



DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-219-230

EDN: IGMWYJ

УДК 504.054:504.064.45

Научная статья / Research article

## Комплексная геоэкологическая оценка буровых шламов и подходы к их утилизации

**Е.В. Гаевая**✉*Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация*✉ [gaevajaev@tyuiu.ru](mailto:gaevajaev@tyuiu.ru)

**Аннотация.** Рассмотрены химические свойства горной породы и буровых шламов. Буровые шламы оказывают негативное воздействие на компоненты природной среды: почвенный покров, атмосферный воздух, грунтовые воды. Цель исследования – комплексное изучение химических характеристик в системе «горная порода – буровой раствор – буровой шлам» и предложение подходов к утилизации буровых шламов. При бурении скважин применяют различные типы буровых растворов, которые влияют на физико-химические характеристики шламов. Установлено, что буровой раствор солевой на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров содержит высокие значения водорастворимых солей, наибольшее значение наблюдалось по хлорид-иону – 71 087,0 мг/кг. Буровой раствор на углеводородной основе характеризовался высоким содержанием нефтепродуктов, концентрация этого показателя составила 9000 мг/кг. Содержание тяжелых металлов зависело не только от состава буровых растворов, но и от исходного содержания их в горной породе. Выявлены превышения по мышьяку в образцах горной породы и бурового шлама относительно кларков микроэлементов в литосфере. Результаты исследований позволяют установить закономерности между буровыми шламами и выбором способа обращения, что позволит сократить потребление природных ресурсов и создаст предпосылки эколого-экономического эффекта для регионов.

**Ключевые слова:** горная порода, буровой раствор, буровой шлам, утилизация, нефтепродукты, валовое содержание тяжелых металлов

**История статьи:** поступила в редакцию 15.02.2025; доработана после рецензирования 15.04.2025; принята к публикации 15.02.2025.

**Заявление о конфликте интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

© Гаевая Е.В., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Гаевая Е.В. Комплексная геоэкологическая оценка буровых шламов и подходы к их утилизации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 219–230. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-219-230>

## Integrated geo-ecological assessment of drill cuttings and approaches to their disposal

Elena V. Gaevaya✉

*Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation*

✉[gaevajaev@tyuiu.ru](mailto:gaevajaev@tyuiu.ru)

**Abstract.** The study discusses the chemical properties of rock and drill cuttings. Drill cuttings have a negative impact on the components of the natural environment: soil cover, atmospheric air, groundwater. The purpose of the research was a comprehensive study of the chemical characteristics in the system “rock – drilling fluid – drill cuttings” and proposing approaches to the disposal of drill cuttings. When drilling wells, various types of drilling fluids are used, which affect the physical and chemical characteristics of the cuttings. It was established that the water-based salt drilling fluid with the addition of biodegradable polymers contained high values of water-soluble salts, the highest value was observed for chloride ion – 71087.0 mg/kg. The hydrocarbon-based drilling fluid was characterized by a high content of petroleum products, the concentration of this indicator was 9000 mg/kg. The content of heavy metals depended not only on the composition of drilling fluids, but also on their initial content in the rock. Excesses of arsenic in rock and drill cuttings samples relative to the clarkes of microelements in the lithosphere were revealed. The research results make it possible to establish patterns between drill cuttings and the choice of treatment method, which will reduce the consumption of natural resources and create the preconditions for an environmental and economic effect for the regions.

**Keywords:** rock, drilling fluid, drill cuttings, recycling, petroleum products, gross content of heavy metals

**Article history:** received 15.02.2025; revised 15.04.2025; accepted 15.02.2025.

**Conflicts of interest.** The author declares no conflicts of interest.

**For citation:** Gaevaya E.V. Integrated geo-ecological assessment of drill cuttings and approaches to their disposal. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):219–230. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-219-230>

## Введение

Нефтяная промышленность сопряжена с ежегодным образованием отходов бурения, которые направляют на накопление или размещение в шламовые амбары, все это приводит к нарушению равновесия в экосистемах [1–3].

Основными центрами нефтегазодобычи Ямало-Ненецкого автономного округа являются Бованенковский, Новопортовский, Мессояхский. Ведется активное строительство Тамбейского и Каменномысского центров. Освоение

столь значимого ресурсного потенциала неизбежно связано с образованием отходов бурения. Согласно данным сводной статистической отчетности 2-ТП (отходы) по сравнению с 2017 г. в 2022 г. количество отходов бурения выросло в 3 раза.

