

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ БУРОВЫХ ШЛАМОВ НА УГЛЕВОДОРОДНОЙ ОСНОВЕ И СПОСОБЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ**

**С. С. Тарасова, Е. В. Гаевая**

*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,  
г. Тюмень, Россия*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор О. В. Ударцева*

**Ключевые слова:** буровой шлам; нефтепродукты; обезвреживание; промышленные отходы; раствор на углеводородной основе; токсичность.

**Аннотация:** Буровой шлам, образованный в процессе бурения скважин с использованием бурового раствора на углеводородной основе, представляет собой мягкопластичную пастообразную массу черного цвета с явным запахом нефтепродуктов. Буровые шламы на углеводородной основе характеризуются повышенным содержанием нефтепродуктов и хлорид-ионов. Выявлено превышение ПДК по хромю в 2,67 раза. Показаны результаты гранулометрического состава, указывающие на значительную долю физической глины, приходящейся на илстую фракцию – 63,60 %. При изучении отработанного бурового раствора обнаружено, что содержание нефтепродуктов составляет 9000 мг/кг, при этом водородный показатель относится к нейтральной среде – 6,5 ед. рН. Оценка токсического действия отходов бурения по результатам испытаний оказывает острое токсическое воздействие на окружающую природную среду (IV класс опасности). Показана актуальность экологической оценки состояния отходов бурения для оптимального выбора их последующей утилизации.

Для нефтедобывающей промышленности характерно интенсивное воздействие на окружающую природную среду, неизбежно вызывающее ее изменение. В процессе производства полностью или частично нарушается сложившееся экологическое состояние в зонах размещения промышленных объектов. Данные изменения проявляются в различных сочетани-

---

Тарасова Светлана Сергеевна – аспирант кафедры «Техносферная безопасность», e-mail: tarasovass@tyuiu.ru; Гаевая Елена Викторовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Россия.

ях негативных явлений, важнейшими из которых являются следующие: изъятие земель лесного фонда части территории под размещение объектов; истощение и загрязнение подземных и поверхностных вод; затопление и заболачивание подработанных территорий; обезвоживание и засоление почв; загрязнение вредными веществами и химическими элементами атмосферного воздуха; неблагоприятные для местных экологических систем гидрогеологические и геохимические изменения [1].

Нефть и нефтепродукты как загрязнители недр и среды оцениваются в основном по степени токсичности и геохимической устойчивости. Попадая в почву, нефтепродукты проникают вниз под влиянием гравитационных сил и распространяются вширь под действием поверхностных и капиллярных сил. Скорость движения нефти зависит от ее свойств, свойств грунта и соотношения нефти, воздуха и воды в многофазной движущейся системе. Нефть, попадая в почву, вызывает в ней значительные, а порой необратимые изменения – образование битуминозных солончаков, гидронизацию, цементацию и др. [2].

В процессе бурения нефтяных скважин происходит последовательное разрушение горных пород, главным образом буровым инструментом, с последующим удалением продуктов разрушения буровым раствором. Однако удаление выбуренной породы (бурового шлама) не единственное назначение буровых растворов. В связи с чем применяются различные растворы, отличающиеся составом, свойствами и областью применения.

В настоящее время увеличивается практика бурения с использованием растворов на углеводородной основе, применяемых при бурении скважин со сложными профилями и обеспечивающих стабилизацию неустойчивых, набухающих или расширяющихся в водной среде пород, низкую аварийность при бурении.

Основным техническим сооружением накопления данных видов отходов является шламовый амбар. Шламовый амбар – сооружение в составе кустовой площадки, предназначенное для централизованного сбора отходов бурения нефтяных скважин (бурового шлама, отработанных буровых растворов, буровых сточных вод) в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду. Шламовые амбары занимают площадь до 2500 м<sup>2</sup> при одной буровой установке и имеют различный объем в зависимости от числа скважин на кусте, глубины и продолжительности бурения [3].

