



ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОЩАДОК ВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ НЕФТЕШЛАМОВ

© 2025

Байтелова А.И.¹, Солопова В.А.¹, Побилат А.Е.²

¹Оренбургский государственный университет (г. Оренбург, Россия)

²Российский университет дружбы народов (г. Москва, Россия)

Аннотация. Присутствие кадмия в почве и сельскохозяйственных растениях, даже в малых концентрациях, может приводить к кумулятивному эффекту, оказывая долгосрочное негативное воздействие на экосистемы и живые организмы. Одним из источников загрязнения почв кадмием в Оренбургской области являются площадки временного хранения нефтешламов. Было проведено исследование содержания кадмия в почвах в районах сельскохозяйственного назначения Оренбургской области в 100 метрах от источников загрязнения нефтешламами и на расстоянии 2 км, а также динамика его транспорта в пищевую цепь человека через зерно пшеницы. Экологический мониторинг содержания кадмия показал, что изменение кратности превышения его подвижной формы за 2023–2025 гг. в исследуемых почвах составляет от 1 до 2, в зерне пшеницы – от 1 до 3. В почвах, находящихся в 100 метрах от границ площадок временного хранения нефтешламов и в 2 км от них, наблюдается превышение ПДК в различных вариациях в зависимости от удаленности источника загрязнения. В зерне пшеницы наблюдается превышение ПДК в образцах, растущих в 100 метрах от источников. Исследованные территории относятся к зонам критической экологической ситуации и требуют строгих мер соблюдения экологического законодательства.

Ключевые слова: кадмий; тяжёлые металлы; нефтешламы; класс опасности; содержание; почва; пшеница; предельно-допустимая концентрация; экологический мониторинг; Оренбургская область.

ENVIRONMENTAL MONITORING OF CADMIUM CONTENT IN THE ZONE OF INFLUENCE OF TEMPORARY OIL SLUDGE STORAGE SITES

© 2025

Baitelova A.I.¹, Solopova V.A.¹, Pobilat A.E.²

¹Orenburg State University (Orenburg, Russia)

²Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russia)

Abstract. The presence of cadmium in soil and agricultural plants, even in small concentrations, can lead to a cumulative effect, having long-term negative effects on ecosystems and living organisms. One of the sources of cadmium pollution in the Orenburg Region are temporary storage sites for oil sludge. A study was conducted of the cadmium content in soils in agricultural areas of the Orenburg Region 100 meters from sources of oil sludge pollution and at a distance of 2 km, as well as the dynamics of its transport to the human food chain through wheat grain. Ecological monitoring of the cadmium content showed that the change in the multiplicity of exceeding its mobile form for 2023–2025. in the studied soils is from 1 to 2, in wheat grain – from 1 to 3. In soils located 100 meters from the boundaries of temporary oil sludge storage sites and 2 km from them, MPCs are exceeded in various variations depending on the remoteness of the source of pollution. In wheat grain, there is an excess of MPC in samples growing 100 meters near the sources. The investigated territories are classified as areas of critical environmental situation and require strict measures to comply with environmental legislation.

Keywords: cadmium; heavy metals; oil sludge; hazard class; content; soil; wheat; maximum permissible concentration; environmental monitoring; Orenburg Region.

Введение

Известно, что кадмий, будучи тяжелым металлом первого класса опасности, представляет серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Его подвижность в различных средах определяет степень воздействия и потенциальную токсичность. В почвах кадмий может существовать в различных формах, от прочно связанных с минеральной матрицей до легкодоступных для поглощения растениями и микроорганизмами [1, с. 78].