Среди промышленных отходов наибольший удельный вес и загрязненность имеют буровые отходы, источником которых является буровой раствор.

Ежегодно на долю отходов бурения приходится более 70 % от общего количества отходов производства и потребления, образованных в Ямало-Ненецком автономном округе, Ханты-Мансийском автономном округе-Югра и Тюменской области.

Объем образования буровых отходов зависит от следующих факторов: применяемой технологии бурения, глубины бурения скважины, типа буровых растворов, характеристик и свойств разбуриваемых пород. В среднем на одну скважину образуется от 1000 до 2000 м<sup>3</sup> отходов бурения [4; 5].

Буровые шламы представляют собой текучую пастообразную массу темно-серого с металлическим оттенком цвета, маслянистую на ощупь и имеющую запах нефти. По агрегатному состоянию (содержание твердой и жидкой фазы) отходы могут быть систематизированы следующим образом: жидкие (при содержании твердой фазы до 35 % отходы сохраняют свою подвижность и текучесть); полужидкие (пастообразные, при содержании твердой фазы от 35 до 85 %); твердые (при содержании жидкости в составе отходов меньше 15 %) [6–10].

Несмотря на актуальность, буровые отходы до сих пор остаются малоисследованными, особенно в отношении базовых химических веществ. Ряд исследований указывает, что буровые отходы при бурении скважин имеют свои химические характеристики, это зависит от исходного состава пород и технологии бурения, а именно от типа бурового раствора [10–12].

Воздействие буровых отходов на окружающую среду, особенно на состояние почвы, является отрицательным. Основные факторы, приводящие к ухудшению состояния почвенного покрова, – это загрязняющие компоненты буровых отходов, такие как высокая минерализация и щелочность, а также присутствие нефтепродуктов в их составе. Токсичные соли (ионы хлора, натрия, сульфата и гидрокарбоната), а также нефтепродукты могут мигрировать в почве как в вертикальном, так и горизонтальном направлении [12; 13].

Наибольшую актуальность вызывает присутствие тяжелых металлов в буровых отходах, поскольку тяжелые металлы не подвергаются биологическим процессам и мигрируют в окружающей среде.

Буровые отходы содержат как валовое содержание, так и подвижные формы тяжелых металлов. При контакте буровых отходов с атмосферными осадками происходит их переход в водные растворы, при этом осуществляется миграция поллютантов в поверхностные и грунтовые воды [14; 15].

**Цель исследования** – комплексное изучение химических характеристик в системе «горная порода – буровой раствор – буровой шлам» и предложение подходов к утилизации буровых шламов.

## Материалы и методы

При проведении испытаний образцы горной породы, бурового раствора и буровых шламов были отобраны на разных нефтяных месторождениях. Пробы горной породы и бурового шлама отобраны с одной глубины бурения: 1700 м с применением бурового раствора на углеводородной основе; 2300 м с применением бурового раствора солевого на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров.

С целью детализации количественных характеристик изучаемых образцов был определен перечень химических показателей и методик аналитических исследований. Исследование нефтепродуктов осуществляли в соответствии с ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3:3.64-10, водородного показателя по ГОСТ 26423-85, хлорид-ионов, фосфат-ионов, сульфат-ионов – ПНД Ф 16.1:2:2.3:2.2.69-10, карбонатов – ГОСТ 26424-85, плотного остатка – ГОСТ 26423-85. Валовое содержание тяжелых металлов (кадмий, марганец, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец, цинк, кобальт) определяли в соответствии с ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.48-06, МИ 2878-2004, М-МВИ 80-2008 и ПНД Ф 16.1:2.3:3.50-08.

## Результаты и обсуждение

При бурении скважин используют различные типы буровых шламов, которые могут меняться в зависимости от интервала бурения, что влияет на физико-химические характеристики отходов. Растворы солевых на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров применяются для бурения в сложных горно-геологических условиях. Буровые растворы на углеводородной основе представляют собой многокомпонентную систему, в которой дисперсионной (несущей) средой является нефть или жидкие нефтепродукты (синтетическое масло, дизельное топливо и др.), а дисперсной (взвешенной) фазой – специально обработанная глина (гидрофобизированный бентонит). Такие растворы используют в ряде геологических условий: зоны перемятых пород, состоящих из смеси сероводорода.

