1	125 ± 30	14
	G22	6 ± 1	132 ± 26	21
	G23	173 ± 7	4 100 ± 500	24
	G24	26 ± 2	620 ± 80	24
	G25	3 ± 1	102 ± 23	32
В 10 м от карты шламоотстойника	G7–12	3 ± 1	69 ± 19	20
	G28	< 2	< 60	–

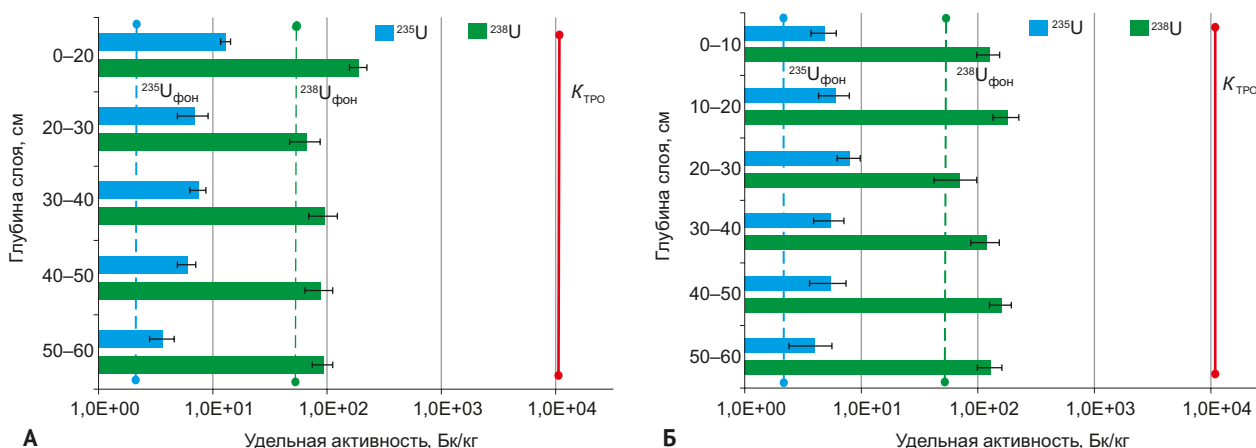


Рис. 5. Распределение удельной активности изотопов урана по глубине донных отложений шламоотстойников: А – карта V, Б – карта VI

шламоотстойников содержание ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{235}U соответствует уровню фона [4].

Соотношение изотопов $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ в отобранных пробах изменяется в диапазоне 15–49, соответствующая значениям, характерным для природного урана [7].

Удельная активность изотопов U по глубине донных отложений шламоотстойников изменяется в карте V в пределах 4–13 Бк/кг для ^{235}U , 67–190 Бк/кг для ^{238}U , а в карте VI — 4–8 Бк/кг и 70–180 Бк/кг соответственно, превышая фоновое значение в 2–3 раза. Распределение по глубине (0–60 см) носит в целом равномерный характер (рис. 5).

Соотношение изотопов $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ в поверхностном слое донных отложений (0–20 см) и на глубине 30–60 см остается постоянным, составляя в V карте — 15, в VI — 27. На расстоянии 10 м от карт шламоотстойников оно находится на том же уровне.

Содержание радионуклидов техногенного происхождения в отходах шламовых полей и на окружающей территории

В пробах поверхностного слоя грунта, отобранных на территории шламовых полей фторгипса, отсутствует загрязнение техногенными радионуклидами (удельная активность ^{137}Cs — на уровне минимально детектируемой 1 Бк/кг).

Территория размещения законсервированных шламоотстойников (I–III) характеризуется фоновыми содержаниями ^{137}Cs , изменяясь в диапазоне 2–12 Бк/кг [7].

В 2023 г. осуществлялась консервация шламоотстойников карты IV путем засыпки грунтом и укладки гидроизоляции, что не позволило детально определить содержание радионуклидов в грунте. Вместе с тем пробы поверхностного слоя донных отложений шламоотстойника, отобранные в 2022 г. вблизи береговой черты, характеризуются большим разбросом значений удельной активности. В отдельных точках удельная активность ^{137}Cs достигает 1000 Бк/кг, что в 10 раз превышает критерий неограниченного использования ($A_{\text{НИ}}$), но ниже порога отнесения к твердым РАО. Также выявлено присутствие ^{241}Am с удельной активностью 780 Бк/кг, что в 7,8 раз выше критерия $A_{\text{НИ}}$.

