

## Литература

1. Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года. Постановление совета министров Республики Беларусь 22 февраля 2022 г. № 91.

2. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический буклет. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Минск 2023. – 36 с.

3. Wetland Technology. Practical Information on the Design and Application of Treatment Wetlands / G. Langergraber [and others]. – London: IWA Publishing, 2019. – 190 s.

4. Рекомендации по проектированию, устройству и эксплуатации песчано-гравийных фильтров очистных сооружений сточных вод. Р 4.01.188-2022, Международное благотворительное общественное объединение «ЭкоСтроитель», Минск, 2022. – 79 с.

УДК 628.169:628.168:54-058

### Анализ состава и перспективы переработки попутных нефтяных и пластовых вод

Атаева Б. Х.<sup>1</sup>, Атаев Х.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Туркменский государственный

архитектурно-строительный институт,

<sup>2</sup>Институт химии академии наук Туркменистана

Ашгабат, Туркменистан

*Попутные воды обладают высоким содержанием солей, что является одной из основных причин коррозии буровых установок. Поэтому попутные воды стараются использовать в самом процессе нефтедобычи, например, в качестве базы для приготовления буровых растворов, а также для поддержания давления в пластах. В научной статье описаны анализы состава и перспективы переработки попутных нефтяных и пластовых вод. Приведены примеры исследования мирового опыта с целью необходимости определения целесообразности количества полезных компонентов, подлежащих извлечению из подземных вод Туркменистана, в зависимости от состояния техники и гидрогеологических условий.*

Нефтяная отрасль в Туркменистане является одной из ведущих. За последнее время добыча нефти в стране увеличивается с каждым годом. Пластовые воды являются постоянным спутником нефти. Увеличение добычи нефти приводит к неизбежному увеличению добываемой попутной и

пластовой воды (ПДВ), количество которой по отношению к самой нефти может достигать 90 %, а порой и 95 % [1].

Уже долгое время ПДВ считается одним из серьезных источников загрязнения окружающей среды и обводненных территорий, так как содержит в себе значительное количество токсичных элементов, таких как стронций, бор, бром, йод, рубидий и других микрокомпонентов, а также остатков нефтепродуктов и химических реагентов, которые используются в процессе нефтедобычи.

Кроме того, утилизация ПДВ является большой проблемой в нефтедобывающем деле. Во-первых, попутные воды обладают высоким содержанием, что является одной из основных причин коррозии буровых установок. Во-вторых, современные предприятия стремятся к ZLD-технологии (технологии нулевого сброса), а именно стараются по максимуму вернуть в цикл все технологические потоки. Именно поэтому попутные воды стараются использовать в самом процессе нефтедобычи, например, в качестве базы для приготовления буровых растворов, а также для поддержания давления в пластах.

С другой стороны, попутно добываемые воды обладают высокой минерализацией и могут служить источником ценных компонентов.

Помимо стандартных компонентов, таких как магний, кальций, натрий в ПДВ присутствуют и достаточно редкие компоненты как цезий, стронций, рубидий, йод, бром и другие, которые имеют перспективы в промышленности.

Вопрос о полном химическом и физико-химическом анализе попутно добываемых вод является весьма актуальным в нефтяной отрасли. Большинство источников приводят в основном поэлементный состав. Такие данные, возможно, будут интересны в случае очистки и утилизации пдв, но не в выделении из нее конкретных компонентов, где важны исследования возможных форм существования солей в «нефтяной воде» и других соединений. Например, важно учитывать, что стронций, кальций, литий, натрий очень сложно выделить из водных растворов в следствии сильного электроотрицательного характера. А объем производства этих компонентов гораздо меньше, чем потребность промышленности в них [3; 4].

В качестве «классических» методов очистки ПДВ в основном применяют, отстаивание, флотацию, коагуляцию, адсорбцию.

Отстаивание является традиционным методом очистки попутно добываемых вод, которое в свою очередь можно подразделить на реагентное (с применением флокулянтов) и безреагентное [2].

Последнее обычно в нефтепромышленности не применяется. Данный метод является наиболее дешевым и простым в исполнении. В то же время он достаточно громоздкий недостаточно эффективный для современного

производства. Более того, как самостоятельный метод переработки ПДВ, оно не решает поставленную задачу по выделению из воды компонентов.

В зарубежной практике часто применяют флотацию в качестве методов очистки ПДВ. Она хорошо справляется с удалением остаточных нефтепродуктов и взвесей. В качестве примера показаны технологические схемы очистки попутных нефтяных вод с использованием индукционного газового флотатора и с гидроциклонами [5; 6].

Эффективность флотационной очистки не позволяет получить воду качества, соответствующего нормам ПДК. Помимо того, все компоненты, в том числе и ценные, удаляются в виде шлама.

Для интенсификации отстаивания и флотации применяют коагуляцию. Она проста и доступна.

Повысить эффективность можно, используя в качестве коагулянта сернокислого алюминия.

Применяя коагуляцию вместе предварительным отстаиванием, можно добиться достаточно чистой технической воды.

Адсорбционные методы очистки обычно применяют для удаления органических примесей, ароматических нитросоединений. Несравненным преимуществом данного метода в его способности очищать стоки с достаточно низкими концентрациями примесей. В качестве сорбентов в основном используют глину, силикогель, активированный уголь, реже золу, опилки.

