

РУБРИКА: РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Побочный продукт производства как возможность замещения
реагентов для нейтрализации бурового шлама**

О. И. Слобожанина, Д. А. Лисс, М. О. Писарев (ФГАОУ ВО «Тюменский
государственный университет», «Передовая инженерная школа»)

В статье рассмотрена проблема обращение с отходами нефтегазовой отрасли в Российской Федерации. Авторы подчеркивают значимость оптимизации технологических процессов обращения с буровыми шламами для повышения безопасности, начиная от разработки и эксплуатации нефтяных месторождений, на основе данных Федеральной службы государственной статистики за 2022 год. Экспериментальная часть исследования включает изучение влияния лигносульфонатов на буровые шламы с разным уровнем pH. Результаты показали, что они оказывают положительное влияние на шламы с высоким уровнем pH. Авторы подчеркивают важность дальнейшего изучения применения лигносульфонатов для нейтрализации буровых шламов.

Ключевые слова: буровой шлам, лигносульфонаты, отходы, нейтрализация.

**By-product of production, as a possibility of reagent substitution for drill
cuttings neutralization**

O. I. Slobozhanina, D. A. Liss, M. O. Pisarev (University of Tyumen, "Advanced
Engineering School")

This article examines the problem of waste management in the oil and gas industry in the Russian Federation. The authors emphasize the importance of optimizing technological processes for handling drill cuttings to improve the efficiency and safety of waste management from the development and operation of oil fields, based on 2022 data from the Federal State Statistics Service. The experimental part of the study involves analyzing the effect of lignosulfonates on drill cuttings with varying pH levels. The results demonstrate that lignosulfonates have a positive impact on cuttings with high pH levels. The authors highlight the need for further research into the use of lignosulfonates for drill cuttings neutralization.

Keywords: drilling waste, lignosulfonates, waste, neutralization.

Введение

Ключевой задачей при разработке месторождений остается оптимизация технологических процессов обращения с отходами от добычи сырой нефти и газа, поскольку их накопление увеличивает затраты на транспортировку и хранение, а также создает риски для бесперебойной работы промыслов, так как в связи с ненадлежащим обращением с отходами деятельность предприятия может быть приостановлена на срок до 90 суток [1].

Согласно статистическим данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат), общая тенденция обращения с отходами от добычи сырой нефти и газа говорит о необходимости оптимизации процессов обращения с ними, так как за период 2016–2022 гг. количество утилизируемых отходов не достигало и 50 %, что указано на рисунке 1. В 2022 году было образовано примерно 8255,5 тысячи тонн отходов от добычи сырой нефти и природного газа, из которых было переработано в соответствии с действующими нормативными актами приблизительно 2864,2 тысячи тонн, что составляет примерно 35 % от всего объема [2].

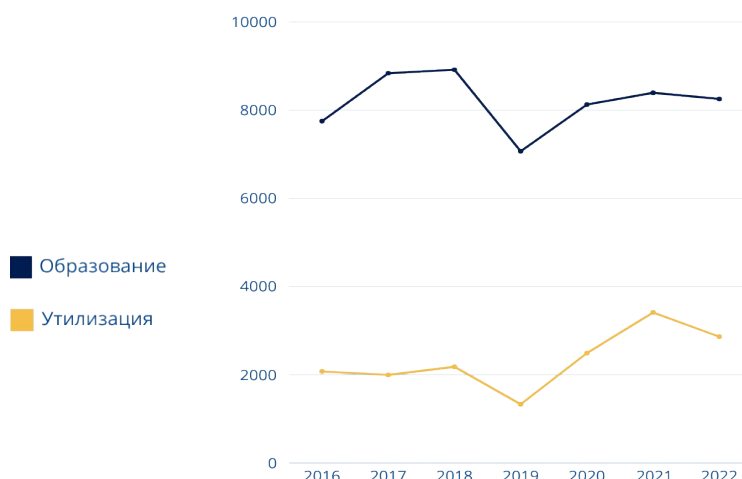


Рисунок 1. График образования и утилизации отходов от добычи сырой нефти и газа по данным Росстата

Необходимо отметить, что около 70 % от общей массы отходов составляют буровые шламы, которые содержат большое количество токсичных веществ. Ненадлежащая утилизация буровых шламов приводит к загрязнению почвы, поверхностных и грунтовых вод, нарушению экосистем, вследствие чего ухудшается состояние окружающей среды и возникает угроза здоровью человека [3, 4].