Грунты берегового склона обводненных шламоотстойников (карта V и карта VI) характеризуются более высокими значениями удельной активности: ^{137}Cs — от 2 до 650 Бк/кг (медиана — 184 Бк/кг), ^{241}Am — от 2 до 7100 Бк/кг (медиана — 204 Бк/кг), тем самым определяя техногенное загрязнение исследуемой территории (табл. 2, рис. 6). В 70% проб грунта, отобранных

Таблица 2. Удельная активность техногенных радионуклидов в пробах поверхностного слоя грунта шламоотстойников жидких технологических отходов

Часть территории	№ точки	Удельная активность, Бк/кг	
		^{137}Cs	^{241}Am
Критерии оценки: $A_{\text{НИ}}$ ПЗУА		100 10 000	100 1 000
Карта V			
Осушенное дно	G13–17	134 ± 4	560 ± 28
	G35	259 ± 7	502 ± 30
	АНД-8	130 ± 7	573 ± 58
Береговой склон	G32	13 ± 2	3 590 ± 180
	G29	203 ± 6	204 ± 16
	G30	145 ± 5	900 ± 50
	G31	107 ± 3	1 320 ± 70
	G33	317 ± 8	1 120 ± 60
	G34	202 ± 6	750 ± 38
	G36	< 2	26 ± 8
	G37	183 ± 5	171 ± 14
В 10 м от шламоотстойника	G38	184 ± 5	235 ± 17
	G39	< 2	29 ± 8
Карта VI			
Осушенное дно	1	130 ± 7	570 ± 60
	G1–6	125 ± 5	24 ± 10
Береговой склон	G21	< 2	< 20
	G26	101 ± 3	4 450 ± 220
	G27	3 ± 1	112 ± 11
	G18	324 ± 9	< 21
	G19	249 ± 6	33 ± 8
	G20	338 ± 9	86 ± 11
	G22	320 ± 9	122 ± 12
	G23	651 ± 15	7 100 ± 280
В 10 м от шламоотстойника	G24	165 ± 5	1 330 ± 70
	G25	290 ± 8	41 ± 8
	G7–12	< 3	< 10
	G28	< 5	< 13

по береговому склону карты V, удельная активность ^{137}Cs и ^{241}Am выше критерия $A_{\text{НИ}}$. Из них 30% относятся к категории РАО по содержанию ^{241}Am (рис. 6).

В поверхностном слое донных отложений карт V, VI также отмечается повышенное содержание техногенных ^{137}Cs и ^{241}Am , удельная активность которых превышает критерий $A_{\text{НИ}}$, оставаясь ниже порога отнесения к РАО.

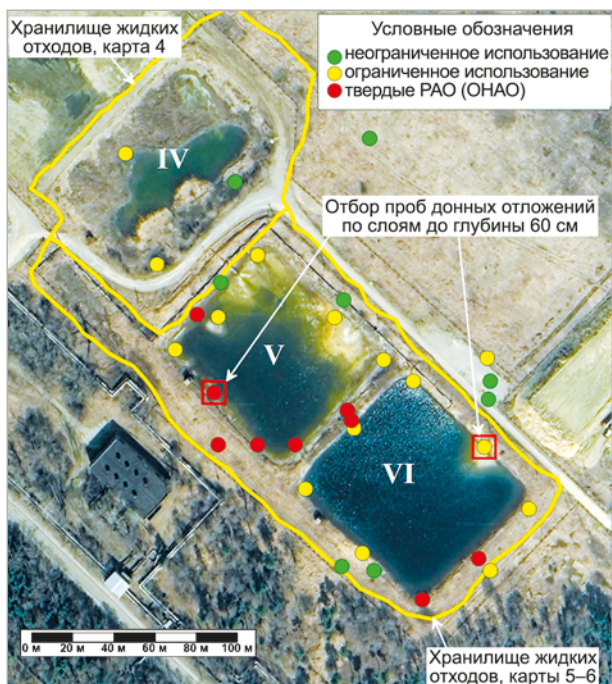


Рис. 6. Схема отбора проб грунтов в районе шламоотстойников жидких технологических отходов с указанием категории загрязнения радионуклидами (состояние карты IV показано на период 2022 г., в 2023 г. – законсервирована)

Проведенные исследования показывают, что наиболее загрязненные пробы, относящиеся к категории РАО по удельной активности ^{241}Am , обнаружены на участке в южной части V карты шламоотстойников (рис. 6). На удалении от обводненных шламоотстойников жидких технологических отходов удельная активность техногенных радионуклидов в почвогрунте составляет менее 3 и 16 Бк/кг для ^{137}Cs и ^{241}Am соответственно.

