

УДК 665.6/.7

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСЬСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

¹Коровин К.В., ²Печерин Т.Н.

¹ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: korovinkv@tsogu.ru;

²ГП ХМАО-Югры «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпилмана», Тюмень, e-mail: korovinkv@tsogu.ru

Работа посвящена рассмотрению возможностей массового внедрения химического воздействия в масштабе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Описаны геологические и технологические критерии для применения химических методов воздействия на пласт для объектов неокомских отложений и месторождений Шаимской группы. Представлен краткий анализ применения химических технологий повышения нефтеотдачи на месторождениях территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Установлены причины низкой эффективности химического воздействия на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Выполнен анализ причин, обуславливающих недостаточность применения химических методов для существенного увеличения нефтеотдачи продуктивных пластов. Представлен положительный опыт комплексного применения химических методов повышения нефтеотдачи на месторождениях Китая, Индии, Канады. Оценена потребность нефтедобывающей отрасли ХМАО-Югры в химических составах при условии массового применения.

Ключевые слова: химические составы, воздействие на пласт, повышение нефтеотдачи, заводнение, подвижная нефть, поверхностно-активные вещества, полимеры

EXPERIENCE AND PROSPECTS OF THE USE OF CHEMICAL EOR TECHNOLOGIES ON THE TERRITORY OF THE KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG –YUGRA

¹Korovin K.V., ²Pecherin T.N.

¹Federal Budget Educational Institution of Higher Education «Tyumen Industrial University», Tyumen, e-mail: korovinkv@tsogu.ru;

²Autonomous Institution of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra «V.I. Shpilman research and analytical Centre for the rational use of the subsoil», Tyumen, e-mail: korovinkv@tsogu.ru

The work deals with the possibilities of a mass introduction of chemical exposure at the scale of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. The geological and technological criteria for the application of chemical methods of stimulation for the objects of the Neocomian deposits and deposits Shaim group. A brief analysis of the application of chemical technologies to improve oil recovery at the fields of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra. The causes of low efficiency of chemical effects on the territory of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. The analysis of the reasons for the insufficient application of chemical methods to significantly increase oil recovery of productive strata. Presents the positive experience of integrated use of chemical methods of enhanced oil recovery at the fields of China, India, Canada. Assessed the need of the oil industry in KHAMAO-Yugra in chemical compositions from mass application.

Keywords: chemical composition, the effect on the formation, enhanced oil recovery, flooding, movable oil, surfactants, polymers

В практике разработки нефтяных месторождений различают два вида химического воздействия на продуктивный пласт, первый из которых направлен на интенсификацию отборов из отдельных скважин и заключается во взаимодействии породы пласта с химически активными реагентами (кислотами, щелочами). Глубина такого воздействия в масштабе пласта очень мала и ограничена призабойной зоной скважины, в связи с чем его применение обычно называют «обработкой призабойной зоны» (ОПЗ).

Второй вид воздействия основан на нагнетании в пласт высокомолекулярных соединений, взаимодействующих с пластовыми жидкостями, в результате чего

уменьшается поверхностное натяжение на границе раздела нефтяной и водной фаз, снижается подвижность воды, что приводит к снижению доли попутной воды в добываемой продукции, увеличению количества подвижной нефти в пласте, повышению текучих отборов нефти.

Фильтрация высокомолекулярных составов в пласт осуществляется через нагнетательные скважины – в составе водного раствора, эффект же проявляется в соседних добывающих скважинах. Данный факт свидетельствует о значительной глубине данного вида физико-химического воздействия, учитывая размерность эксплуатационной сетки (порядка сотен метров).

Химическое воздействие с использованием высокомолекулярных соединений в основном применяется на поздних стадиях разработки месторождений – в условиях высокой обводненности и низкой текущей нефтенасыщенности, когда большая часть подвижной нефти из дренируемого объема пласта вытеснена. Геолого-физические условия эффективного применения химических МУН: высокие коллекторские свойства (проницаемость – 100–1000 мД), пластовая температура от 60 до 80 °С, вязкость от 2 до 100 спз. Нефтеносные пласты, обеспечивающие большую часть добычи по округу, данным критериям в основном удовлетворяют. Также актуальность применения физико-химических методов обусловлена высокой долей воды в добываемой продукции скважин.

