

Интеграционная минерально матричная технология – эффективный способ экологической нейтрализации отходов бурения и нефтедобычи.

В статье приведен обзор самых распространенных и широко применяемых на сегодняшний день методов утилизации отходов бурения и нефтедобычи. Сделан краткий анализ основных положительных и отрицательных сторон наиболее результативных из них, с точки зрения достижения положительного природоохранного эффекта. Рассмотрена интеграционная минерально матричная технология (ИММ-технология), как в наибольшей степени перспективная и добившаяся высоких экологических результатов в области утилизации отходов за время своей апробации и период промышленного применения.

Ключевые слова: отходы бурения, способ утилизации, переработка отходов, интеграционная минерально-матричная технология, грунт укрепленный техногенный.

На сегодняшний день проблема утилизации отходов бурения и нефтедобычи занимает все более и более важное место как при производстве поисково-разведывательных работ, так и в процессе эксплуатации месторождений углеводородов, а поиск экологически безопасного и экономически эффективного метода их нейтрализации становится приоритетной задачей. По экспертным оценкам [1] на одной только территории ХМАО-Югры, на которой располагается не более 70% нефтедобывающих скважин Российской Федерации, ежегодно образуется не менее 6 млн. т. отходов бурения. При этом по данным министерства экономического развития

России в 2014 году объем добычи нефти на территории страны увеличится по сравнению с прошлым годом и составит 524,8 млн. т.

Отходы нефтепромысла, в первую очередь нефтепродукты, буровые сточные воды, буровые шламы и отработанные буровые растворы, содержат в себе различные виды химических веществ, многие из которых оказывают деструктивное воздействие на объекты гидро- и литосферы. Чрезвычайную опасность для окружающей среды представляют содержащиеся в отходах тяжелые металлы (кадмий, свинец, ртуть, медь, цинк, никель и др.), радионуклиды, полиароматические и хлорорганические соединения, синтетические поверхностно-активные вещества, растворимые и нерастворимые углеводороды, т.к. их миграция в геологическую среду нарушает эволюционно сложившиеся геохимические равновесия минеральных образований. Стоит так же отметить низкую способность самоочищения природных объектов в нефтедобывающих регионах Западной Сибири, ввиду низких температур окружающей среды, и как следствие резкого замедления скорости химических реакций.

Наиболее широко применяемыми методами утилизации отходов бурения на территории РФ, помимо размещения отходов в шламовых амбарах, на данный момент являются:

- **термическая утилизация** (температурное воздействие на отход в диапазоне от 320°C до 4000°C, в результате которого происходит сгорание углеводородной и стеклование минеральной составляющих экотоксикантов);
- **закачка отхода в пласт** или закачивание буровых отходов в затрубное пространство, так называемый «реинджекшн». Следует отметить, что Юридический центр промышленной экологии компании НК «ЛУКОЙЛ» Заключением № 503/10 от 05.03.2010 г. запретил закачку в подземный горизонт всех видов отходов.

- **физические методы** («отмыв», выпаривание воды, центрифугирование, сепарация с помощью вибросит, вымораживание, вибрационный и кавитационные методы и многие др.)
- **биологические методы** (при которых поглощение экотоксикантов происходит при помощи вносимых в него микробных биопрепаратов, изготовленных из активной биомассы микроорганизмов-деструкторов)

Все вышеперечисленные методы нельзя рассматривать как окончательную технологическую цепочку утилизации, так как, они либо имеют узкий спектр применения, либо не реализуют нейтрализацию всех составляющих частей отхода, либо в процессе их применения образуется дополнительные виды отходов, нуждающиеся в дальнейшей переработки.

Особо стоит отметить ряд химреагентных способов утилизации отходов, в том числе так называемых буролитовых смесей. Этот метод имеет в настоящее время широкое распространение на территориях нефтедобывающих регионов, вызванное, их необычайной простотой реализации и относительно низкой себестоимостью переработки на единицу отхода. Суть данных методов заключается в смешивании отхода с вяжущими веществами, песком и различного рода сорбентами (в основном торфа). Причем на практике, смешивание компонентов осуществляется либо с использованием строительной техники непосредственно в шламовом амбаре, либо с применением простейшего смесительного оборудования. Это в свою очередь пагубно сказывается на качестве и гомогенности получаемой смеси, что является основополагающим требованием для всех химреагентных технологий. Конечный же материал представляет собой малопрочную структуру и подвержен выщелачиванию, карбонизации, а также быстро деградирует в присутствии кислых грунтовых и дождевых вод. В результате чего из описанной буролитовой смеси будет наблюдаться постоянная миграция экотоксикантов, так как подвижность последних, в данном случае, ограничена только постепенно деградирующей оболочкой цементного камня.

