



УДК 622.852.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ ШЛАМОВ



## DETERMINATION OF OPTIMAL METHODS FOR THE NEUTRALIZE AND DISPOSE OF DRILL CUTTINGS

**Поварова Лариса Валерьевна**

кандидат химических наук, доцент,  
доцент кафедры химии  
Кубанский государственный технологический университет  
larispv08@gmail.com

**Povarova Larisa Valeryevna**

Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of  
Chemistry Department,  
Kuban state technological university  
larispv08@gmail.com

**Аннотация.** Проблема обеспечения экологической безопасности при обращении с буровыми отходами нефтедобычи является актуальной во всём мире, но особенно остро проявляется в России практически в каждом нефтедобывающем регионе. Важность проблемы определяется не только значительным количеством, но и негативным воздействием нефтеотходов практически на все компоненты природной среды. В результате их воздействия происходит существенное изменение природного состояния геоэкологической среды, снижение естественной защищённости подземных вод, активизация геохимических и геомеханических процессов, смена естественного микробиоценоза. Угрожающий рост накапливаемых ежегодно опасных нефтеотходов при отсутствии необходимых масштабов их утилизации приводит к изъятию земельных ресурсов на длительные сроки. В то же время нефтеотходы относятся к вторичным материальным ресурсам и по своему химическому составу и полезным свойствам могут быть использованы в народном хозяйстве вместо первичного сырья.

**Annotation.** The problem of ensuring environmental safety when handling oil drilling waste is relevant worldwide, but is especially acute in Russia in almost every oil producing region. The importance of the problem is determined not only by a significant amount, but also by the negative impact of oil waste on almost all components of the environment. As a result of their impact, a significant change in the natural state of the geoecological environment occurs, a decrease in the natural protection of groundwater, activation of geochemical and geomechanical processes, and a change in the natural microbiocenosis. The threatening growth of hazardous oil waste accumulated annually in the absence of the necessary scale for their disposal leads to the seizure of land for long periods. At the same time, oil wastes belong to secondary material resources and, by their chemical composition and useful properties, can be used in the national economy instead of primary raw materials.

**Ключевые слова:** обустройство буровых шламовых амбаров; технологии обращения с буровыми отходами; захоронение буровых шламов в буровых шламовых амбарах; обезвреживание буровых шламов; использование буровых шламов; переработка буровых шламов в продукцию различного назначения; критерии выбора технологии переработки буровых отходов.

**Keywords:** arrangement of drilling sludge pits; drilling waste management technologies; burial of drill cuttings in drill cuttings; neutralization of drill cuttings; use of drill cuttings; processing of drill cuttings into products for various purposes; selection criteria for drilling waste processing technology.

### Определение. Источники образования. Классификация

Согласно определению Отраслевого стандарта ОСТ 51.01-06-85 буровой шлам – это измельчённая выбуренная порода, загрязнённая остатками бурового раствора (ОБР). Это является одним из видов отходов, образующихся в процессе бурения нефтяных и газовых скважин

Выбуренная порода содержит компоненты отработанного бурового раствора и породы, слагающей разрез (песчаник, глина, и др.).

Буровые отходы (БО) образуются следующим образом. В процессе бурения в скважину подается буровой раствор, который смазывает и охлаждает инструмент, выводит на поверхность выбуренную породу, компенсирует внутрискважинное давление, снижает интенсивность образования и укрепляет стенки скважины. В результате на поверхности образуются буровые сточные воды, отработанный буровой раствор и загрязнённая выбуренная порода (буровой шлам). Все эти три составляющие БО в различных пропорциях содержат воду, частицы выбуренной породы, нефть и компоненты бурового раствора. Нефть попадает в буровые отходы при прохождении нефтеносных пластов и при использовании её в буровом растворе. Высочайшую опасность для объектов природной среды представляют производственно-технологические отходы бурения, которые накапливаются и хранятся непосредственно на территории буровой. В своём составе они содержат широкий спектр загрязнителей минеральной и органической природы, представленных материалами и химреагентами, используемыми для приготовления и обработки буровых растворов. На 1 м<sup>3</sup> отходов приходится до 68 кг загрязняющей органики, не считая нефти и нефтепродуктов и загрязнителей минеральной природы.



В бурении различают два понятия – «выбуренная порода» и «шлам буровой». В процессе углубления скважины, в забое образуется выбуренная порода. При гидротранспорте промывочной жидкостью с забоя скважины на поверхность порода под воздействием техногенных факторов (например, смешения с буровым раствором) превращается в буровой шлам.

Бурение скважин осуществляется в осадочных отложениях, в которых наиболее распространёнными являются глинистые породы. Их доля составляет 65–80 %. Выбуренные частицы глинистых или скреплённых глинистым цементом породы в процессе гидротранспорта с забоя скважины на поверхность пропитываются фильтратом промывочной жидкости и набухают. Продолжительность нахождения частиц породы в промывочной жидкости с глубиной скважины возрастает и может достигать нескольких часов. Чем дольше они находятся в промывочной жидкости, тем сильнее их набухание. Происходит адгезионное присоединение к частицам твёрдой фазы частиц преимущественно коллоидных размеров из промывочной жидкости.