На территории ХМАО-Югры перечисленные геолого-технологические свойства характерны для объектов неокомских отложений и месторождений Шаимской группы, вклад которых в добычу нефти в целом по округу оценивается примерно в 50%. В 2014 году эти объекты обеспечили почти половину от годовой добычи по ХМАО (122,7 из 250,3 млн т). Несмотря на значительную выработанность этих объектов, те-

кущие извлекаемые запасы по ним составляют 3,5 млрд т.

Несмотря на значительный опыт разработки, извлекаемыми с помощью традиционных технологий воздействия на пласт по указанным выше объектам являются менее 50% начальных геологических запасов, таким образом, их потенциал для повышения нефтеотдачи остается в значительной степени не реализован.

Как указано в работах [1, 3–5], несмотря на значительный объем применения химического воздействия в целом по ХМАО (до 4–5 тысяч скважинно-операций в год) существенного влияния на состояние нефтедобычи оно не оказало. Охват действующего фонда мероприятиями не превышал 10%, в т.ч. действующего нагнетательного фонда – 20%.

Свыше 80% всех операций физико-химического воздействия на территории округа приходится на месторождения двух крупнейших недропользователей – ОАО «Сургутнефтегаз» и ПАО НК «ЛУКОЙЛ», т.е. преимущественно на пласты Сургутского свода, а также на юрские отложения месторождений Шаимской группы. В пределах Нижневартовского района основной опыт физико-химического воздействия отмечен на месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» [1].

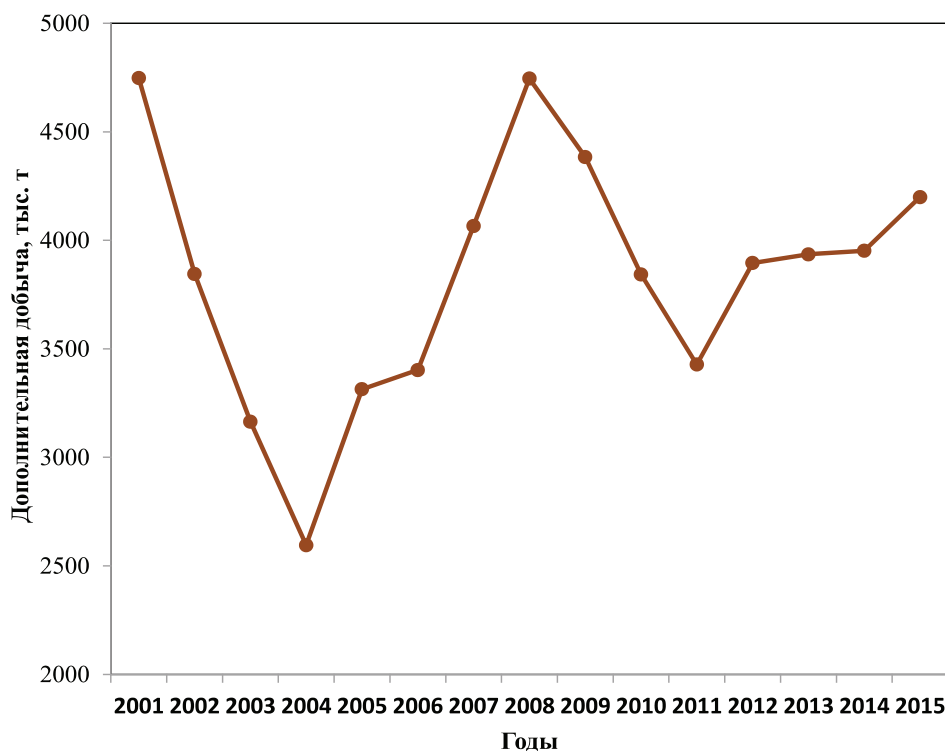


Рис. 1. Динамика дополнительной добычи нефти от применения химических МУН на месторождениях ХМАО-Югры

