

О ПРИМЕНЕНИИ ОТРАЖЕННЫХ, ДИФРАГИРОВАННЫХ И РАССЕЯННЫХ ВОЛН ДЛЯ ПРОГНОЗА ПЛОТНОСТИ ТРЕЩИН В РЕЗЕРВУАРАХ УВ

Птецов.С.Н., ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка НТЦ»

Аннотация

Доклад является логическим продолжением наших открытых публикаций и материалов конференций ЕАГО "Карбонатные Резервуары" по теме новых направлений комплексного тектонического анализа трещинно-кавернозных резервуаров нефти и газа для карбонатных и терригенных коллекторов. В статье рассмотрены технологии и новые результаты современной интерпретации данных 3Д сейсморазведки с применением искусственного интеллекта. Важная тема - роль рассеянных волн для анализа трещинных зон. В статье так же обсуждаются современные геологические концепции флюидодинамики, геотектоники и связанные с ними особенности поведения присбросовой трещиноватости. Делается вывод, что современная интерпретация данных 3Д сейсморазведки уже сейчас требует отказа от устоявшихся стереотипов интерпретации и линейного описания тектонических разломов, при котором теряется важнейшая информация о поведении трещинных зон.

Введение.

В интернете и открытых публикациях продолжают появляться описание технологий применения дифрагированных и рассеянных волн при решении задач изучения трещиноватости карбонатных резервуаров. Последними значимыми примерами описания такой технологии служат статья И.Федяева и Е.Ланды в журнале Геофизика в 2020 году и более поздняя статья тех же авторов с участием К. Смирнова в журнале First Break 2021 г. [1]. В них основной упор для изучения трещинных коллекторов делается на относительно новом подходе, который авторы назвали «Специальная обработка сейсмического материала методом азимутальной фокусировки рассеянных волн, направленная на анализ азимутальной изменчивости рассеянной компоненты волнового поля». Технологию такой обработки усовершенствовал К.А. Смирнов в виде дополнения к предложенному Е.Ландой и И.Федяевым теоретическому подходу. Технология реализована в виде специальной обработки по дирекционным сейсмограммам для азимутальной фокусировки и глубинной миграции. Технология нацелена на анализ азимутальной анизотропии скоростей, причем, что важно, с учетом скоростей V_p и V_s . Из новых публикаций 2022 года следует упомянуть статью авторов В.А.Чеверда, М.И.Протасова и других «Трехмерная модель нефтегазовых резервуаров на основе обработки рассеянных сейсмических волн методом гауссовых пучков», которая посвящена результатам трехмерного сейсмического моделирования на основе представлений о разломах, но не как некоторых идеальных поверхностей скольжения, а в виде трехмерных геологических тел, заполненных тектонической брекчией [2]. Для моделирования роли брекчии и геометрии этих тел была выполнена серия численных экспериментов, моделирующих геомеханические процессы формирования разломов. Для подбора параметров используемого метода дискретных элементов привлекалась информация, полученная путем геофизических исследований в горизонтальных скважинах, пересекающих разлом в пределах геологического прототипа построенной цифровой модели. С учетом нашего опыта, описанного далее, наличие брекчии в зонах разломов давно известно по данным керна. Брекчии могут подтверждать наличие трещин для анализа рассеянных и дифрагированных волн. Наше понимание модели трещин имеет более сложный вид, в основе которой лежат не только разломы, но и системы связанных с ними проницаемых трещин, которые в пространстве

связаны с кавернами. Именно такая модель следует из наших публикаций и докладов, в том числе на конференциях ЕАГО Карбонатные Резервуары, ГеоЕвразия и других на богатейшем материале данных керн и шлифов, специальных методов ГИС (ВАК и микроимиджеров) и данных высокоплотной 3Д сейсморазведки [3,4,5,6].