На изменение физико-химических свойств частиц выбуренной породы при превращении их в буровой шлам влияет пропитка дисперсионной средой промывочной жидкости. Поры и трещины частиц породы заполняются дисперсионной средой промывочной жидкости, поверхность глинистых частиц модифицируется, на внешней и внутренней поверхности частиц выбуренной породы адсорбируются вещества различной природы из компонентного состава промывочной жидкости.

Минералогический состав бурового шлама определяется литологическим составом разбураемых пород и может существенно изменяться по мере углубления скважины. Химический состав бурового шлама зависит как от его минерального состава, так и свойств промывочной жидкости. Гранулометрический состав бурового шлама определяется типом и диаметром породоразрушающего инструмента, механическими свойствами породы, режимом бурения, свойствами промывочной жидкости, эффективностью её очистки и изменяется в широких пределах.

Шлам буровой – преимущественно твёрдый отход бурения, вместе с выбуренной породой включает все химические соединения, которые используются для приготовления буровых растворов. Его потенциальное загрязняющее действие на окружающую среду в основном обусловлено токсичными, большей частью малоопасными свойствами компонентов бурового раствора, как правило, имеющими IV класс опасности пластовыми флюидами и в меньшей степени выбуренной породой, которая и составляет основную массу отхода. Наибольшее потенциальное воздействие на окружающую среду могут оказывать содержащиеся в шламе хлориды и сульфаты, меньше нефтепродукты, ещё меньше другие загрязняющие вещества. Незначительное общее загрязнение нефтепродуктами отходов бурения, в том числе, твёрдой фазы отходов бурения происходит при прохождении скважин наклонно-горизонтальных участков непосредственно в теле нефтеносного пласта и в среднем составляет около 200 мг/кг.

Шлам буровой представляет собой текучую пастообразную массу, тёмно-серого с металлическим оттенком цвета, маслянистую на ощупь и имеющий смешанный запах. Плотность бурового шлама определяется плотностью бурового раствора, выбуренной породы и влажностью.

Брутто-состав бурового шлама: выбуренная порода – 75–85 %; органические вещества – 5–10 %; водорастворимые соли – 5–10 %; утяжелители и бентониты – 5–10 %.

Основной компонент буровых шламов – выбуренная порода состоит из глинистых частиц и в меньшей степени песка, которые определяют его механические свойства. При подсыхании (около 20 % влажности) шлам представляет собой твёрдые прочные куски. При дальнейшем высыхании куски растрескиваются и рассыпаются. Увлажнение приводит к быстрому размягчению кусков или порошка и переходу массы в вязкопластичное, а далее текучее состояние.

Гранулометрический состав, в котором подавляющая часть частиц (92–96 % весовых) имеют размеры частиц от 10 до 500 мкм, причём более крупные соответствуют выбуренным породам, а мелкие – бентонитам. Кривая распределения частиц по размерам имеет два максимума. Один максимум приходится на частицы размером 20–30 мкм другой на 200–300 мкм. Показатель рН, как правило, соответствует щелочной среде и составляет 8,5–10,5. Буровой шлам, поступающий на переработку для улучшения (восстановления) физико-химической структуры грунтов и безопасности для окружающей природной среды, должен отвечать следующим исходным или технологически приемлемым параметрам и характеристикам на входе (входной контроль) в производственный процесс, независимо от основного способа бурения или их сочетания между собой (амбарное бурение, с использованием временных шламонакопителей или безамбарный способ бурения), принятого на нефтегазовом месторождении компании-недропользователя.

Для решения задач утилизации ОБР и шлама бурения важное значение имеет их классификация по определенным качественным и количественным признакам. Наиболее существенными признаками являются:

- агрегатное состояние;
- компонентный состав;
- физико-химические свойства.



По агрегатному состоянию данные отходы могут быть систематизированы как жидкие (текучие), полужидкие (пастообразные) и твёрдые. При этом основным признаком их отнесения к тому или иному виду в данной систематизации является содержание твёрдой и жидкой фаз. Так, при содержании твёрдой фазы до 35 % отходы сохраняют свою подвижность и текучесть и относятся к жидким отходам (ОБР). При содержании твёрдой фазы от 35 до 85 % отходы имеют пастообразный вид и относятся к полужидким (это ОБР с буровым шламом). И, наконец, при содержании жидкости в составе отходов менее 15 % их следует отнести к категории твёрдых отходов (выбуренная порода или буровой шлам).

По компонентному составу отходы бурения следует систематизировать как глинистые, карбонатные, галоидно-сульфатные. Эта систематизация в основном относится к твёрдым и полужидким отходам. К глинистым относятся отходы, твёрдая фаза которых представлена породами глинистой фракции (глины, аргиллиты, мергели). Карбонатные – это отходы, твёрдая фаза которых состоит преимущественно из карбонатных пород (известняки, доломиты). Галоидно-сульфатные отходы содержат твёрдую фазу, состоящую в основном из каменной соли, гипса и ангидрита. Такая систематизация позволяет оценивать пригодность этих отходов в качестве вторичного сырья при их утилизации.

