

## ЭКОЛОГИЧНЫЙ СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ГРУНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

**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:** буровые отходы; глауконит; гранулометрический состав; грунты строительные; нефтепродукты; утилизация.

**Аннотация:** Представлен экологичный способ утилизации буровых отходов с получением грунтов строительных, соответствующих установленным нормативам для общестроительных земляных работ. Выявлено, что в полученных грунтах строительные содержание физического песка увеличилось в несколько раз; влажность уменьшилась. Они обладали большей плотностью в сравнении с контрольным образцом, что связано с понижением влажности материалов, а также дополнительным внесением природных сорбентов. Наименьшие значения водородного показателя были у материалов с применением гипса, наибольшие – с применением извести негашеной. Остаточное содержание нефтепродуктов в контрольном образце составило 25,87 мг/кг, в полученных материалах варьировало в пределах 20,35...23,32 мг/кг, что свидетельствует о безопасности для окружающей природной среды инертных строительных материалов. Содержание хлоридов в контрольном образце – 0,134 %, в грунтах строительных снизилось до 0,076 – 0,127 %. В строительных смесях удельная эффективная активность выше, чем в контрольной пробе буровых отходов, что обусловлено добавлением природно-минеральных компонентов, обладающих собственной удельной активностью, которые повышают ее в пробах строительных материалов. Результаты исследований по утилизации буровых отходов показали, что полученные грунты строительные можно использовать для общестроительных земляных работ.

---

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.

Процесс бурения скважин сопровождается образованием буровых отходов, включающих в себя различные вещества: буровой шлам, отработанные буровые растворы и буровые сточные воды, последствия миграции которых в окружающую среду вызывают нарушения экологического равновесия биотопов при их взаимодействии с абиотической средой [1]. Воздействие отходов на атмосферу происходит путем испарения легких фракций нефтепродуктов с поверхности шламового амбара, а также при таянии снега на загрязненной шламом территории. Кроме того, высушивание или вымораживание поверхностных слоев отходов бурения в амбарах обеспечивает распространение мелкодисперсных частиц при ветровой эрозии на большие пространства. При этом внесение большого количества мелкодисперсных минеральных частиц нарушает экологический баланс территорий [2].

Составляющие бурового раствора и выбуренной породы представляют собой мелко- и микродисперсные гидрофильные частицы, практически не подверженные консолидации в течение длительного времени, сравнимого с геологическими периодами. Десорбция поллютантов с поверхности и из объема частиц в водную среду продолжается длительное время; совокупная площадь поверхности частиц обеспечивает значимость данного процесса; отсутствие заметной консолидации частиц сохраняет механизм загрязнения гидросферы.

Отмечена высокая щелочность водных вытяжек буровых шламов, создаваемая компонентами буровых растворов. Высокая минерализация буровых растворов приводит к резкому увеличению засоленности почвы. Величина сухого остатка на загрязненных участках достигает 1,0 – 1,5 %, что приводит к полной гибели растений [3].

Исходя из подобного влияния компонентов отходов бурения на окружающую природную среду категорически запрещается использование отходов независимо от их предварительной обработки без их консолидации в качестве инертных материалов, например, для обратной засыпки котлованов, планировочных работ или как грунтов пригруза на свалках ТКО. Самоочищение природной среды, особенно в условиях низких температур Крайнего Севера, и значительное замедление скорости естественных химических реакций занимают крайне продолжительный период времени.

Цель работы – рассмотреть экологичный способ утилизации буровых отходов с получением грунтов строительных, соответствующих установленным нормативам для земляных работ.

### **Материал и методы исследований**

Утилизация буровых отходов с получением грунтов строительных проводится путем внесения в буровые отходы мелиорирующих, сорбирующих компонентов и песка, изменяющих водно-физические и химические свойства отходов за счет разбавления концентрации содержащихся в них загрязняющих веществ, связывания мелкодисперсных частиц и свободной влаги. При производстве грунтов строительных используются известь негашеная, доломитовая мука и гипс, глауконит и песок.

Буровые отходы включают в себя: шламы буровые при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата; растворы буровые при бурении нефтяных, газовых и газоконденсатных скважин отработанные; воды сточные буровые при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного газа и газового конденсата [4].