Таким образом, все известные подобные методы реализуют лишь принцип механической капсулизации и не могут с большим процентом эффективности противостоять миграции загрязнителей в окружающую среду.

Исключением можно назвать лишь метод экобетонирования, при котором предварительно нейтрализованный отход смешивается с цементом, известью или диоксидом кремния с последующим отвердеванием смеси. В этом случае ионы тяжелых металлов оказываются связанными твердой фазой, ввиду чего происходит капсулирование токсичных веществ в твердой матрице и значительное снижение показателей миграции экотоксикантов в окружающую среду. Среди существенных недостатков данной технологии можно выделить необходимость предварительной нейтрализации отходов, для чего нужно затратить большое количество химических реагентов, и значительный объем вяжущих веществ. Это делает технологию достаточно затратной с финансовой точки зрения и сводит на нет ее экологические параметры в глазах инвестора. Кроме того, некоторые вещества, содержащиеся в отходах, могут вызывать деградацию цементного камня, что приводит к постепенному ее разрушению, со всеми вытекающими из этого последствиями.

На сегодняшний день среди всех известных реагентных технологий, выгодно отличается метод обезвреживания и литификации промышленных отходов, донных осадков, нефтезагрязненных грунтов, буровых шламов, отработанных буровых растворов и буровых сточных вод разработанный и запатентованный в 2001 году основателями группы компаний ООО «НТЦ» Технологии XXI века» Кнатько М.В., Кнатько В.М. и Гончаровым А.В..

Данный метод был назван интеграционной минерально-матричной технологией (ИММ-технология) и получил свое название потому, что при правильном образом подобранных компонентах системы происходит суммирование потенциальных положительных химических свойств всех ее составляющих, а также их механических характеристик. Научной основой способа является теория синтеза неорганических вяжущих веществ в дисперсных минеральных средах, основанная на минерально-генетической

концепции и теории оптимальных механических смесей (конгломератов), отличающихся повышенной плотностью, пониженной пористостью и, в результате этого, улучшенными прочностными и другими свойствами [3].

Для реализации метода применяются специально трансформированные природные минеральные системы на основе глин или глинистых пород. Алюмосиликаты этих пород, подвергшись интенсивному кислотно-щелочному гидролизу, преобразуются в высокодисперсную минерально-матричную систему, характеризующуюся предельным неравновесным состоянием. В результате этого она приобретает повышенную химическую активность и сорбционную емкость [5,6].

Преобразованная таким образом минеральная система, согласно принципу Ле Шателье, стремится вернуться в равновесное состояние и, благодаря этому, претерпевает самопроизвольный естественный процесс регенерации, в ходе которого происходит синтез алюмосиликатных вяжущих комплексов. При этом в их состав вовлекаются всевозможные (органическое и неорганические) химически активные загрязнители, содержащиеся в преобразуемых отходах (твердых, вязкопластичных и жидких), а наиболее активные химические соединения (такие как комплексы тяжелых металлов) играют роль центров образования новой равновесной структуры [7].

Проще говоря, физико-химическая сущность экологической нейтрализации отходов бурения по ИММ-технологии состоит в искусственном воспроизводстве природных процессов минералообразования, но в гораздо более сжатый временной период. [2].

На практике реализация метода достигается за счет внесения в перерабатываемую массу минеральной комплексообразующей добавки (МКД), представляющей собой микрочастицы алюмосиликатных минералов, модифицированных ионами щелочноземельных металлов, которая непосредственно и запускает процесс гидролиза алюмосиликатов и образования новой минеральной системы. Введение в отход вяжущих веществ, таких как цемент, способствует ускорению процесса твердения вновь

образующейся системы и повышает прочность конечного материала. Кроме того, при необходимости достижения конечным продуктом заданных характеристик, например, при использовании его в качестве гидроизоляционного материала, в перерабатываемую смесь могут дополнительно вноситься местные глистые грунты (глины, суглинки) и песок [4].

При этом в процессе реализации технологии образуется экологически безопасный композиционный материал – грунты укрепленные техногенные (ГУТ), интенсивность миграции из которого экотоксикантов в окружающую среду сведена к минимуму. Получаемый продукт обладает конкретными и прогнозируемыми физико-механическими свойствами, которые могут изменяться (подбираться) в зависимости от его дальнейшего использования, а именно:

- предел прочности на сжатие - 1,0(10) - 10,0(100) Мпа (кгс/см²);
- морозостойкость – не ниже F5;
- коэффициент фильтрации - не более 1×10^{-5} м/сутки;

Получаемый материал соответствует требованиям ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия», а миграция веществ в окружающую среду контролируется в соответствии с МУ 2.1.674-97 «Санитарно-гигиеническая оценка стройматериалов с добавлением промотходов».