При бурении скважин задача очистки шламов от экологически опасных буровых отходов является наиболее актуальной.

Наибольшую опасность для окружающей среды представляют жидкие отходы бурения (главным образом, БСВ), так как они являются самым подвижным и легко аккумулирующимся загрязнителем отходом. Вместе с тем как сырьё для регенерации из них активных компонентов буровые сточные воды являются «тощими» и представляют собой разбавленный раствор вредного вещества с концентрацией, как правило, до 0,1–1,0 % и за редким исключением до 2,5 %. Требуемая глубина извлечения из БСВ загрязнителей составляет 0,01–0,03 % от определяемого нормативами экологически безопасного уровня как для сброса, так и для утилизации в технологическом цикле буровой. Как видно, система обезвреживания БСВ относится к технологии, более сложной, трудоёмкой, энергоёмкой и дорогостоящей, чем обычная технология. Полная утилизация более концентрированных суспензий (ОБР) или шламовых масс путём регенерации и извлечения из них ценных компонентов (утяжелителя, глинопорошка, отдельных химреагентов и т.д.) в промышленных условиях в настоящее время также экономически невыгодна из-за сложности и громоздкости технологических процессов. Буровые же установки на сегодняшний день специальной техникой для решения указанных задач не оснащены.

Как правило, такие жидкости имеют углеводородную основу, а добавляемые в них компоненты – большую подвижность при попадании в воду и почву (ПАВ, дизельное топливо и др.), а также в процессе бурения при прохождении продуктивного горизонта БШ пропитывается нефтью. Твёрдые отходы, образующиеся при бурении и добыче, включают в себя:

- твёрдую фазу буровых растворов;
- буровой шлам;
- грунт, загрязнённый случайными разливами нефти.

Загрязняющие свойства буровых растворов достаточно существенны в связи с содержанием в них, в первую очередь, органических компонентов и солей, токсичных для биоты. ОБР характеризуется следующим фазовым составом (в % от объёма раствора):

- вода – 75–90 (представляющая собой добываемую совместно с нефтью пластовую воду, разбавленную атмосферными осадками);
- твёрдая фаза – 11–25;
- нефть и нефтепродукты – 7–14.

ХПК такого раствора колеблется в пределах 1000–8000 мг/л, минерализация его водной фазы 1,5–3,0 г/л, рН 7,8–8,2.

### **Обустройство буровых шламовых амбаров**

Подготовка территории земельного участка к производству работ осуществляется как на территории шламового амбара, так и на примыкающей / прилегающей к шламовому амбару и кустовой площадке территории, в зоне временного отвода земель.

Шламовый амбар – основной объект размещения отходов бурения, выполненный в виде земляного котлована и предназначенный для сбора буровых отходов (шлам буровой, отработанный буровой раствор, буровые сточные воды). Размеры и объём шламовых амбаров варьирует и в основном зависит от количества разбуриваемых скважин на кустовой площадке.

Объём выбуренной породы из одной скважины равен объёму ствола скважины. При проектировании объём бурового шлама принято принимать больше объёма выбуренной породы на 20 %.

Можно выделить четыре фактора, обуславливающих увеличение объёма бурового шлама по сравнению с выбуренной породой:

- разуплотнение частиц шлама в результате снижения действия на них внешнего давления;
- образование и расширение трещин;
- набухание глинистых частиц, слагающих шлам;
- адгезионное налипание на поверхность шлама частиц коллоидных размеров из промывочной жидкости.

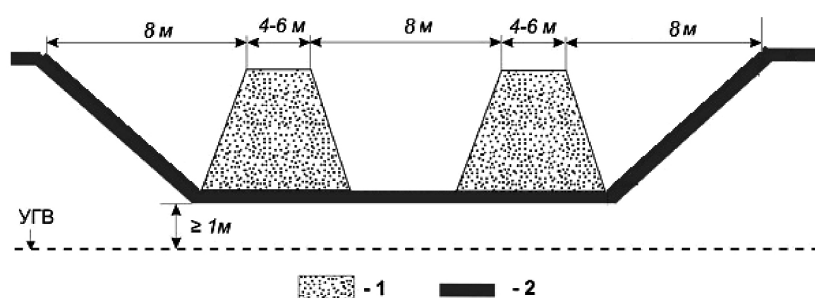


Переработка отходов выполняется в шламовых амбарах с предварительной откачанной жидкой фазой – эмульсией сточных вод с выбуренной породой при бурении эксплуатационных скважин. Допускается наличие остатков жидкой фазы отходов бурения в количестве, не превышающем 5 % от объёма бурового шлама.

В шламовом амбаре с предварительно откачанной жидкой фазой отходов бурения – эмульсией сточных вод с выбуренной породой при бурении эксплуатационных скважин – производится разбиение площади шламового амбара на технологические ячейки разрезающими полосами для удобства перемещения техники и производства работ.

