



УДК 622.276.432

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОПОГЛОЩАЮЩИХ СМОЛ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ МАКРОПОР И ВЫРАВНИВАНИЯ ФРОНТА ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF WATER-ABSORBING RESIN FOR MACRO-ISOLATION OF ISOLATION AND ELEVATION OF OIL-EXTRACT FRONT

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры Нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный
технологический университет
olgasavenok@mail.ru

Поварова Лариса Валерьевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный
технологический университет
larispv08@gmail.com

Аванесов Александр Сергеевич

студент,
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный
технологический университет
iCCup.House@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу относительно нового и перспективного метода повышения нефтеотдачи пласта путем воздействия на него тестовым агентом, состоящим из водопоглощающих смол. В результате их разбухания происходит закупорка фильтрационных каналов в горных породах и дальнейшее вытеснение из них нефти.

Ключевые слова: водопоглощающие смолы; пластовая вода; коэффициент расширения; фильтрационные каналы; коллекторские свойства пласта.

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of technical sciences,
Professor of oil and gas
engineering department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university
olgasavenok@mail.ru

Povarova Larisa Valeryevna

Candidate of chemical sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of chemistry department,
Kuban state technological university
larispv08@gmail.com

Avanesov Alexandr Sergeevich

Student,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
iCCup.House@mail.ru

Annotation. The article is devoted to the analysis of a relatively new and promising method of increasing oil recovery through exposure to a test agent consisting of water-absorbing resins. Because of their swelling, there is a blockage of filtration channels in rocks and further displacement of oil from them.

Keywords: water-absorbing resins; formation water; expansion coefficient; filtration channels; reservoir properties of the formation.

Современные условия нефтедобычи характеризуются вступлением большого числа высокопродуктивных залежей и месторождений в позднюю стадию разработки и неблагоприятными качественными характеристиками запасов нефти в залежах, вновь вводимых в разработку. Осложнения добычи значительно усиливаются на многих месторождениях в стадии активной эксплуатации.

В этих условиях перспективными становятся методы и технологии повышения эффективности добычи, которые ранее не использовались или применялись эпизодически. Особое значение и потенциал имеют физико-химические и химические методы и технологии.

Проведенные исследования показывают, что использование различных физико-химических и химических методов применительно к пластовым водам и породам-коллекторам представляет значимый технологический резерв повышения эффективности разработки нефтегазовых месторождений.

Воздействие на пластовые жидкости позволяет провести подготовку пластовой воды (система поддержания пластового давления) с целью повышения эффективности нефтегазовых месторождений в условиях активизации осложнений.

Пластовые воды и горные породы – взаимосвязанные и взаимозависимые системы.

Горные породы – высоконеоднородные дисперсные системы, в которых к признакам неоднородности относятся многообразие элементов строения, состава и свойств, трещиноватости, анизотропии, наличия сложного поля начальных напряжений.



В тоже время в физико-химических и химических методах увеличения нефтеотдачи (МУН) в недостаточной степени учитываются факторы особенностей горных пород, что приводит к существенному снижению их эффективности.

Однако помощью физико-химических методов можно целенаправленно воздействовать на состояние пород и управлять эффективностью систем разработки нефтегазовых месторождений.

Доказано, что причина крайне высокого падения фильтрационной проницаемости связанных пород в сравнении с несвязными породами состоит в малом числе пригодных для транспорта жидкости пор, а также в блокировании коллоидами узких мест транспортных пор.

Породы-коллекторы во взаимодействии с пластовой водой проявляют себя как высокоактивные системы, а само взаимодействие может приводить к кардинальным изменениям характеристик породы, вплоть до ее разрушения. Следовательно, управляя взаимодействием породы с пластовой водой с помощью изменения состава пластовых вод, можно влиять на состояние пород, и, тем самым, стараться минимизировать осложнения при добыче.

Один из методов, позволяющих управлять характеристиками пород, заключается в регулировании интенсивности химического растворения блокирующих коллоидных агрегатов под действием пластовой жидкости.

Пластовая жидкость в результате взаимодействия с породой также меняет свой состав и характеристики:

- химический состав меняется вследствие растворения микроструктурных элементов породы – глинистой связки в песчаниках, микрокомпонентов и др.;
- при определенных условиях (состав, концентрация компонентов пластовой жидкости, температура и др.) происходят процессы конденсации микроэлементов из жидкости в породу;
- в результате пескопроявления пластовая жидкость обогащается минеральной дисперсной фазой, и переходит в состояние суспензии.