При оценке их токсичности решающую роль играет присутствие нефтяных углеводородов и токсичных компонентов буровых растворов. Буровые отходы являются основными потенциальными и наиболее масштабными загрязнителями окружающей среды при строительстве скважин, так как это самый сложный сегмент по своим объемам образования, различного агрегатному состоянию, составу, свойству и классу опасности.

Исследования и измерения проводились в лабораториях кафедр «Техносферная безопасность» и «Строительные материалы» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет».

Определение гранулометрического состава проводилось методом лазерной дифрактометрии на лазерном приборе-анализаторе Analysette22 NanoTec. Определение влажности осуществлялось в соответствии с ПНД Ф 16.1:2.21-98 [5], истинной плотности – ГОСТ 31992.1–2012 [6], нефтепродуктов – ПНД Ф 14.1:2.4.128-98 [7], ионов хлорида – ГОСТ 26425–85 [8], сульфат-ионов – ГОСТ 26426–85 [9]. Исследования водородного показателя проводились в вводной вытяжке рН-метром (ГОСТ 26423–85) [10]. Радиологическое исследование удельной активности естественных радионуклидов осуществляли в соответствии с ГОСТ 30108–94 [11].

В результате разработки способа утилизации буровых отходов, получено три типа строительных грунтов:

- 1) буровые отходы, известь негашеная, глауконит, песок;
- 2) буровые отходы, доломитовая мука, глауконит, песок;
- 3) буровые отходы, гипс, глауконит, песок.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Гранулометрический состав характеризует крупность массы зерен, содержащихся в материале, и его структуру. Рекомендуемый гранулометрический состав по фракциям < 0,05мм строительных материалов для общестроительных земляных работ – не более 80 %.

Результаты исследований гранулометрического состава отходов бурения и грунтов строительных представлены в табл. 1.

Анализ данных показал, что по сравнению с буровыми отходами (контрольный образец) в полученных грунтах строительных содержание физического песка увеличилось в несколько раз. По гранулометрическому составу контрольный образец относился к пескам рыхлым, полученные грунты строительные – пескам связным.

Влажность (содержание влаги в материале в данный момент времени) – отношение массы воды, удаленной из вещества высушиванием до постоянной массы, к массе высушенного вещества. Истинная плотность грунтов строительных является постоянной физической величиной, от нее зависит прочность и теплопроводность материала. Результаты исследований влажности и истинной плотности представлены в табл. 2.

Таблица 1

**Гранулометрический состав грунтов строительных, %**

Диаметр частиц, мм	Буровой отход*	Буровой отход, известь негашеная, глауконит, песок**	Буровой отход, доломитовая мука, глауконит, песок**	Буровой отход, гипс, глауконит, песок**
> 1	67,52	48,67	40,65	39,0
1...0,25	25,15	27,21	31,02	32,3
0,25...0,05	5,77	12,66	14,46	14,9
0,05...0,01	1,13	5,72	6,98	6,7
0,01...0,005	0,31	3,73	4,45	4,4
0,005...0,001	0,11	1,84	2,18	2,4
< 0,001	0,02	0,17	0,26	0,3

Примечание: \*песок рыхлый, \*\*песок связный

Таблица 2

**Результаты влажности и истинной плотности в грунтах строительных**

Рецептурный состав проб	Влажность, %	Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>
Буровой отход	49,32	2,25
Буровой отход, известь негашеная, глауконит, песок	28,26	2,40
Буровой отход, доломитовая мука, глауконит, песок	27,21	2,32
Буровой отход, гипс, глауконит, песок	30,01	2,28

Результаты исследований показали, что наибольшей влажностью 49,32 % обладала контрольная проба. Значения влажности в полученных грунтах строительных варьировали в пределах 27,21 – 30,01 %. При внесении компонентов смеси в буровые отходы происходит механическое разбавление и оструктуривание материала. Рекомендуемая влажность применения грунтов строительных для общестроительных земляных работ должна быть 10 – 45 %.

Истинная плотность в контрольном образце составила 2,25 г/см<sup>3</sup>, в полученных грунтах строительных колебалась в диапазоне 2,28...2,40 г/см<sup>3</sup>. Увеличение плотности связано с понижением влажности материалов, а также дополнительным внесением глауконита, имеющего в своем составе илистую фракцию. Рекомендуемая плотность в грунтах строительных для применения в общестроительных земляных работах должна быть не менее 2 г/см<sup>3</sup>.