Стоит обратить внимание на то, что существует множество методов обращения с буровыми шламами, например термический, когда под

воздействием температуры уменьшается объем бурового шлама и в дальнейшем остаток может быть использован для производства инертных строительных материалов [5]. При биологическом методе обращения с буровыми шламами применяются микроорганизмы для уменьшения объема отходов и снижения токсичности. Оба метода являются эффективными, однако их внедрение связано с высокой сложностью интеграции в существующие технологические процессы промыслов и необходимостью дополнительного оборудования, поэтому в дальнейшем рассматривались химические методы обращения с буровыми шламами.

Метод

Химический метод обезвреживания буровых шламов заключается в добавлении специальных реагентов к отходам с целью нейтрализации и улучшения компонентного состава бурового шлама. Реагенты, используемые при химическом методе обезвреживания, могут включать в себя окислители, коагулянты, флокулянты и другие химические вещества, уменьшающие токсичность отходов и улучшающие их свойства для дальнейшего использования в качестве сырья для строительных материалов.

Учитывая современные тенденции ресурсосберегающих технологий, предполагающие использование отходов одних производств в качестве сырья для других, а также основываясь на химических особенностях взаимодействия лигносульфонатов (отхода целлюлозно-бумажной промышленности) с буровыми шламами, была выдвинута гипотеза о возможности применения данного подхода для улучшения фильтрационных свойств отходов бурения. Такой подход способствует улучшению аэробных свойств, а также может стать косвенным признаком изменения гранулометрического состава грунта (в положительную сторону) нейтрализованного шлама, что расширяет возможности его применения в строительстве и при проведении рекультивации.

Данный подход позволит минимизировать загрязнение окружающей среды и упростит внедрение технологии благодаря использованию существующей системы сбора и транспортировки указанного вида отхода. В дальнейшем, при условии успешного проведения нейтрализации бурового шлама, после проверки данной смеси по параметрам, необходимым для строительных материалов, может быть применен в качестве техногенного грунта, используемого для отсыпки дорог и засыпки оврагов. Это станет хорошей предпосылкой для использования бурового шлама в целях рекультивации шламовых амбаров, так как улучшатся свойства грунта, а значит, повысится всхожимость травосмесей.

Результаты

Учитывая химические особенности реакции взаимодействия лигносульфонатов и буровых шламов, была выдвинута гипотеза о возможности улучшения фильтрационных свойств, что, в свою очередь, будет предотвращать просачивание вредных веществ из отходов бурения в грунт, тем самым снижая негативное воздействие на окружающую среду. Для проведения опытов был использован буровой шлам разного уровня pH (7,5 и 9), лигносульфонат в жидкой форме (для проб 1–6 с шагом 1 мл 0–5 мл соответственно).

В результате проведения экспериментов на буровых шламах с различным уровнем pH было выявлено, что лигносульфонаты демонстрируют эффективность при обработке высокощелочных шламов ($\text{pH} > 9$); в случаях, когда $\text{pH} = 7,5$, положительного эффекта от использования лигносульфонатов не обнаружено. На рисунке 2 указаны результаты проведения эксперимента по методике трубок из сборника Вадюниной А. Ф., Корчагиной З. А. «Методы исследования свойств почв и грунтов» (1961 г.), используемого в целях изучения варьирования водопроницаемости почвы с поверхности и по генетическом горизонтам.

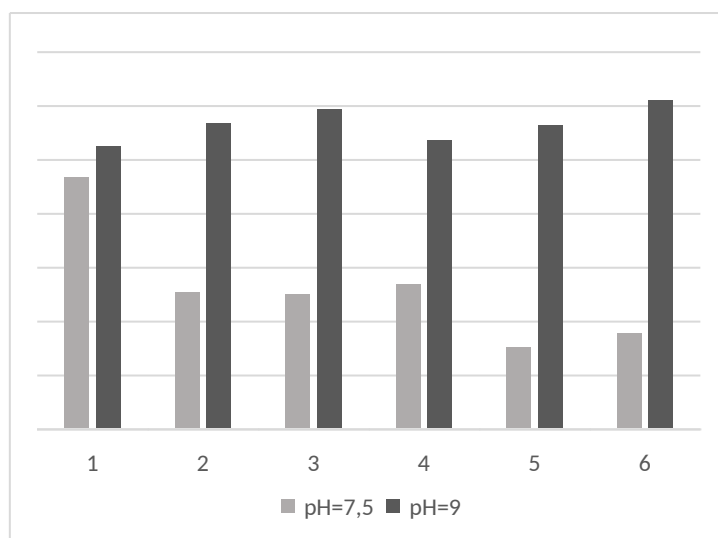


Рисунок 2. Результаты лабораторных исследований с буровыми шламами с добавлением лигносульфонатов разной щелочности и количество фильтрата, полученного за часовой период