Главный вопрос при оценке эффективности новых подходов использования дифрагированных и рассеянных типов волн состоит в понимании степени адекватности теоретических моделей трещин их реальному описанию, в том числе оценки размеров, формы и связности трещин при моделировании пластовых и массивных резервуаров углеводородов. Не менее важный вопрос состоит в определении степени достоверности описания трещинных моделей в прямом сопоставлении не только с данными скважин, но и трехмерной высокоплотной сейсморазведки, в том числе с использованием на сегодня наиболее информативных типов продольных и обменных отраженных волн.

Методы анализа.

Экспериментальные результаты всегда определяли направления развития новых технологий интерпретации. Это особенно очевидно сейчас, когда многие из теоретических основ, созданных нашими учеными, при развитии моделей трещиновато-кавернозных сред изрядно подзабыты, а сами новые теоретические модели резервуаров не в полной мере адекватны экспериментальным данным. Этого факта уже нельзя не замечать. Именно базовые положения теории распространения сейсмических волн [6,7,8,9,10] должны быть положены в основу современных сложнейших сеточных математических моделей трещинных резервуаров и применения суперкомпьютеров для их численного моделирования. Этот вопрос потребует особого внимания, поскольку появились новые результаты исследований трещин в карбонатных породах внутри резервуаров УВ в скважинах, в исследованиях на керне и исследованиях фильтрационных свойств коллекторов, приведенные в российских изданиях. И это при том, что тема трещинных резервуаров давно и открыто обсуждается в интернете, а в России ежегодно обсуждается уже почти десять лет - на специальных конференциях Карбонатные Резервуары, Геомодель, ГеоЕвразия и других, не менее известных отраслевых конференциях. Менее активно эта тема обсуждается на конференциях SEG, SPE и EAGE, в основном, в США, на Ближнем Востоке и в Канаде. За это время появились новые факты, гипотезы, результаты, проверенные бурением, которые могли бы помочь при разработке новых подходов при использовании отраженных и рассеянных волн. Тем не менее, факт наличия неадекватных моделей трещин по-прежнему остается. Мифы о моделях трещин требуют обсуждения, иначе они могут вводить в заблуждение специалистов, которые начинают заниматься проблемой трещиноватости. Еще раз отметим, что большой фактический материал опубликован на обновленном сайте ЕАГО eago.ru, в том числе в разделе конференций Карбонатные Резервуары в материалах, собранных там в виде расширенных тезисов и презентаций за 2015-2021 годы.

Мифы и реальность при экспериментальном описании и прогнозе кавернозно-трещинных резервуаров.

Первый миф состоит в том, что трещины с поперечным сечением в первые миллиметры нельзя увидеть в волновом поле на сейсмограммах и кубах.

Это действительно так, однако в природе одиночные трещины таких размеров хотя и важны для проницаемости по данным керн, но в задачах разработки резервуаров одиночные и непроницаемые трещины принципиальной роли не играют. Доказано, что на перемещение флюидов реально работают сети трещин, связанные с кавернами мелких и крупных размеров и проницаемыми разломами. Эта модель трещин доказана исследованием шлифов, полученных по керну из кавернозно-трещинных резервуаров [3,4]. Этот миф опровергают

многолетние экспериментальные результаты прогнозирования трещинных резервуаров, полученные и по данным 3Д сейсморазведки, в том числе при моем личном участии. Начало было положено публикацией результатов комплексной интерпретации и построением пластовой геологической модели пористости и проницаемости для месторождений Варандей и Торавей, опубликованные нами на конференции EAGE в Санкт-Петербурге в 2008 году [13]. На приведенном ниже рисунке 1 показаны такие примеры описания межзерновой пористости и трещинной проницаемости на основе глубинной миграции, анализа атрибутов псевдоскорости по данным акустической инверсии и атрибута когерентности по отраженным волнам, пористости по скважинам и керну. Затем в период 2010-2015 годов была выполнена обработка и комплексная интерпретация с объединением нескольких 3Д съемок на территории 1100 кв км на Центрально-Хорейверском поднятии (ЦХП), включающем более десятка нефтяных месторождений, в том числе на Северо-Хоседаюском, Западно-Хоседаюском, Сихорейском, Сюрхаратинском и других месторождениях [6,13].