Таблица 1

Эффективность применения химических МУН на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз»

Технология	Дополнительная добыча нефти на 1 скважино-операцию для групп продуктивных пластов, тыс.т				
	АС-АВ	БС-БВ	Ач	Ю ₁	Ю ₂
Бесполимерный эмульсионный состав (БЭС)	0,83		3,7	0,43	0,609
ВДС	3,41	1,3			
ВУС	1,72	1,98	1,08	1,36	0,5
ВУС + ПАВ	1,67	1,08	0,52	0,78	
Гл. ВУС	2,32	1,65	1,15	1,12	
ПАВ	3,08	0,65	0,68	1,35	1,12
ПДС	0,96	3,09		1,53	
Полимер-гелевые системы (ПГС)	0,91	0,34	0,62		
Растворы с полимер-дисперсным наполнителем (РПДН)	1,62				
Силикат натрия		1,1			
Структурированные системы	1,62	1,22	2,94		0,8
Эмульсионно-дисперсные среды (ЭДС)	1,38				
Эмульсионно-полимерный состав (ЭПС)	1,34	1,29		1,96	0,78
Эмульсионный состав	0,8	0,63	1,04		

Согласно имеющемуся опыту крупнейших недропользователей ХМАО [5], для ОАО «Сургутнефтегаз» основными объектами применения физико-химического воздействия являются неокомские и ачимовские пласты, а наибольшую эффективность (2–4 тыс. т на операцию) в первом случае показали вязкоупругие и вязкодисперсные составы (ВУС, ВДС), в т.ч. совместно с ПАВ, во втором случае – бесполимерные составы на основе нефтеноса и бензина, а также структурированные системы, включающие соляную кислоту, бетонитовый глинопорошок, неионогенные ПАВ и натрий-карбоксилметилцеллюлозу (табл. 1).

В свою очередь, на месторождениях ПАО НК «ЛУКОЙЛ» и ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» наиболее высокую эффективность показал термогелеобразующий состав на основе карбамида (РВ-3П-1, разработка ЦХМН АН РБ), применяемый на верхнеюрских пластах.

Суммарная добыча нефти за счет физико-химических методов составляет 2–3 млн т в год, т.е. порядка 1% от суммарных годовых отборов нефти. Удельная дополнительная добыча нефти в среднем на 1 операцию с 2006 г. неуклонно снижается, в течение последних 10 лет не превышая 1 тыс. т [5]. По итогам 2015 года удельная эффективность 1 скважино-операции химического воздействия оценивается в 0,66 тыс. т.

Низкая технологическая эффективность химических методов связана с несколькими факторами, среди которых:

- незначительные объемы закачки реагента в пласт;

- отсутствие качественных лабораторных исследований для подбора нужного реагента, его концентрации и объема закачиваемой оторочки для конкретных условий месторождения;

- низкий охват воздействием нагнетательного фонда скважин;

- отсутствие контроля над продвижением реагентов в пласте.

В работе [3] характер зависимости вклада химических МУН в добычу от охвата скважино-операциями действующего нагнетательного фонда оценивается как параболический. Согласно указанной зависимости, для обеспечения существенного вклада химического воздействия в общую добычу нефти порядка 10 % необходим охват действующего нагнетательного фонда на уровне 50 %.