Разбиение на ячейки производится способом поперечной отсыпки песчаных разрезающих полос шириной в 4–6 метров до уровня (почти) дневной поверхности, территории примыкающей к шламовому амбару.

Отсыпаемые разрезающие полосы должны образовывать ячейки, где расстояние между средними линиями разрезающих полос должно составлять около 14,0 м, с целью технологического удобства проведения работ (для возможности выемки и перемешивания) экскаватором со стандартной стрелой исходного сырья и вносимых расходных материалов (песок) на всю глубину и в любой точке ячейки (рис. 1).



**Рисунок 1** – Схема (в разрезе) расположения разрезающих полос в шламовом амбаре или временном шламонакопителе при переработке отходов бурения: 1 – грунт; 2 – гидроизоляция; УГВ – уровень грунтовых вод

Таким образом, расстояние между бортом шламового амбара и разрезающей полосой или между двумя разрезающими полосами должно составлять 8 м. Разрезающие полосы строятся из имеющегося на месте производства работ песчаного (супесчаного) грунта или из привозного карьерного песка. Для производства данного вида работ применяются экскаваторы, самосвалы, бульдозер.

Устройство разрезающих полос в шламовом амбаре выполняется методом вытеснения твёрдой фазы отходов бурения надвигаемым грунтом, и во избежание образования прослойки шлама в разрезающей полосе, лопата экскаватора с грунтом одновременно отодвигает буровой шлам и высыпает на освобождающееся место грунт.

При выравнивании разрезающей полосы в шламовом амбаре работа может производиться также и бульдозером. Для устройства разрезающих полос используется привозной минеральный грунт – песок, добываемый гидронамывным или сухойной способами, из карьеров, специально отведённых для строительства месторождений компанией-недропользователем, разработку карьеров выполняет, как правило, одно из подрядных специализированных предприятий.

Снимаются временные ограждения вокруг шламового амбара для беспрепятственного доступа к нему техники, все неиспользованные строительные материалы вывозятся и передаются предприятиям-владельцам или специализированным предприятиям. Укрепляется или восстанавливается природоохранная обваловка вокруг производственной (технологической) площадки или кустовой площадки, если такая необходимость была выявлена при проведении инженерно-экологических изысканий.

В качестве грунтов используются карьерные минеральные грунты. Грунт завозится на участки автосамосвалами и сгружается поблизости от участка проведения укрепительных работ. Укрепление насыпи обвалования осуществляется бульдозером и/или экскаватором.

Затем выделяются и планируются необходимые технологические площадки для установки оборудования, хранения песка, размещения временного хозяйственного блока, межсменных стоянок техники.

### Технологии обращения с буровыми отходами

На современном этапе нефтедобыча сопровождается образованием бурового шлама. Его утилизация может осуществляться в трёх направлениях: захоронение, обезвреживание и использование буровых шламов, каждое из которых характеризуется положительными и отрицательными сторонами. Эти направления утилизации и являются альтернативными вариантами обращения с буровыми шламами и рассматриваются ниже.

Каждый из альтернативных способов обращения с буровыми шламами имеет свои положительные и отрицательные стороны.



Нулевым вариантом обращения с буровыми шламами является оставление отходов в объектах размещения отходов, обустроенном в виде шламового амбара на кустовой площадке. Отказ от нефтедобывающей деятельности не рассматривается, поскольку нефтегазовая промышленность является одним из основных источников пополнения бюджета Российской Федерации. Рост добычи углеводородного сырья обеспечивается интенсивным развитием и увеличением объемов бурения.

### **1 Захоронение буровых шламов в буровых шламовых амбарах**

Захоронение отходов – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду.

Оставление бурового шлама в буровом шламовом амбаре является самым простым способом обращения с отходом и не требует каких-либо материальных затрат, в т.ч. на приобретение оборудования.

В процессе бурения нефтедобывающих, разведочных, поисковых скважин образуются отходы бурения, которые выносятся на дневную поверхность из скважины и размещаются в объекте размещения отходов – в буровом шламовом амбаре, обустраиваемыми в соответствии с проектной документацией, разработанной и утверждённой в установленном порядке.

Шламовые амбары заполняются отходами бурения: нефтешламами, нефтью жидкой, битуминизированной нефтью, буровыми и тампонажными растворами, буровыми сточными водами и шламом, пластовыми водами, продуктами испытания скважин, материалами для приготовления и химической обработки буровых и тампонажных растворов, ГСМ, ливневыми сточными водами. Процентное соотношение между этими компонентами может быть самое разнообразное в зависимости от геологических условий, технического состояния оборудования, культуры производства и т.д.

Буровой шлам размещается в обустроенные объекты размещения отходов – шламовые амбары.

Наиболее распространённый способ восстановления природной среды после завершения срока эксплуатации шламового амбара заключается в следующем. Амбары освобождают от жидкой фазы, которую направляют в систему сбора и подготовки нефти с последующим использованием её в системе поддержания пластового давления. Оставшийся шлам засыпают минеральным грунтом. Описанный способ ликвидации шламовых амбаров имеет ряд недостатков, одним из которых является возможность содержания в буровом шламе достаточно высоких концентраций углеводородов, АПАВ, легкорастворимых солей и других токсичных веществ.