Результаты исследований образцов бурового раствора солевого на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров (БР<sub>во</sub>) показали слабощелочную реакцию среды (7,41 ед. рН) и высокое содержание водорастворимых солей (хлорид-ионов, карбонат-ионов, сульфат-ионов, фосфат-ионов), наибольшее значение наблюдалось по хлорид-иону – 71087,0 мг/кг. Содержание нефтепродуктов составило 5700 мг/кг (табл. 1).

Буровой раствор на углеводородной основе (БР<sub>во</sub>) характеризовался высоким содержанием нефтепродуктов, концентрация этого показателя составила 9000 мг/кг. Реакция среды была нейтральной. Содержание водорастворимых солей в буровом растворе было следующим: хлорид-ионов – 1734,0 мг/кг, сульфат-ионов – 25,0 мг/кг, фосфат-ионов – 4,10 мг/кг, карбонат-ионов – 2,20 ммоль /100 г.

Таблица 1. Химический состав буровых растворов

Наименование показателя	Ед. изм.	БР <sub>во</sub>	БР <sub>во</sub>
pH	ед. pH	6,50 ± 0,10	7,41 ± 0,10
Нефтепродукты	мг/кг	9000 ± 3780	5700 ± 2394
Хлорид-ион	мг/кг	1734 ± 260	71087 ± 10663
Сульфат-ион	мг/кг	25,0 ± 3,75	292,0 ± 44,0
Фосфат-ион	мг/кг	4,10 ± 0,62	291,0 ± 44,0
Карбонат-ион	ммоль/100г	2,20 ± 0,1	10,45 ± 0,52

Примечания: БР<sub>во</sub> – буровой раствор на углеводородной основе; БР<sub>во</sub> – буровой раствор солевой на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров.

Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Table 1. Chemical composition of drilling fluids

Indicator name	Unit	DF <sub>hb</sub>	DF <sub>wb</sub>
pH	units pH	6,50 ± 0,10	7,41 ± 0,10
Petroleum products	mg/kg	9000 ± 3780	5700 ± 2394
Chloride-ion	mg/kg	1734 ± 260	71087 ± 10663
Sulfate ion	mg/kg	25,0 ± 3,75	292,0 ± 44,0
Phosphate-ion	mg/kg	4,10 ± 0,62	291,0 ± 44,0
Carbonate-ion	mmol/100g	2,20 ± 0,1	10,45 ± 0,52

Notes: DF<sub>hb</sub> – hydrocarbon-based drilling fluid; DF<sub>wb</sub> – water-based salt drilling mud with the addition of biodegradable polymers.

Source: compiled by E.V. Gaevaya.

Валовое содержание марганца в буровом растворе на углеводородной основе достигало 427,0 мг/кг. Значения мышьяка зависели от типа применяемого бурового раствора и составили 1,9 и 3,2 мг/кг соответственно. Валовое содержание цинка было 43,0 мг/кг. Солевой буровой раствор с добавлением биоразлагаемых полимеров в своем составе содержал наибольшую концентрацию свинца 19,0 мг/кг (рис. 1).

