

Литература

1. Боксерман А.А., Власов В.Н., Плынин В.В., Ушакова А.С., Фомкин А.В. Первичная оценка влияния водовоздушного отношения на эффективность разработки Баженовской свиты термогазовым методом // Нефтепромысловое дело. – Москва, 2011. – № 2. – С. 12 – 15.
2. Кокорев В.И. Инновационный термогазовый метод разработки отложений керогена Баженовской свиты месторождений Западной Сибири// Нефтяное хозяйство. – Москва, 2009. – № 9. – С. 37 – 39.
3. Кокорев В.И. Газовые методы - новая технология увеличения нефтеотдачи пластов// Нефтепромысловое дело. – Москва, 2009. – № 11. – С. 24 – 26.
4. Кокорев В.И. и др. Исследование процесса термического воздействия на образцы пород Баженовской свиты/ Нефтепромысловое дело. – Москва, 2010. – № 3. – С. 12 – 19.
5. Кокорев В.И. Техничко-технологические основы инновационных методов разработки месторождений с трудноизвлекаемыми и нетрадиционными запасами нефти // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Институт проблем нефти и газа Российской академии наук. – Москва, 2010.

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ
НЕФТИ И ГАЗА**

С.И. Силкин, Ф.Н. Глушаненко

Научный руководитель ассистент П.С. Дозморов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Последние десятилетия происходит рост доли трудноизвлекаемых запасов (ТриЗ) нефти и газа. Новые нефтяные месторождения приурочены, в основном, к ТриЗ, что обусловлено и физико-химическими свойствами пластовых флюидов, и геологическим строением залежей, и географией региона нефтедобычи (суша, море, северные территории, болота и т.д.).

По экспертным оценкам, мировые запасы: тяжелых нефтей (ТН) составляют более 800 млрд. тонн. Геологические запасы высоковязкой и тяжелой нефти (ВВН и ТН) в России превышают 6 млрд. т, однако их применение и извлечение требует использования специальных дорогостоящих технологий. Поэтому во всем мире идет поиск инновационных и эффективных методов и технологий освоения ТриЗ, в том числе ВВН и ТН. Запасы: тяжелых и битуминозных нефтей в 4 и более раз превышают признанную в мире величину остаточных извлекаемых запасов нефтей «нормальной» вязкости, и это показывает большие перспективы при их освоении.

Увеличение коэффициента извлечения нефти (КИН) из пластов в настоящее и в ближайшем будущем является одной из главных проблем обеспечения промышленности углеводородным сырьем и топливом в мире, в том числе в России. Эффективность известных методов извлечения нефти обеспечивает конечный КИН в пределах 0,25 – 0,45, что явно недостаточно для увеличения ресурсов нефти. То есть остаточные запасы или не извлекаемые промышленно освоенными и широко применяемыми методами разработки составляют примерно 55 – 75 % от геологических запасов нефти в недрах и представляют собой ощутимый резерв для прироста извлекаемых ресурсов с применением методов повышения нефтеотдачи пластов [4]. В связи с этим повышение степени извлечения нефти из пластов, разрабатываемых месторождений, за счет использования прогрессивных технологий воздействия на пласты является важной задачей для нефтяной отрасли.

Одновременно с уже традиционными тепловыми технологиями с использованием вертикальных скважин (закачка пара, горячая вода, внутрипластовое горение) уже применяют на месторождениях ряда стран, в том числе России, новые методы освоения запасов ВВН и ТН, основанные на использовании наклонных, горизонтальных и многоствольных скважин. Созданы технологии выработки запасов тяжелых и битуминозных нефтей, основанные на эффекте совместного гравитационного и теплового воздействия, в том числе и за счет электропрогрева [4].

Относительно новой технологией для добычи тяжелой нефти является метод SAGD (steam - assisted gravity drainage), т.е. метод, при котором два горизонтальных ствола параллельны и находятся в одной плоскости на расстоянии 7–10 м друг от друга. Верхняя скважина паронагнетательная, а из нижней ведут откачку нефти. SAGD успешно применяют на Ашальчинском месторождении в Татарстане [10]. Перспективным является процесс Vapex (Vapour extraction), при котором для уменьшения вязкости нефти в вышерасположенную горизонтальную скважину производят нагнетание нагретого газообразного углеводородного растворителя [1].