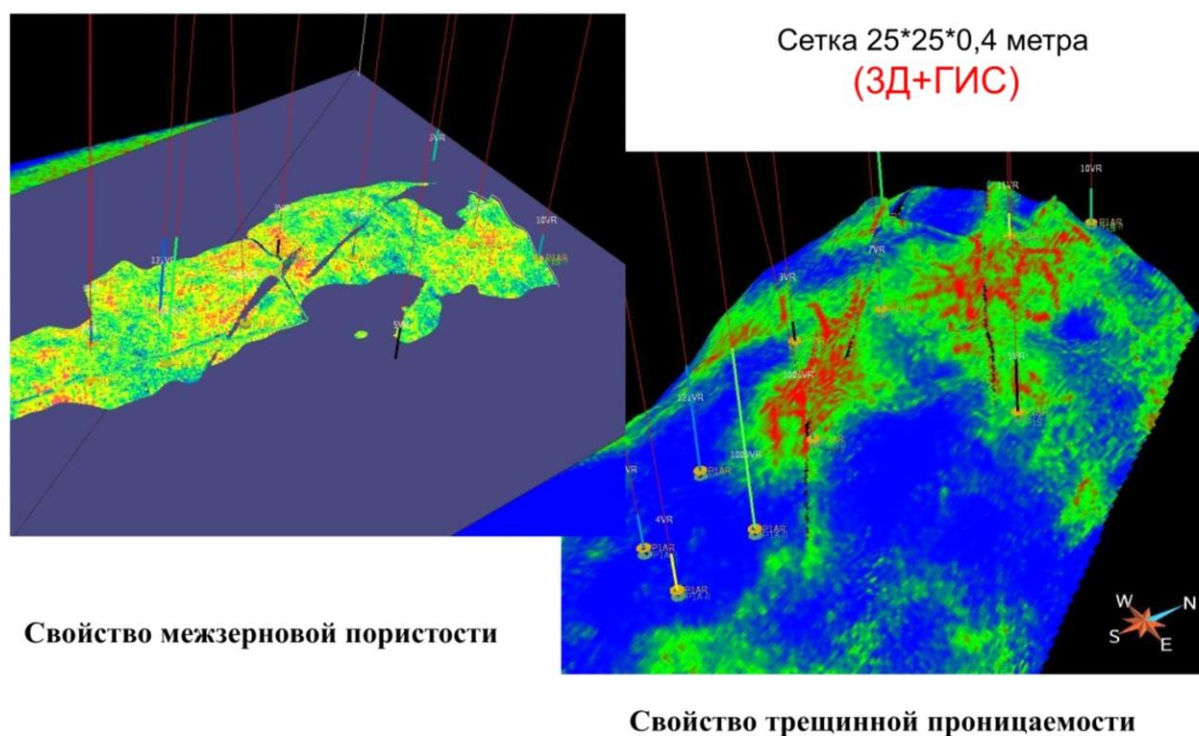


Рис.1 Примеры описания межзерновой пористости (слева) и трещинной проницаемости (справа) на основе геологического моделирования пласта.

На рисунке 1 пересекающие пласт по диагонали темные линии на поверхности свойств пористости и проницаемости показывают положение в пространстве крупных проницаемых разломов с амплитудой до 30 метров. Красным цветом на этих поверхностях вблизи разломов показаны зоны с повышенной плотностью присбросовых трещинных зон, состоящих из связанных между собой систем каверн и сети трещин. Эти факты доказаны бурением.

В последующем, в период 2015-2021 годов, этот опыт был развит на данных 3Д

сейсморазведки высокого качества, керна и специальных методов ГИС в Косью-Роговской впадине в том же Тимано-Печорском регионе [14,15,16]. Хотелось бы особо отметить, что стандартные методы каротажа не позволяют изучить проницаемость и крайне низкую пористость до 5% в карбонатных резервуарах. Это оказалось возможным благодаря большой статистике (до нескольких десятков на каждом из месторождений) скважин, в которых получены материалы спец-методов ГИС и применения специальных атрибутов отражений для анализа трещиноватости по результатам глубинной миграции и синхронной инверсии.