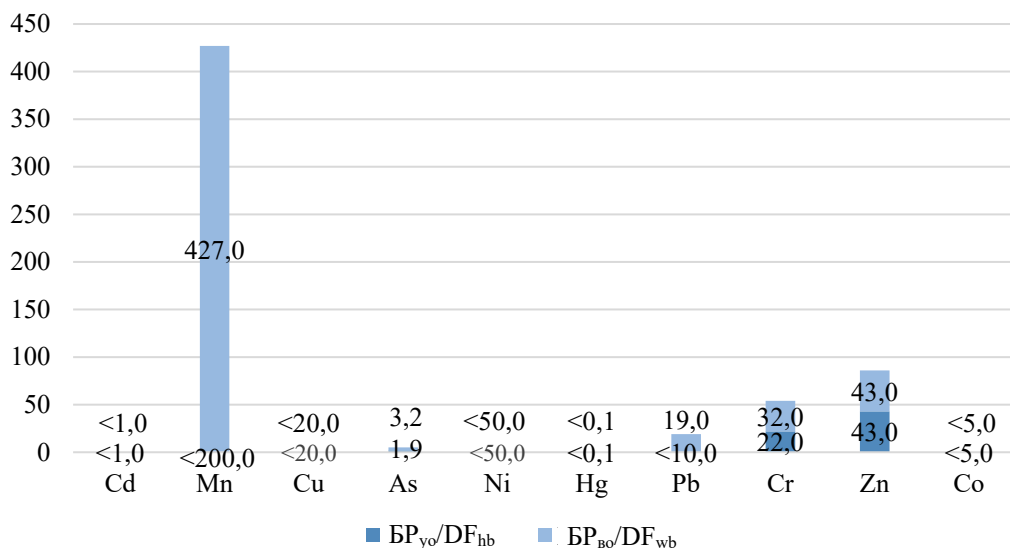


Рис. 1. Валовое содержание тяжелых металлов в разных типах буровых растворов, мг/кг

Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Figure 1. Gross content of heavy metals in different types of drilling fluids, mg/kg

Source: compiled by Gaevaya.

Исследования горной породы (глубина отбора 2300 м) показали следующие результаты: содержание хлорид-ионов и сульфат-ионов составило 68,0 и 187,0 соответственно, реакция среды находилась на уровне 8,21 ед. рН, горная порода относилась к сульфатному типу засоления. Горная порода, отобранная с глубины 1700 м, характеризовалась следующими показателями: щелочная среда (9,57 ед. рН), обнаружены все изучаемые водорастворимые соли, кроме фосфатов, плотный остаток составил 0,12 %. Горная порода относилась к хлоридному типу засоления (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав горной породы на глубине 1700 и 2300 м

Наименование показателя	1700 м	2300 м
рН, ед. рН	9,57 ± 0,05	8,21 ± 0,05
Хлорид-ион, мг/кг	1360,0 ± 170,0	68,0 ± 9,0
Сульфат-ион, мг/кг	93,0 ± 12,0	187,0 ± 24,0
Фосфат-ион, мг/кг	<3,0	<3,0
Карбонат-ион, ммоль/100 г	0,71 ± 0,14	<0,15
Плотный остаток, %	0,12 ± 0,028	<0,1

Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Table 2. Chemical composition of rock at depths of 1700 and 2300 m

Indicator name	1700 m	1700 m
pH, units pH	9.57 ± 0.05	8.21 ± 0.05
Chloride-ion, mg/kg	1360.0 ± 170.0	68.0 ± 9.0
Sulfate ion, mg/kg	93.0 ± 12.0	187.0 ± 24.0
Phosphate-ion, mg/kg	<3.0	<3.0
Carbonate-ion, mmol/100g	0.71 ± 0.14	<0.15
Dense residue, %	0.12 ± 0.028	<0.1

Source: compiled by E.V. Gaevaya.

Исследования валового содержания изучаемых тяжелых металлов указывали, что превышения выявлены по мышьяку в образцах горной породы относительно кларков микроэлементов в литосфере и составили 2,4 мг/кг, а также в образце с глубиной отбора 1700 м по кадмию – 0,564 мг/кг. Концентрации остальных изучаемых металлов были ниже кларков микроэлементов в литосфере. Мышьяк встречается в горных породах в кристаллических решетках силикатных минералов, в осадочных породах: глинах и аргиллитах (от 3,0 до 12,0 мг/кг). Окислителями мышьяка являются оксиды марганца, концентрации которых составили 408,0 и 462,0 мг/кг. С учетом уровня токсичности данные металлы относятся к 1-му классу опасности и могут обладать в определенных условиях миграционной способностью (рис. 2).

Буровой шлам представлял собой выбуренную горную породу в виде текучей пастообразной массы, от серого до темно-серого с металлическим оттенком цвета. Результаты исследований образцов бурового шлама с применением раствора солевого на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров (БШ<sub>во</sub>) показали высокие значения хлорид-ионов – 6568,0 мг/кг. Концентрация карбонат-иона составила 2,0 ммоль/100 г, сульфат-ионов 93,0 мг/кг, фосфат-ионов 22,0 мг/кг, нефтепродуктов – 1700,0 мг/кг.

