

**ПРОБЛЕМА ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ**

**Нестеров А.М.<sup>1,2</sup>**

Научный руководитель нач. технологического отдела по нефтяным объектам О.А. Решетникова  
<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия*

Большинство крупнейших месторождений и залежей нефти Российской Федерации находятся на поздней стадии разработки. Очевидно, имеется необходимость организации мероприятий по повышению нефтеотдачи пласта. Один из способов увеличения темпа отбора нефти – подача воды в систему поддержания пластового давления (ППД).

Необходимо отметить, для месторождений со сложными коллекторными свойствами предъявляются высокие требования по степени подготовки воды для закачки в систему ППД, в соответствии с ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству», что оказывает значительное влияние на рост капитальных и операционных затрат эксплуатирующей организации [1].

По результатам анализа протоколов отбора проб на действующих объектах Компании ПАО «НК «Роснефть» были выявлены отклонения по остаточному содержанию нефти и механических примесей в закачиваемой воде и несоответствие качества воды для системы ППД требованиям ОСТ 39-225-88 и Проектам разработки месторождений. Принимая во внимание проблематику на действующих объектах, специалистами АО «ТомскНИПИнефть» (далее – Институт) рассмотрены возможные технологии подготовки воды, а также предлагаются возможные пути решений, нацеленные на сохранение объемов нефтеотдачи пласта.

Как правило, проект разработки месторождения не содержит конкретных требований по качеству подготовки воды системы ППД по остаточному содержанию нефти, механических примесей. В научном отчете содержится проницаемость, относительная трещиноватость коллектора [2]. Таким образом, проектировщик косвенным путем может выполнить оценку и установить требования к качеству вод по ОСТ 39-225-88, используемых для заводнения нефтяных пластов. В большинстве случаев, содержание механических примесей и нефти в коллекторах месторождений с низкой проницаемостью не должны превышать 3 мг/л и 5 мг/л соответственно.

На площадных объектах Компании наибольшее распространение имеют «традиционные» технологии подготовки воды, в основу которых положены флотационный, фильтрационный методы, а также гравитационное разделение. Данные технологии не позволяют подготовить воду до требований ОСТ 39-225-88 для коллекторов с низкой проницаемостью. «Традиционные» схемы подготовки пластовой воды обеспечивают подготовку по остаточному содержанию механических примесей, нефтепродуктов – не более 50 мг/л. Известны различные нетрадиционные технологии глубокой очистки воды. Некоторые из них представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

*Нетрадиционные технологии глубокой очистки воды системы ППД [3,4]*

Нетрадиционные технологии подготовки воды	Остаточное содержание нефти и мех. примесей (КВЧ) на выходе с установки
с использованием пористых композитных материалов	не более 10 мг/л
гидроциклоны и фильтры-осветители	не более 10 мг/л
центрифугирование в пористой коалесцирующей среде	не более 10 мг/л
адсорбция объемно-адгезионной фильтрации	не более 10 мг/л
коалесцентная сепарация и сорбционная фильтрация	не более 10 мг/л
методы флотации и фильтрования в слое ореховой скорлупы	до 3 мг/л
метод озонирования	нефти до 5 мг/л, КВЧ до 3 мг/л

На сегодняшний день на Российском рынке представлен ряд технологий глубокой очистки по водоподготовке, значительно отличающихся как по капитальным, так и по операционным затратам.

Специалистами АО «ТомскНИПИнефть» выполнено технико-экономическое сравнение традиционной технологии подготовки воды с технологиями глубокой очистки для равной производительности:

«Традиционная» схема подготовки воды – включает буфер-дегазатор, отстойник воды (по 2 аппарата V=100 м<sup>3</sup> каждый на данную производительность)

**«Нетрадиционные» технологии - рассматривается два варианта:**

- Вариант 1 - предполагает двухэтапную подготовку воды:

1 этап: физико-химическая очистка воды, включая предварительную реагентную обработку

2 этап: доочистка воды на фильтрах с песчаной загрузкой

- Вариант 2 - в состав установки входят узлы приготвления и дозирования коагулянта, диспергатора и флокулянта, контактных реакторов и фильтр-пресса. На основании технико-коммерческих предложений по данным завода-изготовителя для варианта 2 перед установкой глубокой очистки требуется предварительная ступень на базе отстойников воды, стоимость оборудования учтена в данном технико-экономическом сравнении вариантов.