На следующем рисунке 2 демонстрируются фотографии керна в породах нижней перми вблизи таких трещинных зон. Размеры связанных по вертикали систем и зон трещин могут достигать десятков метров. Часть этих трещин являются проводящими УВ. Это уже не миллиметры одиночных трещин, которые сейсмика не может описать. Точная привязка по глубине позволяет идентифицировать эти зоны с сейсмическими аномалиями когерентности с точностью по глубине до 6 метров и 50 метров по горизонтали. Это дает возможность измерить сейсмические атрибуты в цифровом виде и анализировать их на гистограммах и кроссплотах связи с ГИС, устанавливать зависимости между акустическим импедансом и пористостью по скважинам, а так же между связи плотности трещин в скважинах и атрибутом сейсмической когерентности. Кроме керновых данных, полученных с применением современных технологий извлечения и сохранения структуры и свойств каменного материала, исключительную роль играют скважинные исследования. Для изучения трещин и их проводимости сейчас широко применяются технологии специальных методов ГИС и промыслово-геологических исследований. Особую роль при исследовании кавернозно-трещинных коллекторов следует отвести материалам микроимиджеров и волнового акустического каротажа [4,5].



Рис.2 Фото керна в породах нижней перми вблизи разломов, которые были пересечены стволами скважин.

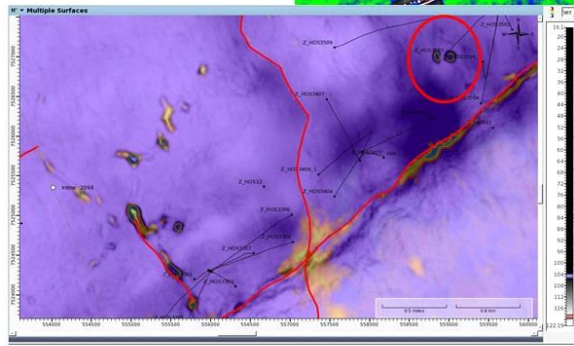
Пример применения технологии обработки и интерпретации материалов акустических методов ГИС в сочетании с данными микроимиджеров для прогнозирования ФЕС убедительно и многократно показан Симоненко Е.П. и Долгиревым С.С. (компания ПоморГЕРС, 2017 г). В результате последующей детальной обработки и интерпретации комплекса всех методов ГИС, включая волновую акустику и керн, удалось выявить менее очевидные на микросканерах трещины и оценить их проницаемость, в сочетании с оценкой литологии и характера насыщения. В этих работах показаны примеры обнаружения на глубинах 2473-2476 м крупных субвертикальных и наклонных трещин, выделения обособленных каверн в породах, зон вторичных изменений трещин и признаки залечивания трещин глинистым веществом. На следующем рисунке 3 приведен пример карты атрибутов отражений, связанных с плотностью трещин, калиброванных по данным волнового акустического каротажа и FMI – микроимиджеров, для месторождений Центрально-Хорейверского поднятия - ЦХП. Наибольший интерес для нас представляют аномальные зоны, располагающиеся внутри контуров ВНК на локальных поднятиях и в окрестности нарушенных зон. Эти зоны, раскрашенные коричневыми полутонами, характеризуют области повышенной плотности трещин. Можно определенно выделить скважины с относительно высокой удельной продуктивностью, которые попадают в зоны повышенной трещиноватости. Вряд ли можно делать заключения о достоверности связи таких атрибутов с дебитами. Слишком много факторов, например пластового давления, влияющих на дебиты в скважинах помимо плотности трещин. Но по значимости этот параметр стоит на одном из первых мест.

Особую роль при бурении и разведке месторождений в условиях сдвиговой тектоники играют крупные тектонические каверны, которые связаны с многочисленными трещинами и поведением зон аномально высокого пластового давления. Пример выявления карстовых воронок по данным 3Д сейсморазведки на основе специальных методов резонансной спектральной декомпозиции, показан на рисунке 3. Под резонансной спектральной декомпозицией понимается специальная настройка выделения аномалий когерентности в объеме в частотной области на резонансные частоты, которые отвечают всплеску аномалий в доказанной по FMI и данным бурения, в области наличия проводящих трещин. На рисунке показаны карты резонансной когерентности по поверхности трещинно-кавернозного слоя. Хорошо видны показанные синим цветом извилистые следы оперяющей трещиноватости вблизи тектонических нарушений.

