

Присбросовая трещиноватость терригенного коллектора (на примере месторождений Западной Сибири)

А.В. Лобусев, М.А. Лобусев, Ю.А. Антипова, А.В. Бочкарев

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Введение.

Одной из причин несоответствие между проектными технологическими показателями и фактически сложившимися условиями разработки месторождения может быть принятая ранее концепция его пликативного геологического строения. Повсеместное присутствие разрывной тектоники и развитие трещиноватости в терригенных коллекторах меняют представления о строении залежей и пространственном распределении фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пород месторождения (*Лобусев А.В., Лесной А.Н., Бочкарев А.В., Бронскова Е.И., и другие*).

Цель работы - создание корректной модели разломов с учётом тектонофизических законов их образования для прогнозирования высокопродуктивных фильтрационных интервалов пород характеристик присбросовых зон.

Объект исследования, изученность и методы исследования.

Проблема рассмотрена на примере Ватьеганского нефтяного месторождения (Сургутский район Тюменской области). Ведущий объект разработки и основная добыча сосредоточены в пластах АВ₁₋₂, которые разбурены плотной сеткой (около 4,5 тысяч) скважин. С целью получения реального представления о геологическом строении месторождения по его периферии проведена сейсморазведка по профилям 3D высокого разрешения совместно с интерпретацией геолого-геофизического материала пробуренных скважин. В процессе разбуривания по технологической сети и особенно в процессе эксплуатации месторождения стало очевидным, что методами сейсморазведки установлены далеко не все особенности геологического строения юрских залежей. Поэтому на месторождении применен комплекс методов выделения (проверки наличия после сейсмических указаний) и локализации зон малоамплитудных дислокаций и прогнозирования изменения ФЕС в приразломных продуктивных участках пласта ЮВ₁: гидропрослушивание, методы закачки трассерных индикаторов, исследование коэффициента светопропускания (КСП), исследования керна, сейсмофациальные, электрофациальные анализы, изучение характера изменения пластовых давлений по разные стороны от нарушений, а так же геологические методы анализа толщин, уровней контактов ВНК, проективной геометрии [1, 3-9]. Наряду с этими видами работ, проводилось уточнение сейсмогеологической модели, адекватной гидродинамической модели, а также детально рассмотрены эксплуатационные характеристики скважин по всей площади месторождения и, особенно на тех участках, где обнаружилось противоречия между моделями [5, 8, 9].

Выделение, трассирование и изучение условий формирования разрывных нарушений.

С ростом числа пробуренных скважин становится очевидным все более сложное строение месторождения. В результате была установлена сеть разрывных нарушений, формирующая сложный разломно-блоковый характер строения месторождения. Такое положение указывало на необходимость анализа и учета влияния, дополнительно выделяемых различными геолого-промысловыми методами разрывных нарушений, формирование и современное размещение начальных и остаточных запасов УВ в разрезе продуктивных отложений. Одним из важнейших результатов стало установление в терригенных продуктивных отложениях трещинной составляющей коллекторов (*Лобусев А.В., Лесной А.Н., Бочкарев А.В.*).

По трассерным исследованиям скважин и пластов оценивались гидродинамические связи добывающих и нагнетательных скважин на основе анализа истории разработки [1, 5, 8, 9]. Наиболее привлекательной стороной данного способа выявления и прослеживания

разрывных нарушений является возможность картирования малоамплитудных сбросов (до 10 м). Такие малоамплитудные разломы находятся за пределами чувствительности существующих стандартных методов сейсморазведки, но достаточно уверенно трассируются по индикаторным исследованиям и другим дополнительным методам. На рис. 1 показаны участки на Ватьеганском месторождении, где в результате проведенных трассерных исследований установлено, в одном случае, присутствие разрывного нарушения (участок южнее А), а в другом, отсутствие тектонических экранов (участок Б) на пути перемещения индикаторной жидкости по пласту (Саулей В.И., Мамяшев Т.В., Руденко В.Н., Ахметова О.З., 2008).