Распределение удельной активности техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{241}Am по глубине донных отложений шламоотстойников карт V и VI характеризуется неоднородностью (рис. 7). ^{137}Cs преимущественно концентрируется в поверхностном слое (0–20 см), где удельная активность радионуклида в обеих картах составляет порядка 130 Бк/кг. Распределение этого показателя для ^{241}Am имеет иной характер – наибольшие уровни отмечены в слое на глубине 50–60 см. В керне отложений карты V удельная активность ^{241}Am существенно превышает значение критерия $A_{\text{НИ}}$, достигая порога отнесения к РАО в слоях ниже 30 см от поверхности отложений.

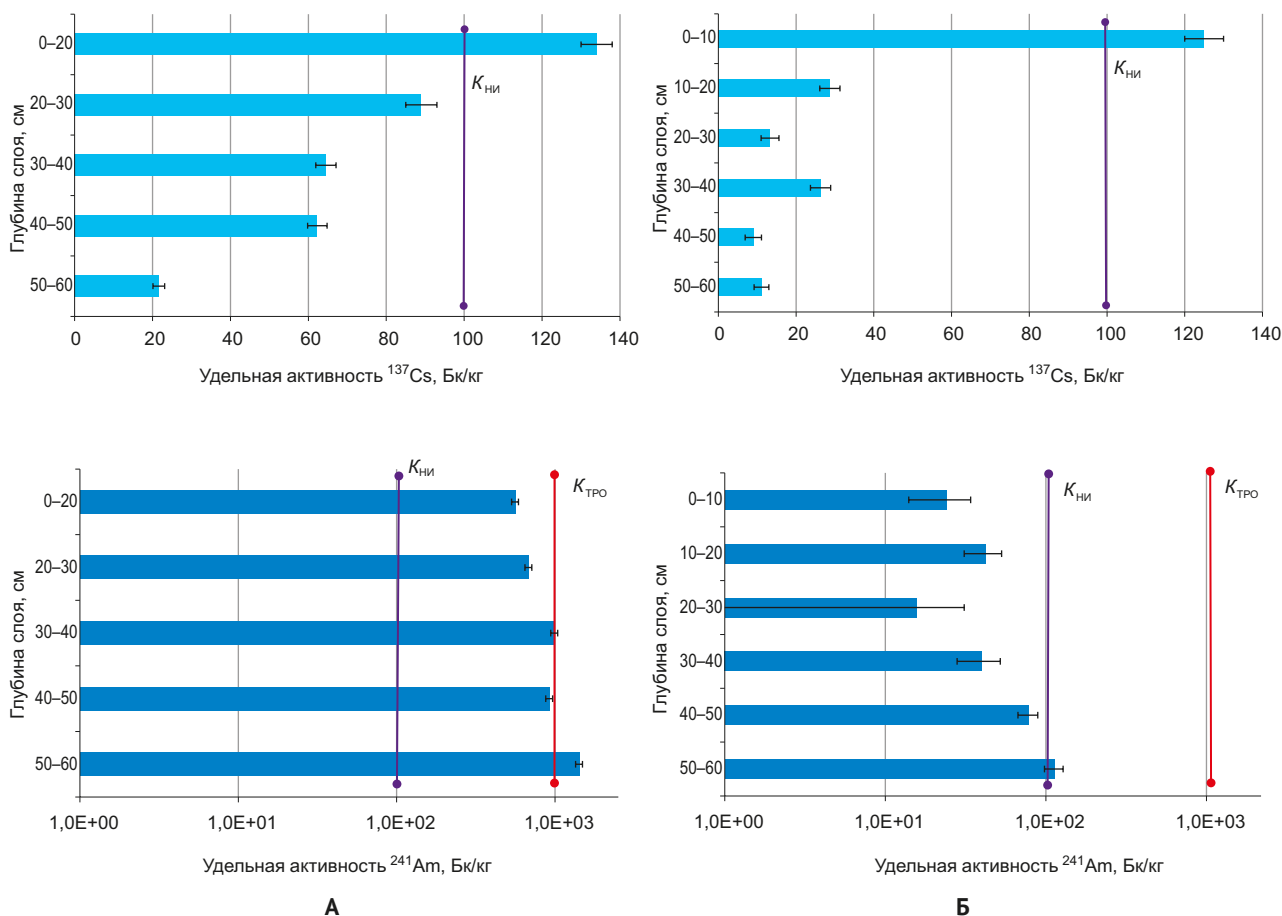


Рис. 7. Распределение удельной активности ^{137}Cs и ^{241}Am по глубине донных отложений шламоотстойников: А – карта V, Б – карта VI