Факторы, влияющие на подвижность кадмия в почве, многочисленны и взаимосвязаны, при этом pH почвы играет ключевую роль [2, с. 23]. При увеличении кислотности кадмий переходит в более растворимые формы, что увеличивает его подвижность. Наличие органического вещества в почве также влияет на поведение кадмия. С одной стороны, органическое вещество может связывать кадмий, снижая его доступность, с другой – оно может способствовать его комплексообразованию и повышению подвижности [3, с. 354]. Повышенная подвижность кадмия приводит к его активному накоплению в растениях, которые затем могут быть использованы в пищу человеком или животными, создавая риск отравления. Кроме того, подвижный кадмий может проникать в грунтовые воды, загрязняя источники питьевой воды [4]. Высокие концентрации кадмия могут быть токсичны для почвенных организмов и могут легко проникать в растительный слой и в конечном итоге попадать в пищевую цепь [5, с. 76; 6, р. 1427]. Выяснено, что кадмий не поддается биологи-

ческому разложению и его период полураспада в организме составляет около 17–30 лет [7, р. 19; 8, с. 5]. В этой связи мы провели исследование поглощения почвой кадмия, его транспорта и накопления в растениях.

Как известно, в пробах почв и растениях можно проследить изменение содержания того или иного микроэлемента, возникающее при длительном воздействии определенных факторов, специфических для конкретной местности [9, с. 308]. Места хранения нефтяных отходов могут являться источниками скопления веществ высоких классов опасности и представлять угрозу для окружающей среды и здоровья человека [10, с. 55].

На территории Оренбургской области еще в начале 2000-х годов были выявлены источники экологически неблагоприятных территорий [11, с. 156]. С 2019 по 2025 годы в четырех районах Оренбургской области (Красногвардейском, Переволоцком, Первомайском и Сакмарском) были зафиксированы многочисленные жалобы населения на запах сероводорода, плохое самочувствие, рост числа онкологических больных из-за несанкционированного складирования нефтешламов на данных территориях [12, р. 10355]. На территории Красногвардейского района находится комплекс по переработке нефтяных отходов, деятельность которого в указанный период осуществлялась с нарушением законодательства. Другой объект захоронения нефтешламовых отходов находится на северо-западной окраине населенного пункта Переволоцкий, занимаемая им площадь 9 га. В 2019 году в сети интернет появилась видеозапись о складировании нефтешлама на территории песчаного карьера, расположенного в четырех километрах от села Архиповка Сакмарского района, в этом же году на территории Первомайского района был открыт комплекс по приему, подготовке и обезвреживанию нефтесодержащих отходов и отходов бурения. Объект загрязнения окружающей среды находится в трёх километрах к юго-востоку от поселка Первомайский на полигоне ТБО. Данные районы являются районами сельскохозяйственного назначения, основной выращиваемой культурой при этом является зерновая пшеница [13, с. 698].

Цель исследования: определение содержания кадмия в почве возле площадок хранения нефтешламов Оренбургской области и динамики его транспорта в пищевую цепь человека.

Модели и методы

В течение 2023–2025 гг. нами были отобраны пробы почвы и пшеницы с земель сельскохозяйственного назначения, расположенных в 100 метрах от границ площадок временного хранения нефтешламов. Всего было отобрано по 10 проб почвы и по 10 проб зерна пшеницы. Так же для сравнения в качестве фоновых проб были отобраны по 10 проб почвы и пшеницы в радиусе двух километров от границ площадок временного хранения нефтешламов. Мониторингу подверглась территория 4 площадок временного хранения нефтешламов, расположенных у границ населенных пунктов Оренбургской области: п. Переволоцкий Переволоцкого района, п. Первомайский Первомайского района, с. Архиповка Сакмарского района и с. Кинзелька Красногвардейского района [14, с. 29]. Отбор проб почвы осуществлялся согласно методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения [15, с. 110], зерно пшеницы отбирали по ГОСТ 26312.1-84 «Крупа». Все отобранные пробы транспортировали и хранили в сухом, прохладном месте.

Исследование проводили в Федеральном научном центре биологических систем и агротехнологий Российской академии наук. Применяемое оборудование: Весы лабораторные СЕ-224-С, Спектрометр атомно-абсорбционный «Квант-2». В пробах почвы определяли подвижные формы микроэлемента первого класса опасности – кадмия.

