

2. Реализация моделей двойной пористости и двойной проницаемости и дискретной модели трещин для возможности моделирования разномасштабных трещин.
3. Исследование эффективности применения неизоотермического заводнения в трещиновато-пористом пласте.
4. Исследование влияния длины и ориентации трещин на процесс неизоотермической фильтрации водонефтяной смеси.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активной всего неизоотермические методы увеличения нефтеотдачи применяются на месторождениях с высоковязкими нефтями и битумами в Канаде. Данные методы показали свою высокую эффективность, при использовании их в условиях однородных изотропных пластов. Однако достаточно мало внимания уделяется проблеме неизоотермического заводнения трещиновато-пористых пластов. Несмотря на свои небольшие поперечные размеры, из-за высокой проницаемости, трещины могут оказывать существенное влияние на процесс фильтрации жидкости в пласте. Трещиноватостью обладают более 20% всех месторождений нефти и газа. Запасов тяжелой и сверхтяжелой нефти значительно больше, чем запасов легкой нефти. Эти два фактора делают очень важной и актуальной задачу исследования процессов тепломассопереноса водонефтяной смеси в трещиновато-пористых средах.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Процесс фильтрации жидкости в трещиновато-пористых средах описывается стандартными уравнениями подземной гидродинамики. В силу сложности системы уравнений аналитическое решение возможно получить только для особых случаев, например: цилиндрическая задача или задача для галереи скважин. Поэтому для решения поставленных задач будут использоваться методы математического моделирования, такие как: математическая формулировка задач тепломассопереноса, построение численных алгоритмов, программная реализация алгоритмов, проведение численных экспериментов и анализ полученных результатов. Обоснованность и достоверность результатов, представленных в проекте, определяется использованием законов сохранения, применением современных методов численного моделирования, решением тестовых задач, имеющих известные аналитические и численные решения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе работы был разработан и протестирован двухфазный трехмерный гидродинамический симулятор на неструктурированной сетке. Для описания мелких пересекающихся между собой трещин реализована модель двойной пористости и двойной проницаемости. Для описания уединенных протяженных трещин реализована модель дискретных трещин. В процессе исследования были сделаны следующие выводы:

Эффективность применения неизоотермического заводнения в трещиновато-пористом пласте выше, чем в изотропном пористом пласте. Эффективность применения данного МУН сильно зависит от длины и направления распространения трещин.

Конфигурация трещин оказывает решающее значение на степень прогрева пласта.

Быстрый прорыв горячей воды от нагнетательной к добывающей скважине возможен только при наличии в пласте достаточно протяженной (более 80% от расстояния между скважинами) трещины, расположенной вдоль направления фильтрации жидкости. Более короткие трещины существенно увеличивают время прихода теплового фронта, так для трещины с длиной около 60% от расстояния между скважинами время прихода фронта увеличивается примерно в 8 раз по сравнению с трещиной, длина которой составляет 80% от расстояния между скважинами.

Трещины, расположенные под углом 45^0 к направлению фильтрации жидкости, оказывают меньшее влияние на процесс разработки. А трещины, расположенные перпендикулярно к направлению фильтрации жидкости практически не оказывают влияния на процесс разработки.

При определенной длине и направленности трещин применение неизоотермического заводнения приводит к быстрому прорыву горячей воды к добывающей скважине. Таким образом, при быстром прорыве горячей воды к добывающей скважине на месторождении, можно судить о наличии трещин.

Полученные в результате работы выводы могут быть использованы в решении прикладных задач на производстве при разработке нефтяных месторождений с высоковязкой нефтью. Также разработанный программный продукт может быть применен для гидродинамических расчетов реальных участков месторождений.

ИСПОЛЪЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Р.Д. Каневская Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов М.-Ижевск: ИКИ, 2002, 140 стр.
2. С. Патанкар Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.; Энергоатомиздат 1984, 145с.
3. Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем. – Москва – Ижевск: институт компьютерных исследований, 2004, 416 стр.
4. К.С. Басниев, И.Н. Кочина, В.М. Максимов Подземная гидромеханика М.: Недра, 1993, 416 стр.
5. Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде. – Москва – Ижевск: институт компьютерных исследований, 2004, 628 стр.
6. Желтов Ю. П. Разработка нефтяных месторождений: Учебник для вузов. — М.: Недра, 1986. 332 с.

