

## **Обзор технологий и аппаратов подготовки воды.**

Накоплен обширный отечественный и зарубежный промысловый опыт, указывающий на зависимость показателей эффективности разработки нефтяных месторождений от качества жидкости, используемой для заводнения пластов.

Наличие загрязнений в воде, закачиваемой в пласт, в виде ТВЧ и нефти является причиной ряда негативных последствий, наиболее существенными из которых являются кольматация призабойной зоны нагнетательных скважин, снижение приемистости последних, закупорка поровых каналов, по которым вода поступает в продуктивные пласты.

Рядом исследований установлено влияние концентрации ТВЧ на скорость эрозионного износа водоводов системы ППД.

Обширные данные, собранные почти за 50-ти летний период наблюдений и обобщенные специалистами ТатНИПНефть, позволили выявить тенденцию изменения приемистости нагнетательных скважин в зависимости от качества вод, закачиваемых в нефтяные пласты. Под наблюдением находилось более 150 скважин с различными коллекторскими характеристиками. Контролировались данные по динамике изменения приемистости, давление нагнетания, депрессия между забойным и пластовым давлениями, количество ремонтов по восстановлению приемистости, содержание ТВЧ и нефти, закачанных с водой в скважины.

Установлена прямая зависимость падения приемистости в течение 2...3 лет, в ряде случаев в 3...3,5 раза, при превышении концентрации ТВЧ в закачиваемой воде 30...35 мг/литр и нефти 50...70 мг/литр. Выявлено, что ненадлежащее качество подготовки воды со временем приводит к повышению давления нагнетания, при этом депрессия возрастает. Контролировалось количество ремонтов по восстановлению приемистости на 2-х группах скважин с примерно одинаковой структурой пластов в зависимости от качества закачиваемой воды. Зафиксировано, что число ремонтов на группе скважин, в которые закачивалась вода с лучшим качеством подготовки, меньше на 25% по сравнению с другой группой скважин, в которые закачивалась вода с большим содержанием загрязнений.

С другой стороны, показано как изменяется приемистость многих скважин после перехода на закачку более «чистой» воды. Выявлено, что в этом случае приемистость оставалась стабильной в течение всего периода наблюдений (4 года), на ряде скважин зафиксировано увеличение приемистости.

В зарубежных источниках также указывается на прямую причинно-следственную связь между качеством подготовки воды и снижением нефтеотдачи пластов, частотой и объемами ремонтных работ.

### **1. Требования к качеству воды.**

В отечественной практике показатели качества воды, закачиваемой в пласт, нормируются ОСТ 39-225-88 и должны отвечать параметрам загрязненности приведенным в табл. 1.

Таблица 1.

Проницаемость пористой среды коллектора, мкм <sup>2</sup>	Коэффициент относительной трещиноватости коллектора	Допустимое содержание в мг/л воде	
		механических примесей	нефти
до 0,1 вкл.	-	до 3	до 5
свыше 0,1	-	до 5	до 10
до 0,35 вкл	от 6,5 до 2 вкл	до 15	до 15
свыше 0,35	менее 2	до 30	до 30
до 0,6 вкл	от 3,5 до 3,6 вкл	до 40	до 40
свыше 0,6	менее 3,6	до 50	до 50

Кроме массовой концентрации загрязнений важной характеристикой степени чистоты закачиваемой воды является размер частиц в их сопоставлении с размерами пор пласта, с точки зрения условий прохождения или задержания взвешенных частиц в пористой среде. Опытным путем установлено, что пористая среда забивается частицами, даже в том случае, если размер частиц в пять раз меньше диаметра порового канала. Иными словами, чтобы пласты не заиливались, размер взвешенных в воде частиц должен быть как минимум в 5 раз меньше диаметров поровых каналов пород пласта. Если принять средний размер диаметра поровых каналов коллекторов различного типа 20....30 мкм, то тонкость отсева ТВЧ в процессе подготовки воды должна быть, по крайней мере, не хуже 5 мкм.

Качество воды, закачиваемой в пласт, подлежит контролю и с точки зрения природоохранного законодательства, направленного на защиту недр от загрязнения. На практике известны случаи судебных решений о признании вины и наложения штрафных санкций на нефтяные компании, допустивших нарушение норм ОСТ 39-225 при закачке воды в пласт.

## 2. Сравнительная характеристика «КМСРК».

В отечественной и зарубежной практике находят применения следующие технологии подготовки воды:

- Гравитационное отстаивание;
- Флотация;
- Фильтрация;
- Коалесценция;
- Центрифугирование.

**Гравитационный отстой** применяется в качестве первой степени подготовки и обеспечивает сепарацию легко всплывающей пленки нефти и осаждение наиболее крупных агрегатов ТВЧ. По имеющимся данным в наилучшем случае остаточное содержание нефти и ТВЧ в воде после отстоя составляет от 40 до 100 мг/литр и выше. По этой причине отстаивание, даже многоступенчатое не обеспечивает достижение приемлемого качества подготовки воды и на практике применяется преимущественно как первая, предварительная степень очистки.