Результаты и обсуждение

Экологический мониторинг содержания кадмия был проведен для оценки его распространения вокруг площадок хранения нефтесодержащих отходов из установленных источников. Динамика изменения его концентрации по годам в населенных пунктах, где найдены значительные концентрации, представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Содержание подвижной формы кадмия в почвах по годам

Место взятия пробы	Концентрация кадмия, мг/кг		
	2023 г.	2024 г.	2025 г.
100 м от полигона нефтешламов в районе с. Архиповка	1,218 ± 0,014	1,078 ± 0,214	1,571 ± 0,034
Сельскохозяйственное поле, 2 км от полигона в районе с. Архиповка	0,833 ± 0,019	1,347 ± 0,027	0,923 ± 0,018
100 м от полигона нефтешламов в районе с. Кинзелька	1,771 ± 0,032	1,981 ± 0,029	1,833 ± 0,036
Сельскохозяйственное поле, 2 км от полигона в районе с. Кинзелька	1,431 ± 0,028	0,661 ± 0,014	1,201 ± 0,025
100 м от полигона нефтешламов в районе п. Первомайский	1,803 ± 0,037	2,014 ± 0,05	1,848 ± 0,038
Сельскохозяйственное поле, 2 км от полигона в районе п. Первомайский	0,867 ± 0,017	0,767 ± 0,015	1,593 ± 0,032
100 м от полигона нефтешламов в районе п. Переволоцкий	1,735 ± 0,036	1,948 ± 0,039	1,783 ± 0,036
Сельскохозяйственное поле, 2 км от полигона в районе п. Переволоцкий	1,518 ± 0,031	0,824 ± 0,016	1,569 ± 0,031

Для дальнейшего изучения транспорта подвижной формы тяжелого металла была рассчитана кратность превышения ПДК [16, с. 315; 17, с. 5; 18, с. 7]. Результаты мониторинга показали, что в 2023 году общая концентрация накопления кадмия в почвах, расположенных в пределах 100 м от площадок хранилищ нефтяных отходов, превышает ПДК от 1,2 до 1,8 раз, на расстоянии 2 км – от 0,867 до 1,519 раз. Максимальные концентрации наблюдаются вблизи небольшого поселка Первомайский, самые незначительные – в с. Архиповка.

По результатам исследования 2024 года, кратность превышения ПДК кадмия в почве в 100 м от полигона нефтешламов составляла от 0,988 до 2,013 раза. Наибольшее превышение наблюдалось вблизи п. Первомайский, наименьшее – в с. Архиповка. В почвах возле поселков Кинзелька и Переволоцкий кратность превышения ПДК по кадмию практически не отличается. В почвах, расположенных в пределах 2 км от мест хранения нефтяных отходов, показатель кратности был ниже, чем в прошлом году и составлял от 0,662 до 1,347. Но при этом максимальный показатель наблюдался в селе Архиповка.

Концентрации подвижной формы кадмия в почве всех исследованных проб, отобранных в пределах 100 м от мест временного хранения нефтесодержащих отходов в 2025 г., превышали ПДК в 1,671–1,848 раза (рис. 1). Максимальное превышение наблюдалось вблизи полигона нефтешламов в п. Первомайский, а минимальное, как и в предыдущие годы, в Архиповке. В с. Кинзелька и п. Переволоцкий результаты практически одинаковые. Анализ почв, расположенных на расстоянии 2 км от мест временного хранения нефтешламов, показал, что кратность превышения концентрации подвижной формы кадмия варьировалась от 0,923 до 1,593. То есть дополнительных значений превышения ПДК по кадмию не выявлено только в почве в районе с. Архиповка. Вблизи других населенных пунктов превышение ПДК в почве колеблется от 1,202 до 1,593.

Анализируя динамику изменения кратности превышения подвижной формы кадмия в почвах за 2023–2025 гг. (рис. 2) на расстоянии 2 км от площадок хранения нефтешламов, можно выявить некоторые отличия от динамики рядом с площадками хранения нефтешламов. В поселках Первомайский и Переволоцкий максимум значений кратности наблюдается в 2025 г., минимум – в 2024 г. В с. Архиповка кратность превышения, наоборот, максимума достигает в 2024 г., а минимума – в 2025 г. В почвах с. Кинзелька наибольшая кратность превышения отмечена в 2023 г., а наименьшая – в 2024 г.