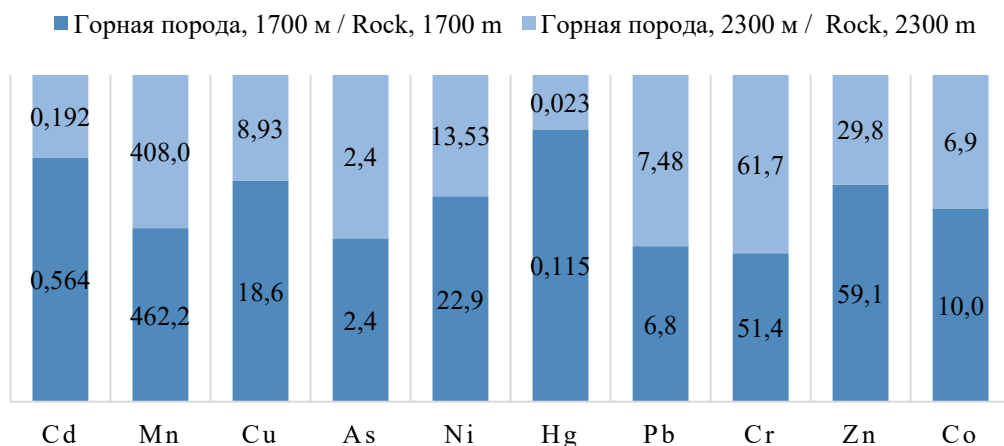


Рис. 2. Валовое содержание тяжёлых металлов в горной породе, мг/кг

Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Figure 2. Gross content refers to the metals in the rock, mg/kg

Source: compiled by E.V. Gaevaya.

Изученные буровые шламы на углеводородной основе (БШ<sub>уо</sub>) характеризовались слабощелочной реакцией среды (7,31 ед. рН). Содержание водорастворимых солей в буровом шламе было следующим: хлорид-ион – 4049,0 мг/кг, сульфат-ион – 140,0 мг/кг. Концентрация карбонат-иона в буровом шламе составила 1,75 ммоль/100г. Остаточное содержание нефтепродуктов в буровом шламе – 4500,0 мг/кг (табл. 3).

Таблица 3. Химический состав буровых шламов с применением разных типов буровых растворов

Наименование показателя	БШ <sub>уо</sub>	БШ <sub>во</sub>
рН, ед. рН	7,31 ± 0,10	8,70 ± 0,10
Нефтепродукты, мг/кг	4500,0 ± 1890,0	1700,0 ± 714,0
Хлорид-ион, мг/кг	4049,0 ± 607,4	6568,0 ± 985,0
Сульфат-ион, мг/кг	140,0 ± 21,0	93,0 ± 14,0
Фосфат-ион, мг/кг	<3,0	22,0 ± 3,3
Карбонат-ион, ммоль/100 г	1,75 ± 0,1	2,0 ± 0,1
Плотный остаток, %	0,83 ± 0,083	2,48 ± 0,17

Примечания: БШ<sub>уо</sub> – буровой шлам на углеводородной основе; БШ<sub>во</sub> – буровой шлам на водной основе.  
Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Table 3. Chemical composition of drill cuttings using different types of drilling fluids

Indicator name	DC <sub>nb</sub>	DC <sub>wb</sub>
pH, units pH	7.31 ± 0.10	8.70 ± 0.10
Petroleum products, mg/kg	4500.0 ± 1890.0	1700.0 ± 714.0
Chloride-ion, mg/kg	4049.0 ± 607.4	6568.0 ± 985.0
Sulfate ion, mg/kg	140.0 ± 21.0	93.0 ± 14.0
Phosphate-ion, mg/kg	<3.0	22.0 ± 3.3
Carbonate-ion, mmol/100g	1.75 ± 0.1	2.0 ± 0.1
Dense residue, %	0.83 ± 0.083	2.48 ± 0.17

Notes: DC<sub>nb</sub> – hydrocarbon-based drill cuttings; DC<sub>wb</sub> – drill cuttings in a salt water solution with the addition of biodegradable polymers.

Source: compiled by E.V. Gaevaya.

Содержание тяжелых металлов зависело не только от компонентов, входящих в состав бурового раствора, но и от свойств выбуренной горной породы. Результаты валовых содержаний тяжелых металлов в буровых шламах с применением разных типов буровых растворов представлены на рис. 3.