Внедряются и другие новые методы, такие как внутрипластовое горение (ВГ) с использованием горизонтальных скважин, метод CP (Cold production), применение забойных катализаторов и растворителей.

Технологию ТНАИ («ТОЕ - ТО - HEEL» AIR INJECTION) зарубежные специалисты предлагают как новый технологический процесс добычи тяжелой и битуминозной нефти. Процесс объединяет преимущества известных термических технологий (ВГ, закачка пара) в сочетании с применением горизонтальных скважин [8]. Возможность достижения КИН равного 0,85 от начальных балансовых запасов нефти с вязкостью от 0,05 до 100 Па·с подтверждена лабораторными экспериментами. Процесс ТНАИ можно осуществить и при первичной добыче, так и на следующих этапах нефтеизвлечения.

Термические методы имеют ряд ограничений и недостатков, которые описаны в открытой печати [12], поэтому логично ограничивать их применение в конкретных случаях и улучшать их комплексированием с другими технологиями.

Новой технологией в добыче нефти является волновое воздействие на пласт. Одним из таких методов является использование сейсмических импульсов. В последние годы зарубежными фирмами достигнуты значительные успехи в совершенствовании техники и технологии добычи высоковязкой нефти насосами различных типов. Этому способствовало создание такого оборудования, как длинноходовой привод установок ШГН, глубинных плунжерных насосов с увеличенными для прохождения вязкой жидкости проходными сечениями, винтовых насосов и центробежных

насосов с гидроприводом [2]. Применяется технология смешивания на забое скважин вязкой нефти с закачиваемой более лёгкой жидкостью.

Упругие свойства горных пород характеризуются модулем объёмной упругости и зависят от минералогического состава, структуры, глубины залегания коллектора, величины прилагаемой нагрузки. Залежь углеводородов, содержит газожидкостную двухфазную среду, находящуюся в упругом состоянии в термобарических условиях пласта, она слоиста, при этом каждый слой имеет свою частоту (нелинейная система). В залежи постоянно идут незатухающие колебания, поддерживаемые внешними источниками энергии (солнечно-лунные приливы, удаленные землетрясения и т. д.). Эти колебания происходят в нелинейной диссипативной (неравновесной) среде, вид и свойства которых определяются самой системой (автоколебательный режим). Совокупность направлений, в которых распространяется поле упругих колебаний, определяется направляющими свойствами коллектора, в частности, его расчлененностью, трещиноватостью, а затухание волнового поля определяется резонансными свойствами каждого слоя. Таким образом, продуктивная залежь является нелинейным осциллятором (совокупность колебаний) в неравновесной среде. В неравновесной среде даже незначительные возмущения вызывают непропорционально большие результаты. При совпадении амплитудно-частотных характеристик широкополосного источника возбуждения (импульс давления) с круговой частотой нелинейного осциллятора (продуктивная залежь) возникает эффект параметрического резонанса [7]. Исследование совместного применения термического и физического воздействия на высоковязкие нефти, показали улучшение реологических свойств нефти и перспективность таких методов [5].

Например, плазменно-импульсное воздействие (ПИВ) – это метод интенсификации добычи нефти, базирующийся на резонансных свойствах пласта [6]. При использовании плазменно-импульсного воздействия увеличивается проницаемость призабойной зоны скважины, увеличивается гидродинамическая связь нефтяного пласта с забоем скважины за счет очистки старых и создания новых фильтрационных каналов, происходит очищение порового пространства и формирование новых микротрещин в призабойной зоне скважины и фильтрационных каналах пласта. Источник колебаний формирует ударную волну с избыточным давлением, многократно превышающим пластовое. Ударная волна распространяется направленно через перфорационные отверстия по профилю каналов. Создаются вынужденные периодические колебания в окружающей среде (продуктивная залежь) со значительной амплитудой [11]. Вызываемые в продуктивном пласте резонансные колебания позволяют очистить существующие и сформировать новые фильтрационные каналы на удалении до 1500 метров от очага воздействия. Исследования [6] показывают, что комплексирование воздействия ПАВ и ПИВ на месторождениях с ТриЗ может быть рекомендовано для увеличения нефтеотдачи.