Основными видами воздействия на объекты окружающей природной среды в период накопления и размещения бурового шлама в шламовых амбарах являются: прямое воздействие, связанное с «отчуждением» земель; проникновение жидкой фазы отходов бурения в грунт, при некачественной гидроизоляции шламовых амбаров или перетока жидкой фазы бурения через верх обвалования; изменение рельефа и нарушение компонентной структуры ландшафтов, связанное с подсыпкой площадки шламовых амбаров; нарушение микрорельефа, поверхностного стока; деформация почвенно-растительного покрова; уничтожение растительного покрова; загрязнения грунтовых вод; изменения сложившихся гидрологических условий из-за осушения территорий [4].

На сегодняшний день одним из способов утилизации буровых шламов на углеводородной основе является обезвреживание с применением уста-

новок типа УЗГ-1М или их аналогов. Данный способ заключается в термической утилизации шламов при температуре 800...900 °С с получением вторичной продукции. Обезвреживающий эффект при утилизации буровых шламов достигается за счет выпаривания (выжигания) нефтепродуктов; пары нефтепродуктов горят, а негорючие инертные материалы (компоненты) в виде песка, грунта высвобождаются. Песок, обезвреженный грунт, как строительные материалы, используются в рекультивационных и строительных работах.

Недостатки данного способа – дополнительное изъятие территории для размещения установки для обезвреживания; загрязнение атмосферного воздуха отходящими газами; дополнительное внесение чистого грунта в буровые отходы в целях обеспечения его большей плотности и улучшения работы установки.

В данной статье представлен анализ отходов бурения – жидкой (отработанного бурового раствора) и твердой (бурового шлама) фаз, являющихся продуктами трансформации горной выработки с использованием бурового раствора на углеводородной основе [5]. Жидкие отходы представляют собой коллоидную систему на основе углеводородов, где во взвешенном состоянии находятся твердые частицы выбуренной породы и других органических соединений, входящих в состав буровых растворов. Буровой шлам, образованный в процессе бурения скважин с использованием бурового раствора на углеводородной основе, представляет собой мягкопластичную пастообразную массу черного цвета с явным запахом нефтепродуктов [6]. Буровые шламы обладают отрицательными водно-физическими свойствами – полной бесструктурностью, низкой аэрацией, слабой фильтрационной способностью и др. [7]. Данное направление в области обращения с отходами бурения на углеводородной основе слабо изучено, соответственно встает вопрос о выборе методов обращения с данными видами отходов.

Цель исследований – экологическая оценка отходов бурения на углеводородной основе для разработки природосберегающей технологии, направленной на минимизацию отрицательных воздействий на состояние окружающей среды.

В процессе исследования проводились испытания на базе лаборатории кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», аккредитованной испытательной лаборатории, в соответствии с методиками, внесенными в государственный реестр методик количественного химического анализа.

Лабораторные испытания по определению соответствия проб бурового шлама к разновидности грунтов осуществлялись с помощью лазерного анализатора частиц «Analysette 22» MicroTecPlus. По полученному гранулометрическому составу бурового шлама, представленного на рис. 1, наблюдалось превалирование пыли мелкой и илистой фракции, что позволило отнести шлам к градации глины тяжелой [8].

Значительная доля физической глины приходится на илистую фракцию – 63,60 %, высокое содержание илистой фракции (диаметр частиц  $d < 0,001$  мм) характерно для иллювиального горизонта. В буровом шламе содержание илистой фракции обусловлено выбуренной горной породой и используемым буровым раствором на углеводородной основе.