Выводы об эффективности применения захоронения буровых шламов:

- 1) существует риск поступления загрязняющих веществ из бурового шлама в сопредельные среды;
- 2) неблагоприятные водно-физические свойства буровых шламов обуславливают механическую неустойчивость поверхности, на которой они захоронены без предварительной обработки, поэтому земельный участок не может быть использован по основному целевому назначению.

### **2 Обезвреживание буровых шламов с последующим захоронением в буровом шламовом амбаре обезвреженных отходов**

Одним из способов утилизации бурового шлама, получающих распространение, является их обезвреживание.

Обезвреживание отходов – обработка отходов, в том числе сжигание и обеззараживание отходов на специализированных установках, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду.

Целью обезвреживания отходов является снижение их опасных свойств и (или) сокращение объёма отходов.

Сегодня обезвреживание опасных отходов можно провести термическими, физико-химическими, химическими и другими способами.

Существует несколько способов обезвреживания бурового шлама, каждый из которых может эффективно применяться в зависимости от условий и предпосылок, существующих на нефтедобывающем предприятии.

#### **1. Термический способ обезвреживания бурового шлама**

Термический способ обезвреживания бурового шлама заключается в сжигании шлама в специальном технологическом оборудовании (печах) с последующим получением вторичных отходов. В целях полного разложения нежелательных газов горения в печах прокаливания (сжигания) необходимо использование высоких температур (порядка 850–2200 °С). Альтернативным решением термического способа обезвреживания бурового шлама является сжигание отхода в температурном интервале не выше 100 °С, при котором происходит конденсирование нефтяных фракций с последующим их сбором для использования в качестве энергетического ресурса.

Термические технологии обезвреживания отходов внедряются в производственные сферы, связанные с обращением с отходами. Термическое обезвреживание бурового шлама требует наличия дорогостоящего оборудования, особенно если дело касается зарубежных моделей. На оборудование по термическому обезвреживанию бурового шлама должна быть соответствующая разрешенная



тельная документация, а также должно быть получено разрешение на выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Анализ имеющихся установок по термическому обезвреживанию бурового шлама показал, что в результате термической обработки основными вторичными отходами являются: инертный отход (песок, «инертный грунт», зола и т.п.), вода, жидкие нефтепродукты, а также продукты сжигания нефтяных фракций, выделяющиеся в атмосферный воздух. Образующиеся вторичный твёрдый продукт сжигания – «инертный отход» в химическом составе может содержать тяжёлые металлы, что требует:

- 1) наличие оборудования и технологий на их извлечение;
- 2) дополнительных материальных затрат на их извлечения или ограничения на использование образующегося отхода.

Газообразные продукты сжигания нефтяных фракций также могут содержать в своём составе тяжёлые металлы, что требует наличия газоочистного оборудования.

## **2. Химическое обезвреживание бурового шлама**

Химическое обезвреживание бурового шлама основывается на внесении химических реагентов, реакционные свойства которых позволяют снизить опасные свойства бурового шлама.

В основе наиболее распространённых технологических решений химического обезвреживания бурового шлама лежит промывка массы бурового шлама с применением поверхностно-активных веществ с последующей очисткой жидкости от нефтесодержащих веществ и утилизации вод в непродуктивные горизонты недр. Для отмытки бурового шлама от нефти используют холодную или горячую воду или воду со специальными добавками. Данный метод применяется для быстрой очистки недавно образовавшегося загрязнения или очистки глубинных слоёв бурового шлама от загрязнения нефти любой давности.

Одним из методов, обеспечивающих диспергирование нефти и улучшающих контакт нефтеокисляющих микроорганизмов с поллютантом, является внесение в буровой шлам растворов технических моющих средств (ТМС). Почвенные бактерии, главным образом, обитают в водной фазе, и ТМС, вызывая диспергирование углеводородов нефти, обеспечивают наибольшую площадь поверхности соприкосновения на единицу массы и соответственно более высокую активность микроорганизмов-деструкторов нефти. Кроме того, обработка нефтезагрязнённого бурового шлама ТМС способствует снижению их гидрофобности.

Эффективность обезвреживания массы бурового шлама промывкой с использованием ПАВ и ТМС с последующей очисткой жидкости от нефтесодержащих веществ и утилизации вод в непродуктивные горизонты недр очень низка.

Буровые шламы размещаются в буровых шламовых амбарах, представляющих собой котлован глубиной от 2 до 6 м. В связи с большой мощностью залегания бурового шлама в глубину представляется очень трудным и малоэффективным промывка бурового шлама с использованием химических реагентов: затруднено перемешивание и проникновение реагентов вглубь. В этом случае процедура химического обезвреживания требует многократной химической обработки, длительного времени для получения положительных результатов обезвреживания токсичных компонентов бурового шлама.

