

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу Евменовой Дарьи Михайловны
«Определение петрофизических свойств глинистой корки по данным лабораторного
эксперимента (на примере юрского нефтяного коллектора)»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности
1.6.9 «Геофизика»

Аннотация

Диссертационная работа посвящена проблемам оценки и точности определения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) глинистой корки, образующейся на стенке продуктивного пласта в процессе бурения скважины, для последующего определения ФЕС коллектора по данным геофизических исследований скважин (ГИС), которые в дальнейшем используются для подсчета запасов нефтегазовых залежей.

Выбранное соискателем направление заключается в использовании различных физических свойств среды, таких как геомеханические, фильтрационные и электромагнитные параметры, для описания процессов, сопутствующих формированию зоны внедрения в прискважинной области при бурении интервала коллектора.

Актуальность выбранной темы

В настоящее время для повышения эффективности строительства нефтегазодобывающих скважин при выборе состава бурового раствора может использоваться большое количество различных реагентов. Твердая фракция бурового раствора, как правило, формирует фильтрационную корку и зону коагуляции на стенке скважины в интервале продуктивного пласта. Знание о фильтрационно-емкостных свойствах корки в зависимости от состава бурового раствора и геолого-технологических исследований позволяет подобрать наиболее эффективный способ заканчивания скважины и стратегию освоения целевого пласта.

Результаты интерпретации данных отдельных методов каротажа, основанных на различных физических принципах, могут противоречить друг к другу. Это может привести к выбору недостоверных фильтрационно-емкостных свойств пласта. Для предотвращения таких противоречий используется комплексирование междисциплинарных исследований. Таким образом, объединение нескольких физических моделей описания единого процесса, как это представлено в данной диссертации, является актуальной задачей. Этот подход, в свою очередь, снижает погрешность определения ФЕС и повышает достоверность полученных результатов, что и продемонстрировано в диссертации.

Краткое изложение текста диссертации

Первая глава посвящена обзору современных методик изучения зоны проникновения и глинистой корки. Проанализировано развитие многофизичного подхода к интерпретации данных ГИС, определены достоинства и недостатки существующих методик проведения экспериментальных работ по формированию глинистой корки и обработки экспериментальных данных. Многофизичная модель пласта учитывает основные процессы, влияющие на эволюцию прискважинной зоны: нарушение исходного равновесного состояния пласта, многофазность движения флюидов, солеперенос, изменение напряженного состояния, вызванное природными и техногенными факторами. В число ее параметров входят характеристики пластовых флюидов, бурового раствора, геомеханические модули, пористость и проницаемость глинистой корки. В главе обозначены нерешенные вопросы, касающиеся определения параметров фильтрационной корки.

Во второй главе описана методика интерпретации данных ГИС на основе многофизической модели пласта. Приведено описание объекта исследования и каротажных данных, используемых для апробации. Показаны результаты интерпретации данных ГИС на примере юрского нефтяного коллектора без учета экспериментально определенных параметров глинистой корки.

Третья глава посвящена описанию методики проведения лабораторного эксперимента по формированию глинистой корки. Описана методика обработки и интерпретации экспериментальных данных, представлены результаты эксперимента и применение при интерпретации данных ГИС на основе многофизической модели пласта. Показано влияние учета экспериментально определенных параметров глинистой корки на определение ФЭС коллектора. Описан способ и результаты интерпретации данных комплекса ГИС с учётом влияния глинистой корки на формирование геоэлектрических свойств зоны проникновения, приведены полученные результаты.

Достоверность полученных результатов

В основу методики определения коллекторских свойств, представленной в диссертации, заложено использование классических уравнений теории фильтрации несмешивающихся жидкостей в пористой среде (модель Баклея-Левретта); уравнений Максвелла для моделирования сигналов индукционного и бокового каротажа; уравнения Арчи-Дахнова и уравнений геомеханики.

Представленная методика основана на алгоритмах и зарегистрированных программных средствах, разработанных сотрудниками институтов СО РАН, предназначенных для моделирования фильтрации двухфазной жидкости, изменения удельного электрического сопротивления и геомеханических характеристик в приквасинной области, а также для моделирования откликов индукционного каротажа и бокового каротажного зондирования.

Достоверность полученных результатов интерпретации ГИС на основе многофизической модели пласта с учетом экспериментально определенных параметров глинистой корки подтверждается сопоставлением их с материалами заключений по Русскинскому и Тевлинско-Русскинскому месторождениям и данными исследований керна, извлеченного из коллектора ЮС₂.

Новизна научного результата диссертационной работы

Новизна работы заключается в создании базы данных петрофизических параметров глинистой корки, определенных в результате лабораторного эксперимента в условиях непрерывной циркуляции бурового раствора с возможностью изменять в процессе измерений давление и скорость циркуляции фильтрующейся жидкости, моделируя реальные режимы бурения для керна с низкими ФЭС.

Также, новизна работы заключается в реализации комплексирования экспериментальных измерений на реальном керне с данными ГИС. Предложен и опробован способ учета параметров глинистой корки из базы данных петрофизических параметров глинистой корки для интерпретации данных ГИС на основе многофизической модели пласта. Это позволило повысить достоверность определения фильтрационно-емкостных свойств коллектора.