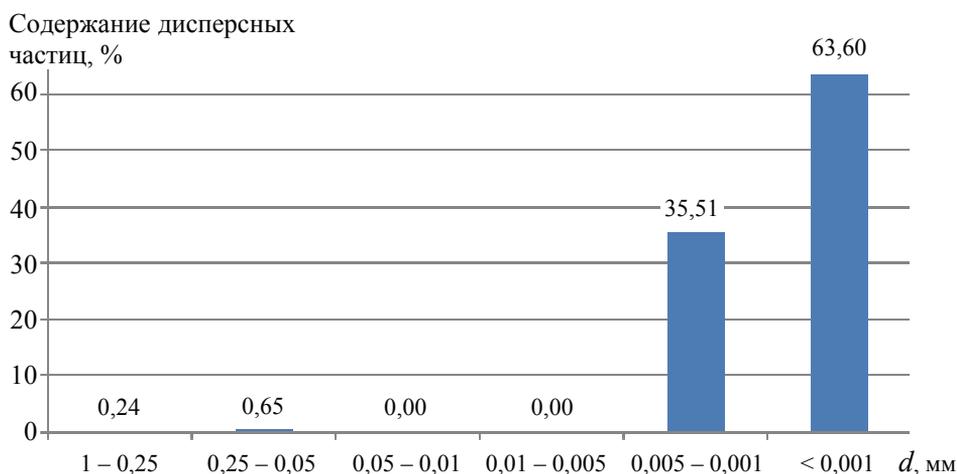


Рис. 1. Гранулометрический состав бурового шлама

Содержание валовых форм тяжелых металлов в исходных пробах бурового шлама сравнивали с ПДК (ОДК почв глинистых близких к нейтральным) [9, 10]. Концентрация хрома превышала ПДК в 2,67 раза, что обусловлено применением раствора на углеводородной основе. Содержание остальных тяжелых металлов находилось ниже уровня установленных нормативов. По степени накопления тяжелые металлы в порядке убывания распределялись в следующей последовательности: марганец Mn > цинк Zn > медь Cu > хром Cr > свинец Pb > кобальт Co > мышьяк As > ртуть Hg > кадмий Cd (табл. 1).

При исследовании влияния буровых растворов на углеводородной основе на компоненты природной среды проведены химико-аналитические испытания, позволяющие дать характеристику возможного негативного их воздействия на окружающую природную среду.

Содержание валовых форм тяжелых металлов в пробе бурового раствора отработанного представлено в табл. 1.

Концентрация тяжелых металлов в большинстве случаев находилась ниже предела обнаружения действующих методик. Значения мышьяка составили 1,9 мг/кг, хрома – 22 и цинка – 35.

При определении химизма засоления отходы бурения по анионному составу относятся к хлоридному засолению. Содержание нефтепродуктов в буровых шламах и буровом растворе отработанном составляет 1800 и 9000 мг/кг соответственно. Водородный показатель относится к нейтральной среде и составляет 7,31 и 6,5 ед. pH соответственно (табл. 2).

Степень токсического воздействия буровых отходов на компоненты окружающей природной среды обусловлена высоким содержанием нефтепродуктов и солей (табл. 3).

Оценка токсического действия проводилась на двух биологических тест-объектах – *Daphnia magna* Straus, *Chlorella vulgaris* Beijer. По результатам испытаний отходы бурения на углеводородной основе оказывают острое токсическое воздействие на окружающую природную среду и относятся к IV классу опасности, в соответствии с кратностью разведения водной вытяжки пробы, при которой вредное воздействие на гидробионтов отсутствует.

Таблица 1

**Содержание валовых форм тяжелых металлов  
в пробах бурового шлама и бурового раствора отработанного**

Тяжелые металлы	ПДК (ОДК)*	Количество в пробах, мг/кг	
		буровой шлам	буровой раствор отработанный
Кадмий	2,00	< 0,10	< 0,1
Кобальт	5,00	< 5,00	< 5,0
Марганец	1500,00	332,00 ± 83,00	< 200
Медь	132,00	23,00 ± 7,00	< 20
Мышьяк	10,00	2,87 ± 0,86	1,90 ± 0,57
Никель	80,00	< 50,00	< 50
Ртуть	2,1,00	0,24 ± 0,12	< 0,10
Свинец	130,00	< 10,00	< 10
Хром	6,00	16,00 ± 5,00	22 ± 6,00
Цинк	220,00	29,00 ± 9,00	35 ± 10,00

Примечание. Показатель ПДК (ОДК) дан для почв глинистых близких к нейтральным.

Таблица 2

**Химический анализ отходов бурения**

Показатель	Единицы измерений	Объект исследования	
		буровой шлам	буровой раствор отработанный
Нефтепродукты	мг/кг	1800	9000
Сульфат-ион (водорастворимая форма анионов)		140	25
Фосфат-ион (водорастворимая форма анионов)		< 3,0	4,10
Хлорид-ион (водорастворимая форма анионов)		4049	1734
Водородный показатель	ед. рН	7,31	6,5

По результатам лабораторных испытаний бурового шлама и отработанного бурового раствора на углеводородной основе определен коэффициент корреляции  $r = 0,52$ , что говорит о прямой сильной зависимости между двумя объектами исследований.