Заключение

Обводненные шламоотстойники технологических отходов сублиматного производства и их прибрежная территория характеризуются повышенным содержанием природных и техногенных радионуклидов. Содержание изотопов урана ^{238}U и ^{235}U в 2–3 раза превышает фоновые показатели. Обнаружено техногенное загрязнение донных отложений и грунта береговых склонов: ^{137}Cs — на уровне критерия $A_{\text{НИ}}$ и ^{241}Am — на уровне отнесения к РАО. Данные объекты являются потенциальными источниками загрязнения окружающей среды с учетом их взаимодействия с метеорными и грунтовыми водами, что подтверждают результаты предыдущих исследований [1], [8], [9]. Представляется необходимым дальнейшее углубленное обследование этих объектов, наряду с разработкой проектных решений по выведению шламоотстойников из зоны активного водообмена.

Литература

1. Шемелина О. В. Закономерности миграции урана в низкорadioактивных хранилищах отходов (на примере АО АЭХК): дисс... канд. геол.-минерал. наук. — Новосибирск, ИГМ СО РАН, 2019. 154 с.
2. Кузьмин М. П., Ларионов Л. М., Кузьмина М. Ю., Григорьев В. Г. Промышленное использование фторгипса — отхода производства плавиковой кислоты // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 2. С. 324–333. DOI: 10.21285/2227-2917-2019-2-324-333.
3. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010.
4. Зозуль Ю. Н., Киселев С. М., Шлыгин В. В., Ахромеев С. В., Малахова А. Н., Гимадова Т. И., Бельских Ю. С., Арчакова Ю. В., Галицкая Л. Н. Радиационно-гигиеническая обстановка в районе размещения хранилищ отходов сублиматного производства АО «АЭХК» // Радиационная гигиена. 2024. Т. 17. № 1. С. 111–120. DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-1-111-120.
5. Радиационная обстановка на территории Российской Федерации и сопредельных государств в 2013 году: ежегодник. — Обнинск, НПО «Тайфун», 2022. 350 с.
6. Зозуль Ю. Н., Шлыгин В. В., Лащенкова Т. Н., Гимадова Т. И., Ахромеев С. В., Малахова А. Н., Соловьева Д. А., Киселев С. М. Оценка состояния территории в районе хранения твердых РАО Ангарского электролизного химического комбината // Сборник тезисов X Российской конференции с международным участием «Радиохимия-2022», Санкт-Петербург, 23–26 сентября 2022 г. С. 204.
7. International Atomic Energy Agency. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. IAEA Safety Series No. 115. IAEA, Vienna, 1996.
8. Киселев С. М., Зозуль Ю. Н., Шлыгин В. В., Ахромеев С. В., Болотник Н. Ф. Особенности распределения урана в окружающей среде в районе расположения хранилищ отходов сублиматного производства // Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов VI Международной (XIX Региональной) научной конференции / Под общ. ред. А. А. Удаловой. — Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2023. — 480 с. ISBN 978-5-7262-2374-2.
9. Шлыгин В. В., Зозуль Ю. Н., Киселев С. М., Ахромеев С. В. Индикаторы миграции урана в подземные воды в районе расположения шламохранилищ ОА АЭХК. // Сб. материалов юбилейной научно-практической конференции «Актуальные вопросы радиационной безопасности», посвященной 70-летию Южно-уральского института биофизики / Под общ. ред. к.б.н. С. А. Романова, д.м.н. М. Э. Сокольниковой. — М.: Издательство «Перо», 2023. — 2 Мб [Электронный ресурс]. ISBN 978-5-00218-774-4 «Актуальные вопросы радиационной безопасности» 11–13.10.23. г. Озерск.

Информация об авторах

Зозуль Юлия Николаевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна» (123098, Москва, ул. Живописная, д. 46), e-mail: julnik@list.ru.