Ранее в исследованиях предполагалось, что повышенное содержание кадмия в почве может катализировать его повышенное содержание в сельскохозяйственных культурах [19, с. 58]. Поэтому для исследования механизмов транспорта тяжелого металла в сельскохозяйственные культуры была проанализирована также в динамике по годам его концентрация в зерне пшеницы (табл. 2).

Концентрация загрязняющего вещества возрастает по годам и имеет самые высокие показатели в 2025 году. Также следующим этапом была рассчитана кратность превышения концентрации кадмия по отношению к ПДК, динамика изменения которого по годам имеет аналогичный характер (рис. 3).

Концентрации кадмия в пробах в радиусе 100 метров от площадок хранения нефти превышали ПДК в 1,6–3,1 раза. На таком расстоянии наблюдалось превышение во всех отобранных пробах почв. Участок с максимальным превышением расположен вблизи села Кинзелька, минимальным – в поселке Переволоцкий. Анализ посевов пшеницы на расстоянии 2 км от площадок показал, что кратность превышения концентрации подвижной формы кадмия, варьировалась от 0,84 до 0,99. Превышение ПДК кадмия не было обнаружено ни на одном из участков отбора проб. Максимальные значения обнаружены рядом с п. Первомайский.

Полученные результаты подтверждают гипотезу о том, что максимальные концентрации кадмия в зерне пшеницы вблизи мест хранения нефтешламов будут выше, чем в пшенице на сельскохозяйственных полях, расположенных в 2 км от них. Результаты разнятся в 1,9–3,6 раза.

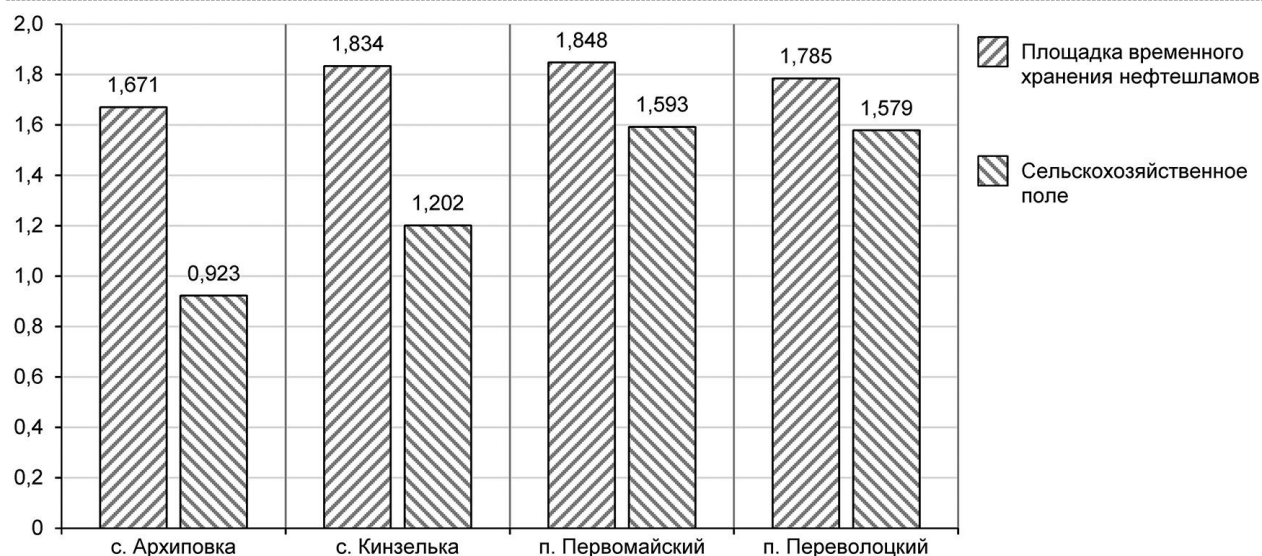


Рисунок 1 – Кратность превышения подвижной формы кадмия в почвах исследуемых образцов в 2025 году

