

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070600 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Элиакбар Мадияра Манарбекулы

«Петрофизическое моделирование при изучении перспектив надсолевого комплекса южного борта Прикаспийской впадины»

Актуальность выполненных исследований определяется их направленностью на повышение точности оценок параметров нефтегазовых коллекторов, за счет использования результатов комплексного анализа геофизических данных и лабораторных исследований керна, позволяющие промоделировать пространственные закономерности изменения свойств сложнопостроенных коллекторов. Это в значительной мере повышает достоверность определения подсчетных параметров продуктивных горизонтов и технологических характеристик эксплуатационных объектов.

Цель исследований. Разработка и создание научно-методической основы петрофизического моделирования неоднородных терригенных коллекторов для повышения геологической информативности и достоверности построения геолого-технологических моделей надсолевых месторождений нефти и газа.

Задачи исследований. Обзор состояния и выявление особенностей в тенденциях современных петрофизических исследований при изучении свойств и оценки параметров терригенных коллекторов; создание базы исходных геолого-геофизических данных, обеспечивающей изучение детального геологического строения и построение петрофизических моделей коллекторов месторождений Казахстана; разработка методического обеспечения и обоснование методики идентификации свойств терригенных коллекторов с различными фильтрационными характеристиками на основе петрофизического моделирования скважинных данных.

Объектами исследований являются надсолевые терригенные комплексы Прорвинской группы месторождений, сформированные в прибрежно-морских и морских условиях Приморской зоны, расположенной в юго- и юго-восточной прибортовой части Прикаспийской впадины.

Фактический материал. Используются опубликованные, фондовые материалы прошлых лет и новейшие геолого-геофизические данные по вопросам методики изучения, типам и особенностям свойств неоднородных коллекторов. Анализировались материалы бурения поисково-разведочных и эксплуатационных скважин, полученные в разные годы недропользователями, занимающиеся поиском, разведкой и разработкой месторождений нефти и газа в пределах месторождений Прорвинской структуры.

Методика исследований. Основной методический подход, по изучению неоднородности терригенных коллекторов, основывался на результатах

детального изучения фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов месторождений С. Нуржанов и Западная Прорва. Проведено петрофизическое моделирование на представительных коллекциях образцов керна, обработки их методами математической статистики; анализа данных ГИС в среде современных компьютерных программ. Определялись параметры изменчивости (коэффициенты послойной и зональной неоднородности) фильтрационно-емкостных свойств коллекторов и их влияние на характер каротажных диаграмм. Степень дифференциации фильтрационно-емкостных пород-коллекторов получена по результатам установления закономерностей распределения пористости и проницаемости, влияния содержания глинистого и алевритового материала на ФЕС и геофизические параметры.

Основные научные результаты: Анализ каротажных диаграмм по более 30 скважин показал, что продуктивные горизонты приурочены к терригенным отложениям верхне-, среднеюрских и среднего триаса, характеризуются высокой степенью расчлененности продуктивных толщ и неоднородностью коллекторов. Литологически продуктивные пласты представлены чередованием песчаников, глинистых алевролитов и аргиллитов. По керновым данным коллекторами являются тонко и мелкозернистые глинистые песчаники. Для них характерна литологическая невыдержанность, высокая глинизация. Коэффициент расчлененности варьирует в пределах 1-3, в среднем составляя 1,2; коэффициент песчаности в пределах 0,2-1, в среднем 0,61.

Научная новизна заключается в обосновании геофизических критериев изучения неоднородности терригенных коллекторов Провинского типа: выявление дифференциации фильтрационных свойств по результатам анализа традиционного комплекса ГИС и петрофизического моделирования на основе получения дополнительных связей между глинистостью и пористости, глинистостью и проницаемостью, пористости и проницаемостью.

Практическая значимость. Детальные петрофизические исследования могут повысить устойчивость прогноза параметров терригенных коллекторов надсолевых комплексов при решении обратных задач геофизики особенно на месторождениях, находящихся на поздней стадии разработки, на периферийных участках месторождений, в слабоизученных районах и новых регионах Казахстана.