ДОКЛАДЧИК

Санникова Ирина Алексеевна
Завьялова Анна Петровна
Чупахина Виталия Валерьевна

ТЕМА ПРОЕКТА

Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности доманиковых отложений Волго-Уральского и Тимано-Печорского бассейнов

ВУЗ

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

РЕЗЮМЕ

В структуре мировой нефтедобычи стремительно растет доля нефтяных сланцев. В России в условиях ухудшения структуры запасов и остро стоящем вопросе об их воспроизводстве, поиск собственных источников сланцевой нефти становится крайне актуальным.

Сланцевая нефть и «плотная» нефть — это нетрадиционная нефть, залегающая в плотных низкопроницаемых породах, которые раньше не рассматривались как коллекторы, наоборот, считались флюидоупорами, бесперспективными с точки зрения нефте- и газодобычи.

Суть данного проекта – изучение высокоуглеродистой доманиковой формации в Волго-Уральском и Тимано-Печорском бассейне для выделения наиболее перспективных зон, районов и объектов для последующей оценки целесообразности лицензирования участков нераспределенного фонда и проведения геолого-разведочных работ.

Новизна исследования заключается в выявлении важнейших особенностей строения нефтегазовых систем доманиковых сланцевых формаций, определяющих их углеводородный потенциал и возможность применения известных технологий их освоения и увеличения добычи углеводородных флюидов (нефти и газа). Результаты исследований дают детальное представление о строении доманиковой сланцевой формации. В проекте обоснована возможность оценки и разработки скоплений нефти и газа *in situ* в нефтематеринских свитах и транзитных толщах, что позволяет прогнозировать и устанавливать их возможное распространение.

Для реализации проекта были задействованы новейшие и модифицированные традиционные способы изучения нетрадиционных коллекторов: лито-петрофизические исследования ядерного материала на современном оборудовании, детальные геохимические анализы методами газо-жидкостной хроматографии и пиролиза, а также метод бассейнового моделирования и оценка рисков. Все применяемые методы и полученные ими результаты взаимно дополняют друг друга в рамках проекта. Так, полученные методом пиролиза кинетические спектры (реакции преобразования керогена в углеводороды) доманиковой формации были использованы для анализа чувствительности бассейновых моделей. В результате работ показана существенная разница в получаемых результатах.

Конечный продукт проекта – модель строения высокоуглеродистой доманиковой формации и подсчитанные на ее основе линейные ресурсы. Информация предоставлена в виде карт, схем и разрезов, отражающих современное геологическое строение доманиковых отложений, характеризующих нетрадиционные углеводородные системы, а также фильтрационно-емкостные и петрофизические свойства доманиковой сланцевой толщи. Также даны рекомендации по наиболее перспективным зонам, районам и объектам с выделением для начала освоения и для последующей оценки целесообразности их лицензирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Углеводороды сланцевых формаций; доманиковые отложения; Волго-Уральская, Тимано-Печорская провинции.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Целью проекта является определение стратегии наращивания ресурсной базы в доманиковых отложениях Волго-Уральского и Тимано-Печорского бассейнов. Для этого требуется выявление зон развития залежей нефти в доманиковой высокоуглеродистой формации.

В рамках поставленной цели были выделены следующие задачи:

- литологическая характеристика основных типов пород изучаемого разреза, выделение основных типов разрезов по обстановкам осадконакопления;
- описание вторичных процессов в породах, создание модели коллектора;
- геохимическая характеристика доманиковых отложений, изучение органического вещества сланцевой формации;
- проведение бассейнового моделирования и оценки рисков;
- выделение перспективных зон нефтегазоносности.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разведанные запасы нефти из традиционных резервуаров России сокращаются, что приводит к неуклонному падению добычи нефти. Один из возможных источников поддержания добычи на современном уровне – вовлечение в разработку трудно извлекаемой нефти, к которой относится нефть баженовской свиты Западной Сибири, доманиковые отложения Волго-Уральского и Тимано-Печорского регионов и майкопские отложения Предкавказья. До сих пор эти отложения рассматривали только лишь как источник, поставляющий углеводороды в традиционный коллектор, карбонатный или песчаный, из которого можно их извлекать отработанными традиционными методами. Истощение запасов в традиционных резервуарах заставляет задуматься о возможности прямого извлечения углеводородов из той толщи, в которой они формируются и из которой они трудно извлекаются. Как правило, эта толща имеет сложное строение, представлена частым чередованием пород разного минерального состава и содержит выдержанные интервалы разреза с высоким содержанием углеводородов, как в свободном состоянии, так и в матрице породы.