Такие примеры поведения трещин и каверн известны не только для карбонатных, но и для терригенных резервуаров, не только в Тимано-Печоре, но и во многих нефтегазовых регионах, в том числе в арктической зоне Западной Сибири.

Одним из эффективных способов оценки и описания азимутов трещинных зон являются способы фрактального анализа изображений (Масюков В.В., 2018). В этих работах приведен пример работы этого способа обработки изображений в сопоставлении с первоисточником-структурной поверхностью и объемными атрибутами когерентности [12]. Отметим, что под поверхностью может пониматься не только рельеф любой поверхности от дневной поверхности до глубинной или временной по данным сейсморазведки, но так же, по данным космоснимков.

Цветовое смещение карт амплитуд на резонансных частотах в диапазонах частот 5-80Гц и карты когерентности



Горизонтальный срез куба спектральной декомпозиции резонансных частот 40-80 Гц после глубинной миграции под макрокаверной (H=1940м)

Спектральная декомпозиция резонансных частот после глубинной миграции (Птецов С.Н., 2015 г.)

Рис 3 Пример обнаружения оперяющих трещин после применения резонансной спектральной декомпозиции.

Второй миф – дифрагированные и рассеянные волны способны описать разломы и плотность трещин.

Для анализа реальных кавернозно-трещинных резервуаров на основе отраженных волн использование дифрагированных и рассеянных волн тоже имеет **важное, но все же второстепенное значение**. Во-первых, потому что амплитуды рассеянных и дифрагированных волн в сотни раз меньше амплитуд отраженных волн. Их сложнее оценить, именно поэтому нужна такая усложненная и дорогая специальная обработка сейсмограмм, включая азимутальные и угловые сейсмограммы. Во-вторых, анизотропия скоростей - это виртуальный атрибут, определяющий отношение скоростей вдоль и поперек напластования, а не физический атрибут описания скорости в трещинной породе. Этот атрибут обычно представляет размытое облако и просто не может быть использован при описании глубин проницаемых пластов и массивных резервуаров и их толщин. Его невозможно сопоставить по глубине со стратиграфией, литологией и со скоростями пород на основе акустического каротажа, скоростью на керне и т.д. В нашем случае все типы сейсмических волн измеряются на поверхности. В том числе это справедливо и для полей рассеянных волн. Для измерения глубин кровли пластов, их толщин и свойств пород и идентификации возраста пластов нужен переход от масштаба времен к измерениям в глубине. Это обеспечивается измерением скоростей в скважинах методами ВСП и акустического каротажа и пересчетом трехмерных измерений из времен в глубины. Этот принцип всем известен со студенческой скамьи и многим понятен, но цифровые технологии на глазах меняют представления о точности измерений глубин, толщин пластов, открывают и связывают между собой новые источники данных о свойствах среды по скважинным данным и наземным данным 3Д съемок.

Возьмем для примера такое свойство, как характеристику тектонических разломов и оперяющих эти разломы трещин. Для измерения плотности трещин в таких областях требуется не модель анизотропии скоростей, а более простой и физически понятный сейсмический атрибут, измеряющий деформацию напластования пород со смещением или без смещения, но с дроблением пластов. Зоны не нарушенной тектоникой слоистости пород принято назвать

матрицей, а зоны деформации слоистости относятся к локальным, обычно суб-вертикальным трещинно-кавернозным областям. Эти зоны резко различаются по проницаемости. Особенно это важно для слоистых кавернозно-трещинных коллекторов, нарушенных только в зонах разломов и присбросовой трещиноватости в условиях сдвиговой тектоники. Этот атрибут всем давно известен и называется когерентность, а новые специальные методы анализа рисунка трещин называются фрактальным анализом трещин на основе когерентности. Без специальных скважинных методов каротажа типа микроимиджеров и волнового акустического каротажа, прямо измеряющих трещины в стволе скважины, сделать комплексную интерпретацию трещиноватости в сочетании с 3Д сейсморазведкой, оценить плотность трещин и их азимутальность между скважинами нельзя.