Фильтрация также является распространенным достаточно методом очистки ПДВ. В качестве фильтрующего элемента применяется песок, полимерные волокна. Были попытки заменить загрузочный материал на диатомит. Качество очистки было значительно выше, но вместе с тем увеличились расходы на исходный материал и время про фильтрации. Хорошо показали себя пористые наполнители (кварцевые фильтры с направлением фильтрации сверху вниз).

В связи с повышением требований к качеству переработки ПДВ необходимо внедрение современных методов. Мембранная технология достаточно давно используется в промышленной водоподготовке.

В основном для очистки воды и выделения из нее компонентов применяют баромембранные методы разделения, а именно, ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос.

1. Обратный осмос (ОО) является наиболее эффективным методом обессоливания воды. Но, в случае переработки ПДВ, его нельзя считать оптимальным, так как не выполняется задача выделения отдельных компонентов. Более того, ПДВ имеет высокое общее солесодержание. Следовательно, для очистки ее обратный осмос необходимы высокие рабочие давления, создание которых требуют больших затрат.

2. Наночелювтрация (НФ) с точки зрения выделения компонентов является более эффективным методом переработки ПДВ, чем обратный осмос. Посредством НФ выделяют двухвалентные ионы, такие как магний, кальций, стронций. Недостатком такого метода в нефтепромышленной области является отсутствие на мембранном рынке керамических наночелювтрационных мембран. Полимерные мембраны получили большую популярность в основном из-за относительно невысоких цен, простоты изготовления и удобства эксплуатации. Но, несмотря на все положительные аспекты, у них есть значительный недостаток: они обладают низкой температурной и химической стойкостью.

Даже пройдя все стадии предварительной очистки, попутная вода не перестает иметь в своем составе следы нефти, которая в течение нескольких часов работы мембранной установки успевает осесть на мембране, тем самым загубив весь процесс.

3. Ультрачелювтрация (УФ) имеет преимущество в данном вопросе, так как мембраны для этого процесса могут изготавливаться как из полимерных, так и неорганических материалов (например, керамики), а керамика в процессе переработки ПДВ является на данный момент оптимальным материалом. Несмотря на свою дороговизну, керамика практически лишена всех недостатков полимерных аналогов: устойчива к высоким температурам и окислителям. Эти качества значительно упрощают процесс регенерации мембраны, и увеличивают срок ее службы.

Совмещением технологических процессов можно добиться не только высокого качества очищенной воды, но и выделения в качестве продуктов отдельных ценных компонентов. Например, при очистке ПДВ методом УФ можно ввести специальные реагенты, образующие комплексы с различными ионами. Такой метод называется реагентной УФ.

Зная физико-химические свойства каждого компонента ПДВ, можно добиться фракционирования исходных веществ ПДВ.

На основании анализа литературных данных был разработан следующий план эксперимента:

1. Проанализировав возможные составы ПДВ месторождений нефти, выбрать модельные растворы, имитирующие особенности физико-химического взаимодействия в системе.

2. Провести физико-химический анализ компонентного состава ПДВ. Выявить существование возможных форм соединений, солей. Изучить факторы, влияющие на состав в целом и на каждый компонент в отдельности. Подобрать вещества, селективно связывающие отдельные компоненты.

3. Выявить оптимальные параметры проведения эксперимента.

4. Определить эффективность процессов УФ, НФ, обратного осмоса в задачах очистки и фракционирования ПДВ.

5. Предложить возможные варианты технологических схем, с использованием мембранных методов.

### Литература

1. Валовский, К. В. Новые технологии по повышению рентабельности высокообводненных скважин, оборудованных УЭЦН / К. В. Валовский, Г. Ю. Басос, В. М. Валовский, А. Р. Рахманов, Р. Н. Ахмадиев // Георесурсы. – 2012. – №3(45).

2. Ланина, Т. Д. Процессы переработки пластовых вод месторождений углеводородов: монография / Т. Д. Ланина, В. И. Литвиненко, Б. Г. Варфоломеев. – Ухта: УГТУ, 2006. – 172 с.

3. Виноград, Н. А. Современное производство йода из гидроминерального сырья в странах СНГ / Н. А. Виноград // Вестник СПбГУ. – 2003. – № 3(23). – С. 104–107.

4. Ланина, Т. Д. Интенсификация процесса выделения магния из пластовых вод месторождений углеводородного сырья / Т. Д. Ланина, О. А. Карманова, Е. С. Комиссарова // Известия Коми научного центра УРО РАН. – 2010. – № 2(2). – С. 70–72.

5. Мубарак А. Обзор используемого оборудования и химикатов при очистке воды, используемой в нефтяной промышленности / П. Михалюк., В. Эванс // Международная Каспийская выставка и конференция по нефти и газу: материалы Междунар. конф. – Баку, 1994. – С. 44.

6. Михалюк П. О последних достижениях в области очистки подтоварной воды для ее дальнейшего использования в системах нагнетания или сброса в окружающую среду / П. О. Михалюк, А. Мубарак // Англо-казахский семинар по нефти, газу и нефтехимическим продуктам: материалы Междунар. конф. – Алма-Ата, 1994. – С. 26.

УДК 628.31

### **Сравнительный анализ подходов к классификации очистных сооружений сточных вод населенных пунктов в Республике Беларусь и Российской Федерации**

Ахмадиева Ю. И.<sup>1</sup>, Дубенок С. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Представлены результаты анализа подходов к классификации очистных сооружений сточных вод населенных пунктов Республики Беларусь и Рос-*