Таким образом, система «порода – пластовая жидкость» представляет собой среду с активными физико-химическими и химическими взаимодействиями, через которые можно управлять составом и характеристиками как пород-коллекторов, так и пластовой жидкости, а значит, и возможностью предупреждения осложнений породобусловленного характера. Для этого необходимо отработать методы управления характеристиками пластовой жидкости, чтобы рационально использовать их для повышения эффективности нефтегазовых месторождений.

В настоящее время для выравнивания профиля приёмистости (ВВП) и изоляции пор используются следующие химические агенты: полимерное желе, неорганические соли, гранулированные смолы, пены. Многие из них не обладают способностью образовывать гель при миграции в поры. Кроме того, неорганические соли, используемые для ВПП нагревательных скважин, функционально действуют по методу осаждения и обладают слабой прочностью по изоляции. Агенты, содержащие затвердевающие смолы, обладают высокой ценой и отсутствием избирательности при изоляции для пластов с разными коллекторскими свойствами, поэтому осуществляется поиск новых химических агентов для ВВП.

За последние годы разработан метод ВВП, предполагающий применение водопоглощающей смолы нового формата, имеющей сшивку, набухающую в воде, благодаря которой не происходит растворения полимерных частиц. В результате чего увеличивается время деградации агента и возрастает продолжительность эффекта. Исследовательские данные показывают, что применение данного метода для нефтяных залежей с большими каналами в пласте, а, следовательно, высокой проницаемостью и обводнённостью, значительно улучшает эффект заводнения.

Для проведения экспериментальных исследований с водопоглощающей смолой использовалась модель, состоящая из двух стеклянных пластин длиной 10 см, шириной 7 см, толщиной 0,2 см, герметично соединённых между собой, со входом и выходом. Внутри пластин находятся резиновые колонны, края которых соединены универсальным клеем. Между колоннами существуют поры различных диаметров: крупные 0,8 см ~ 1 см, малые 0,2 см ~ 0,4 см (рис. 1).

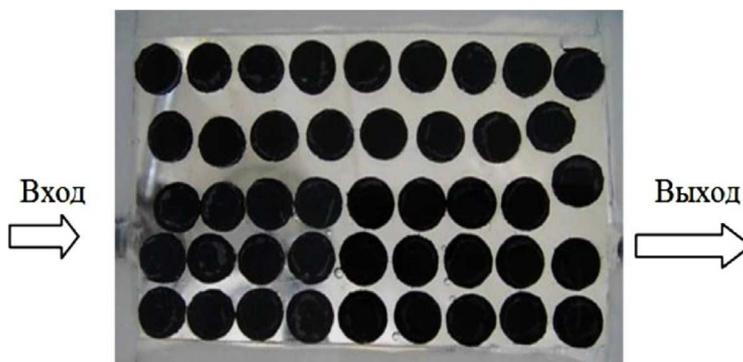


Рисунок 1 – Физическая карта модели плоской пластины



Данная модель имитирует поры в породе пласта и наглядно описывает поведение полимерного раствора и пластовой воды под действием смол. Изучено влияние структуры породы и размера пор на характер вытеснения с целью правильного подбора состава полимера.

Под влиянием пластовой воды частицы водопоглощающей смолы изменяют свой размер вследствие набухания с 0,05–0,09 см до 0,1 см ~ 0,5 см. Коэффициент расширения при этом составляет 5,2.

В дальнейшем частицы смолы помещаются внутрь стеклянных пластинок. Исследуемая модель заполняется пластовой водой, и нагревают набухшую водопоглощающую смолу со скоростью 6 мкл/мин. (рис. 2).

