

Утилизация отходов бурения в строительные материалы

В.А. Перфилов М.А., Тищенко, Ю.Г. Джабраилов

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: Рассмотрены методы утилизации отходов бурения скважин и описаны механизмы их биологической очистки микроорганизмами. Предложена технология утилизации биологически очищенных буровых шламов путем изготовления бетонных конструкций морских искусственных рифов, заградительных молов и других изделий на морской платформе. Разработаны составы мелкозернистых фибробетонных смесей, включающих портландцемент, биологически очищенные отходы бурения скважин, базальтовые фибровые волокна и суперпластификатор «СП-3». Достаточно высокие параметры прочностных характеристик и морозостойкости полученных составов фибробетонов показали возможность их применения в суровых климатических условиях.

Ключевые слова: Отходы бурения, биодеструкция, мелкозернистый фибробетон, дисперсная арматура, механические свойства, морская платформа.

Буровые отходы, образующиеся при бурении, часто содержат токсичный, а иногда и вовсе опасный спектр веществ. Если вовремя не подвергнуть их соответствующей обработке, они могут пагубно влиять на почвенные, водные экосистемы, а также на здоровье человека. Для этого существует множество способ удаления этих самых веществ, например [1]:

- Термический (обработка с помощью высоких температур-обжиг)
- Физический (разделение твердой и жидкой фазы)
- Биологический (консервация буровых шламов и добавление в них микроорганизмов)
- Химический (применение специальных реагентов)
- Физико-химический (данный способ объединяет в себе физический и химический способ очистки)

В данной статье мы подробно рассмотрим биологический способ очистки, его еще также называют биодеструкция микроорганизмами.

Биодеструкция- представляет собой переработку буровых отходов, с помощью микроорганизмов. Они разлагают органические и неорганические загрязнители. Микроорганизмы, в зависимости от своего метаболизма могут восстанавливать, окислять, деградировать и гидролизовать широкий спектр

соединений [2]. Также нельзя не отметить, что данный способ экологически безопасен, в отличие от других, и экономически выгоден.

Главным плюсом является, то, что микроорганизмы способны резко уменьшать численность токсинов и вредных загрязнителей после утилизации [2]. Они создают для себя условия, которые повышают эффективность утилизации загрязнителя.

Как известно, углеводороды участвуют в ряде метаболических процессов живых существ, так и для микроорганизмов загрязняющий компонент служит источником жизни и энергии [3].

Использование микроорганизмов обусловлено их эффективностью и экономической выгодой. Это основано на следующем факте: в настоящее время экспериментально доказано, что в природе всегда существуют микроорганизмы способные частично или вовсе полностью утилизировать органическое вещество [2]. Способность усваивать углеводороды присуща множеству типов микроорганизмов, к ним относятся:

- Дрожжи
- Бактерии
- Мукообразные и сумчатые грибы

Из них очень ярко можно выделить бактерии, а именно род коринеформных бактерий. Именно они активно деструктурируют не только буровые отходы, но, и нефть и нефтепродукты в целом. и

Инновационное решение в этот процесс можно привнести благодаря разработке и внедрению генетически-модифицированных микробных консорциумов (ГММК) [4]. Это новый вид микроорганизмов, которые способны выдержать экстремальные условия. Это очень подходит для условий крайнего севера. Они формируют устойчивую биопленку на частицах, которые нужно убрать. Это ускоряет общий процесс деградации углеводородов, а также предотвращает повторное загрязнение.

Основными преимуществами использования таких бактерий являются:

1. Изменённый генетический штамп — это одна из отличительных способностей, отличающих ГММК от других.
2. Это биоплёночная технология — она позволяет бактериям создавать вокруг частицы защитную матрицу.
3. Автономность—бактерии полностью автономны и не нуждаются в каких-либо дополнительных процессах.

С точки зрения экологической и экономической эффективности, следует отметить, что ГММК благодаря оптимизации процессов очистки позволяет сократить время очистки на 30—60%, по сравнению с традиционными методами [5]. Использование природных процессов биodeградации способствует снижению расходов на утилизацию отходов. Эта технология позволяет полностью перерабатывать буровые отходы, не нанося при этом вред окружающей среде [6].

Технологию можно адаптировать под различные типы буровых отходов, например: шламы, промывочные жидкости, масла и т.д.

Также, данную технологию можно применить в установках циркуляционной системы. После очистки бурового раствора через все этапы оборудования, он подается в резервуар для хранения. Куда можно будет добавить ГММК для ещё более тщательной очистки бурового раствора.

В данной статье рассмотрена лишь часть технологии биодеструкции с помощью микроорганизмов. Биодеструкция с применением современных биотехнологий является ключевым направлением для снижения экологического ущерба от нефтегазодобычи.