Существует ряд технологий по утилизации отходов бурения (бурового шлама), используемых нефтяными компаниями на территориях Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов и Тюменской области. В основе технологий по обращению с буровым шламом лежат способы термического обезвреживания с последующим получением вторичной продукции.

Таблица 3

**Оценка токсического действия проб бурового шлама  
и бурового раствора отработанного на тест-объекты**

Объект исследования	Тест-объект	Кратность разбавления, раз	Оценка тестируемой пробы	Класс опасности для окружающей природной среды
Буровой шлам	Daphnia magna Straus	6,30 (БКР)	Оказывает острое токсическое действие	IV
		1,00 (ЛКР)		
Буровой раствор отработанный	Daphnia magna Straus	31,60 (БКР)		
		2,40 (ЛКР)		
	Chlorella vulgaris Beijer	12,53		
	Chlorella vulgaris Beijer	15,49		

Примечание. БКР, ЛКР – безвредная и летальная кратности разбавления соответственно.

В настоящее время остро стоит вопрос разработки безотходных и малоотходных, экологически чистых технологий утилизации отходов бурения (бурового шлама), основанных на физико-химических способах, путем внесения природных минеральных компонентов (сорбентов) с высокой сорбционной емкостью по отношению к нефтепродуктам и тяжелым металлам.

Полученные результаты исследований отходов бурения на углеводородной основе указывают на повышенное содержание нефтепродуктов и хлорид-ионов, относятся к IV классу опасности и оказывают острое токсическое воздействие на окружающую природную среду.

Значимость данных исследований показывает актуальность экологической оценки состояния отходов бурения для оптимального выбора их последующей утилизации.

*Список литературы*

1. Тимофеева, С. С. Техносферная безопасность Байкальского региона : современное состояние и проблемы / С. С. Тимофеева // XXI век. Техносферная безопасность. – 2018. – Т. 3, № 4 (12). – С. 75 – 90. doi: 10.21285/1814-3520-2018-4-75-90
2. Рязанов, Я. А. Энциклопедия по буровым растворам / Я. А. Рязанов. – Оренбург : Летопись, 2005. – 664 с.
3. Булатов, А. И. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности / А. И. Булатов, П. П. Макаренко, В. Ю. Шеметов. – М. : Недра, 1997. – 483 с.
4. Техногенное воздействие шламовых амбаров на окружающую среду полуострова Ямал / Л. Н. Скипин [и др.] // Вестн Краснояр. гос. аграрн. ун-та. – 2014. – № 11 (98). – С. 146 – 150.
5. Об утверждении федерального классификационного каталога отходов : приказ Росприроднадзора от 18.07.2014 N 445 [Электронный ресурс] / Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. – Режим доступа : <http://rpn.gov.ru/node/852> (дата обращения: 19.04.2019).
6. Тарасова, С. С. Характеристика бурового раствора на углеводородной основе и его влияние на свойства выбуренной породы / С. С. Тарасова, А. А. Быцко, Д. П. Друзь // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-

энергетическом комплексе : материалы Национ. с междунар. участием науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов, посвящ. 10-летию создания Института промышленных технологий и инжиниринга. – Тюмень, 2018. – С. 326 – 329.

7. Изменение водно-физических свойств бурового шлама в процессе его утилизации в техногенный грунт / С. С.Тарасова [и др.] // Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального изменения климата планеты в XXI веке : сб. докл. XIX Междунар. науч.-практ. конф., 17 марта 2017 г., Тюмень. – Тюмень, 2017. – Т. 1. – С. 270 – 274.

8. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. – Взамен ГОСТ 25100–95 ; введ. 2013–01–01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 39 с.

9. ГН 2.1.7.2511–09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве : гигиен. нормативы. – М. : Федер. центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 10 с.

10. СанПиН 42-128-4433-87. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. – Введ. 1987–09–30. – М. : Мин-во здравоохранения СССР, 1988. – 56 с.