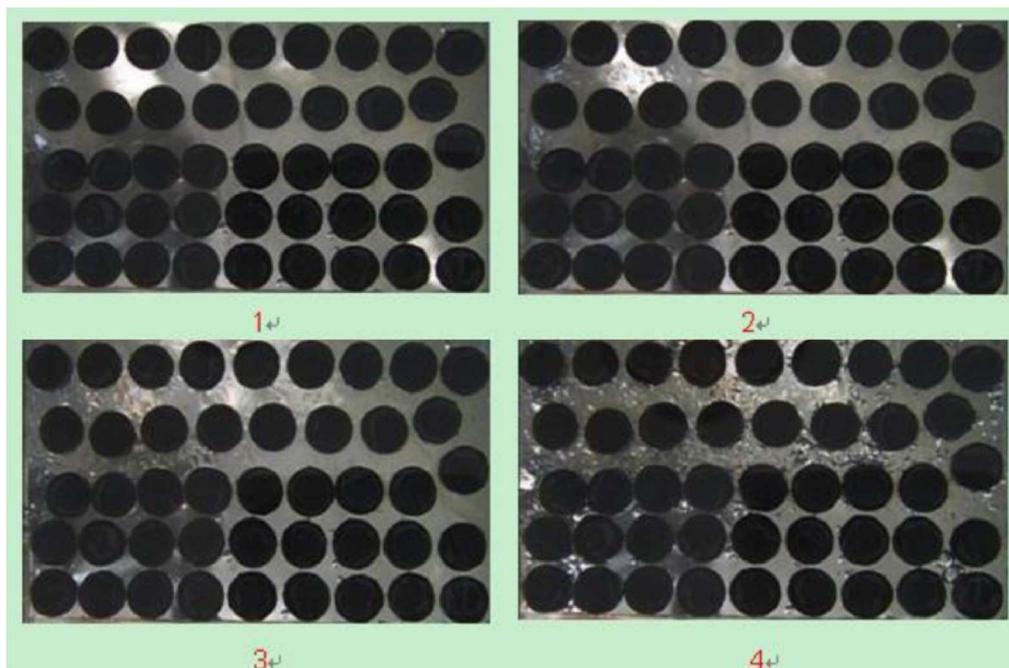


Рисунок 2 – Схема процесса нагнетания водопоглощающей смолы

Для вытеснения нефти используется пластовая вода, окрашенная в красный цвет. Наблюдение за направлением течения воды со скоростью 2 мл/мин. указывает на заполнение ею пор только малых размеров (рис. 3).

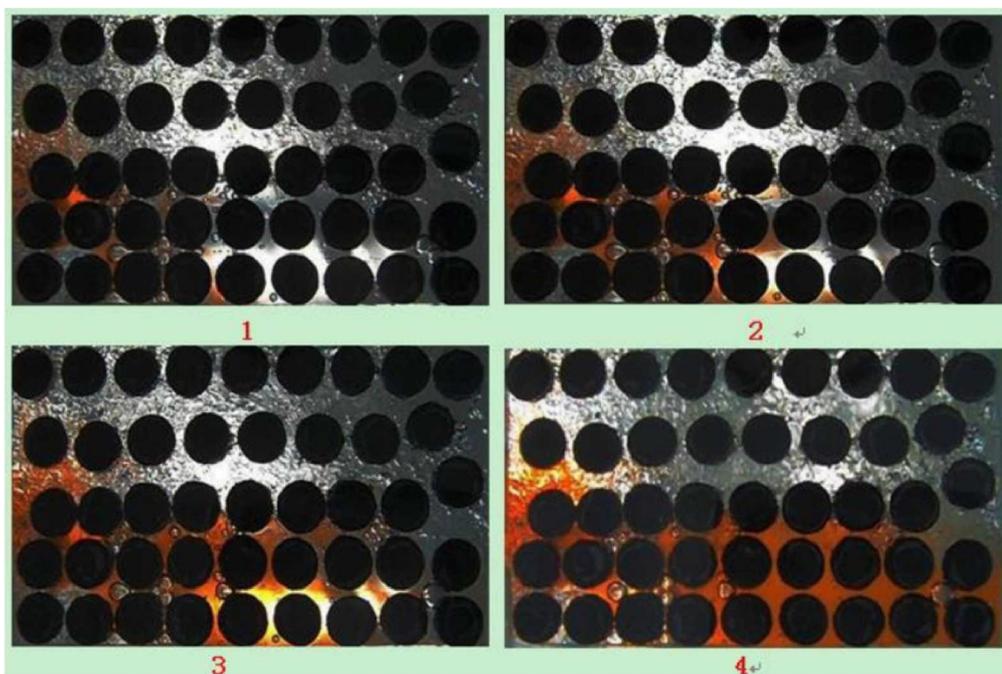


Рисунок 3 – Схема процесса нагнетания окрашенной смоделированной воды с месторождения



Далее производится вытеснение нефти при помощи полимера с концентрацией 1500 мг/л и наблюдаем за течением полимерного раствора со скоростью 2 мг/мин. (рис. 4).