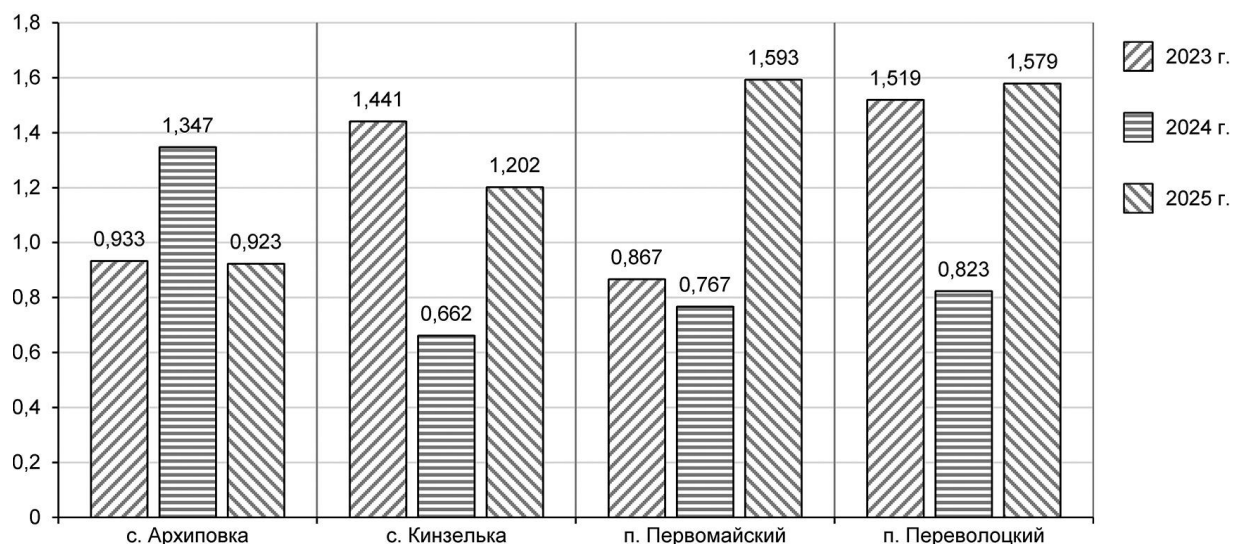


Рисунок 2 – Динамика изменения кратности превышения подвижной формы кадмия в почве на расстоянии 2 км от площадки временного хранения нефтешламов за 2023–2025 гг.

Таблица 2 – Содержание подвижной формы кадмия в зерне пшеницы по годам

Место взятия пробы	Концентрация кадмия, мг/кг		
	2023 г.	2024 г.	2025 г.
100 м от полигона нефтешламов в районе с. Архиповка	0,12 ± 0,002	0,13 ± 0,003	0,16 ± 0,003
Сельскохозяйственное поле, 2 км от полигона в районе с. Архиповка	0,07 ± 0,001	0,077 ± 0,002	0,084 ± 0,002
100 м от полигона нефтешламов в районе с. Кинзелька	0,21 ± 0,004	0,27 ± 0,005	0,31 ± 0,006
Сельскохозяйственное поле, 2 км от полигона в районе с. Кинзелька	0,08 ± 0,002	0,086 ± 0,002	0,092 ± 0,002
100 м от полигона нефтешламов в районе п. Первомайский	0,24 ± 0,005	0,22 ± 0,004	0,24 ± 0,005
Сельскохозяйственное поле, 2 км от полигона в районе п. Первомайский	0,09 ± 0,002	0,096 ± 0,002	0,099 ± 0,002
100 м от полигона нефтешламов в районе п. Переволоцкий	0,15 ± 0,003	0,18 ± 0,004	0,21 ± 0,002
Сельскохозяйственное поле, 2 км от полигона в районе п. Переволоцкий	0,04 ± 0,0008	0,051 ± 0,001	0,059 ± 0,001