На необходимость большого расхода составов для химического воздействия указывает зарубежный опыт разработки месторождений с нагнетанием растворов ПАВ и полимеров – компонент, часто применяемых на месторождениях ХМАО-Югры. На месторождениях Китая [8], Индии [7] и Канады [6], где успешно внедрялись модификации заводнения с использованием ПАВ и полимеров, объемы нагнетаемых оторочек растворов были сопоставимы с поровым объемом пласта. На месторождениях Китая, таких как Дацин, Шенгли и Карамай [1, 3], комплекс-

ные химические технологии повышения нефтеотдачи применяются с 90-х годов. Воздействие осуществляется чередованием закачки полимерных растворов и ПАВ-полимер-щелочных систем в объемах, сопоставимых с поровым объемом пласта. Прирост коэффициента извлечения нефти за счет воздействия составляет 15–25%.

Для обеспечения нагнетания оторочек такого объема в экономически приемлемые сроки необходим не только максимальный охват нагнетательного фонда, но и осуществление воздействия в непрерывном режиме, а не одиночными кратковременными операциями, как фактически реализуется химическое воздействие на месторождения ХМАО.

В работе [2] приводится оценка дополнительной добычи нефти на месторождениях ХМАО-Югры от применения комплексного физико-химического воздействия, основанного на закачке в пласт с водой химических соединений (щелочи, полимера, ПАВ и др.). Эффект выражается в повышении объема подвижной в пласте нефти, коэффициента охвата его воздействия, дебитов скважин и сниже-

нии добычи попутно извлекаемой воды. Технологии комплексного химического воздействия целесообразно применять на месторождениях и пластах с длительной историей разработки, поскольку из этих объектов на 1 т нефти добывается несколько тонн попутно извлекаемой воды. Согласно проведенной оценке, при системном применении комплексного химического воздействия на длительно разрабатываемых месторождениях ХМАО-Югры дополнительно может быть добыто около 3,8 млрд т нефти. Результирующий прирост КИН (0,13–0,18 д.ед.) прогнозируется на уровне, сопоставимом с зарубежным опытом, и позволяет не только достичь уровня нефтеотдачи в соответствии с Госбалансом, но и превысить его. Эффект обеспечен, главным образом, за счет увеличения коэффициента вытеснения.

Возможный переход от обычного заводнения к нагнетанию растворов высокомолекулярных соединений потребует повышенного расхода входящих в эти составы компонент, прежде всего, поверхностно-активных веществ и полимеров.