Основные защищаемые положения, выносимые на защиту:

1. Созданная база данных месторождений углеводородов Казахстана под управлением разработанного приложения «СУБД Oil&Gas Resources» (OGR), установленная на файл-сервере кафедры Геофизики КазНУ, обеспечила проведение на высоком качественном уровне обобщение, обработку и интерпретацию геолого-геофизической и промышленной информации по месторождениям Прорвинской группы.

2. Применение научно-обоснованных способов построения петрофизических моделей, на основе результатов комплексного анализа

кернавого материала, интерпретации каротажных диаграмм и промысловых данных внесли коррективы в представление о геологическом строении, повысили качество определения подсчетных параметров для наращивания и оценки остаточных запасов нефти месторождений С. Нуржанов и Западная Прорва.

3. Макронеоднородность продуктивных горизонтов месторождений Прорвинской группы определяется приуроченностью их к терригенным отложениям верхне-, среднеюрских и среднетриасовых горизонтов, характеризующиеся высокой степенью расчлененности продуктивных толщ и неоднородностью коллекторов. Литологически продуктивные пласты представлены чередованием песчаников, глинистых алевролитов и аргиллитов. Коллекторами являются алевролитово-песчаные породы, разделенные глинистыми отложениями.

4. Предложена модель послойно- и зонально-неоднородного по фильтрационным свойствам и одновременно прерывистого нефтяного пласта. Учет параметра залежи «доля неколлектора» по площади пластов и слоев, зональная неоднородность по удельной продуктивности значительно повышают достоверность оценки подсчетных параметров и технологических характеристик разработки для сложнопостроенных коллекторов

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ: 3 статьи в журнале с ненулевым импакт-фактором (квартили Q2,), 2 статьи в журналах, рекомендованных МОН РК, 3 статьи в сборниках, опубликованных по результатам научных международных и республиканских конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 165 страницах компьютерного текста и состоит из введения, 5 разделов, заключения и списка использованных источников, состоящего из 169 наименований. Диссертация включает 90 рисунков и 12 таблиц.

Глава 1. Перспективы и основные направления нефтепоисковых работ надсолевого комплекса казахстанской части юга Прикаспийской впадины. Обзор фактического материала по нефтегазоносности и строению надсолевого комплекса на территории впадины и критического анализа истории поисковых работ как на открытых уже месторождениях, так и на площадях, давших отрицательные результаты показал, что потенциал нефтеносности надсолевых мезозойских отложений не раскрыт полностью, и существует возможность значительных дальнейших открытий. Ориентация нефтегазопоисковых работ в последние годы на надсолевые, преимущественно верхнепермско-триасовые, отложения, привела к открытию ряда новых месторождений.

Глава 2. Краткий исторический обзор петрофизических исследований сложнопостроенных терригенных коллекторов. Анализ существующих подходов к построению петрофизических моделей сложных терригенных коллекторов, позволил для Прорвинской группы месторождений применить метод оценки неоднородности коллектора по данным ГИС и керна, определением содержания различных типов распределения глинистого

вещества (рассеянного, слоистого и структурного), изучением соотношения коэффициентов общей пористости, объемной глинистости и проницаемости.

Глава 3. Условия формирования и закономерности пространственного размещения природных резервуаров в надсолевом комплексе Прорвинской нефтегазоносной зоны. Прорвинская группа месторождений представляет собой слабо нарушенную структуру по мезо-кайнозойскому комплексу, связанную со слабым проявлением соляного тектогенеза. Структура имеет несколько вершин по юрским и триасовым отложениям с единым водо-нефтяным контактом. По новым материалам сейсмических исследований 3D и 2D наблюдается более широкое развитие тектонических нарушений на уровне триаса, чем в юре. На месторождениях пробуренными скважинами вскрыта толща палеозой-мезокайнозойских отложений толщиной до 3530 м. В ее разрезе выделены породы пермской, триасовой, юрской, меловой, палеогеновой, четвертичной систем. Характерно широкое развитие дизъюнктивных нарушений, высокая неоднородность коллекторов по площади и по разрезу. Продуктивные горизонты в юре залегают на глубинах 2175-2775 м, в триасе на 3104-3337 м. Залежи на месторождениях по типу природного резервуара пластовые, сводовые, тектонически и литологически экранированные. Литологически продуктивные пласты представлены чередованием песчаников, глинистых алевролитов и аргиллитов. Для коллекторов характерна литологическая невыдержанность и высокая глинизация.