Применение технологии химического обезвреживания сопряжено также с образованием отходов, представленных промывными водами из шламового амбара, содержащими нефтепродукты, ПАВ, технические моющие средства. Для утилизации жидкого отхода необходимо наличие скважин для закачки откачанной жидкости и разрешающие документы.

## **3. Физико-химическое обезвреживание бурового шлама**

Одним из распространённых способов обезвреживания бурового шлама является физико-химический способ, в основе которого лежит процесс солидификации (отверждения) отхода. Обезвреживание шлама проводится путём смешения в определенных пропорциях с сорбентом и цементом. В результате такой обработки присутствующие в шламе органические вещества связываются введенными сорбентами. При этом катионы тяжёлых металлов, содержащиеся в шламе, переходят в состав труднорастворимых гидроксидов. Последующее отверждение обезвреженных отходов, протекающее в результате процессов гидратации введенного в систему цемента, приводит к ещё более прочному связыванию нейтрализованных токсичных соединений и предотвращению последующего их растворения при воздействии окружающей среды.

## **4. Биологическое обезвреживание бурового шлама**

Биологический метод заключается во внесении биопрепаратов, содержащих микроорганизмы, под действием которых углеводороды нефти и нефтепродукты окисляются до экологически нейтральных соединений. Биопрепарат может представлять собой сухую или растворенную форму в зависимости от типа препарата.

Биологические методы основаны:

- на стимулирующем действии аборигенных почвенных микроорганизмов за счёт внесения в почву питательных, кислородсодержащих и/или других компонентов, которые обычно добавляют в почву путём распыления их водных растворов или путём заправки;
- на использовании биопрепаратов, содержащих ассоциацию специфических бактериальных культур и интенсификации их жизнедеятельности.



Выводы об эффективности обезвреживания буровых шламов:

- образование обезвреженного отхода, который не может быть нигде применён;
- отсутствие технической документации на процесс обезвреживания, разработанной и утверждённой в установленном законодательством Российской Федерации порядке;
- высокая ресурсоёмкость и стоимость;
- образование вторичных отходов.

Буровые шламы размещены в глубоких котлованах в условиях большой обводнённости, отсутствия доступа кислорода, микроорганизмов, в т.ч. нефтеокисляющих, что не позволяет эффективно использовать механизмы деградации нефтепродуктов до экологически безвредных веществ с помощью микроорганизмов. Внесение биопрепаратов на большую глубину (1–5 м) приведёт к их гибели или их замедленной активности, а, следовательно, не будет происходить биodeградации нефтепродуктов, особенно в глубинных горизонтах шлама. Выемка же бурового шлама из шламового амбара на площадку для дальнейшего его обезвреживания биологическими методами является затратным мероприятием, требующим организации объекта размещения отхода, а, следовательно, получения разрешительной документации на этот объект в соответствии с действующими нормативными правовыми документами в области обращения с отходами. Кроме того, период биологической активности биопрепаратов ограничивается температурным режимом региона. Поэтому использование биологических методов является нецелесообразным в отношении бурового шлама, размещённого в шламовых амбарах.

### **3 Использование буровых шламов (переработка буровых шламов в продукцию различного назначения)**

Использование отходов – применение отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг или для получения энергии.

Использование отходов – деятельность, связанная с утилизацией отходов, в том числе и отходов, появляющихся на последней стадии жизненного цикла любого объекта, направленная на производство вторичной товарной продукции, выполнение работ (услуг) или получение энергии с учётом материало- и энергосбережения, требований экологии и безопасности.

Использование буровых шламов представляет собой их переработку, ориентированную на получение вторичной продукции – грунтов, которые могут использоваться:

- 1) для строительства;
- 2) в качестве плодородного грунта.

На практике методы переработки бурового шлама комбинируются, в их основе лежат методы обработки бурового шлама, используемые и при обезвреживании, на основе чего и создаются специальные технологии получения конечного продукта утилизации. Наиболее часто используется технология солидификации, обеспечивающая возможность обезвреживания бурового шлама. При этом очищенный буровой шлам смешивается в определённых пропорциях со специальным сорбентом и цементом. В результате оставшиеся в шламе токсичные вещества связываются сорбентом и в процессе цементирования становятся нерастворимыми при любых воздействиях окружающей среды. В целом методы переработки бурового шлама позволяют широко использовать его в строительстве. Перечень материалов, для изготовления которых возможно использовать буровой шлам, следующий:

- мелкозернистые строительные изделия (бордюры, тротуарная плитка, шлакоблоки);
- связующие смеси, используемые для устройства оснований автодорог;
- гранулированный наполнитель, используемый при производстве бетона.

Рассмотрим технологические решения переработки бурового шлама, получившие широкое применение.

#### **1. Переработка бурового шлама в буролитовую смесь**

Технология переработки (использования) буровых шламов в буролитовую смесь непосредственно в шламовых амбарах на территории кустовых площадок. Для переработки используются буровые шламы 4–5 класса опасности. Переработка бурового шлама запроектирована непосредственно в шламовых амбарах на территории кустовых площадок.