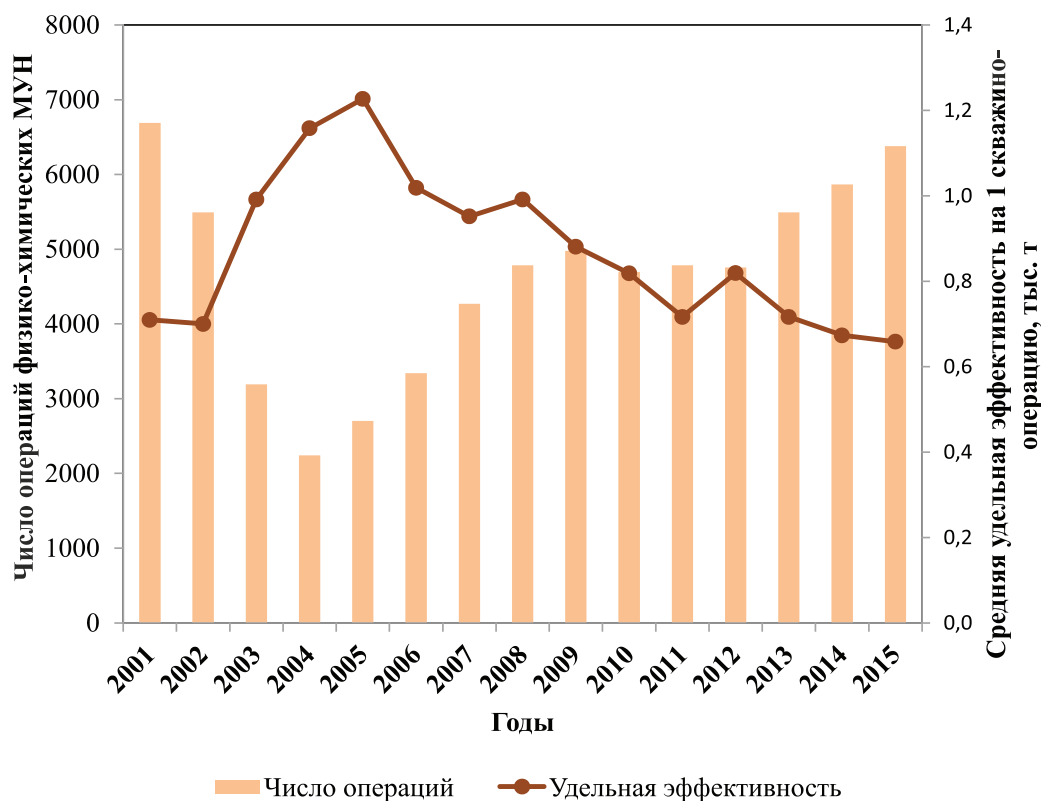


Рис. 2. Динамика объемов применения и удельной эффективности химических МУН на месторождениях ХМАО-Югры

В сумме по месторождениям ХМАО-Югры геологические запасы пластов, пригодных для химического воздействия, оцениваются в 25–30 млрд т, объем воды, которая нагнеталась в эти пласты, в сумме составляет 40–50 млрд м³. Для существенного изменения характеристик воды (как ее подвижности, так и поверхностного натяжения на границе раздела фаз) нагнетаемый объем растворов должен быть сопоставим с этими величинами, т.е. составлять порядка десятков млрд т. При концентрации ПАВ и полимеров в нагнетаемых растворах от десятых долей до нескольких процентов потребность месторождений ХМАО-Югры в данных ингредиентах оценивается на уровне десятков миллионов м³. Естественно, подготовка и применение такого объема реагентов потребует строительства мощностей для химического производства, модернизации промышленной и транспортной инфраструктуры, систем обустройства месторождений.

Таким образом, переход от заводнения к закачке оторочек растворов химических реагентов имеет существенный потенциал для стабилизации уровней добычи нефти в ХМАО-Югре, продления рентабельного срока эксплуатации длительно разрабатываемых месторождений, развития нефтехимической отрасли в округе и соседних регионах.

Список литературы

1. Виноходов М.А. Результаты применения методов увеличения нефтеотдачи на месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» / М.А. Виноходов, Д.Ю. Крянев, А.М. Петраков, А.И. Шилова, Р.Ю. Жуков // Теория и практика применения методов увеличения нефтеотдачи пластов: Мат. IV Междунар. науч. симпозиума. – В 2 т. – Т. 1. – М.: ОАО «Всероссийский нефтегазовый научно-исследовательский институт», С. 145–150.
2. Коровин К.В. Формирование механизма организационно-экономического регулирования применения инновационных технологий повышения нефтеотдачи на территории ХМАО-Югры / К.В. Коровин, С.А. Филатов, Н.Н. Захарченко, А.В. Шпилман // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 7. – С. 96–99.
3. Печёрин Т.Н. Обоснование необходимости максимального охвата нагнетательного фонда при осуществлении физико-химического воздействия на пласт / К.В. Коровин, Т.Н. Печёрин // Вестник недропользователя Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. – 2015. – № 27. – С. 49–52.
4. Печёрин Т.Н. Перспективы применения ASP-технологии на месторождениях ХМАО-Югры / К.В. Коровин, Т.Н. Печёрин, М.В. Никонов // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа: Материалы XVII научной конференции. – Ханты-Мансийск, Изд-во «Тюменский дом печати». – 2014. – Т. 2. – С. 43–49.
5. Печёрин Т.Н. Применение физико-химических методов увеличения нефтеотдачи на месторождениях ХМАО-Югры: опыт, проблемы, перспективы / Печёрин Т.Н., Коровин К.В. // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа: Материалы XV научной конференции. – Ханты-Мансийск, Изд-во «Издательство НаукаСервис». – 2012. – Т. 1. – С. 295–299.
6. Huang S. Alkaline/Surfactant/Polymer (ASP) Flood Potential in Southwest Saskatchewan Oil Reservoirs / S. Huang, M. Dong // Journal of Canadian Petroleum Technology, 2004 – V. 43. – № 12. – P. 56–61.
7. Mahendra Pratap Field Implementation of Alkaline-Surfactant-Polymer (ASP) Flooding: A maiden effort in India / Mahendra Pratap, M.S. Gauma // SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, 18–20 October 2004, Perth, Australia.
8. Morvan M. A combinatorial approach for identification of performance EOR surfactants / M. Morvan, R. Koetitz, P. Moreau, B. Pavageau, P. Rivoal, B. Roux // SPE 113705 presented at the SPE/IOR Symposium, 19–23, April, 2008, Tulsa.

