

УДК 622.276.08

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ АДСОРБЕРЕ

Мухамадеев Р.У.

ООО «Альянс Нефтегаз Технолоджи», г. Уфа

e-mail: r.mukhamadeev@angt.su

Вольцов А.А., Шеметов А.В.

ЗАО НТК «МНГК», г. Уфа

**Аннотация.** Разработка продуктивных пластов с невысокой проницаемостью пористой среды коллектора ставит задачи по ее очистке до содержания нефти и механических примесей не более 15-20 мг/дм<sup>3</sup>. В последнее время все в большей степени возрастают требования по степени очистки попутных вод для последующей закачки в пласты для поддержания давления. Авторы статьи рассматривают способ очистки попутной воды Павловского месторождения до вышеуказанных параметров на экспериментальном адсорбере с применением сорбента волокнистой структуры.

**Ключевые слова:** сорбент, адсорбер, пластовая вода, нефтепродукты, механические примеси, очистка воды

В последнее время предъявляются все более возрастающие требования по степени очистки попутных вод для последующей закачки в пласты для поддержания давления. Разработка продуктивных пластов с невысокой проницаемостью пористой среды коллектора ставит задачи по ее очистке до содержания нефти и механических примесей не более 15-20 мг/дм<sup>3</sup>.

Обзор и анализ публикаций и литературы по существующим технологиям [1, 2], а также проведенные ранее исследования позволили прогнозировать возможность достижения подобного уровня очистки воды применением сорбентов (адсорбентов) нефти. К сорбенту предъявляются следующие технические требования:

- возможность регенерации и многократного использования;
- технологичность регенерации и возможность ее проведения без извлечения сорбента из аппарата;
- отсутствие необходимости нагрева до высоких температур, применения специфических реагентов и инертного газа при проведении регенерации;
- низкие эксплуатационные расходы;
- длительный ресурс работы;
- высокая удельная поглощательная способность по отношению к нефти.

Применительно к рассматриваемому случаю, физическая адсорбция обусловлена преимущественно дисперсионными силами молекулярного взаимодействия, возникающих при сближении элементарных частиц нефти (загрязнитель) с

материалом сорбента в водной среде. Несмотря на достаточно большое количество публикаций и разработок на эту тему [3 - 6], характеристики сорбентов нефти могут быть определены исключительно экспериментально, ввиду сложности процесса взаимодействия сорбента с сорбируемым веществом.

С целью определения эксплуатационные характеристики различных сорбирующих материалов и возможности их регенерации отжимом и повторного использования был сконструирован и изготовлен экспериментальный адсорбер (рис. 1). Он представляет собой стальной цилиндрический аппарат с внутренним диаметром 0,3 м и общей высотой 1,5 м, установленный вертикально на опорах. Внутренняя поверхность покрыта антикоррозионным покрытием. Внутри адсорбера размещается блок сорбента диаметром и максимальной высотой 300 мм между подвижной и неподвижной решетками, соединенных с ручным механизмом отжима. Максимальный объем сорбента при этом составляет 22 дм<sup>3</sup>.

В качестве сорбента для условий Павловского месторождения (табл. 1) был выбран синтетический материал «Мегасорб» волокнистой структуры (табл. 2).



Рис. 1. Экспериментальный адсорбер

Таблица 1. Свойства пластовой воды и нефти

Характеристика	Значение
Плотность воды при 20 °С	1,119 г/см <sup>3</sup>
pH	5,8
Минерализация	172,1 г/дм <sup>3</sup>
Содержание гидрокарбонатов	73,22 мг/дм <sup>3</sup>
Содержание хлоридов	105505,85 мг/дм <sup>3</sup>
Содержание сульфатов	267,63 мг/дм <sup>3</sup>
Содержание ионов кальция	11664,78 мг/дм <sup>3</sup>
Содержание ионов магния	3145,8 мг/дм <sup>3</sup>
Содержание ионов натрия+калия	51413 мг/дм <sup>3</sup>
Содержание Fe общ.	1,30 мг/дм <sup>3</sup>
Плотность нефти при 20 °С	0,870 г/см <sup>3</sup>
Вязкость нефти при 20 °С	30 мм <sup>2</sup> /с

Таблица 2. Свойства сорбента

Характеристика	Значение
Толщина полотна	30 мм
Поверхностная плотность	0,56 кг/м <sup>2</sup>
Нефтеемкость	10-12 кг/кг
Грязеемкость (по механическим примесям)	5-7 кг/кг
Рабочий диапазон температур	4-50 °С
Количество циклов регенерации	500
Нефтеотдача при отжиге	70-75 %
Скорость сорбции	3-4 кг/мин/кг
Скорость потока линейная	5 м/час
Способ регенерации	Отжим, промывка
Остаточное содержание нефти после очистки	0,5-1 мг/дм <sup>3</sup>
Степень извлечения нефти из потока воды	97,5-98 %

В адсорбер установили 12 слоев сорбента общей массой 522 г и общей высотой 300 мм. Очищаемая пластовая вода через регулирующий кран с расходом 0,3-6 л/мин (что соответствовало линейной скорости потока в слое сорбента 0,25-5 м/час) подавалась в нижнюю часть адсорбера с температурой 18-20 °С, содержанием нефти 60-230 мг/дм<sup>3</sup>, механических примесей 40-50 мг/дм<sup>3</sup>. В процессе ее протекания через внутренние устройства нефть и механические примеси сорбировались и удерживались в объеме сорбента. Очищенная вода выводилась с верхней части адсорбера. Перепад давления между входом и выходом адсорбера контролировался эталонными манометрами. Качество очистки пластовой воды определялось периодическим отбором проб на входе и выходе из адсорбера с последующим анализом на содержание нефти и механических примесей.