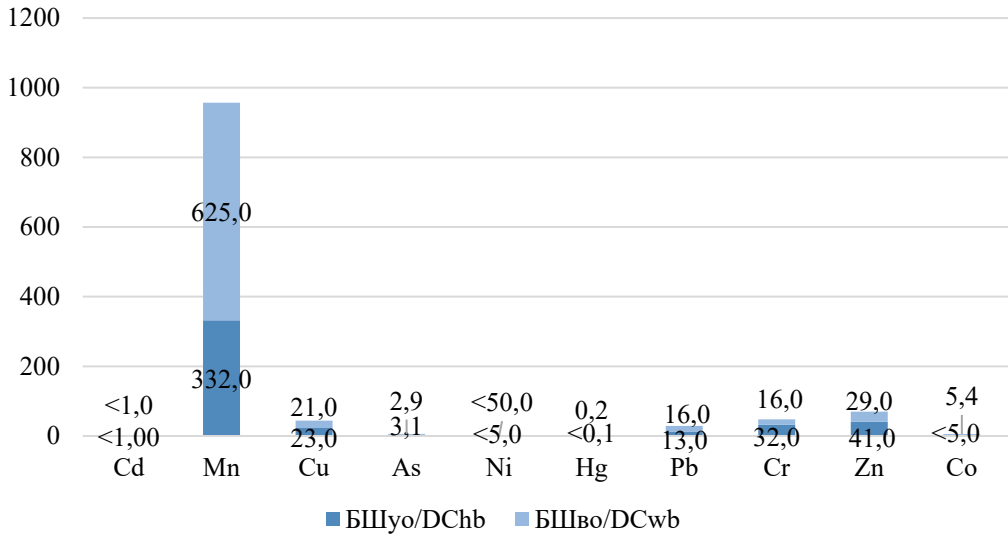


Рис. 3. Валовое содержание тяжелых металлов в буровых шламах с применением разных типов буровых растворов, мг/кг

Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Figure 3. Gross content of heavy metals in drill cuttings using different types of drilling fluids, mg/kg  
Source: compiled by E.V. Gaevaya.

Концентрации кадмия и никеля в изучаемых образцах находились ниже порога чувствительности используемых методик измерений. Максимальные значения наблюдались по марганцу и составили 332,0...625,0 мг/кг.

Концентрация ртути была обнаружена в буровых шламах с применением раствора на углеводородной основе и составила 0,24 мг/кг, в остальных пробах значения этого элемента были ниже предела обнаружения метода. Концентрации цинка были определены во всех изучаемых пробах и варьировали от 29,0 до 41,0 мг/кг.

Валовое содержание мышьяка в изучаемых образцах составило 2,0...3,06 мг/кг, при этом значения элементов превышали кларки микроэлементов в литосфере.

С целью выработки стратегии управления буровыми шламами их необходимо систематизировать. Систематизация отходов должна быть направлена на решение следующих задач:

- установление закономерностей между буровыми шламами и выбором способа обращения: утилизация, обезвреживание или размещение;
- снижение количества и объема вносимых компонентов;
- снижение количества буровых шламов, подлежащих к размещению (захоронению);



– достижение соответствия геоэкологическим требованиям результатов утилизации, обезвреживания или размещения.

Рассмотренные химические показатели горной породы и буровых шламов подтверждают негативное воздействие отходов на окружающую природную среду. При дальнейшей утилизации или обезвреживании буровых шламов необходимо учитывать исходные свойства отходов и осуществлять подбор технологий, позволяющих получить материалы с характеристиками, не превышающими предельно допустимые концентрации химических веществ. В связи с этим значимость показателей, влияющих в процессе утилизации или обезвреживания буровых шламов, можно выразить в следующем соотношении:

$$X_1 > X_2 > X_3 > X_4 > X_5 > X_6,$$

где  $X_1$  – остаточное содержание нефтепродуктов, мг/кг;  $X_2$  – содержание растворимых солей (хлориды), мг/кг;  $X_3$  – содержание растворимых солей (сульфаты), мг/кг;  $X_4$  – содержание растворимых солей (карбонаты), ммоль/100 г;  $X_5$  – содержание плотного остатка, %;  $X_6$  – валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг.