Глава 4. Разработка петрофизической модели неоднородных песчано-алевритовых пород-коллекторов. Основной методический подход, по изучению свойств терригенных коллекторов месторождения С. Нуржанов и Западная Прорва основывался на результатах детального изучения фильтрационно-емкостных свойств песчано-алевритистых пород-коллекторов, с применением петрофизического моделирования на представительных коллекциях образцов керна, обработки их методами математической статистики; анализа данных ГИС в среде современных компьютерных программ. В качестве концептуальной модели строения терригенных коллекторов месторождений Прорвинской группы принята модель текстурной неоднородности пород-коллекторов, характеризующаяся тонкой слоистостью, представляющая собой переслаивание песчаных, алевролитовых и глинистых разностей. При этом учитывался тип распределения глинистого вещества в породе: слоистая глинистость – прослой глины в песчанике. Важной составляющей являлось установление влияния содержания глинистого и алевролитового материала на ФЕС и геофизические параметры песчано-алевролитоглинистых горных пород, слагающие основные продуктивные горизонты месторождений Прорвинской группы.

Глава 5. Петрофизические модели и перспективы их использования на месторождениях Прорвинской группы. Изучение макро- и микронеоднородности коллекторов по данным керна и ГИС показали, что

текстура песчаника слоисто-линзовидная, интенсивно нарушена процессами биотурбации.

Для юрских продуктивных горизонтов коэффициент расчлененности определенный по результатам анализа данных по 30 скважинам достаточно высокий и варьирует от 1,3 для Ю-II до 2,5 для Ю-V.

Наиболее высокими коллекторскими свойствами обладают коллекторы Ю-II горизонта (23% по керну и 22% по ГИС.). Характерна резкая дифференциация песчаности, а, следовательно, ёмкостных свойств как юрских так и триасовых продуктивных горизонтов. При этом вариация открытой пористости пород-коллекторов происходит в узком интервале - 18 - 22%. Коэффициенты песчаности имеет достаточно высокие значения по юрским горизонтам. По триасовым горизонтам коэффициенты песчаности варьируют в широких пределах, от 0,1 до 0,9.

По фильтрационной характеристике коллекторы триасового продуктивного разреза значительно хуже юрских. Пористость коллекторов триасовых отложений, определённая по керну, изменяется в пределах 11,0-29,0%, составляя в среднем 18%. По ГИС среднее значение пористости колеблется от 15,9 (Т-V горизонт) до 22,5% (Т-I горизонт). Коэффициент расчлененности определенный по результатам анализа данных по 23 скважинам достигает 2,2 при высоких значениях коэффициента вариации достигающих 0,82 по сравнению с юрскими коллекторами-0,35 .

Анализ стандартной зависимости пористость-проницаемость, показал, что проницаемость коллекторов варьирует в больших диапазонах, в связи с текстурно-структурной неоднородностью, высокой степенью слоистости и глинистости. Широкий разброс параметра относительной проницаемости указывает на неоднородность коллекторов. При небольшой вариации коэффициента пористости (18-22%) коэффициент относительной проницаемости меняется в широких пределах (более 300 мД), что указывает на литологическую неоднородность, тонкослоистость и высокую глинистость сложнопостроенных коллекторов как юрских так и триасовых комплексов. Для коллекторов триасовых продуктивных горизонтов, характерна повышенная карбонатность, что также значительно снижает коллекторские свойства за счет высокой анизотропии проницаемости.

Учитывая геологическое строение пласта и тип коллекторов, в качестве расчетной модели пласта для определения технологических показателей разработки, предложена модель послойно- и зонально- неоднородного по проницаемости и одновременно прерывистого нефтяного пласта. Согласно этой модели нефтяной пласт представлен набором слоев различной проницаемости. В пределах каждого слоя выделяются зоны одинаковые по форме и размерам, но различающиеся по проницаемости. В пределах отдельной зоны коллекторские свойства остаются неизменными и изменяются при переходе от зоны к зоне.