Шлыгин Владимир Васильевич, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна» (123098, г. Москва, ул. Живописная, д. 46), e-mail: vladvas83@mail.ru.

Ахромеев Сергей Викторович, научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна» (123098, Москва, ул. Живописная, д. 46), e-mail: ahromeevs@mail.ru.

Эдомская Мария Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (249035, Калужская обл., Обнинск, Киевское шоссе, д. 1, корп. 1), e-mail: ma.edomskaaya@yandex.ru.

Шаврина Карина Евгеньевна, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (249035, Калужская обл., Обнинск, Киевское шоссе, д. 1, корп. 1), e-mail: shavrina2000@gmail.com.

Маркова Маргарита Вадимовна, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (249035, Калужская обл., Обнинск, Киевское шоссе, д. 1, корп. 1), e-mail: markovamv01@mail.ru.

Библиографическое описание статьи

Зозуль Ю. Н., Шлыгин В. В., Ахромеев С. В., Эдомская М. А., Шаврина К. Е., Маркова М. В. Исследование радиационно-экологической обстановки в районе размещения хранилищ технологических отходов сублиматного производства в Иркутской области // Радиоактивные отходы. 2024. № 3 (28). С. 101–109. DOI: 10.25283/2587-9707-2024-3-101-109.

RADIATION AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF DISPOSAL FACILITIES FOR SUBLIMATE PRODUCTION WASTE IN THE IRKUTSK REGION

Zozul Yu. N.¹, Shlygin V. V.¹, Akhromeev S. V.¹, Edomskaaya M. A.², Shavrina K. E.², Markova M. V.²

¹Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

²Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute», Obninsk, Kaluga region, Russia

Article received on July 10, 2024

The article presents the findings of an environmental assessment focused on the contaminated areas surrounding the sublimate production waste disposal site in the Angarsk city. The radiation situation there is characterized by background gamma radiation levels. Fluorogypsum deposits resulted from fluorine acid processing contain naturally occurring radionuclides at levels allowing for their use as construction materials ($A_{\text{eff}} = 9 \text{ Bq/kg}$). The radioecological situation investigated in the vicinity of watered sludge pits, into which the uranium enrichment waste had been discharged, revealed the presence of contaminated soils containing man-made radionuclides ^{137}Cs and ^{241}Am , as well as uranium isotopes. The study indicates the areas with ^{241}Am specific activity levels exceeding the criterion set to refer waste to the radioactive waste category. Bottom sediments in sludge-settling pits revealed notable spatial variations in the distribution of man-made radionuclides, in particular, the specific activity of ^{241}Am tuned out to be higher than the criteria set for RW categorization as very low-level waste (VLLW). Given that the waste disposal facilities were sited in highly permeable soils, the study demonstrates potential risk of man-made radionuclide transport and groundwater contamination. The paper argues that the isolation method providing for sludge pit backfilling with soil can be considered as a temporary measure seen to prevent groundwater contamination until the final decision regarding the sludge pit isolation is made.

Keywords: radioactive waste, very low-level waste, sublimate production, fluorogypsum deposits, sludge fields, isotopes of uranium, cesium-137, americium-241.

References

1. Shemelina O. V. *Zakonomernosti migratsii urana v nizkoradioaktivnykh khranilishchakh otkhodov* (na primere AO AEKHK) [Patterns of uranium transport in low-level waste storage facilities (based on the case study of AECC)], Cand. geological and mineralogical sci. diss. Novosibirsk, 2019. 154 p.

2. Kuzmin M. P., Larionov L. M., Kuzmina M. Yu., Grigoryev V. G. Promyshlennoye ispol'zovaniye ftorgipsa — otkhoda proizvodstva plavikovoy kisloty [Industrial use of fluorogypsum, a waste product from hydrofluoric acid production]. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* — News from universities. Investments. Construction.