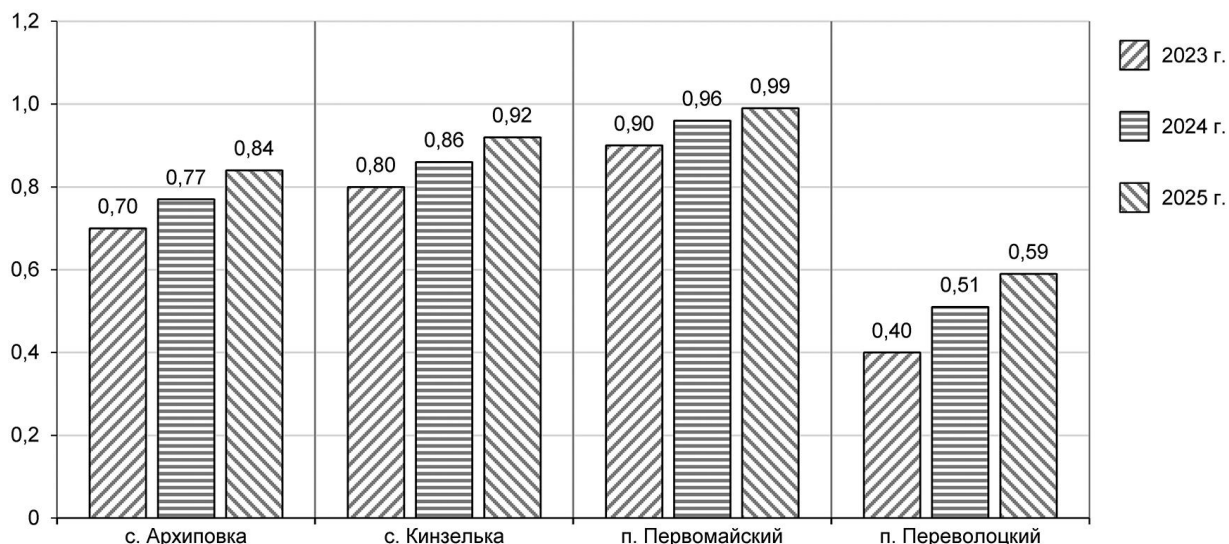


Рисунок 3 – Динамика изменения кратности превышения подвижной формы кадмия в зерне пшеницы на расстоянии 2 км от источников хранения нефтесодержащих отходов за 2023–2025 гг.

Заключение

Экологический мониторинг содержания кадмия является необходимым инструментом для оценки и управления риском загрязнения окружающей среды этим токсичным металлом. Кратность превышения ПДК кадмия является так называемым экотоксикологическим показателем. Согласно исследованиям М.В. Зильбермана, Е.А. Пичугина, Н.Б. Ходяшева [20, с. 196] по экотоксикологическому показателю тяжелых металлов 1 класса опасности территория 4 площадок временного хранения нефтешламов, расположенных у границ исследованных населенных пунктов Оренбургской области в п. Переволоцкий Переволоцкого района, п. Первомайский Первомайского района, с. Архиповка Сакмарского района и с. Кинзелька Красногвардейского района, относится к зоне критической экологической ситуации. Для решения проблем, связанных с зонами критической экологической ситуации, необходимы комплексные меры, включающие разработку и внедрение экологически безопасных технологий, очистку загрязненных территорий, восстановление природных экосистем, а также повышение экологической культуры населения. Важно также осуществлять строгий контроль за соблюдением экологического законодательства и привлекать к ответственности нарушителей. Только совместными усилиями можно предотвратить дальнейшую деградацию окружающей среды и восстановить экологическое равновесие в этих зонах.

Список источников:

1. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биэлементы в медицине. М.: Оникс 21 век; Мир, 2004. 272 с.
2. Балаба В.И., Колесов А.И., Коновалов Е.А. Проблемы экологической безопасности использования веществ и материалов бурения. М.: ИРЦ «Газпром», 2001. 76 с.
3. Пиковский Ю.И., Исмаилов Н.М., Дорохова М.Ф. Основы нефтегазовой геоэкологии: учеб. пособие / под ред. А.Н. Геннадиева. М.: Инфра-М, 2015. 400 с.
4. Ягафарова Г.Г., Барахнина В.Б. Утилизация экологически опасных буровых отходов // Нефтегазовое дело. 2006. № 1. С. 38.
5. Пичугин Е.А. Оценка влияния компонентов, входящих в состав буровых шламов, на почву ХМАО – Югры // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2015. № 2. С. 75–83.
6. Businelli D., Massaccesi L., Said-Pullicino D., Gigliotti G. Long-term distribution, mobility and plant availability of compost-derived heavy metals in a landfill covering soil // Science of the Total Environment. 2009. Vol. 407, iss. 4. P. 1426–1435. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2008.10.052.
7. Flora S.J.S. Metal poisoning: threat and management // Al Ameen Journal of Medical Science. 2009. Vol. 2, iss. 2. P. 4–26.
8. Сальникова Е.В., Сизенцов А.Н. Оценка степени влияния кадмия на организм животных в модельном эксперименте острой интоксикации // Микроэлементы в медицине. 2024. Т. 25, вып. 3. С. 5–6. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-2.
9. Васильев А.В., Тупицына О.В. Экологическое воздействие буровых шламов и подходы к их переработке // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 5. С. 308–313.
10. Хаустов А.П., Редина М.М. Нормирование и снижение загрязнения окружающей среды: учебник. 2-е изд. М.: Юрайт, 2019. 387 с.
11. Тарасова Т.Ф., Байтелова А.И., Гурьянова Н.С. Исследование динамики изменения показателей качества почв Илекского района Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 12 (131). С. 154–156.
12. Gorshenina E., Baitelova A., Rakhimova N., Bykova L., Savchenkova E. Monitoring of the migratory ability of heavy metals in soil-plant system // Biointerface Research in Applied Chemistry. 2021. Vol. 11, iss. 3. P. 10351–10357. DOI: 10.33263/briac113.1035110357.
13. Савченкова Е.Э., Горшенина Е.Л., Быкова Л.А., Рахимова Н.Н., Солопова В.А., Делигирова В.В. Экологический мониторинг при антропогенном воздействии на естественные агросистемы степной зоны Оренбуржья // Степи Северной Евразии: мат-лы IX междунар. симпозиума / под науч. ред. А.А. Чибилева. Оренбург: ОГУ, 2021. С. 698–701. DOI: 10.24412/cl-36359-2021-698-701.
14. Байтелова А.И. Оценка влияния захоронений нефтешламов на почвенный покров Оренбургской области // Региональные проблемы геологии, географии, техносферной и экологической безопасности: сб. мат-лов VI всерос. науч.-практ. конф. (Оренбург, 26 ноября 2024 г.). Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2025. С. 28–32.
15. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФБГУ «Росинформагротех», 2003. 240 с.
16. Пашкевич М.А., Гвоздецкая М.В. Разработка методологии мониторинга экологической опасности отходов бурения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 10. С. 314–317.
17. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 11 с.
18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.

19. Плеханова В.А. Проблема нормирования содержания кадмия в почве // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2010. № 2 (5). С. 55–59.

20. Зильберман М.В., Пичугин Е.А., Ходяшев Н.Б., Черепанов М.В., Шенфельд Б.Е. Оценка влияния состава буровых шламов на класс опасности для окружающей природной среды // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 2. С. 194–202.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Байтелова Алина Ивановна , кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности; Оренбургский государственный университет (г. Оренбург, Россия). E-mail: baitelova@outlook.com.	Baitelova Alina Ivanovna , candidate of technical sciences, associate professor, head of Life Safety Department; Orenburg State University (Orenburg, Russia). E-mail: baitelova@outlook.com.
Солопова Валентина Александровна , кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности; Оренбургский государственный университет (г. Оренбург, Россия). E-mail: solopova.valentina@mail.ru.	Solopova Valentina Alexandrovna , candidate of technical sciences, associate professor of Life Safety Department; Orenburg State University (Orenburg, Russia). E-mail: solopova.valentina@mail.ru.
Побилат Анна Евгеньевна , кандидат медицинских наук, ассистент кафедры медицинской элементологии; Российский университет дружбы народов (г. Москва, Россия). E-mail: pobilat_anna@mail.ru.	Pobilat Anna Evgenievna , candidate of medical sciences, assistant of Medical Elementology Department; Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russia). E-mail: pobilat_anna@mail.ru.

Для цитирования:

Байтелова А.И., Солопова В.А., Побилат А.Е. Экологический мониторинг содержания кадмия в зоне влияния площадок временного хранения нефтешламов // Самарский научный вестник. 2025. Т. 14, № 3. С. 24–29.
DOI: 10.55355/snv2025143102.