Главный вопрос оценки эффективности этих различающихся по физическому смыслу подходов использования дифрагированных и рассеянных типов волн в сравнении с анализом продольных и обменных отраженных волн состоит в понимании степени адекватности теоретических моделей трещин их реальному описанию, в том числе понимания размеров, формы и связности трещин при моделировании пластовых и массивных резервуаров углеводородов. Очень многое для такой оценки определяется геологическими условиями образования трещинных зон. Комплексирование описанных выше подходов с геологическими концепциями геодинамической интерпретации многое проясняет в моделях трещинных резервуаров и резко снижает риски бурения новых скважин.

Современная интерпретация данных 3Д сейсморазведки, особенно с применением алгоритмов искусственного интеллекта, уже сейчас требует отказа от устоявшихся стереотипов линейного описания тектонических разломов. В нашем докладе на КР2021 показано, до какой степени детальности и диапазона глубин может быть доведена современная интерпретация, которая находится в активной фазе развития [15].

Дальнейшие перспективные направления развития комплексной интерпретации на основе геотектоники и флюидодинамики.

Существенную роль в новом прочтении волновой картины оказали публикации наших коллег российских геологов из РГУ и НГим. И.М.Губкина – А.В. Бочкарева, А.В. Лобусева и М.А. Лобусева [11,12,13]. В основе этих работ лежит флюидодинамическая концепция, разработанная в 1980 г. Б.А.Соколовым, под которой понимается периодическая восходящая миграция УВ растворов, нефтей, газа и воздействие этих флюидов на осадочные породы. На основе анализа современных геолого-геофизических данных, эти авторы существенно дополнили и развили модели нефти и газогенерации в крупных регионах России, таких как Предкавказье и Арктический сектор Западной Сибири. Эти выводы были аргументированно представлены на прошлогодней конференции КР2021 [16]. По их заключениям, в современных условиях материнские отложения в передовых прогибах этих регионов, в наиболее погруженных областях, являются масштабным источником УВ, в результате чего на большей их части при решающем влиянии газовых потоков на миграционных путях, господствует газовая среда. Поднимаясь по трещинам, растворы с УВ пересекают горизонты с относительно низким пластовым давлением и температурой, в сравнении с очагами генерации УВ и насыщают их газом и нефтью. Допускается, что очаги генерации УВ могут находиться и в более глубоких сферах Земли, а вертикальная миграция УВ связана с глубинными разломами. Это явно следует из примеров применения теории и практики в Арктической зоне Западной Сибири. Под влиянием горизонтального сжатия, сдвига и коробления слоев появилось подавляющее число складчатых зон, валов, приразломных складок на суше и в Карском море. Геодинамические процессы способствовали значительному приросту амплитуд положительных структур и образованию новых валообразных и локальных поднятий (Г.Н. Гогоненков, В.И. Ермаков, В.А. Скоробогатов, А.В. Хабаров и др.). Сопоставление образующихся при одностороннем сжатии валообразных структур свидетельствует о разных

значениях амплитуд на различных глубинах: от 100 до 500 м для большого числа симметричных складок (Бованенковская, Нейтинская, Арктическая, Новопортовская и другие). Простираение складчатых структур ортогонально направлению сжимающих напряжений, за счет которых происходит смятие и коробление слоев с образованием эшелонированных систем субпараллельных валов с амплитудами до сотен метров, а также перемещения пород, в том числе по плоскостям сместителей разрывных нарушений. В результате сжатия в Арктическом регионе исчезли сводовые структуры, превратившиеся в крупные мегавалы и более мелкие валообразные и протяженные антиклинали, осложненные разрывной тектоникой, тогда как к югу от Полярного круга сводовые (в том числе и крупные) сооружения сохранились. Интенсивная реализация газоматеринского потенциала юрских отложений (прежде всего субугленосных нижнесреднеюрских), обеспечивает заполнение разноразмерных ловушек (до гигантских включительно) УВГ и приводит к формированию новых газовых и газоконденсатных месторождений, к переформированию и разрушению нефтяных залежей и в целом к доминированию газовой компоненты по всему разрезу отложений (соотношение природного газа к нефти 94:6). Это обуславливает преимущественную газоносность всего разреза осадков, залегающих над очагом интенсивного газообразования.