Волновое поле, при определенных частотных и амплитудных характеристиках (для конкретных геолого-физических условий подбираются), будет инициировать приток флюидов из блоковой части коллектора в трещины, то есть будет происходить вовлечение в процесс движения нефти из неподвижных целиков в блоках [3], это соответственно увеличивает КИН. Другими словами кроме резонансных частот при волновом воздействии могут положительно действовать другие интервалы частот и увеличивать нефтеотдачу за счет вовлечения в движение флюида, насыщающего блоки коллектора.

Волновое воздействие при помощи гидравлического генератора на забое нагнетательной скважины, через которую ведется закачка горячей воды в продуктивный пласт на Солдатском месторождении в Татарстане, позволило увеличить приемистость в 2 раза [3]. Поэтому методы воздействия на продуктивные пласты, основанные на комплексировании тепловых, и химических методов с импульсным и волновым воздействиями широкого частотного диапазона, учитывающие резонансные и иные отклики пластовой системы, могут интенсифицировать положительные физико-химические процессы, увеличивающие коэффициенты вытеснения и охвата пласта процессом фильтрации.

Технически возможно использование целого спектра импульсных и волновых методов: акустический, вибросейсмический, виброволновой, электрогидравлический, мгновенных депрессий-репрессий, имплозионный, сейсмический, депрессионное. Каждый из методов в определенных геолого-технологических условиях может дать определенный положительный эффект. Таким образом, перспективными можно признать группу комплексных методов, соединяющих нестационарное (вариации различных волновых процессов) воздействие с химическим и (или) тепловым.

Литература

1. Андреев В.Е. и др. Анализ возможности применения методов увеличения нефтеотдачи на залежах высоковязкой нефти Южно-Татарского свода и Мелекесской впадины/ Андреев В.Е., Дубинский Г.С., Мияссаров А.Ш., Хузин Н.И., Хузин Р.Р.// НТЖ. Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. Изд. ГУП «ИПТЭР». – №1(91) 2013. – С. 22 – 30.
2. Андреев А.В. Геолого-технологическое обоснование низкочастотного воздействия на пласт с целью повышения коэффициента извлечения нефти // Современные наукоемкие технологии, 2004. – № 2. – С. 139-140.
3. Дубинский Г. С. Об отклике фрактальных структур флюидонасыщенных пород-коллекторов при волновом воздействии на них // The Development of Science in the 21st Century: Natural and Technical Sciences Ron Bee & Associates. – New York, 2015. – С.51 – 56. DOI:10.17809/06(2015)-06.
4. Липаев А.А. Разработка месторождений тяжелых нефтей и природных битумов. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. – 484с.
5. Максютин А.В. Комплексная технология плазменно-импульсного и физико-химического воздействия на продуктивный пласт для интенсификации добычи нефти на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами. Автореферат на соискание степени канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2009. – 20 с.
6. Материалы сайта компании Novas Energy Services. – URL: <http://www.novas-energy.ru/ru/technology/>.
7. Молчанов А. А. Интенсификация притока высоковязких нефтей с применением скважинного упругого воздействия на продуктивные пласты. – Казань: Изд-во «Фэн», 2012. – С. 417 – 420.

8. Рамазанов Р.Г. Анализ эффективности разработки небольших месторождений с трудноизвлекаемыми запасами в Татарстане / Р. Г. Рамазанов, З. С. Идиятуллина // Нефтяное хозяйство. 2010. – №2. – С. 66 – 69.
9. Тянь Ю., Бао Я., Сиднев А.В. Вязкая нефть и термический метод ее добычи в России, Китае и США / Проблемы освоения трудноизвлекаемых запасов нефти и газа. Уфа: Изд-во «Монография», 2008. – Выпуск V. – С. 220 – 221.
10. Хисамов Р.С. и др. Геологические и технологические особенности разработки залежей высоковязких и сверхвязких нефтей / Хисамов Р.С., Султанов А.С., Абдулмазитов Р.Г., Зарипов А.Т. – Казань: Изд-во «ФЭН» АН РТ, 2010. – 335 с.
11. Хусаинов Р.Р. Обоснование комбинированной технологии повышения нефтеотдачи пластов с применением поверхностно-активных веществ и плазменно-импульсной технологии// Дис. на соиск. степени канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2014. – 146 с.
12. Шевченко А.К., Еременко М.М. Особенности термозаводнения нефтяных пластов осложненных зонами палеорусел // Научно - технический журнал «Геология нефти и газа», 1992. – №11, с.55– 59.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОЕНИЯ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ЛИНЗОВИДНЫМ КОЛЛЕКТОРОМ