**Флотация** и аппараты, в которых реализуется эта технология, находят применение как вторая после отстаивания степень водоподготовки. По данным зарубежных источников флотационные аппараты обеспечивают достижение более высокого уровня очистки по мех.примесям (10...30 мг/литр) и нефти (10...40 мг/литр). К недостаткам флотационных машин следует отнести их большие массу и габариты, значительную энергоемкость, сложность инженерных коммуникаций, большие эксплуатационные затраты на расход хим. реагента (коагулянта).



**Типовые фильтрующие установки** типа щелевых и сетчатых фильтров, обеспечивают удержание относительно крупных ТВЧ (от 100...1000 мкм и крупнее), и поэтому с учетом требований к тонкости отсева могут рассматриваться как степень предварительной очистки от мех. примесей. Поэтому на практике не отмечается случаев, когда фильтрованием достигается получение удовлетворительных конечных результатов. Кроме того, при обследовании большого числа фильтрующих установок, проведенного специалистами ТатНИПнефть, выявлено, что вода на входе в фильтр чаще имела лучшее качество, чем на выходе, в связи с периодическим вымыванием с фильтрующей перегородки ранее накопившихся на ней загрязнений.

**Коалесцирующие установки** используют в качестве последней степени тонкой очистки воды (главным образом от эмульгированной нефти). В этих установках в качестве коалесцирующего материала применяют различные гранулированные наполнители (полипропилен, скорлупа черного грецкого ореха и др.). Наилучшие показатели по остаточному содержанию нефти обеспечивают коалесцеры, в которых в виде насыпного материала используют модифицированную по фракционному составу скорлупу грецкого ореха.



При правильном применении на выходе из этих установок можно довести остаточное содержание нефти не более 2...5 мг/литр. К числу недостатков этих установок помимо большой массы и габаритов, следует особо отметить высокие эксплуатационные затраты, связанные с необходимостью периодического восстановления работоспособности методом промывки или замены большого объема (от 0,5 до 10 м<sup>3</sup> в зависимости от типоразмера аппарата) гранулированного наполнителя, из-за его склонности к снижению

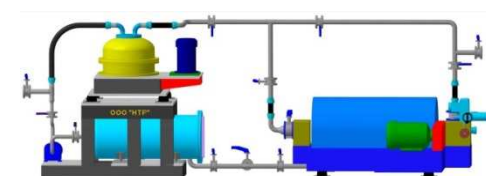
пропускной способности в результате аккумуляции нефтяной пленки и мех. примесей на поверхности коалесцирующего материала.

**Центрифугирование** на базе аппаратов фирм «Alfa Laval» и «Westfalia Separator» находят применение для подготовки воды, главным образом, за рубежом на морских



нефтедобывающих платформах, где существуют жесткие ограничения в части массо-габаритных параметров аппаратов. Эти аппараты обеспечивают тонкость отсева мех. примесей 2... 4 мкм, остаточное содержание нефти на выходе около 8...10 мг/литр. Главный недостаток этих аппаратов – высокая стоимость и высокие требования к квалификации обслуживающего персонала.

Разработанная ООО «НТР» и реализованная в модулях **КМСРК** технология предусматривает 2-х ступенчатую очистку воды. На первой ступени обеспечивается



осаждение основной массы мехпримесей, на второй – очистка воды до требуемых кондиций по остаточному содержанию нефти и мехпримесей. Принцип действия первой ступени – объемное центрифугирование с гидравлической выгрузкой осадка (мех. примесей), вторая ступень – центрифугирование в пористой коалесцирующей среде. Заложенные при разработке модуля **КМСРК** технические решения обеспечивают следующие ключевые преимущества по сравнению с существующими аналогами:

- Высокая эффективность осаждения тонкодисперсных твердых частиц и капель нефти;
- Постоянство пропускной способности вне зависимости от объема выделенного осадка;
- Низкое энергопотребление;
- Небольшие массы и габариты.

#### **Основные параметры и характеристики.**

- ❖ Пропускная способность одного модуля (в зависимости от типоразмера) – **30...3500 м<sup>3</sup>/сут \***.
- ❖ Тонкость отсева мех. примесей – **1,5...3 мкм.**
- ❖ Остаточное содержание нефти на выходе – **3...5 мг/литр.**
- ❖ Обводненность выделенной нефти – **не более 5%.**
- ❖ Режим работы – **автоматический.**
- ❖ Исполнение – **блочное, в укрытии.**

Указанные технологические параметры по эффективности подтверждены результатами испытаний прототипа промышленного образца.

Оборудование имеет разрешительную документацию на применение в опасных зонах.

\* *Максимальная пропускная способность без ограничений при параллельной установке необходимого числа модулей.*