Сложное строение сланцевой толщи и различные формы нахождения в ней углеводородов, как в свободном, так и в связанном состоянии требуют новых подходов к оценке объемов нефти и газа в ее составе. Возможность прогнозировать геологические ресурсы углеводородов в сланцевых толщах основана на детальном геолого-геохимическом анализе объемов их генерации и всех параметров, удерживающих эти углеводороды в материнской породе.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для решения поставленных в проекте задач были выполнены 4 этапа работ:

1. Сбор базы данных (сейсмические, скважинные данные, образцы скважин и обнажений) по Самарской, Оренбургской областям, Республикам Татарстан, Башкортостан, Коми и Пермскому краю.
2. Аналитические исследования образцов пород, включая литологические, геохимические и петрофизические.

Обоснование необходимости исследований вещественного состава доманиковых сланцевых пород основано на том, что для более полного извлечения нефти необходим максимум информации о геологическом строении объекта эксплуатации: его минеральном составе, фильтрационно-емкостных свойствах, структуре порового пространства.

Ведущим геохимическим методом для изучения органического вещества доманиковых отложений является метод пиролиза. Пиролитические характеристики пород определялись экспрессным методом Rock-Eval на приборе HAWK. Метод пиролиза используется для определения типа, степени зрелости и реакций преобразования органического вещества и выявления эффекта миграции углеводородов.

3. Проведение оценки перспектив нефтеносности доманиковых отложений на примере Тимано-Печорского бассейна методом бассейнового анализа в ПО Petromod 2D и оценка рисков. Бассейновое моделирование применяется для выявления зон скопления углеводородов в бассейне и их ранжирования по вероятности и степени заполнения.

4. Построение карт и схем распространения доманиковой сланцевой формации с выделением наиболее перспективных зон.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Реализация проекта по изучению доманиковой сланцевой формации осуществлялась на примере территории Тимано-Печорского бассейна, а также в пределах Мухано-Ероховского прогиба Волго-Уральской провинции. В качестве исходной информации были использованы региональные профили, данные бурения и коротажные данные по скважинам, а также керн по 8 скважинам в Мухано-Ероховском прогибе и керн из 10 скважин Тимано-Печорского региона. Привлекалась геологическая информация, полученная на обнажениях вблизи г. Уфа и г. Стерлитамак.

Согласно проведенным литолого-петрофизическим исследованиям, в строении разрезов доманиковых отложений участвуют различные типы известняков. Разрезы доманика, накапливающегося в условиях глубоководных впадин, представлены циклическим чередованием керогеново-карбонатно-кремнистых и керогеново-кремнисто-карбонатных пород. Разрезы склонов поднятий представлены пачками известняков (мадстоунов и вакстоунов) с прослоями обломочных разностей и битуминозных кремнистых пород. Для разрезов мелководно-морского шельфа характерна толщина пачек до 150 м, где преобладают известняки (вакстоуны и пакстоуны), интенсивно биотурбированные.

В рамках интерпретационного проекта в пределах Мухано-Ероховского прогиба Волго-Уральского бассейна было проанализировано 6 региональных сейсмических профилей и 26 скважин с коротажными данными.

Согласно геохимическим исследованиям, доманиковые отложения имеют II тип керогена, степень их зрелости соответствует начальной фазе нефтеобразования. Также, в процессе данной работы впервые были получены кинетические спектры реакций преобразования ОВ доманиковых нефтематеринских отложений Тимано-Печорского бассейна, которые были использованы для бассейнового моделирования. Было выявлено, что использование бассейнового моделирования без восстановления кинетических спектров по образцам пород может приводить к неопределенностям и неадекватным результатам. Кроме того, использование этих данных позволяет точнее оценить объемы сгенерированных ресурсов для отложений, которые являются возможным «нетрадиционным» коллектором.