- Real estate*, 2019, vol. 9, no. 2, pp. 324–333. DOI: 10.21285/2227-2917-2019-2-324-333.
3. SP 2.6.1.2612-10. *Osnovnyye sanitarnyye pravila obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti (OSPORB-99/2010)* [Basic sanitary rules of radiation safety (OSPORB-99/2010)]. Moscow, Federal'nyy tsentr gigiyeny i epidemiologii Rospotrebnadzora Publ., 2010.
4. Zozul Yu. N., Kiselev S. M., Shlygin V. V., Akhromeev S. V., Malakhova A. N., Gimadova T. I., Belskikh Yu. S., Archakova Yu. V., Galitskaya L. N. Radiatsionno-gigiyenicheskaya obstanovka v rayone razmeshcheniya khranilishch otkhodov sublimatnogo proizvodstva AO "AEKHK" [Radiation-hygienic situation in the area of sublimate production waste storage of JSC "AECC"]. *Radiatsionnaya gigiyena — Radiation hygiene*, 2024, vol. 17, no. 1, pp. 111–120. DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-1-111-120.
5. *Radiatsionnaya obstanovka na territorii Rossiyskoy Federatsii i sopredel'nykh gosudarstv v 2013 godu: yezhegodnik* [Radiation situation on the territory of the Russian Federation and its neighboring states in 2013: yearbook]. Obninsk, NPO "Tayfun" Publ., 2022. 350 p.
6. Zozul Yu. N., Shlygin V. V., Lashchenova T. N., Gimadova T. I., Akhromeev S. V., Malakhova A. N., Solovyeva D. A., Kiselev S. M. *Otsenka sostoyaniya territorii v rayone khraneniya tverdykh RAO Angarskogo elektroliznogo khimicheskogo kombinata* [Assessment of areas belonging to the SRW storage facilities at AECC site]. Collection of abstracts from the X Russian conference with international participation Radiochemistry-2022, St. Petersburg, September 23–26, 2022. P. 204.
7. International Atomic Energy Agency. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. IAEA Safety Series No. 115. IAEA, Vienna, 1996.
8. Kiselev S. M., Zozul Yu. N., Shlygin V. V., Akhromeev S. V., Bolotnik N. F. *Osobennosti raspredeleniya urana v okruzhayushchej srede v rajone raspolozheniya khranilishch otkhodov sublimatnogo proizvodstva* [Peculiarities of environmental uranium distribution in the area of storage of sublimate production waste] Technogenic systems and environmental risk: Abstracts of the VI International (XIX Regional) Scientific Conference / Edit. By A. A. Udalova. — Obninsk: IATE NRNU MEFPhI, 2023. — 480 c. ISBN 978-5-7262-2374-2.
9. Shlygin V. V., Zozul Yu. N., Kiselev S. M., Akhromeev S. V. *Indikatory migratsii urana v podzemnye vody v rajone raspolozheniya shlamohranilishch AO AEKHK* [Indicators of uranium migration to groundwater in the area of the location of sludge storage facilities of the JSC AECC] Proceedings of the Jubilee Scientific and Practical Conference Topical issues of radiation safety dedicated to the 70th anniversary of the South Ural Institute of Biophysics Conference Radiation Protection and Radiation Safety in Nuclear Technologies. / Edit. by S. A. Romanova, M. E. Sokolnikova — Moscow: "Pero" Publ., 2023. — 2 Mb [Electronic source]. ISBN 978-5-00218-774-4 «Current radiation safety issues» 11-13.10.23. Ozersk.

Information about the authors

Zozul Yulia Nikolaevna, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (46, Pictorial st., Moscow, 123098, Russia), e-mail: julnik@list.ru.

Shlygin Vladimir Vasilyevich, Junior Researcher, Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (46, Pictorial st., Moscow, 123098, Russia), e-mail: vladvas83@mail.ru.

Akhromeev Sergey Viktorovich, Researcher, Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (46, Pictorial st., Moscow, 123098, Russia), e-mail: ahromeevs@mail.ru.

Edomskaya Maria Alexandrovna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute» (1, building 1, Obninsk, Kievskoe highway, Kaluga region, 249035, Russia), e-mail: ma.edomskaya@yandex.ru.

Shavrina Karina Evgenievna, Junior Researcher Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute» (1, building 1, Obninsk, Kievskoe highway, Kaluga region, 249035, Russia), e-mail: shavrina2000@gmail.com.

Markova Margarita Vadimovna, Junior Researcher, Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute» (1, building 1, Obninsk, Kievskoe highway, Kaluga region, 249035, Russia), e-mail: markovamv01@mail.ru.

Bibliographic description

Zozul Yu. N., Shlygin V. V., Akhromeev S. V., Edomskaya M. A., Shavrina K. E., Markova M. V. Radiation and environmental assessment of disposal facilities for sublimate production waste in the Irkutsk region. *Radioactive Waste*, 2024, no. 3 (28), pp. 101–109. DOI: 10.25283/2587-9707-2024-3-101-109. (In Russian).