Благодаря своим свойствам применение ГУТ может осуществляться для следующих целей:

- устройство конструктивных слоев оснований автомобильных дорог и промышленных площадок, в том числе кустовых;
- устройство гидроизоляционных конструктивных слоев, а также техногенных геохимических барьеров (например, при рекультивации

шламохранилищ, оборудовании и рекультивации полигонов для хранения отходов);

- сооружение подпорных грунтовых конструкций, обустройство узлов сопряжения бентонитового экрана с бетонными конструкциями и коммуникациями;
- рекультивации ранее образованных полигонов промышленных и бытовых отходов.
- формирование тела обваловок;
- устройство тела дамб;
- укрыв полигонов и нарушенных земель, для планировочных и противоэрозионных целей;
- устройство конструктивных слоев промышленных площадок, площадок для складирования;

Апробация интеграционной минерально-матричной технологии и ее опытно-промышленные испытания проводилась в период с 1995 г. по 2002 год на территории нефтегазодобывающих регионов России на таких объектах как: подбаза «Синькин Нос» по заказу ОАО «Архангельскгеологдобыча», Барсуковское месторождение, куст скважин № 13 Комсомольского нефтегазоконденсатного месторождения, скважина №112 Тэдинская, скважина 24 Торавейская, скважина 9 Кумжинского , куст скважин К-1 Тэдинского НМ и т.д.

А с 2002 и по настоящее время метод был реализован в промышленных объемах в таких проектах как: шламохранилище 117 кустовой площадки Приобского месторождения ДОМНГ ОАО «Юганскнефтегаз» (г. Нефтеюганск), цех переработки буровых шламов, образованных в процессе бурения скважин для ООО «ЛукойлКалининградморнефть» (г. Калининград), КТПБ ООО «Лукойл-Нижевожжскнефть» (г. Астрахань), «Реконструкция Мурманской базы ООО «ГАЗФЛОТ» обеспечения работ на арктическом шлейфе РФ Участок №1» и др.

За почти 15-ти летний период использования ИММ-технологии на различных объектах нефтедобывающей отрасли, наряду с официальными разрешительными документами и положительными заключениями, выданными государственными контролирующими органами в сфере природопользования, также было получено множество одобрительных отзывов со стороны эксплуатирующих организаций. Экологическую безопасность получаемого в процессе реализации технологии материал ГУТ, подтверждает наличие заключений государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации о соответствии грунтов укрепленных техногенных произведенных с использованием отходов бурения, действующим санитарным нормам и правилам РФ. Все это подтверждает ее эффективность и целесообразность расширения сфер ее использования.

Таким образом, широкое и повсеместное применение ИММ-технологии, способно, не только, решить проблему вновь образующихся буровых отходов, но и справиться с тяжелым наследием советской эпохи освоения нефтегазовых месторождений, выраженном в огромном количестве накопленных в шламовых амбарах отходов нефтедобычи. Полученный же при этом экологически безопасный продукт будет пригоден к дальнейшему применению, тем самым повышая эффективность метода, снижая финансовые издержки при его реализации и делая его конкурентоспособным в условиях сложившихся в современной России рыночных отношений.

Литература:

1. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2011 году. – Ханты-Мансийск: 2012. – URL: <http://ugrainform.ru/upload/iblock/26a/ECO.pdf> (дата обращения: 08.08.2014).
2. Кнатько М.В., В.М.Кнатько, И.И.Подлипский, В.Ю.Камышев Утилизация нефтяных и нефтехимических отходов в производстве продукции путем оптимального сочетания различных видов отходов.// Нефть.Газ.Новации. №10/2013г.

3. Кнатько В.М., Кнатько М.В., Щербакова Е.В., Гончаров А.В., Гончарова Н.В. Патент № 2184095 (Российская Федерация). Смесь для обезвреживания и литификации бытовых и промышленных отходов, донных осадков, шламов и нефтезагрязненных грунтов.// 2001.
4. Кнатько В.М., Кнатько М.В., Щербакова Е.В. Масленникова И.С. Патент № 2162068 (Российская Федерация). Смесь для обезвреживания и литификации бытовых и промышленных отходов, а также донных осадков.// 2001.
5. Кнатько В.М., Кнатько М.В., Щербакова Е.В., Гончаров А.В. Патент № 2199569 (Российская Федерация). Смесь для обезвреживания и литификации буровых шламов и нефтезагрязненных грунтов.// 2003.
6. Кнатько В.М., Кнатько М.В., Щербакова Е.В., Гончаров А.В. Патент № 2198142 (Российская Федерация). Способ обезвреживания бурового шлама, содержащегося в отработанном буровом растворе.// 2003.
7. Кнатько В.М., Щербакова Е.В., Кнатько М.В. Патент № 2329201 (Российская Федерация) Способ обезвреживания и утилизации отработанного бурового раствора и буровых сточных вод, загрязненных хлором. // 2008.