

9. Трофимова А.С., Ерофеев В.И., Коваль Л.М. Получение низших олефинов из алканов C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> на цеолитах ZSM-5, модифицированных литием.// Журнал физической химии. – 2002. – Т. 76. – № 6. – С. 1034 – 1037.

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ В КИТАЕ**

**Нажису**

Научный руководитель профессор В.И. Ерофеев  
**Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
 г. Томск, Россия**

Комбинированные химические методы увеличения нефтеотдачи пластов широко применяются в мировой практике. В настоящее время существует много разновидностей комбинированных химических технологий повышения нефтеотдачи пластов такие как щелочное + полимерное заводнение (AP flooding), поверхностное активное вещество(ПАВ) + полимерное заводнение (SP flooding), щелочное + ПАВ + полимерное заводнение (ASP flooding). Среди них самым эффективным способом является ASP заводнение, который был разработан на основе щелочного заводнения, вытеснение нефти водными растворами ПАВ и полимерное заводнение [1]. С постепенным увеличением нефтеотдачи пластов за счет снижения поверхностного натяжения нефти вследствие применения ПАВ и дополнительных получаемых ПАВ в результате внутрипластовой реакции щелочи и кислотных компонентов нефти, и увеличения коэффициента вытеснения нефти. Кроме того, применение полимера уменьшает отношение подвижностей воды и нефти, и увеличивает коэффициент охвата пласта [2]. В настоящей работе рассмотрены опыт применения ASP заводнения на Китайских месторождениях, существующие проблемы и дальнейшие тенденции развития и исследования данных технологий. В течение последних двух десятилетий ASP заводнение активно исследовано и испытано на месторождении Дацин, Шенгли и Карамами в Китае [3-7]. ASP заводнение было изучено и тестировано на месторождении Дацин уже более 20 лет. Восемь пробных испытаний реализованы с 1995 г. Гидроксид натрия использовался в большинстве этих испытаний, также был испытан и карбонат натрия. Были испытаны несколько типов ПАВ, включая алкилбензолсульфонат, нефтяной сульфонат, лигносульфонаты, нефтяной карбоксилат и ПАВ синтезированного биологическим методом. Гидролизированные полиакриламиды с разной молекулярной массой использовались в процессе заводнения. [3] Базовые данные завершённого испытания ASP заводнения на месторождении Дацин показаны в таблице.

*Таблица*

**Статистика завершеного испытания ASP заводнения на месторождении Дацин**

№	Система размещения скважины (зач. /наг.)	Расстановка скважин (м)	Мощность пласта(м)	Эффективная проницаемость (Д)	Запасы (10 <sup>4</sup> т)	Увеличенная нефтеотдача
ASP 1	5-точечная (4/9)	106	10,5	0,509	11,73	21,40%
ASP 2	5-точечная (1/4)	141	8,4	0,589	8,40	25,00%
ASP 3	4-точечная (3/4)	75	13,1	0,567	5,04	23,24%
ASP 4	5-точечная (4/9)	200	7,0	0,658	24,01	19,40%
ASP 5	5-точечная (6/12)	250	12,9	0,512	110,42	20,63%

## СЕКЦИЯ 10. ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И ПОЛУЧЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ АРКТИКИ

Из таблицы видно, что нефтеотдача пластов, завершенных пяти проектов, увеличивается с 19 % до 25 % после ASP заводнения [4]. В начале 1980-х г. на месторождении Шенгли были проведены экспериментальные испытания ASP заводнения. Первое испытание было проведено в 1992 году на площади Gudong и закончили в 1994 году. До данного испытания нефтеотдача пласта достигала 54.4% и обводненность 99.3%. Главные данные залежи около площади дренирования следующие: пористость - 35%, проницаемость - 2,5 Д, температура пласта 58 °С. Число кислотности составляла 3,11 мг КОН/г в нефти. Характеристика породы, нефти и воды в пласте подходящая для применения ASP заводнения. Дополнительная добыча нефти составила 20667,7 тонн и нефтеотдача пластов центральной скважины №7 увеличилась на 13,4%. Данное испытание было ценным опытом для применения ASP заводнения на стадии высокой обводненности. Второе испытание ASP заводнения проходило на западной части площади Gudong. Средняя проницаемость и пористость данной части залежи составляла 1.52Д и 32%.

Нефтеотдача пластов при заводнении была 22,4% до испытания. Закачка химических реагентов была завершена в 2002 году и увеличила добычу нефти с 630 до 1490 баррелей в день. Обводненность уменьшилась с 96% до 83%, конечная нефтеотдача пластов увеличилась на 15,5% [5,6]. Экспериментальное испытание ASP заводнения было проведено на месторождении Карамами в 1995 году в гетерогенном коллекторе. При заводнении нефтеотдача пластов составляла примерно 50%, обводненность 99% до испытания ASP заводнения. После завершения испытания обводненность снизилась до 79%, нефтеотдача пластов увеличилась на 25% [7].