А.В. Степико

Научный руководитель доцент Ш.Р. Садретдинов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время во всем мире идет активное вовлечение в разработку трудно извлекаемых запасов нефти и газа. Одним из таких объектов являются месторождения, представляющие собой невыдержанные по простиранию геологические тела с формой распространения от линзовидной до рукавообразной и полосовидной. Основная проблема при разработке таких месторождений связана в первую очередь с поддержанием пластового давления в виду очень сильной расчлененности коллектора [2].

Целью данной работы является исследование различных способов моделирования свойств пород для лучшего воспроизведения пластового давления в процессе разработки месторождений с высокой степенью расчлененности коллектора. В рамках данной работы была рассмотрена проблема проведения гидродинамических расчетов для коллекторов такого типа. Исследования проводились на модели месторождения Томской области. Сложность моделирования данных месторождений заключается в маленьком объеме линз коллектора и низкой связности таких линз друг с другом. На рисунке 1 представлена карта эффективных толщин и разрез куба литологии, несмотря на значительную эффективную толщину, коллектор в разрезе представляет собой несколько гидродинамически не связанных линз.

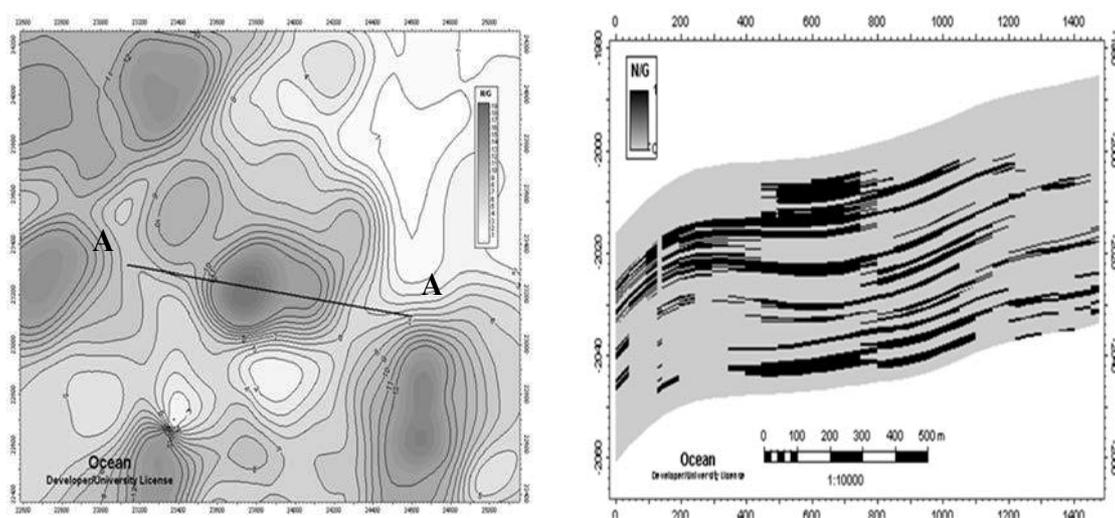


Рис.1 Карта эффективных толщин коллектора и разрез куба литологии по линии А–А

При моделировании выдержанных по песчаности коллекторов для задания граничных условий давления либо используются множители порового объема, либо задается аквифер. В условиях высокой расчлененности коллектора, данные методы не эффективны, так как не взаимодействуют со всеми линзами коллектора, а связаны только некоторыми из них или не связаны вообще.