По окончании времени защитного действия адсорбер отключался и производился отжим сорбента вращением маховика. При этом непрерывно производилась подача воды на промывку сорбента. Смесь отжатой нефти и воды выводилась

лась с верхней части адсорбера через отдельный штуцер. Затем сорбент возвращался в исходное состояние и вновь включался в режим очистки пластовой воды.

Результаты эксперимента графически представлены на рис. 2.

В течение трех суток степень очистки пластовой воды достигала значений 21-26 мг/дм<sup>3</sup> с лучшим результатом 12 мг/дм<sup>3</sup>, но единичным и нехарактерным для общей тенденции процесса. После этого, при некотором ухудшении показателей, для определения возможности регенерации и изучения «отклика» системы сорбент был подвергнут отжиму до толщины слоя 60 мм, т.е. в 5 раз относительно рабочего положения (отжим № 1). Расход воды на промывку сорбента в период проведения регенерации составил 3 л/мин. В течение 2 часов после отжима в пластовой воде на выходе из адсорбера наблюдалось повышенное содержание нефти и механических примесей (90-50 мг/дм<sup>3</sup>) из-за частичного выноса адсорбированных частиц. После 5,5 суток работы адсорбера защитное действие слоя сорбента прекратилось в связи с повышенным содержанием нефти в очищаемой воде (до 600 мг/л) в этот период времени проведения экспериментов. Сорбент был снова подвергнут отжиму (отжим № 2). По истечении 7,5 суток непрерывной работы адсорбера защитное действие слоя сорбента снова прекратилось (содержание нефти в очищаемой воде колебалось от 200 до 600 мг/л). Сорбент опять был отжат (отжим № 3), и извлечен из адсорбера.

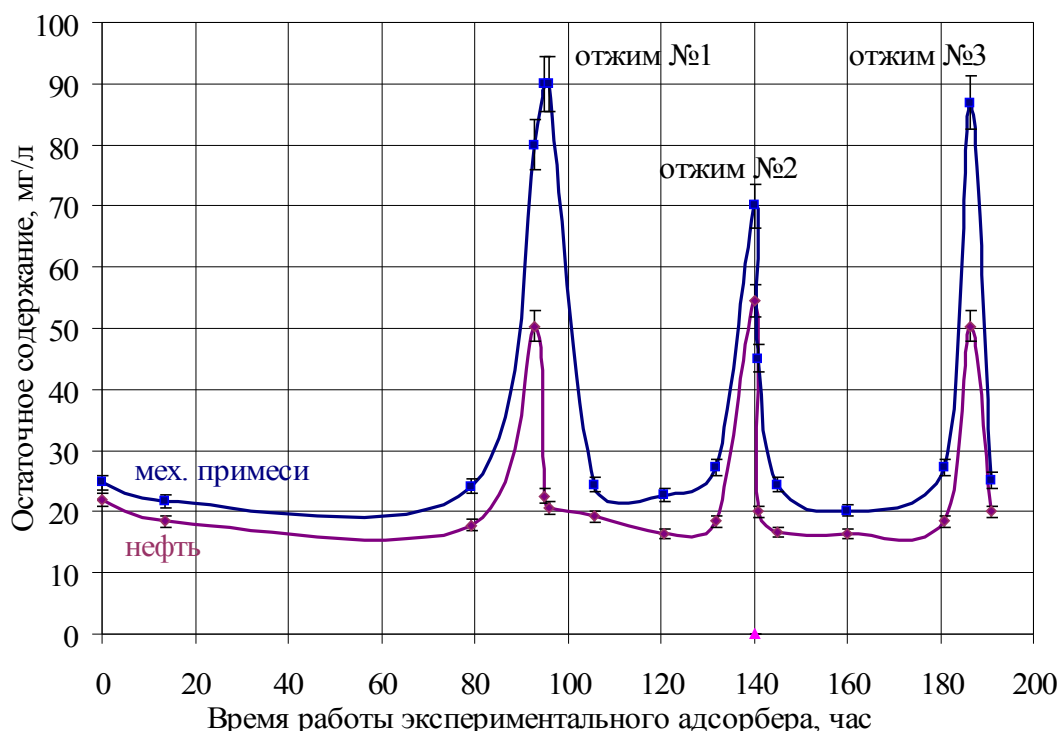


Рис. 2. Изменение остаточного содержания нефти и механических примесей в воде в процессе работы адсорбера

Содержание нефти в промывочной воде при отжимах составило 2 % об. Перепад давлений на входе (0,015 МПа) и выходе (0,005 МПа) адсорбера в ходе проведения эксперимента не менялся и составил 0,01 МПа, возрастая во время отжима до 0,065 МПа (на входе 0,07 МПа, на выходе 0,005 МПа).