References

1. Vinohodov M.A. Rezultaty primeneniya metodov uvelicheniya nefteotdachi na mestorozhdeniyah OAO «Slavneft-Megionneftegaz» / M.A. Vinohodov, D.Ju. Krjaneyev, A.M. Petrakov, A.I. Shilova, R.Ju. Zhukov // Teoriya i praktika primeneniya metodov uvelicheniya nefteotdachi plastov: Mat. IV Mezhdunar. nauch. simpoziuma. V 2 t. T. 1. M.: OAO «Vserossiyskiy neftegazovyy nauchno-issledovatel'skiy institut», pp. 145–150.
2. Korovin K.V. Formirovaniye mekhanizma organizatsionno-ekonomicheskogo regulirovaniya primeneniya innovatsionnykh tekhnologiy povysheniya nefteotdachi na territorii HMAO-Jugry / K.V. Korovin, S.A. Filatov, N.N. Zaharchenko, A.V. Shpilman // Neftjanoe hozjajstvo. 2015. no. 7. pp. 96–99.
3. Pechjorin T.N. Obosnovaniye neobhodimosti maksimalnogo ohvata nagnetatel'nogo fonda pri osushhestvlenii fiziko-himicheskogo vozdejstviya na plast / K.V. Korovin, T.N. Pechjorin // Vestnik nedropol'zovatelja Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga Jugry. 2015. no. 27. pp. 49–52.
4. Pechjorin T.N. Perspektivy primeneniya ASP-tehnologii na mestorozhdeniyah HMAO-Jugry / K.V. Korovin, T.N. Pechjorin, M.V. Nikonov // Puti realizacii neftegazovogo i rudnogo potentsiala Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga: Materialy XVII nauchnoj konferencii. Hanty-Mansijsk, Izd-vo «Tjumen'skij dom pečati». 2014. T. 2. pp. 43–49.
5. Pechjorin T.N. Primenenie fiziko-himicheskikh metodov uvelicheniya nefteotdachi na mestorozhdeniyah HMAO-Jugry: opyt, problemy, perspektivy / Pechjorin T.N., Korovin K.V. // Puti realizacii neftegazovogo i rudnogo potentsiala Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga: Materialy XV nauchnoj konferencii. Hanty-Mansijsk, Izd-vo «IzdatNaukaServis». 2012. T. 1. pp. 295–299.
6. Huang S. Alkaline/Surfactant/Polymer (ASP) Flood Potential in Southwest Saskatchewan Oil Reservoirs / S. Huang, M. Dong // Journal of Canadian Petroleum Technology, 2004 V. 43. no. 12. pp. 56–61.
7. Mahendra Pratap Field Implementation of Alkaline-Surfactant-Polymer (ASP) Flooding: A maiden effort in India / Mahendra Pratap, M.S. Gauma // SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, 18–20 October 2004, Perth, Australia.
8. Morvan M. A combinatorial approach for identification of performance EOR surfactants / M. Morvan, R. Koetitz, P. Moreau, B. Pavageau, P. Rivoal, B. Roux // SPE 113705 presented at the SPE/IOR Symposium, 19–23, April, 2008, Tulsa.