### Заключение

Горная порода в своем составе содержит вещества, которые могут оказать негативное воздействие на окружающую среду. Применение разных типов буровых растворов при бурении скважины влияет на остаточное содержание загрязняющих веществ в буровых шламах. По результатам исследований было установлено, что изученные буровые растворы на углеводородной основе характеризовались высоким содержанием нефтепродуктов (9000 мг/кг). При изучении буровых шламов и бурового раствора солевого на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров выявлено, что они имеют высокие концентрации водорастворимых солей, значения хлорид-ионов в буровом растворе и буровых шламах составили 71 087 мг/кг и 6568 мг/кг, соответственно. Содержание тяжелых металлов зависит не только от компонентов, входящих в состав бурового раствора, но и от исходного содержания их в горной породе.

Результаты исследований позволяют установить закономерности между буровыми шламами и выбором способа обращения (утилизация, обезвреживание), вовлечение буровых шламов в технологические цепочки хозяйственной деятельности, что дает возможность сократить потребление природных ресурсов и создает предпосылки для улучшения эколого-экономической ситуации в регионах.

### Список литературы

- [1] Шеметов Ю.В. Требования к экологической чистоте технологии бурения скважин // Экология в газовой промышленности : прил. к журналу «Газовая промышленность». Москва : Газоил пресс, 1998. С. 34–37.

- [2] Федорив Л.В., Шевчук Н.П., Хмаринов Л.К. Об опасности отходов бурения скважин // Нефтяное хозяйство. 2000. № 3. С. 70–71.
- [3] Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь : Изд-во Перм. ун-та, 2003. 171 с. EDN: QKEBFN
- [4] Пичугин Е.А., Шенфельд Б.Е., Кетов А.А. Комплексная оценка экологичности и качества технологий сооружения земляного полотна автодорог с использованием шламopесчаной смеси – продукта утилизации отходов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2018. № 2 (30). С. 86–97. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.07 EDN: XRZENJ
- [5] Сакаева Э.Х., Рудакова Л.В. Оценка биологической активности техногрунтов на основе буровых шламов для рекультивации нарушенных земель // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 192–197. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-192-197 EDN: QZPRHQ
- [6] Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. Москва : Недра, 1997. 483 с.
- [7] Власов А.С., Пугин К.Г., Тюрюханов К.Ю., Рудакова Л.В., Глушанкова И.С., Сурков А.А. Разработка способа получения геоэкологически безопасных дорожно-строительных материалов на основе бурового шлама // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 11. С. 19–23. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-11-19-23 EDN: JXAABU
- [8] Малахова Ю.В., Остах О.С., Мазлова Е.А. Экологические проблемы, связанные с содержанием государственных скважин на лицензионном участке недропользователя // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25, № 8. С. 66–71. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-8-66-71> EDN: XQVFSU
- [9] Литвинова Т.А. Современные способы обезвреживания и утилизации нефтесодержащих отходов для ликвидации загрязнения окружающей среды // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123. С. 902–916. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-123-062> EDN: XDZXTL
- [10] Солодовников А.Ю., Соромотин А.В. Опыт утилизации отходов бурения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 12. С. 44–48. EDN: UYHJYP
- [11] Петухова В.С., Скитин Л.Н., Митрофанов Н.Г. Возможности улучшения свойств бурового шлама для их рекультивации // Вестник КрасГАУ. 2012. № 1 (64). С. 28–31. EDN: OOCNH
- [12] Соромотин А.В. Теоретические основы рекультивации шламовых амбаров после бурения эксплуатационных и разведочных скважин // Проблемы природопользования в районах со сложной экологической ситуацией : материалы Межвузовской научной конференции. Тюмень : Тюменский государственный университет, 2003. С. 21–22. EDN: YXINYK
- [13] Тарасова С.С., Гаевая Е.В. Экологическое воздействие буровых шламов на углеводородной основе и способы их утилизации // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2019. № 3 (73). С. 48–55. <https://doi.org/10.17277/voprosy.2019.03.pp.048-055> EDN: IDBPHR
- [14] Пичугин Е.А. Оценка воздействия бурового шлама на окружающую природную среду // Молодой ученый. 2013. № 9. С. 122–123. EDN: RBBOBZ

- [15] Пугин К.Г., Пугина В.К. Использование отходов в структуре органоминеральных композитов, применяемых для строительства автомобильных дорог // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2021. № 2. С. 38–46. EDN: FTFSIW