### References

1. Timofeyeva S.S. [Technosphere safety of the Baikal region: current status and problems], *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'* [XXI century. Technosphere safety], 2018, vol. 3, no. 4 (12), pp. 75-90, doi: 10.21285/1814-3520-2018-4-75-90 (In Russ., abstract in Eng.)

2. Ryazanov Ya.A. *Entsiklopediya po burovym rastvoram* [Encyclopedia of Drilling Fluids], Orenburg: Letopis', 2005, 664 p. (In Russ.)

3. Bulatov A.I., Makarenko P.P., Shemetov V.Yu. *Okhrana okruzhayushchey sredy v neftegazovoy promyshlennosti* [Environmental protection in the oil and gas industry], Moscow: Nedra, 1997, 483 p. (In Russ.)

4. Skipin L.N., Galyamov A.A., Gayevaya Ye.V., Zakharova Ye.V. [Technogenic impact of sludge pits on the environment of the Yamal Peninsula], *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University], 2014, no. 11 (98), pp. 146-150. (In Russ., abstract in Eng.)

5. <http://rpn.gov.ru/node/852> (accessed 19 April 2019).

6. Tarasova S.S., Bytsko A.A., Druz' D.P. *Energoberezheniye i innovatsionnyye tekhnologii v toplivnoenergeticheskom komplekse: materialy Natsional'noy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov, molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoy 10-letiyu sozdaniya Instituta promyshlennykh tekhnologiy i inzhiniringa* [Energy Saving and Innovative Technologies in Fuel Energy National complex with international participation of the scientific-practical conference of students, graduate students, young scientists and specialists dedicated to the 10th anniversary of the establishment of the Institute of Industrial Technologies and Engineering], Tyumen', 2018, pp. 326-329. (In Russ.)

7. Tarasova S.S., Gayevaya Ye.V., Bogaychuk YA.E., Turnayeva A.Ye. *Problemy upravleniya rechnymi basseynami pri osvoenii Sibiri i Arktiki v kontekste global'nogo izmeneniya klimata planety v XXI veke: sbornik докладов XIX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problems of river basin management during the development of Siberia and the Arctic in the context of global climate change of the planet in the 21st century: collection of reports XIX International Scientific and Practical Conference], 17 March, 2017, Tyumen', 2017, vol. 1, pp. 270-274. (In Russ.)

8. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация [Soils. Classification], Moscow: Standartinform, 2018, 39 p. (In Russ.)

9. GN 2.1.7.2511-09. *Oriyentirovochno dopustimyye kontsentratsii (ODK) khimicheskikh veshchestv v pochve: gigiyenicheskiye normativy* [Approximate permissible concentration (ODC) of chemical substances in the soil: hygienic standards], Moscow: Federal'nyy tsentr gigiyeny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2009, 10 p. (In Russ.)

10. SanPiN 42-128-4433-87. *Sanitarnyye normy dopustimykh kontsentratsiy khimicheskikh veshchestv v pochve* [Sanitary norms of permissible concentrations of chemicals in the soil], Moscow: Ministerstvo zdravookhraneniya SSSR, 1988, 56 p. (In Russ.)

---

## **Environmental Impact of Hydrocarbon Drilled Sludge and Methods of their Disposal**

**S. S. Tarasova, E. V. Gaevaya**

*Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia*

**Keywords:** drill cuttings; petroleum products; neutralization; industrial waste; hydrocarbon based solution; toxicity.

**Abstract:** Drill cuttings formed during drilling using hydrocarbon based drilling fluids are a soft plastic paste-like mass of black color with a distinct smell of oil products. Hydrocarbon-based drilling sludge is characterized by an increased content of oil products and chloride ions, an excess of MPC for chromium of 2.67 times has been revealed. The results of particle size distribution are shown, indicating a significant proportion of physical clay per mud fraction of 63.60 %. When studying the spent drilling fluid, it was found that the oil content is 9000 mg/kg, while the hydrogen index relates to a neutral medium of 6.5 pH units. The assessment of the toxic effect of drilling waste from the test results has an acute toxic effect on the environment (hazard class IV). The relevance of environmental assessment of the state of drilling waste for the optimal choice of their subsequent disposal is shown.

---

© С. С. Тарасова, Е. В. Гаевая, 2019