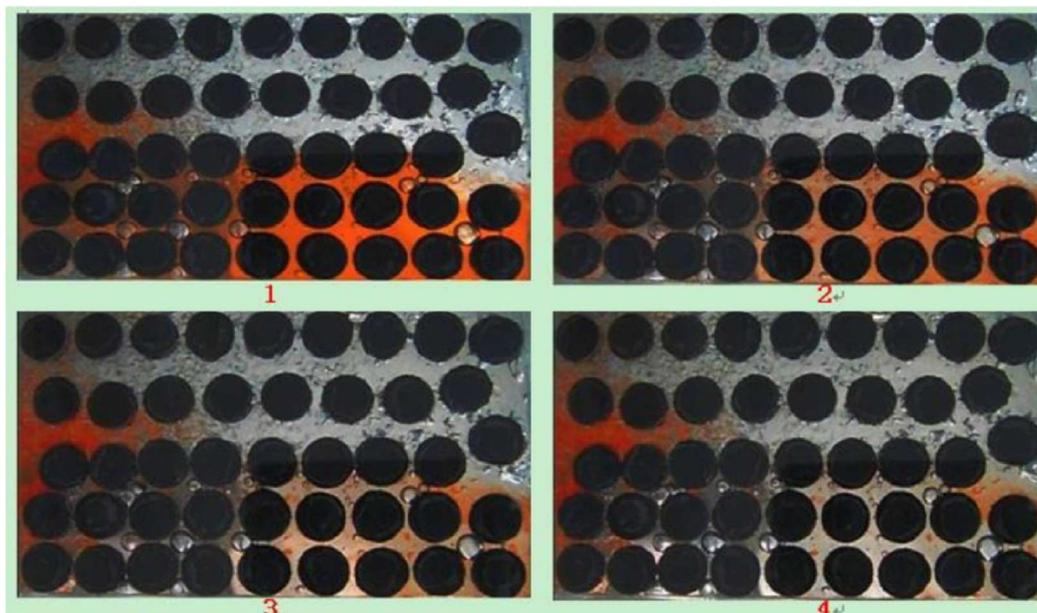


Рисунок 4 – Схема процесса нагнетания полимерных растворов с концентрацией 1500 мг/л

Из опыта следует, что при вводе водопоглощающей смолы в модель, ей заполняются только каналы с большими «порами». Дальнейший ввод окрашенной пластовой воды позволяет заполнить каналы малых размеров. После добавления в модель полимерного раствора происходит вытеснение нефти только из малых пор – труднодоступных мест, где наблюдается повышенное влияние сил поверхностного натяжения.

Экспериментальные данные показывают, что повышение нефтеотдачи происходит вследствие закупорки высокопроницаемых зон пласта и оказания эффекта вытеснения на малопроницаемые зоны, в результате чего происходит небольшое увеличение давления, которое способствует нагнетанию флюида.

Таким образом, водопоглощающая смола способна блокировать высокопроницаемый пласт, не повреждая скелет породы, что в свою очередь положительно влияет на коэффициент охвата пласта при воздействии на него нагнетательных скважин и вытеснение нефти, а также на выравнивание профиля закачки воды.

Примечательно, что набухшая смола способна выдерживать высокое давление, а эффект от совместного воздействия полимера и смолы значительно лучше, чем от воздействия каждой из компонентов по отдельности. В промысловых условиях необходимо соблюдать установленную концентрацию смол при закачке через нагнетательные скважины во избежание превышения давления гидроразрыва пласта.