Водородный показатель рН – концентрация водородных ионов, характеризующая щелочность или кислотность материала. По результатам исследований водородного показателя видно, что в контрольном образце

значения составили 9,83 ед. рН, в грунтах строительных с применением гипса – 9,10 ед. рН, доломитовой муки – 9,58 ед. рН, извести негашеной – 11,00 ед. рН. Рекомендуемая норма водородного показателя грунтов строительных для общестроительных земляных работ в диапазоне 7,0...11,0 ед. рН включительно.

По результатам проведенных исследований остаточное содержание нефтепродуктов в контрольном образце составило 25,87 мг/кг, в полученных грунтах строительных – 20,35...23,32 мг/кг. Рекомендуемое остаточное содержание нефтепродуктов в строительных материалах для общестроительных земляных работ – не более 5 г/кг. Результаты исследований контрольной пробы и грунтов строительных представлены в табл. 3.

Содержание хлоридов в буровых отходах зависит от применения типа бурового раствора, в данном случае – буровой отход на водном солевом типе бурового раствора. Результаты исследований содержания хлорид-ионов и сульфат-ионов даны в табл. 4. Результаты исследований показали, что содержание хлоридов в контрольном образце составило 0,134 %, при внесении дополнительных компонентов смеси концентрация данного показателя снижается и варьируется в пределах 0,076 – 0,127 %. Снижение

Таблица 3

**Результаты водородного показателя и нефтепродуктов  
в грунтах строительных**

Рецептурный состав проб	Водородный показатель, ед. рН	Остаточное содержание нефтепродуктов, мг/кг
Буровой отход	9,83	25,87
Буровой отход, известь негашеная, глауконит, песок	11,00	20,35
Буровой отход, доломитовая мука, глауконит, песок	9,58	22,13
Буровой отход, гипс, глауконит, песок	9,10	23,32

Таблица 4

**Результаты хлорид- и сульфат-ионов исследуемых образцов**

Рецептурный состав проб	Массовая доля, %	
	иона хлорида	иона сульфата
Буровой отход	0,134	0,051
Буровой отход, известь негашеная, глауконит, песок	0,076	0,044
Буровой отход, доломитовая мука, глауконит, песок	0,127	0,035
Буровой отход, гипс, глауконит, песок	0,089	0,642

**Результаты удельной эффективной активности  
естественных радионуклидов**

Рецептурный состав проб	Удельная эффективная активность, Бк/кг
Буровой отход	123
Буровой отход, известь негашеная, глауконит, песок	147
Буровой отход, доломитовая мука, глауконит, песок	151
Буровой отход, гипс, глауконит, песок	146

содержания хлоридов связано с внесением мелиорирующих добавок: извести негашеной, доломитовой муки и гипса. Рекомендуемое содержание хлоридов в грунтах строительных для общестроительных земляных работ должно быть не более 6 %.

Сульфаты являются водорастворимыми загрязнителями, при попадании в окружающую среду вызывают засоление территории. Анализ данных показал, что содержание сульфатов в контрольном образце составило 0,051 %, при внесении компонентов смеси значения этого элемента варьировалось в пределах 0,035 – 0,642 %, максимальная концентрация наблюдалась при применении гипса, что обусловлено увеличением продуктов обменных реакций ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Рекомендуемое содержание сульфатов в грунтах строительных для общестроительных земляных работ должно быть не более 3 %.

По удельной активности радионуклидов определяется класс строительного материала и его дальнейшая область применения. Результаты исследований удельной активности в контрольной пробе и пробах грунтов строительных представлены в табл. 5.

Исходя из результатов исследования проб выявлено, что в строительных смесях удельная эффективная активность выше, чем в контрольной пробе буровых отходов. Это обусловлено добавлением природно-минеральных компонентов, обладающих собственной удельной активностью, что ведет к повышению данного показателя в пробах строительных материалов. Контрольная проба и образцы грунтов строительных не превышают удельную эффективную активность  $A_{\text{эфф}} = 370$  Бк/кг и относятся к первому классу строительных материалов. Рекомендуемая удельная эффективная активность грунтов строительных для общестроительных земляных работ должна быть не более 1500 Бк/кг.