При обустройстве новых/неразработанных месторождений, при условии соблюдения требований ОСТ 39-225-88, а также данных Проекта разработки месторождения, Заказчики сталкиваются со следующими проблемами:

- высокая стоимость блочных установок,
- не достижение ожидаемых показателей качества воды, т.е. установки глубокой очистки

не обеспечивают качество 3–5 мг/л по нефти и мех. примесям.

## СЕКЦИЯ 8. ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО И УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

В соответствии с выполненным технико-экономическим сравнением различных технологий подготовки воды, выявлена существенная разница между капитальными затратами на «традиционную» схему подготовки и оборудованием, обеспечивающим глубокую очистку. Результаты представлены в таблице 2.

**Таблица 2**

**Технико-экономическое сравнение технологий подготовки воды**

Параметр	«Традиционная» схема подготовки воды	Вариант 1 * блочной установки	Вариант 2 * блочной установки
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	до 360		
Содержание на входе, мг/л - механических примесей - нефтепродуктов	200-500 200-500	до 100 до 1000	до 60 ** до 50 **
Содержание на выходе, мг/л - механических примесей - нефтепродуктов	40-50 40-50	не более 3 не более 5	не более 3 не более 5
Общая стоимость (без НДС), тыс. руб - в ценах 2000 года - текущий уровень цен	6 928,00 36 094,88	31 470,96 163 963,71	115 500,12 601 775,64
Примечания: * при выполнении расчета не учитывались затраты на базовый инжиниринг, монтажные, пусконаладочные работы, обучение персонала, подготовку исполнительной документации, операционные затраты; ** от сооружений подготовки нефти возможно поступление пластовой воды с содержанием нефтепродуктов, механических примесей от 200 до 500 мг/л. Таким образом, для варианта 2 перед установкой глубокой подготовки воды требуется предварительная ступень на базе отстаивников воды.			

1. Выявлена существенная разница между капитальными затратами на «традиционную» схему подготовки воды и технологиями глубокой очистки.
2. Значительный диапазон капитальных затрат для рассмотренных вариантов блочных установок глубокой подготовки воды.
3. Необходим поиск новых решений, направленных на снижение затрат и сохранения нефтеотдачи пласта.

На сегодняшний день ОСТ 39-225-88 является единственным документом, которым можно руководствоваться при подготовке воды системы ППД в части обеспечения ее качества. Проект разработки месторождения по-прежнему является основополагающим документом для обустройства месторождения. Считаю целесообразным при формировании научного отчета включить пункт о необходимости определения требований к закачиваемой в пласт воде не только на основании требований ОСТ 39-225-88, но и на основании материалов, подтверждающих возможность снижения допустимого качества очистки воды для заводнения.

Подтверждающими материалами могут являться:

- результаты выполнения НИОКР, обобщающие фактические промысловые данные режимов нагнетательных скважин при многолетней эксплуатации месторождений (для действующих месторождений);
- лабораторные исследования керна по затуханию проницаемости в условиях разной степени очистки воды (для действующих и разрабатываемых месторождений).

Также следует отметить особенно актуальной необходимость повышения качества подготавливаемой воды в технологическом оборудовании действующих объектов, работа которого основана на традиционных методах.

В ближайшей перспективе планируется изучить влияние внутренних конструкций аппаратов гравитационного разделения водонефтяной смеси. Для этих целей планируется изучение процесса разделения смеси путем лабораторных исследований с последующим формированием математической модели.

Далее планируется разработка цифровой модели, в основу которой будут заложены данные с месторождений:

- показания датчиков АСУТП фактической работы установки подготовки воды;
- физико-химические показатели продукта, поступающие из лаборатории с протоколами отбора проб, включающие в себя информацию о содержании нефти и мехпримесей в воде на входе и выходе из аппаратов;
- конструкционные особенности аппаратов, и другие параметры.

Данные будут использоваться в расчетах для создания математической модели в лаборатории Института. Нарботки по теме планируется использовать для создания «цифрового двойника» подготовки воды для системы ППД.