В процессе бурения скважин на морской платформе образующиеся отходы бурения могут быть законсервированы путем их закачки в подземные хранилища. Этот способ связан с большими рисками гидроразрыва пласта.

Простой способ сброса отходов в море также является неприемлемым в соответствии с принципом «нулевого сброса» при эксплуатации морских нефтегазодобывающих платформ. В связи с этими ограничениями может быть использован способ вывоза указанных отходов на береговые терминалы для последующей переработки в строительные материалы и изделия.

При эксплуатации морских платформ с большой площадью палуб может быть применен способ изготовления монолитных строительных блоков из отходов бурения, применяемых для сооружения конструкций искусственных морских рифов.

Компактную по размерам технологическую линию можно разместить на палубе морской платформы с установкой соответствующего технологического оборудования для переработки отходов и изготовления строительных изделий с их использованием.

Исследования значительного количества буровых шламов при бурении скважин на шельфе и определение фазового, гранулометрического и компонентного составов отходов показали возможность их использования при изготовлении железобетонных конструкций морских рифов, заградительных молов и других изделий [7,8].

Для производства указанных изделий наиболее пригодными по минералогическому и химическому составам являются биологически очищенные отходы бурения с содержанием песчаника до 90 %.

В настоящее время широкое применение получили железобетонные изделия и конструкции, выполненные из бетонов, армированных стальными, базальтовыми или полимерными фибровыми волокнами [9,10]. Использование фибровых наполнителей способствует увеличению прочности конструкций, особенно при растяжении, а также снижает расход дорогостоящей арматуры и увеличивает сопротивляемость бетона агрессивным факторам в слу-

чае применения базальтовых, полимерных или стеклянных фибровых волокон.

В процессе производства бетонной смеси использовался портландцемент М 500 Д0. Мелкий заполнитель был представлен в виде заранее подготовленных биологически очищенных буровых отходов.

В качестве микроармирующих компонентов мелкозернистой бетонной смеси применялись базальтовые фибровые волокна диаметром 15 мкм и длиной до 12 мм.

Для увеличения подвижности и снижения количества воды затворения смеси применялся суперпластификатор «СП-3». Введение водорастворимой пластифицирующей добавки в бетонную смесь способствовало образованию более прочных новообразований цементного камня, впоследствии увеличению плотности, прочности, водостойкости и морозостойкости затвердевшего бетона.

Для проведения испытаний по определению физико-механических свойств полученных составов мелкозернистых фибробетонов, применяемых в конструкциях рифов, заградительных молов и других изделий, изготавливались стандартные образцы. По окончании твердения испытываемых образцов фибробетона в естественных условиях в течение 28 суток были проведены испытания, результаты которых представлены в таблице.

Полученные результаты проведенных испытаний показали, что введение в бетонную смесь биологически очищенных отходов бурения совместно с фибровыми волокнами и суперпластификатором способствовало изготовлению мелкозернистых бетонов, имеющих достаточно высокие показатели прочности, как на сжатие, так и на растяжение при изгибе. Высокие параметры морозостойкости, выраженные в количестве циклов попеременного замораживания и оттаивания образцов, показали возможность применения разработанных составов мелкозернистых фибробетонов в су-

ровых условиях эксплуатации.

Таблица

Результаты испытаний разработанных составов мелкозернистых
фибробетонов

Номер состава	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Морозостойкость, циклы
1	52,5	5,8	300
2	56,7	6,6	400
3	58,4	7,3	400

Таким образом, предложены известные технологии предварительной очистки буровых отходов и разработаны оригинальные составы мелкозернистых фибробетонов, которые могут применяться в конструкциях морских сооружений искусственных рифов, заградительных молов и других сооружениях. Учитывая небольшую по площади технологическую линию по предварительной очистке отходов и приготовлению мелкозернистых бетонов, появляется возможность утилизации бурового шлама на морской платформе. Готовые изделия, приготовленные по технологии утилизации отходов, в дальнейшем могут быть отправлены танкерами с морской платформы на береговые терминалы для последующей эксплуатации.

Литература

1. Перевалов С. Н., Ивлева А. А. Актуальные технологии и способы обезвреживания отходов бурения // МНИЖ. 2013. №11-1 (18). – 65с. URL: cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-tehnologii-i-sposoby-obezvrezhivaniya-othodov-bureniya/viewer (дата обращения: 02.04.2025).

2. Галягин П.С. Поиск методов биоочистки нефтяных и буровых отходов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. №6-1 (93) - 194-195. URL: cyberleninka.ru/article/n/poisk-metodov-bioochistki-neftyanyh-i-burovyh-othodov/viewer (дата обращения: 02.04.2025).

3. Назарько М. Д., Щербаков В. Г., Лобанов В. Г. Биodeградация микроорганизмами смазочных добавок к буровым растворам // Известия вузов. Пищевая технология. 2007. №2. URL: cyberleninka.ru (дата обращения: 04.04.2025).