### Заключение

Результаты исследований по утилизации буровых отходов показали, что полученные грунты строительные можно использовать для общестроительных земляных работ.

По результатам измерений гранулометрического состава в полученных грунтах строительных содержание физического песка увеличилось

в несколько раз. Контрольный образец относился к пескам рыхлым, полученные грунты строительные – пескам связным.

Наибольшей влажностью обладал контрольный образец (буровой отход) – 49,32 %. Значения влажности в полученных грунтах строительных варьировали в пределах 27,21 – 30,01 %.

Большей плотностью в сравнении с контрольным образцом обладали грунты строительные, что связано с понижением влажности материалов, а также дополнительным внесением природных сорбентов.

Остаточное содержание нефтепродуктов в контрольном образце составило 25,87 мг/кг, в полученных материалах варьировало в пределах 20,35...23,32 мг/кг. В целом по всем изучаемым образцам данный показатель незначителен, что свидетельствует о безопасности для окружающей природной среды инертных строительных материалов.

Водородный показатель в материалах с применением гипса обладал наименьшими значениями – 9,10 ед. рН, максимальным результатом обладали материалы с применением извести негашеной – 11,00 ед. рН.

Содержание хлоридов в контрольном образце составляло 0,134 %, в грунтах строительных снизилось и варьировалось в пределах 0,076 – 0,127 %.

Концентрация сульфатов в контрольном образце – 0,051 %, при внесении компонентов смеси значения данного элемента находились в пределах 0,035 – 0,642 %. Максимальная концентрация наблюдалась при применении гипса, что обусловлено увеличением продуктов обменных реакций ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

В грунтах строительных удельная эффективная активность выше, чем в контрольной пробе. Это обусловлено добавлением природно-минеральных компонентов, обладающих собственной удельной активностью, что ведет к повышению данного показателя в пробах строительных материалов. Образцы грунтов строительных относятся к I классу строительных материалов.

#### *Список литературы*

1. Косаревич, И. В. Экология бурения / И. В. Косаревич, В. Ю. Шеметов, А. П. Гончаренко; под ред. В. И. Рябченко. – Мн. : Наука и техника, 1994. – 119 с.
2. Шамина, В. А. Образование отходов бурения при строительстве скважины / В. А. Шамина // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 12. – С. 43 – 45.
3. Малышкин, М. М. Геоэкологическое обоснование размещения буровых шламов в насыпи площадок скважин : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 25.00.36 / М. М. Малышкин. – СПб., 2010. – 20 с.
4. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов : приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22.05.2017 г. № 242 (с изменениями на 2 ноября 2018 года). – Текст : электронный // Техэксперт : офиц. сайт. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 09.07.2019).
5. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.58-08 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли влаги в твердых и жидких отходах производства и потребления, почвах, осадках, шламах, активном иле, донных отложениях гравиметрическим методом // НТФ «Хромос». – М. : Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2008. – 8 с.



6. ГОСТ 31992.1–2012 (ISO 2811-1:2011) Материалы лакокрасочные. Метод определения плотности. Часть 1. Пикнометрический метод. – Введ. 2014-07-01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 10 с.
7. ПНД Ф 16.1:2.21-98 Количественный химический анализ почв и отходов. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» // ООО «Люмекс». – М. : Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 1998. – 22 с.
8. ГОСТ 26425–85 Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. – Введ. 1985-02-08. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 9 с.
9. ГОСТ 26426–85 Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке. – Введ. 1985-02-08. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 7 с.
10. ГОСТ 26423–85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – Введ. 1986-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.
11. ГОСТ 30108–94 Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов. – Введ. 1995-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 8 с.