Выводы.

Достоверным источником информации о разломной тектонике вполне могут быть данные интерпретации тектоники для глубинных суперкубов на основе 3Д сейсморазведки, адекватные по размерам и детальности исследуемым структурам, тектоническим разломам и сбросо-надвигам (сейчас это размеры суперкубов порядка 1000 кв.км, но лучше пригодны кубы с размерами 4000 кв км). Современная интерпретация данных 3Д сейсморазведки, особенно с применением алгоритмов искусственного интеллекта, уже сейчас требует отказа от устоявшихся стереотипов линейного описания тектонических разломов, при котором теряется важная информация о флюидодинамике, геотектонике и поведении трещинных зон, обоснованных данными бурения. Необходим принципиально новый подход к объемному анализу суперкубов с применением новых концепций геодинамики и флюидодинамики, упомянутых выше.

Предложенные в 2015 году А.В.Постниковым, О.В.Постниковой и их коллегами из РГУиНГ, четыре иерархических уровня, определяемые минеральным составом, структурой, текстурой пород и организацией породных ассоциаций, подтвердили свою актуальность и в 2021 году с учетом накопленного коллегами и нами опыта. Вполне естественно, что новые данные, полученные за последние годы с применением спец-методов ГИС и 3Д сейсморазведкой, вполне вписались в эту классификацию уровней. Можно считать экспериментально доказанным факт, что в зоне тектонического воздействия на породы в матрице пород появляются связанные проницаемыми трещинами каверны, которые объединяются в зоны трещиноватости на мезо и макроуровнях. При флюидодинамическом воздействии минерализованных растворов на породу эти зоны меняются и в результате воздействия выщелачивания и давления появляются новые каверны и трещины – это вторичная пористость и проницаемость, которые могут повышать коллекторские свойства, особенно для газа. Если на микроуровне, грубо говоря, нужен микроскоп, на мезоуровне нужен каротаж, то на мегауровне требуется 3Д сейсморазведка. Каждые со своей разрешающей способностью, но требующие адекватного позиционирования в пространстве и, главное, по глубине. Это не простая, но уже сегодня решаемая задача.

Данные спец-методов ГИС (волновая акустика и микроимиджеры) доказывают, что некоторые одиночные крупные трещины могут достигать в длину нескольких метров и даже

десятков метров, а параметр плотность трещин является общим для всех методов изучения трещин. Вторым по информативности универсальным параметром при описании трещин является азимут трещин. Микроимиджеры и волновая акустика в сочетании с 3Д сейсморазведкой являются наиболее информативными геофизическими методами при описании кавернозно-трещинных резервуаров нефти и газа.

Приведенные в работе материалы подтверждают, что с накоплением опыта тектонической интерпретации материалов трехмерной и профильной сейсморазведки с целью изучения кавернозно-трещинных резервуаров на основе комплексной интерпретации в сочетании с данными скважин, и доказывают очевидность того факта, что при описании разломов и связанных с ними трещинных зон, совершенно неприемлема их грубая линейная аппроксимация геометрии. Требуются более адекватные модели трещиноватости как при описании, так и при математическом моделировании, особенно гидродинамическом моделировании фильтрационных потоков и ресурсов углеводородов.