Главный научный результат работы – экспериментальная установка формирования фильтрационной корки на образцах керна с учетом непрерывной циркуляции бурового раствора и методика для определения её петрофизических свойств.

Замечания по диссертационной работе

1. Следует отметить неаккуратное упоминание о петрофизических зависимостях между свойствами коллектора и его удельным электрическим сопротивлением, которые, по мнению диссертанта, установлены такими учеными, как А. Дарси, В.Н. Дахнов, Г. Арчи и др. (страница 6, строки 7-10). Насколько я помню, Анри Дарси установил связь между перепадом давления и коэффициентом проницаемости в 1856 году, а упомянутая зависимость была выявлена Дахновым и Арчи только в 1940 и 1942 гг. соответственно. Также впечатление о работе портит тот факт, что фамилия Гуса Арчи написана неправильно - через «Y».
2. На рисунке 2.1.4 стр. 42, приведена кривая гамма-гамма-плотностного каротажа с неподписанными единицами измерений, при этом, диапазон значений находится в пределах 0.8 – 2.05. Даже если предположить, что замеры приведены в г/см^3 , то все равно остается непонятным поведение этой кривой. Для продуктивных интервалов пласта ЮС₂ (глубины 2848.5 – 2850 м и 2851 – 2852 м) значение объемной плотности находится в пределах 1.7 – 1.9. Если предположить, что единицы измерения для представленной кривой – г/см^3 , то представленные значения плотностного каротажа не соответствуют характерным значениям (2.3 – 2.5 г/см^3) для коллектора пласта ЮС₂, приведенным в тексте диссертации (страница 37, строка 1). Выше глубины 2848 м и ниже глубины 2854 м значения плотностного каротажа варьируют в диапазоне 0.8 – 1.2, что, для сравнения, сопоставимо с плотностью пластового флюида (1.01 – 1.04 г/см^3). Возможно, здесь приведено неправильное обозначение метода или некачественные данные плотностного каротажа, диссертанту следует это проверить.
3. В диссертации написано, что максимальный перепад давлений экспериментальной установки составляет 5 атмосфер (страница 9, строка 16), а измерения проводились при перепадах от 2 до 4.5 атмосфер. По мнению автора, такие значения соответствуют бурению на репрессии с плотностью раствора до 1.3 г/см^3 при пластовом давлении более 30 МПа (страница 74, строки 1-3). Однако, если рассмотреть пласт ЮС₂, залегающий на глубине 2800 м, то, при плотности бурового раствора 1.1 – 1.3 г/см^3 , только гидростатическое воздействие на пласт будет 30.8 – 36.4 МПа, если учесть разницу с пластовым давлением 30 МПа, то получим репрессию 0.8 – 6.4 МПа, или 8 – 64 атмосфер, что уже выше заявленной характеристики установки (5 атмосфер). В реальной ситуации перепад давления еще возрастет, т.к. указанное значение пластового давления может считаться аномально высоким, из-за чего буровики, для минимизации риска нефтегазоводопроявления (НГВП), определенно утяжелят раствор до 1.2 – 1.4 г/см^3 . Более того, за счет подачи раствора на устье скважины для его циркуляции, перепад увеличится еще на 20 – 25 атмосфер. Получается, что условия в экспериментальной установке не соответствуют реальным условиям бурения.
4. В тексте упоминается, что свойства глинистой корки определяются в условиях, приближенных к пластовым (страница 3, строка 28), однако обжимное давление образца манжетой составляет 6 атмосфер (страница 62, строка 2), тогда как для пласта ЮС₂ горное давление (пластовое давление обжима) составляет более 600 атмосфер. Также в работе упоминается, что экспериментальная установка нагревалась до температуры

35 °С (страница 74, строка 7), однако характерная пластовая температура для ЮС₂ Тевлинско-Русскинского месторождения варьирует в диапазоне 80 – 100 °С. Получается, что условия в экспериментальной установке не соответствуют пластовым.

Заключение о соответствии диссертации установленным требованиям

Выполненный анализ позволяет утверждать, что диссертация Дарьи Михайловны Евменовой является самостоятельной законченной квалификационной работой, которая представляет собой исследование актуальной проблемы, характеризуется научной новизной, теоретической и практической значимостью в области исследований влияния реагентов бурового раствора на фильтрационно-емкостные свойства образцов керна.

Основные результаты диссертации изложены в 19 научных работах (3 работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ), представлены на тематических конференциях перед научной общественностью. Автореферат и публикации отражают основное содержание диссертации.

Диссертация отвечает требованиям Положения о присуждении научных степеней (утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), а её автор Дарья Михайловна Евменова заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 «Геофизика».

Я, Александр Игоревич Макаров, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук,

Главный специалист (петрофизика)

Общество с Ограниченной Ответственностью «Салым Петролеум Девелопмент» (сокращенно: ООО «СПД»)

Александр Игоревич Макаров
123242, г. Москва, Новинский бульвар, д. 31

Торгово-деловой центр ВЭБ РФ, 6-й этаж

Тел.: +7 (495) 518 97 20

E-mail: alexander.makarov@spdr.ru

Подпись Александра Игоревича Макарова заверяю:

06.03.2025