### References

- [1] Shemetov YuV. Requirements for environmental cleanliness of well drilling technology. In: *Ecology in the gas industry: appendix to the magazine "Gas Industry"*. Moscow: Gazoil Press; 1998. p. 34–37. (In Russ.).
- [2] Fedoriv LV, Shevchuk NP, Khmarinov LK. On the danger of well drilling waste. *Neftyanoe khozyaystvo – Oil Industry*. 2000;(3):70–71. (In Russ.).
- [3] Buzmakov SA, Kostarev SM. *Technogenic changes in the components of the natural environment in oil-producing areas of the Perm region*. Perm: Publishing house of Perm University; 2003. (In Russ.). EDN: QKEBFN
- [4] Pichugin EA, Shenfeld BE, Ketov AA. Comprehensive assessment of environmental compatibility and quality of road bed construction with the use of sludge-sand mixture - the product of waste recycling. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Applied ecology. Urban development*. 2018;(2):86–97. (In Russ.) DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.07 EDN: XRZEHJ
- [5] Sakaeva EK, Rudakova LV. Assessment of the biological activity of industrial soils based on drill slurries for reclamation of disturbed lands. *Theoretical and Applied Ecology*. 2020(4):192–197. (In Russ.) DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-192-197 EDN: QZPRHQ
- [6] Bulatov AI, Makarenko PP, Shemetov VYu. *Environmental protection in the oil and gas industry*. Moscow: Nedra publ.; 1997. (In Russ.).
- [7] Vlasov A.S., Pugin K.G., Tyuryuhanov K.Yu., Rudakova L.V., Glushankova I.S., Surkov A.A. Development of a method for obtaining geocologically safe road construction materials based on drill cuttings. *Ecology and Industry of Russia*. 2020;24(11):19-23. (In Russ.). <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-11-19-23> EDN: JXAABU
- [8] Malakhova Y, Ostakh O, Mazlova E. Environmental challenges associated with the maintenance of state wells in the licensed claim. *Ecology and Industry of Russia*. 2021;25(8):66-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-8-66-71> EDN: XQVFSU
- [9] Litvinova TA. Modern ways of oil-contaminated waste utilization for the elimination of pollution. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2016;123:902-916. (In Russ.) <https://doi.org/10.21515/1990-4665-123-062> EDN: XDZXTL
- [10] Solodovnikov AYu, Soromotin AV. Experience of drilling waste utilization in Khanty-Mansi autonomous district – Yugra. *Environmental protection in the oil and gas complex*. 2015;12:44-48. (In Russ.) EDN: UYHJYP
- [11] Petukhova VS, Skipin LN, Mitrofanov NG. Possibilities for the boring sludge property improvement for their recultivation. *Bulletin of KrasGAU*. 2012;(1):28–31. (In Russ.) EDN: OOCNH
- [12] Soromotin AV. Theoretical foundations for the reclamation of sludge pits after drilling production and exploration wells. In: *Problems of environmental management in areas with complex environmental situations. Materials of the Interuniversity Scientific Conference*. Tyumen: Tyumen State University publ.; 2003. p. 21–22. (In Russ.) EDN: YXINYK

- [13] Tarasova SS, Gaevaya EV. Environmental impact of hydrocarbon drilled sludge and methods of their disposal. *Problems of Contemporary Science and Practice Vernadsky University*. 2019;(3):48–55. (In Russ.) <https://doi.org/10.17277/voprosy.2019.03.pp.048-055> EDN: IDBPHR
- [14] Pichugin EA. Assessment of the impact of drill cuttings on the environment. *Young scientist*. 2013;9:122–123. (In Russ.) EDN: RBBOBZ
- [15] Pugin KG, Pugina VK. Waste use in the structure of organomineral composites used for the construction of motorroads. *Transport. Transport facilities. Ecology*. 2021;(2):38–46. (In Russ.) EDN: FTFSIW

**Сведения об авторе:**

Гаевая Елена Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры техносферной безопасности, Тюменский индустриальный университет, Российская Федерация, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38. eLIBRARY SPIN-код: 7995-7324. E-mail: [gaevajaev@tyuiu.ru](mailto:gaevajaev@tyuiu.ru)

**Bio note:**

*Elena V. Gaevaya*, PhD in Biology, Professor of Technosphere Safety Department, Industrial University of Tyumen, 38 Volodarskogo St, Tyumen, 625000, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-code: 7995-7324. E-mail: [gaevajaev@tyuiu.ru](mailto:gaevajaev@tyuiu.ru)