### References

1. Kosarevich I.V., Shemetov V.Yu., Goncharenko A.P., Ryabchenko V. I. [Ed.] *Ekologiya bureniya* [Ecology of drilling], Minsk: Nauka i tekhnika, 1994, 119 p. (In Russ.)
2. Shamina V.A. [Formation of drilling waste during well construction], *Aktual'nyye problemy gumanitarnykh i yestestvennykh nauk* [Actual problems of the humanities and natural sciences], 2012, no. 12, pp. 43-45. (In Russ.)
3. Malyshkin M.M. *Extended abstract of candidate's of technical thesis*, St. Petersburg, 2010, 20 p. (In Russ.)
4. <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (accessed 09 July 2019).
5. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.58-08 *Kolichestvennyy khimicheskiy analiz pochv. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy doli vlagi v tverdykh i zhidkikh otkhodakh proizvodstva i potrebleniya, pochvakh, osadkakh, shlamakh, aktivnom ile, donnykh otlozheniyakh gravimetricheskim metodom* [ПНД Ф 16.1: 2.2: 2.3: 3.58-08 Quantitative chemical analysis of soils. Methodology for measuring the mass fraction of moisture in solid and liquid wastes from production and consumption, soils, sediments, sludge, activated sludge, bottom sediments by the gravimetric method], Moscow: Federal'naya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru, 2008, 8 p. (In Russ.)
6. *GOST 31992.1–2012 (ISO 2811-1:2011) Materialy lakokrasochnyye. Metod opredeleniya plotnosti. Chast' 1. Piknometricheskij metod* [GOST 31992.1–2012 (ISO 2811-1: 2011) Paint materials. Method for determination of density. Part 1. Pyknometer method], Moscow: Standartinform, 2013, 10 p. (In Russ.)
7. ПНД Ф 16.1:2.21-98 *Kolichestvennyy khimicheskiy analiz pochv i otkhodov. Metodika izmereniy massovoy doli nefteproduktov v probakh pochv i gruntov fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti «Flyuorat-02»* [ПНД Ф 16.1: 2.21-98 Quantitative chemical analysis of soil and waste. The method of measuring the mass fraction of petroleum products in soil and soil samples using the fluorimetric method on a “Fluorat-02” fluid analyzer], Moscow: Ministerstvo prirodnykh resursov Rossiyskoy Federatsii, 1998, 22 p. (In Russ.)
8. *GOST 26425–85 Pochvy. Metody opredeleniya iona khlorida v vodnoy vytyazhke* [GOST 26425–85 Soils. Methods for determination of chloride ion in water extract], Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1985, 9 p. (In Russ.)



9. *GOST 26426–85 Pochvy. Metody opredeleniya iona sulfata v vodnoy vytyazhke* [GOST 26426–85 Soils. Methods for determination of sulphate ion in water extract], Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1985, 7 p. (In Russ.)

10. *GOST 26423–85 Pochvy. Metody opredeleniya udel'noy elektricheskoy provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoy vytyazhki* [GOST 26423–85 Soils. Methods for determination of specific electric conductivity, pH and solid residue of water extract], Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1985, 5 p. (In Russ.)

11. *GOST 30108–94 Materialy i izdeliya stroitel'nyye. Opredeleniye udel'noy effektivnoy aktivnosti yestestvennykh radionuklidov* [GOST 30108–94 Building materials and elements. Determination of specific activity of natural radioactive nuclei], Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1995, 8 p. (In Russ.)

---

### **An Environmentally Friendly Way of Disposing Drilling Waste to Obtain Construction Soils for Excavation Work**

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

*Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia*

**Keywords:** drilling waste; glauconite; grading; construction soils; petroleum products; disposal.

**Abstract:** It is presented an environmentally way of disposing drilling waste to produce construction soils that meet the established standards for general construction excavation. It was revealed that in the obtained construction soils the content of physical sand increased several times; humidity decreased. They had a higher density in comparison with the control sample, which was due to a decrease in the moisture content of materials, as well as the additional introduction of natural sorbents. The hydrogen index in materials using gypsum had the smallest values; materials with the use of quicklime had the maximum result. The residual oil content in the control sample was 25.87 mg/kg, in the obtained materials varied within 20.35 ... 23.32 mg/kg, which indicates inert building materials safe for the environment. The chloride content in the control sample was 0.134%, in building soils it decreased to 0.076 - 0.127%. In building mixtures, the specific effective activity was higher than in the control sample of drilling waste, which was due to the addition of natural-mineral components with their own specific activity, which increased it in samples of building materials. The results of the studies on the disposal of drilling waste have shown that the resulting construction soil can be used for general excavation works.

---

© С. С. Тарасова, Е. В. Гаевая, 2020