Основные недостатки и ограничения применения ASP заводнения следующие: большая потеря химических реагентов, сравнительно высокие эксплуатационные затраты, понижение приёмистости и более сложная эксплуатация оборудования [8]. Кроме того, в связи с применением высокой концентрации щелочи на большинстве полевых испытаниях ASP заводнения выявили следующие проблемы: серьезное солеотложение на стенках промыслового оборудования, которое уменьшает цикл работы скважины и увеличивает технические трудности и себестоимость; сильное эмульгирование выходящей жидкости и увеличение затрат на переработку. Несмотря на негативное влияние щелочи технология SP заводнения является наиболее перспективной комбинированной химической технологии для повышения нефтеотдачи пластов. В связи с этим рекомендуется усилить фундаментальные и прикладные исследования механизма вытеснения SP заводнения; разработать высокоэффективные и стабильные ПАВ для SP заводнения; усовершенствовать испытательные технологии на нефтяных месторождениях.

### Литература

1. Abass A. Olajire. Review of ASP EOR (alkaline surfactant polymer enhanced oil recovery) technology in the petroleum industry: Prospects and challenges // Energy. – 1 Dec. 2014. - V.77. – P. 963 – 982.
2. Ajay Mandal. Chemical flood enhanced oil recovery: A review // International Journal of Oil Gas and Coal Technology - January 2015. – V.9. – P.241.
3. Chang H.L., Zhang Z.Q., Wang Q.M., Xu Z.S., Guo Z.D., Sun G.Q., et al. Advances in polymer flooding and alkaline/surfactant/polymer processes as developed and applied in the People's Republic of China. // Journal of Petroleum Technology. - 2006;58(2): 84-9.

4. Pu H., Xu Q. An update and perspective on field-scale chemical floods in Daqing oilfield, China. 2009. SPE 118746
5. Qu Z.J., Zhang Y.G., Zhang X.S., Dai J.L., A Successful ASP (alkaline/surfactant/polymer) flooding pilot in Gudong oil field. In: Proceedings of 11th SPE/ DOE Improved Oil Recovery Symposium, Tulsa, OK, USA, 19-22 April 1998.
6. Wang C.L., Wang B.Y., Cao X.L., Li H.C., Application and design of alkaline-surfactant-polymer system to close well spacing pilot Gudong oilfield. // Paper SPE 38321 presented at the 1997 SPE Western Regional Meeting, 25-27 June, Long Beach, California.
7. Qiao Q., Gu H.J., Li D.W., Dong L., The pilot test of ASP combination flooding in Karamay oil field. // In: Paper SPE 64726 presented at the 2000 SPE International Oil and Gas Conference and Exhibition in China, 7-10 November, Beijing; 2000.
8. Zhu Y.Y., Zhang Y., Niu J.L., Liu W.D., Hou Q.F., The progress in the alkali-free surfactant-polymer combination flooding technique. // Petroleum exploration and development. - June 2016. - V.39. - N. 3. - P. 346-352.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ КОМПОНЕНТОВ ГУДРОНА В ПРИСУТСТВИИ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ**

**Д.А. Нестерович<sup>1</sup>, Е.Б. Кривцов<sup>2</sup>, Ю.А. Иовик<sup>2</sup>, А.К. Головко<sup>2</sup>**

Научный руководитель к.х.н. Е.Б. Кривцов<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, Россия*

Одной из важнейших проблем, связанной с переработкой вакуумных дистиллятов и остаточных фракций является высокое содержание в них смолисто-асфальтеновых веществ и гетероатомных соединений [1,2]. Значительная часть гетероатомных соединений, присутствующих в исходном сырье, концентрируется в высокомолекулярных компонентах остаточных фракций. Разработка методов деструкции смолисто-асфальтеновых компонентов с одновременным удалением серосодержащих соединений позволит существенно повысить эффективность термических процессов переработки тяжелого углеводородного сырья и, как следствие, получать нефтепродукты с низким содержанием высокомолекулярных и гетероатомных соединений и высоким содержанием дистиллятных фракций.

Цель данной работы: исследование состава и выявление основных закономерностей термической деструкции компонентов гудрона в присутствии карбоната кальция. В качестве объекта исследования был выбран гудрон Новокуйбышевского НПЗ, имеющий высокое содержание смолисто-асфальтеновых компонентов: смол – 33,6 % мас., асфальтенов – 5,7 % мас. Содержание масел составляет 60,7 % мас., серы - 3,04 % мас., что делает его неподходящим сырьем для получения бензинов и дизельных топлив. Крекинг гудрона проводился в реакторах объемом 12 см<sup>3</sup> при температуре 450 °С в течение 120 минут. Установлено, что исходный гудрон содержит значительное количество смолисто-асфальтеновых компонентов в своем составе, при термообработке происходит деструкция преимущественно смол с образованием твердого продукта и газа [3]. Состав продуктов крекинга гудрона Новокуйбышевского НПЗ в присутствии добавки CaCO<sub>3</sub> (мольное соотношение Ca:S = 1:10, 1:5, 1:1, 2:1, 3:1) представлен в табл. 1. Увеличение количества добавки приводит к значительному увеличению газо- и коксообразования, количество жидких продуктов крекинга