Литература

1. Федяев И.А., Ланда Е.И. «Анализ сейсмограмм общей точки изображения в области локальных углов» ж-л Геофизика № 3, 2020 г. с. 10–16.
2. Чеверда В.А., Протасов М.Н., Лисица и др. «Трехмерная модель нефтегазовых резервуаров на основе обработки рассеянных сейсмических волн методом гауссовых пучков», Геология и геофизика, 2022, т.63, №1, с.130-146
3. Постников А.В., Постникова О.В., Хасанов И.И., Козионов А.Е, Алмазов Д.О. «ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНОГО ПРОСТРАНСТВА КАРБОНАТНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ». Материалы конференции ЕАГО Карбонатные резервуары 2015. Москва.
4. Симоненко Е.П., Долгирев О.А., Кириченко Ю.В. Манонова Р.Н, Скороходова Т.Б., Чеусов А.В. «ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ КЕРН – ГИС – РАЗРАБОТКА» Материалы конференции ЕАГО Карбонатные резервуары 2016. Москва.
5. Баюк И.О., Добрынин С.В., Рыжков В.И. «ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕД ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ОЦЕНОК ВЕЛИЧИН ТРЕЩИННОЙ ПОРИСТОСТИ ПО ДАННЫМ КРОСС-ДИПОЛЬНОГО КАРОТАЖА». Материалы конференции ЕАГО Карбонатные резервуары 2015. Москва.
6. Птецов С.Н., Чайковская Э.В., Алексахин Ю.Г. «ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗОН ТРЕЩИНОВАТОСТИ В КАРБОНАТНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ ПО ДАННЫМ 3Д СЕЙСМОРАЗВЕДКИ, СПЕЦИАЛЬНЫМ МЕТОДАМ ГИС, КЕРНА И ГДИ.» Материалы конференции Геомодель 2010. Геленджик.
7. Кац С.А. Птецов С.Н. Спектральный анализ поля регулярных сейсмических волн и шумовых помех. Известия АН СССР, сер. Физика Земли, 1978 г., №1, с.110-114.
8. Мешбей В.Й. Использование разновременного анализа при обработке данных многократных перекрытий. Обзорная информация. Сер. "Нефтегазовая геология и геофизика". М.ВНИИОЭНГ, 1980, с.38-42.
9. Козлов Е.А. «Миграционные преобразования в сейсморазведке» М. изд. Недра, 1986 г. с. 247.
10. Ланда Е.И. «Роль дифракционной компоненты волнового поля при построении сейсмических изображений», ж-л Технологии сейсморазведки № 1, 2013 г. с. 5 – 31.
11. Протасов М.И., Базайкин Я.В. «Практические аспекты построения дифракционных изображений и их топологического анализа для локализации и характера зон трещиноватости» ж-л Геофизика № 3. 2020 г., с. 2–9.

12. Шленкин С.И., Масюков В.В., Юрченко О.С. «МУЛЬТИМАСШТАБНОЕ СУПЕРРАЗРЕШЕННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ТРЕЩИННОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО АЛГОРИТМА ЕСТЕСТВЕННОГО РОСТА ФРАКТАЛЬНЫХ СТРУКТУР» // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2018. №11, с.40-51
13. Птецов С.Н., Спунгина Е.В., «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПЛАСТА. GEOLOGICAL GRID CELL RESERVOIR MODELING, BASED ON 3D SEISMIC AND WELL LOG DATA» Материалы конференции EAGE, Санкт-Петербург, 2008 г.
14. Птецов С.Н. «ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ЗД СЕЙСМОРАЗВЕДКИ». Материалы конференции ЕАГО Карбонатные резервуары 2020, Москва.
15. П.А. Авдеев *(ООО «ГПД»), С.Н. Птецов (НТЦ ГЕОТЕК), И.В. Быкадоров (НТЦ ГЕОТЕК), А.К. Базанов (ООО «ГПД»), И.И. (ООО «ГПД»), Ефремов (ООО «ГПД»), Р.Ф. Мифтахов (ООО «ГПД») ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕКТОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НАРУШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА. Материалы конференции ЕАГО Карбонатные резервуары 2020, Москва.
16. М.А. Лобусев, А.В. Лобусев, А.В. Бочкарев, Ю.А. Антипова, Л.Н. Салахова (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина «Влияние геодинамики на формирование Арктической газоносной провинции на севере Западно-Сибирского мегабассейна» Материалы конференции ЕАГО Карбонатные резервуары 2021, Москва.