Обращаем внимание на то, что величина достоверности аппроксимации при проведении экспериментов в обоих случаях составила 0,8, что говорит о точности прогноза. В дальнейшем планируется проведение экспериментов с буровыми шламами более щелочной среды в целях определения верхней границы применения лигносульфонатов для нейтрализации буровых шламов. Внедрение этой технологии способствует снижению эксплуатационных затрат на утилизацию отходов.

В перспективе применение лигносульфонатов для обработки буровых шламов может быть интегрировано в технологические схемы разработки и эксплуатации нефтяных месторождений, что снизит производственные риски.

Выводы

Установлено, что лигносульфонаты эффективно нейтрализуют буровые шламы с высоким уровнем pH ($\text{pH} > 9$), что свидетельствует об улучшении аэробных свойств, соответственно, является предпосылкой к использованию этого материала для создания техногенного грунта, который можно применять при дальнейшей эксплуатации месторождения. Однако при нейтрализации буровых шламов с нейтральным уровнем ($\text{pH} \approx 7,5$) применение лигносульфонатов не является эффективным, что определяет границы их технологической применимости.

Внедрение лигносульфонатов в схемы обращения с отходами бурения позволяет повысить экологическую безопасность и снизить эксплуатационные затраты на утилизацию отходов при разработке месторождений за счет использования отходов целлюлозно-бумажной промышленности в качестве сырья, что снижает себестоимость утилизации. Результаты подтверждают перспективность дальнейших исследований по оптимизации дозировок и расширению области применения лигносульфонатов для повышения экономической и экологической эффективности эксплуатации нефтегазовых объектов.

Список литературы

1. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 N 195-ФЗ (ред. от 24.06.2025) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2025). — Текст: электронный // Консультант плюс: сайт. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661 (дата обращения: 29.06.2025).
2. Федеральная служба государственной статистики. — Текст: электронный // Росстат: сайт. — URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 06.02.2024).
3. Осипова Е. С. Влияние нефтяного загрязнения на биохимические и физиологические показатели растений / Осипова Е. С., Петухова Г. А. // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. — 2014. — № 5-1. — С. 131–135.
4. Lebedev A. Waste management during the production drilling stage in the oil and gas sector: a feasibility study / Lebedev A., Cherepovitsyn A. // Resources. — 2024. — V. 13. — № 2. — P. 26.

5. Зимнухова А. Е. Возможность применения буровых шламов в качестве вторичной продукции / Зимнухова А. Е., Гаевая Е. В. // Инновационные перспективы Донбасса: материалы 9-й Международной научно-практической конференции, Донецк, 23–25 мая 2023 года. — Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2023. — С. 105–109.

References

1. Russian Federation Code of Administrative Offences from 30.12.2001 Apostille 195-FL (Ed. from 24.06.2025) (with amendments and additions, intro. effective from 07.01.2025). — Text: electronic // Consultant plus: website — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661 (accessed: 06/29/2025 (in Russ.)).
2. Federal State Statistics Service. — Text: electronic // Rosstat: website. — URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (accessed: 02/06/2024) (in Russ.).
3. Osipova E. S. The effect of oil pollution on the biochemical and physiological parameters of plants / Osipova E. S., Petukhova G. A. // Theoretical and applied aspects of modern science. — 2014. — No. 5-1. — Pp. 131–135 (in Russ.).
4. Lebedev A. Waste management during the production drilling stage in the oil and gas sector: a feasibility study / Lebedev A., Cherepovitsyn A. // Resources. — 2024. — V. 13. — № 2. — P. 26.
5. Zimnukhova A. E. The possibility of using drilling mud as a secondary product / Zimnukhova A. E., Gaevaya E. V. // Innovative perspectives of Donbass: proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference, Donetsk, May 23–25, 2023. Donetsk: Donetsk National Technical University, 2023. — Pp. 105–109 (in Russ.).