Литература:

1. Алиев В.К., Савенок О.В., Сиротин Д.Г. Экологическая безопасность при разработке северных нефтегазовых месторождений. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 128 с.
2. Булатов А.И., Кусов Г.В., Савенок О.В. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразование: предупреждение и удаление в 2 томах: учебное пособие. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2011. – Т. 1–2.
3. Булатов А.И., Волощенко Е.Ю., Кусов Г.В., Савенок О.В. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар: ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
4. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин в 4 томах. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.
5. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин» в 4 томах: учебное пособие. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
6. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
7. Булатов А.И., Качмар Ю.Д., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Освоєння нафтових і газових свердловин. Наука і практика: монографія. – Львів: Сполом.
8. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
9. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019.



10. Вороненко Е.С., Мугатабарова А.А. Анализ данных показателей вытеснения нефти водой карбонатных пород с различными фильтрационными свойствами // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 61–64.
11. Гаджиев А.А., Шафиев Т.Х. Исследование вытеснения нефти газом и водогазовыми смесями в однородной и слоисто-неоднородной средах // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – Ч. 1. – С. 107–110.
12. Савенок О.В., Поварова Л.В., Гаскаров Н.Р. Эффективность химических методов стимуляции пласта и нестационарного циклического заводнения на Вынгапуровском месторождении // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – Ч. 2. – С. 146–151.
13. Савенок О.В., Даценко Е.Н., Орлова И.О., Авакимян Н.Н., Лукьяненко П.В. Оптимизация нагнетательного фонда скважин месторождения на поздней стадии разработки по результатам анализа трассерных исследований (на примере месторождения Дыш) // Научно-технический журнал «Инженер-нефтяник». – М. : Издательство ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2018. – № 4 (45). – С. 59–65.
14. Яковлев А.Л., Савенок О.В. Анализ и обзор применяемых технологий восстановления продуктивности и работоспособности скважин на месторождении Дыш // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 4. – С. 99–119.

References:

1. Aliyev V.K., Savenok O.V., Sirotni D.G. Environmental safety during development of northern oil and gas fields. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 128 p.
2. Bulatov, A.I., Kusov, G.V., Savenok, O.V. Asfalto-resin-paraffin deposits and hydrate formation: prevention and removal in 2 volumes : textbook. – Krasnodar : Publishing House – South, 2011. – V. 1–2.
3. Bulatov A.I., Voloshchenko E.Yu., Kusov G.V., Savenok O.V. Ecology in the course of the oil and gas wells construction : textbook for the university students. – Krasnodar : LLC Prosveshchenie-South, 2011. – 603 p.
4. Bulatov A.I., Savenok O.V. Overhaul of the oil and gas wells in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012–2015. – V. 1–4.
5. Bulatov A.I., Savenok O.V. Workshop on the discipline «Completion of the oil and gas wells» in 4 volumes : textbook. – Krasnodar : Publishing House – South, 2013–2014. – V. 1–4.
6. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific basis and practice of oil and gas well development. – Krasnodar : Publishing House – South, 2016. – 576 p.
7. Bulatov A.I., Kachmar Y.D., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Development of naphtha and gas Sverdlovin. Science and practice : monograph. – Lviv : Spole.
8. Savenok O.V., Kachmar Y.D., Yaremychuk R.S. Oil and gas engineering in well development. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 p.
9. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of the oil and gas fields. – Krasnodar : Published by FGBOU VO KubGTU, 2019.
10. Voronenko E.S., Mugatabarova A.A. Analysis of the data of oil displacement by water of carbonate rocks with different filtration properties // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 61–64.
11. Gadzhiev A.A., Shafiev T.H. Investigation of oil displacement by gas and water-gas mixtures in homogeneous and layered heterogeneous media // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 2. – Part. 1. – P. 107–110.
12. Savenok O.V., Povarova L.V., Gaskarov N.R. Efficiency of chemical methods of reservoir stimulation and non-stationary cyclic flooding at the Vyngapurovskoye field // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 2. – Part 2 – P. 146–151.
13. Savenok O.V., Datsenko E.N., Orlova I.O., Avakimyan N.N., Lukyanenko P.V. Optimization of the injection stock of the field wells at a late stage of development based on the results of the analysis of trace studies (on the example of the Dysh field) // Scientific and Technical Journal «Engineer-oilman». – M. : Publishing house I D S Drilling LLC, 2018. – № 4 (45). – P. 59–65.
14. Yakovlev A.L., Savenok O.V. Analysis and review of the applied technologies for restoration of productivity and efficiency of wells at the Dysh field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2018. – № 4. – P. 99–119.