Опции анализа рисков и неопределенностей в программе PetroMod были использованы для таких параметров как тепловой поток, кинетический спектр доманиковой формации и критическая степень нефтенасыщенности верхнедевонских доманиковых отложений. Все анализируемые параметры довольно сильно влияют на результаты расчета.

На основании вышеперечисленных исследований для доманиковой формации Волго-Уральского бассейна в пределах Мухано-Ероховского прогиба были выделены высокоперспективные зоны депрессионных фаций с коллекторами трещинно-порового, порово-трещинного и трещинно-каверно-порового типов. Площадь распространения данных отложений составляет 10 000 км². Суммарные геологические ресурсы для данной зоны составляют 14 млрд. т.

ИСПОЛЪЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

Баженова О.К., Бурлин Ю.К., Соколов Б.А., Хаин В.Е. Геология и геохимия нефти и газа. Москва: Изд-во МГУ, 2012. — 432 с.
Зытнер Ю.И., Мигунов Л.В. Термобарические условия существования залежей углеводородов Европейского Северо-Востока СССР // Печорский нефтегазоносный бассейн (геология, геохимия) / АН СССР, Коми НЦ УрО, Ин-т геологии. Сыктывкар, — 1988. — Вып. 64. — С. 70–81.

Никонов Н.И., Богацкий В.И., Мартынов А.В., Ларионова З.В., Ласкин В.М., Галкина Л.В., Довжикова Е.Г., Ермакова О.Л., Костыгова П.К., Куранова Т.И., Москаленко К.А., Панкратов Ю.А., Петренко Е.Л., Попова Е.В., Сурина А.И., Шабанова Г.А. Атлас геологических карт. Тимано-Печорский седиментационный бассейн. Объяснительная записка к атласу. Ухта, Республика Коми. — 2000.
Отчет по договору: «Обоснование перспектив нефтегазоносности высокобитуминозных отложений доманикоидного типа (нетрадиционные источники сланцевой нефти) на основе комплексных геолого-геофизических и геохимических исследований на территории Тимано-Печорской НГП», Москва, 2015

Решение Межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы с региональными стратиграфическими схемами, Ленинград, 1988 г.: Каменноугольная система. - Л.: ВСЕГЕИ, 1990. – 39 с.

Справочник по геохимии нефти и газа. СПб.:ОАО «Издательство «Недра», 1998. – 576

Ступакова А. В. Тимано-Печорский бассейн. Строение и основные этапы развития // Георесурсы. — 2017. — Т. 1. — С. 56–64.

Pepper A.S. and Corvi P.J. (1995) Simple kinetic models of petroleum formation. Part I: oil and gas generation from kerogen. Marine and Petroleum Geology, 12, 3, 291-319.

ДОКЛАДЧИК	ТЕМА ПРОЕКТА
Серова Ольга Александровна	Ландшафтно-гидрологическое исследование водосборов малых и средних рек с использованием ГИС
Решин Н.А.	
Абрамов Д.В.	

ВУЗ Российский государственный гидрометеорологический университет

РЕЗЮМЕ

Ландшафтно-гидрологический метод исследования водосборов был предложен около 80 лет назад В.Г. Глушковым. В настоящее время, в связи с развитием различных технологий, появилась возможность выполнять подобные исследования на качественно новом уровне. Был разработан и опробован алгоритм выделения ландшафтно- и гидрологически однородных групп водосборов. Объекты исследования расположены в юго-восточной части бассейна Балтийского моря. Для кластерного анализа использовались как стандартные гидроморфологические характеристики, так и характеристики, полученные с помощью цифровой модели рельефа (ЦМР). Результаты кластеризации проверены с помощью дискриминантного анализа. Результаты исследования позволяют предположить возможность применения данной методики для определения характеристик стока с водосборов неизученных малых и средних рек.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Водосборы рек, ландшафтное деление, цифровая модель рельефа, ArcGIS, STATISTICA, Python, кластеризация, сток.