4. Падкина М.В, Самбук Е.В. Генетически модифицированные микроорганизмы - продуценты биологически активных соединений // Экологическая генетика. 2015. №2. URL: cyberleninka.ru/article/n/geneticheski-modifitsirovannye-mikroorganizmy-produtsenty-biologicheski-aktivnyh-soedineniy/viewer (дата обращения: 09.04.2025).

5. Zaki Saati-Santamaría, Pilar Navarro-Gómez, Juan A Martínez-Mancebo, Maitane Juárez-Mugarza, Amando Flores, Inés Canosa. Genetic and species rearrangements in microbial consortia impact biodegradation potential, The ISME Journal, Volume 19, Issue 1, January 2025, wraf014, URL: doi.org/10.1093/ismejo/wraf014.

6. Jibing Li, Chunling Luo, Xixi Cai, Dayi Zhang, Guoqing Guan, Bei Li, Gan Zhang, Microbial consortium assembly and functional analysis via isotope labelling and single-cell manipulation of polycyclic aromatic hydrocarbon degraders. The ISME Journal, Volume 18, Issue 1, January 2024, wrae115, URL: academic.oup.com/ismej/article/18/1/wrae115/7697972?login=false.

7. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Инновационные направления по использованию бурового шлама в производстве пористого заполнителя. /Бурение и нефть, 2016, №11, с.54-58.

8. Орешкин, Д.В., Чеботаев А.Н., Перфилов В.А. Disposal of Drilling Sludge in the Production of Building Materials // Procedia Engineering. Vol. 111:

XXIV R-S-P seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (24RSP) (TFoCE 2015): proceedings / ed. by Stanislaw Jemioło, Marcin Gajewski and Michał Krzeminski. – [Elsevier publishing], 2015. – P. 607-611.

9. Перфилов В.А., Габова В.В., Лукьяница С.В. Бетон для строительства подводных нефтегазовых сооружений // Инженерный вестник Дона. 2020. № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6673.

10. Маилян, Л.Р., Налимова, А.В., Маилян, А.Л., Айвазян, Э.С. Челночная технология изготовления фибробетона с агрегированным распределением фибр и его конструктивные свойства // Инженерный вестник Дона, 2011, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/714.

References

1. Perevalov S. N., Ivleva A. A. MNIZH. 2013. №11-1 (18). 65p. URL: cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-tehnologii-i-sposoby-obezvrezhivaniya-otvodobureniya/viewer (date assessed 02.04.2025).

2. Galyagin P.S. Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2024. №6-1 (93). 194-195p. URL: cyberleninka.ru/article/n/poisk-metodov-bioochistki-neftyanyh-i-burovyh-otvodov/viewer (date assessed: 02.04.2025).

3. Nazar'ko M. D., Shcherbakov V. G., Lobanov V. G. Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. 2007. №2. URL: cyberleninka.ru/article/n/biodegradatsiya-mikroorganizmami-smazochnyh-dobavok-k-burovym-rastvoram/viewer (date assessed: 04.04.2025).

4. Padkina M.V, Sambuk E.V. Ehko-logicheskaya genetika. 2015. №2. URL: cyberleninka.ru/article/n/geneticheski-modifitsirovannye-mikroorganizmy-produtsenty-biologicheski-aktivnyh-soedineniy/viewer (date assessed: 09.04.2025).

5. Zaki Saati-Santamaría, Pilar Navarro-Gómez, Juan A Martínez-Mancebo, Maitane Juárez-Mugarza, Amando Flores, Inés Canosa. The ISME Journal, Volume 19, Issue 1, January 2025, wraf014, URL: doi.org/10.1093/ismejo/wraf014

6. Jibing Li, Chunling Luo, Xixi Cai, Dayi Zhang, Guoqing Guan, Bei Li, Gan Zhang. The ISME Journal, Volume 18, Issue 1, January 2024, wrae115, URL: academic.oup.com/ismej/article/18/1/wrae115/7697972?login=false.

7. Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z. Innovacionnye napravleniya po ispol'zovaniyu burovogo shlama v proizvodstve poristogo zapolnite-lya. Burenie i neft', 2016, №11, pp.54-58.

8. Oreshkin, D.V., Chebotaev A.N., Perfilov V.A. Disposal of Drilling Sludge in the Production of Building Materials Procedia Engineering. Vol. 111: XXIV R-S-P seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (24RSP) (TFoCE 2015) : proceedings ed. by Stanislaw Jemioło, Marcin Gajewski and Michał Krzeminski. [Elsevier publishing], 2015. P. 607-611.

9. Perfilov V.A., Gabova V.V., Luk'yanica S.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6673.

10. Mailyan, L.R., Nalimova, A.V., Mailyan, A.L., Ajvazyan, E.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/714.

Дата поступления: 13.05.2025

Дата публикации: 26.06.2025