Для переработки (использования) бурового шлама в буролитовую смесь используются следующие компоненты:

- буровой шлам 35–70 %;
- цемент марки 400 в количестве 10–20 % от веса бурового шлама;
- песок в количестве 10–20 % от объёма бурового шлама;
- карбомидный пеноизол 10–25 % от объёма бурового шлама.

В зимнее время при низких температурах воздуха, при необходимости производится добавка хлористого кальция в количестве 2 % от веса бурового шлама.

Соотношение компонентов зависит от степени влажности исходного бурового шлама. При добавлении ингредиентов в буровой шлам происходит увеличение массы без изменения объёма.

Буролитовая смесь предназначена для укрепления откосов дорог, обваловок кустов, отсыпки оснований кустовых площадок и рекультивации шламовых амбаров.

Однако по сей день не прекращаются судебные процессы по вопросам правомерности использования буролита в качестве строительного материала. Приказом Ростехнадзора № 456 от 4 июня



2010 года признано, что буролитовая смесь – экологически опасный материал. Окончательное направление использования буролитовой смеси уточняется с Заказчиком и согласуется с природоохранными органами.

## **2. Переработка бурового шлама в грунт для рекультивации нарушенных земель и повышения плодородия почв**

Переработка бурового шлама в грунт для рекультивации и повышения плодородия представляет собой процесс перемешивания бурового шлама с торфом в заданных соотношениях. Для производства грунта используются все виды торфа с массовой долей влаги не более 60 %. В качестве структурирующих добавок используется мел, мука доломитовая, известь-пушонка, доломитовая глина, подобные материалы. В качестве добавки, повышающей плодородие грунта, используются гуминовые кислоты, получаемые химической обработкой торфа. Соотношение буровой шлам / песок / торф варьируется в пределах 1 / 0,3–1 / 1–2 соответственно.

## **3. Переработка бурового шлама в смеси грунтошламовые**

Смеси грунтошламовые также получают путём перемешивания бурового шлама с торфом. Применение смеси грунтошламовой, приготовленной на основе отходов бурения, допускается при подтверждении класса опасности бурового шлама (IV или III) и смеси (IV или V) на основе биотестирования.

Смесь грунтошламовая представляет собой однородную грунтоподобную смесь от текуче-пластичной до рыхлой консистенции в зависимости от влагосодержания исходного сырья. Влажность свежеприготовленной смеси должна находиться в пределах 40–70 %.

Технологии переработки бурового шлама в продукцию получили распространение как направление утилизации буровых шламов. Основные технологические решения переработки бурового шлама ориентированы на получение продукции, используемой в качестве строительного материала: для укрепления откосов внутрипромысловых дорог, откосов кустовых площадок.

Одной из распространённых технологий переработки бурового шлама в продукцию является использование солидификации с образованием, например, продукции «буролитовая смесь». Использование технологии отверждения направлено на устранение негативных влияний токсичных компонентов бурового шлама путём их специальными сорбирующими добавками. Такой добавкой, например, служит карбамидный пеноизол, который используется при переработке бурового шлама для впитывания воды и перевода загрязняющих веществ в неподвижное состояние. В некоторых европейских странах, например, в Великобритании, использование карбамидного пенопласта допускается при соблюдении строгих правил безопасности обращения с токсичными строительными материалами. Нарушение технологии применения материала может приводить к резко отрицательному результату. Причиной потенциальной опасности является избыток формальдегида, выделяющийся при полимеризации карбамидно-формальдегидного пенопласта, что создаёт возможные риски, связанные в негативным воздействием на компоненты окружающей среды.

## **4 Критерии выбора технологии переработки буровых отходов**

Экологическое обоснование техники, технологии, материалов подготавливается при сертификации и разработке проектной документации с целью определения характера и уровня воздействия на окружающую среду, применяемых техники и технологии, а также используемых в производстве материалов и веществ, на которые отсутствуют ГОСТ и должно предусматривать:

- 1) ресурсоёмкость и ресурсосберегаемость технологий;
- 2) технические показатели, характеризующие уровень воздействия на окружающую природную среду продукции, применяемых материалов;
- 3) принципы и схемы технологических процессов;
- 4) данные о соответствии технологий существующим требованиям малоотходности и безотходности конкретных технологических процессов;
- 5) данные об аварийности технологических схем и отдельных производств при использовании конкретных видов ресурсов (энергетических, природных) и материалов;
- 6) удельные показатели потребления природных ресурсов на единицу выпускаемой продукции;
- 7) обоснованные выводы по способам утилизации или ликвидации продукции после отработки;
- 8) обоснованные выводы по оценке воздействия на окружающую среду применяемых технических средств и технологий, а также используемых материалов и получаемой продукции;
- 9) средства и методы контроля для оценки воздействия на окружающую среду технологий, планируемых к реализации.
- 10) характеристику уровней шума, вибрации, электромагнитного и ионизирующего излучений, их соответствия ПДУ;
- 11) оценку эффективности мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций в конкретных природных условиях при применении рекомендуемых технологий;
- 12) оценку экологической безопасности ликвидации техники и предлагаемых технологий (при необходимости).