Масса сорбента после извлечения из адсорбера составила 6,8 кг, что соответствует его емкости 13 кг/кг. Нарушений структуры сорбента не наблюдалось, однако толщина слоев после трех отжимов уменьшилась на 30 %, относительно их первоначального состояния в сухом виде, и составила 252 мм. Визуально наблюдалось загрязнение слоев сорбента нефтью и механическими примесями.

В результате эксперимента было установлено, что предварительно подготовленную в резервуаре пластовую воду Павловского месторождения невозможно очистить от нефти и механических примесей при помощи сорбента «Мегасорб» до их остаточного содержания 15-20 мг/дм<sup>3</sup>. Вода содержит достаточное количество мелкодисперсных механических примесей (от 34 до 80 % всего количества), которые не задерживались в слое сорбента и выносились вместе с очищаемой водой в исследованном диапазоне скоростей потока. При этом часть мелких частиц нефти закреплялась на поверхности примесей и также выносилась вместе с очищаемой водой.

### Выводы

Физико-химические особенности исходной пластовой воды в условиях эксперимента позволяют снизить остаточное содержание нефти и механических примесей при помощи сорбента «Мегасорб» лишь до значений 20-25 мг/дм<sup>3</sup>. Регенерация сорбента отжимом возможна. После регенерации при работе адсорбера в течение 1-2 часов наблюдалось повышенное содержание нефти и механических примесей в очищенной воде до 40 мг/дм<sup>3</sup>, после чего происходит стабилизация концентрации загрязнителей на прежнем уровне.

### Литература

1. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1985. 335 с.
2. Патент № 2089261 РФ. Хапаев В.М. Способ очистки воды от нефтепродуктов и устройство для его осуществления / Оpubл. 10.09.97. БИ. 1997. № 25. С. 7-8.
3. Patent № 6235201 USA. J.J. Smith, M. A. Berger, W. Darlington, M.R. Johnson. Method and apparatus for removing oil from water including monitoring of adsorbent saturation. Оpubл. 22.05.2001.

4. Кельцев Н. В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984. 512 с.
5. Проскуряков В.А., Шмидт Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности. Л.: Химия, 1977. 464 с.
6. Ельпин А.И., Вечера А.И. Выбор фильтровальных материалов для предочистки воды // Материалы, технологии, инструменты. 2000. Т. 5, № 2. С. 56 - 60.

## INVESTIGATION OF PRODUCED WATER TREATMENT AT THE EXPERIMENTAL ADSORBER

R.U. Mukhamadeev

LLC "Alliance Neftegas Tecnology", Ufa, Russia  
e-mail: r.mukhamadeev@angt.su

A.A. Voltsov, A.V. Shemetov

CJSC STC "ModulNefteGasComplect" ("MNGC"), Ufa, Russia

**Abstract.** *In recent years, increasingly higher requirements for the degree of purification of associated water for subsequent injection into the reservoir for pressure maintenance. The development of the productive layers with low permeability porous media collector poses problems for its clean-up of oil and mechanical impurities no more than 15-20 mg/dm<sup>3</sup>. The article covers the method of cleaning produced water Pavlovskoe field to the above parameters in the pilot adsorber with adsorbent fibrillation.*

**Keywords:** *sorbent adsorber produced water, petroleum, mechanical impurities, water purification*

### References

7. Yakovlev S.V., Karelin Ya.A., Laskov Yu.M., Voronov Yu.V. Ochistka proizvodstvennykh stochnykh vod (Industrial wastewater treatment). 2 ed. Moscow: Stroiizdat, 1985. 335 c.
8. Patent № 2089261 of Russian Federation. PФ. Khapaev V.M. Method and apparatus for removing liquid petroleum products from water. Date of publication: 10.09.1997.
9. Patent № 6235201 of USA. J.J. Smith, M. A. Berger, W. Darlington, M.R. Johnson. Method and apparatus for removing oil from water including monitoring of adsorbent saturation. Date of publication: 22.05.2001.
10. Kel'tsev H. V. Osnovy adsorbtsionnoi tekhniki (Fundamentals of adsorption technology). Moscow: Khimiya, 1984. 512 p.
11. Proskuryakov V.A., Shmidt L.I. Ochistka stochnykh vod v khimicheskoi promyshlennosti (Waste water treatment in the chemical industry). Leningrad: Khimiya, 1977. 464 p.
12. Elypin A.I., Vechera A.I. Vybor fil'troval'nykh materialov dlya predochistki vody (The choice of filter media for water pretreatment), *Materialy, tekhnologii, instrumenty*, 2000, Vol. 5, Issue 2, pp. 56 - 60.