В дальней перспективе планируется изучение влияния возможных вариантов внутренних конструкций оборудования подготовки воды на качество подготавливаемой воды. Итог научной работы – предложение для Обществ Группы доработки, усовершенствования внутренних конструктивов аппаратов без расширения (реконструкции) действующего площадного объекта для возможности подготовки воды более высокого качества. Также следует отметить возможность прогнозирования качества подготовки воды на действующем объекте с помощью модели «цифрового двойника» при изменении режимов работы объекта.

### Литература

1. ОСТ 39-225-88 Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству.
2. Правила разработки месторождений углеводородного сырья. Утверждены приказом Минприроды России от 14.06.2016 № 356.

3. Тронов А.В. Технологические процессы и оборудование для подготовки нефтепромысловых вод. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2002. – 416 с.
4. Тронов В.П., Тронов А.В. Очистка вод различных типов для использования в системе ППД. – Казань: «Фэн», 2001. – 560 с.

### ПИРОЛИЗ И ГАЗИФИКАЦИЯ УВЛАЖНЕННОЙ БИОМАССЫ ПРИ МИКРОВОЛНОВОМ НАГРЕВЕ

Няшина Г.С.<sup>1</sup>, Швец А.С.<sup>1</sup>, Виноградский К.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель профессор Стрижак П.А.

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Микроволновый пиролиз считается одним из наиболее перспективных подходов к получению биогаза и бионефти из шламов и биомассы. Интенсивная урбанизация и антропогенная деятельность приводят к образованию отходов биомассы [1]: лесных, сельскохозяйственных, твердых бытовых отходов, экскременты животных и промышленные сточные воды. Перечисленные виды отходов биомассы представляют достаточно существенную проблему, поскольку методы их дальнейшего применения и утилизации на сегодняшний день малоэффективны. В частности, в развивающихся странах большая часть отходов биомассы остается в поле для разложения [2] или сжигается на открытом воздухе [3,4], что также приводит к значительным негативным воздействиям на окружающую среду.

Таким образом, возникает необходимость в систематической утилизации биомассы более экологически безопасными методами, среди которых можно выделить термохимические методы конверсии биомассы [5-7]: сжигание, газификацию и пиролиз.

Микроволновый нагрев принципиально отличается от всех других методов пиролиза, поскольку частицы биомассы нагреваются изнутри, а не за счет внешней передачи тепла от высокотемпературного источника тепла [8]. Для микроволнового нагрева требуется материал с высокой диэлектрической проницаемостью или коэффициентом потерь, хорошим примером которых является вода. Таким образом, при микроволновом пиролизе вода быстро удаляется, а затем частицы нагреваются, образуется полукокс [9].

В качестве биомассы при проведении исследования выбраны сосновые опилки. Данный вид отхода является одним из наиболее распространенных побочных продуктов обработки древесины в России. В настоящее время прирост древесной биомассы за год составляет 700 млн. м<sup>3</sup>. Этот материал широко используется в качестве химического и промышленного сырья [10], а также рекуперации экологически чистой энергии.

В таблице приведены основные характеристики сосновых опилок, которые использовались в качестве образца биомассы в проводимых экспериментах. На рисунке изображен внешний вид экспериментального стенда (микроволнового реактора).

Таблица

Основные характеристики сосновых опилок

Элементный анализ (wt, %)					Характеристики				
С	Н	О	N	S	Влажность	Летучие вещества	Связанный углерод	Зольность	Теплотворная способность (МДж/кг)
54.3	5.2	40.0	0.4	–	3.5	80.1	15.1	1.1	(18.67)



Рис. Внешний вид экспериментального стенда

Повышение влажности биомассы с 25 до 75 % понижает характеристики пиролиза опилок. В частности, концентрации CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и H<sub>2</sub> снизились на 63 %, 62 %, 47.5 %, 52 %, соответственно. В свою очередь доля коксового остатка при увеличении влаги возросла более чем в 2 раза. Это обусловлено замедлением реакции пиролиза, которое вызвано образованием большого количества пара, поглощающего нагревательную энергию. Общая мощность