### Литература:

1. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
2. Бухгалтер Э.Б. Экология нефтегазового комплекса: в 2 т. : учебное пособие / под общ. ред. А.И. Владимиров и В.В. Ремизова. – М. : ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2003. – Т. 1–2.
3. Третьяк А.Я., Савенок О.В., Швец В.В. Охрана труда и техника безопасности при бурении и эксплуатации нефтегазовых скважин : учебное пособие. – Новочеркасск : Лик, 2016. – 290 с.
4. Разрушение эмульсионного нефтешлама / А.Д. Ага-заде [и др.] // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 38–40.
5. Поварова Л.В. Анализ методов очистки нефтесодержащих сточных вод // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 1. – С. 189–205.
6. Поварова Л.В. Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 112–122.
7. Поварова Л.В. Рациональное использование производственных сточных вод // Актуальные вопросы охраны окружающей среды: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции (17–19 сентября 2018 года, Белгород). Секция 2. Очистка природных и сточных вод. – Белгород : Издательство Белгородского государственного технологического университета, 2018. – С. 160–167.
8. Поварова Л.В., Кусов Г.В. Нормативно-техническое регулирование экологической безопасности в нефтегазовой отрасли // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 4. – С. 195–216.
9. Поварова Л.В. Анализ применения биотехнологий для очистки различных загрязнений окружающей среды // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 190–206.
10. Поварова Л.В. Влияние нефтяных загрязнений на окружающую среду и определение методов борьбы с ними // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2019. – № 01. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2019/01/34.pdf>
11. Поварова Л.В. Анализ экологических проблем современности и пути их решения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 3. – С. 120–142.
12. Разработка способа экологической реабилитации шламонакопителей нефтесодержащих отходов / Г.Г. Попова [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельная статья (специальный выпуск). – М. : Издательство «Горная книга», 2012. – 20 с.
13. Савенок О.В., Поварова Л.В., Березовский Д.А. Перспективы использования физико-химического и математического моделирования для разработки высокоэффективной комплексной технологии очистки и подготовки пластовых вод // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 66–71.
14. Янин И.М., Маркелова Н.Л. Проблема обводнения нефтешламов // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 252–254.

### References:

1. Ecology at construction of the oil and gas wells: educational similarity for students of higher educational institutions / A.I. Bulatov [et al.]. – Krasnodar : Enlightenment-South LLC, 2011. – 603 p.
2. Accountant E.B. Ecology of oil and gas complex: in 2 toms. : educational posobie / under general ed. A.I. Vladimirov and V.V. A.I. Vladimirova and V.V. Remizova. – M. : State Unitary Enterprise Publishing House «Oil and Gas» Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2003. – V. 1–2.
3. Tretyak A.Ya., Savenok O.V., Shvets V.V. Labour Protection and Safety Techniques in Drilling and Operation of Oil and Gas Wells : a Training Manual. – Novocherkassk : Leek, 2016. – 290 p.
4. Destruction of the oil-slime emulsion / A.D. Aga-zade [et al.] // Bulatov readings. – 2018. – V. 5. – P. 38–40.
5. Povarova L.V. Analysis of the oil-containing waste water treatment methods // Science. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2018. – № 1. – P. 189–205.
6. Povarova L.V. Ecological risks connected with the oil fields exploitation // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2018. – № 2. – P. 112–122.
7. Povarova L.V. Rational use of the industrial waste waters // Actual questions of environment protection: collection of reports of All-Russian scientific and technical conference (17–19 September 2018, Belgorod). Section 2. Purification of natural and waste waters. – Belgorod : Belgorod State University of Technology Publishing House, 2018. – P. 160–167.
8. Povarova L.V., Kusov G.V. Normative and technical regulation of an ecological safety in oil and gas industry // Science. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2018. – № 4. – P. 195–216.
9. Povarova L.V. Analysis of biotechnologies application for purification of the various environment pollution // Science. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2019. – № 1. – P. 190–206.
10. Povarova L.V. Influence of the oil pollution on environment and determination of the methods of their control // Student Science Bulletin of the Information Systems and Programming Department. – 2019. – № 01. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2019/01/34.pdf>
11. Povarova L.V. Analysis of the modern environmental problems and the ways of their solution // Science. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2019. – № 3. – P. 120–142.
12. Development of the method of the ecological rehabilitation of the oil waste sludge collectors / G.G. Popova [et al.] // Mountain information-analytical bulletin (scientific and technical journal). Separate article (special issue). – M. : Mining Publishing House «Gornaya Kniga» (Mountain Book), 2012. – 20 p.
13. Savenok O.V., Povarova L.V., Berzovsky D.A. Prospects of using of physical-chemical and mathematical modeling for development of highly effective complex technology of treatment and preparation of formation waters // Ecology and industry of Russia. – 2019. – V. 23. – № 3. – P. 66–71.
14. Yanin I.M., Markelova N.L. Problem of the oil sludge obvitization // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 4. – P. 252–254.