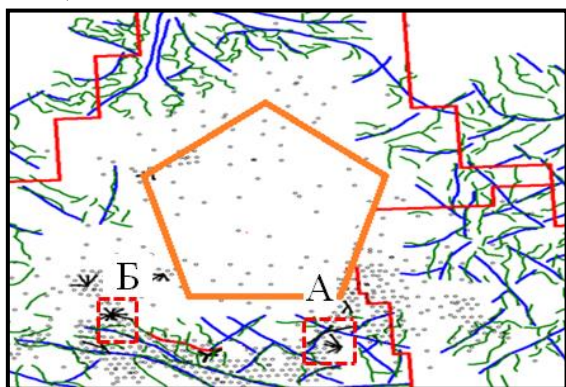


Рис. 1. Схема размещения сети разрывных нарушений по материалам сейсморазведки 3D. 1 - 3 разрывные нарушения (сбросо-сдвиги) по данным бурения, сейсморазведки и трассерных исследования; 4 – скважины, в которых проводились трассерные исследования; 5 – скважины различного назначения; 6 – рассмотренные участки трассерных исследований; 7 – территория (А) месторождения, не охваченная сейсморазведкой по техногенным причинам

В реальных условиях сбросы, как правило, являются экранами и препятствуют латеральной миграции УВ [1]. В присбросовой зоне формируется разнонаправленная или преимущественно вертикальная трещиноватость пород, с последовательно убывающей плотностью трещин ортогонально от сброса. При этом, как будет показано ниже, установлена прямая связь продуктивных и высокодебитных скважин с локальными зонами проницаемости и улучшения емкостно-фильтрационных свойств пород в приразломных зонах (рис. 2) [6, 7, 9].

Трассерные исследования свидетельствуют о непрерывности разрывных нарушений в отличие от сейсмических исследований зачастую «не видящие» продолжения многих разрывных нарушений. Кроме того, индикаторные исследования, наряду с другими методическими приемами, позволяют достаточно точно определять и изучать наличие и местоположение тектонических нарушений.

В качестве примера показана процедура выделения разрывного нарушения, когда в процессе обоснования водонефтяного контакта залежей обнаружилось изменение контактов по пласту Ю₁ на 20 м и более (рис. 2) [3, 4]. Ранее обоснование наклонных контактов

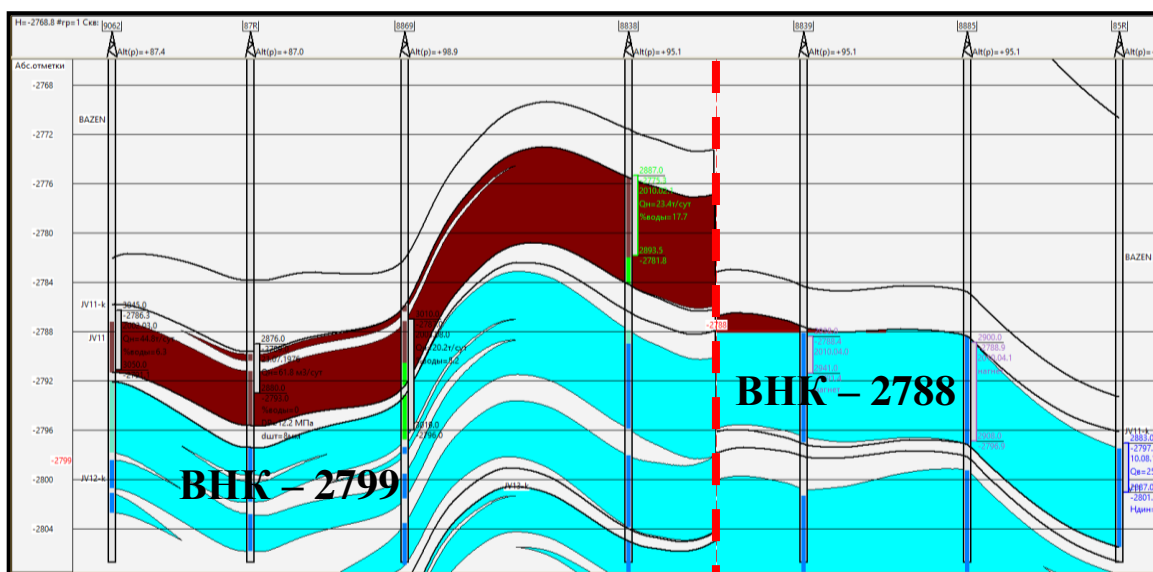


Рис. 2. Геологический разрез по линии скважин 9062, 87R, 8869, 8838, 8839, 8885, 85R.

связывалось с литологической неоднородностью пласта и наличием предполагаемых зон замещения коллекторов. Основная проблема данного пласта — это преждевременное обводнение скважин и низкое забойное давление. В результате обводнения и истощения давления происходит нерациональное освоение запасов и преждевременное выбытие скважин из разработки. Совместное подробное изучение геологического строения пласта Ю₁ и данных работы скважин выявило наличие на месторождении тектонических нарушений, разделяющих залежи пласта на отдельные блоки, которые не были выделены по данным 2D сейсморазведки [3, 4].

На рис. 3 представлена схема формирования продуктивного пласта песчаника присбросовой зональности коллекторских свойств и закономерных изменений дебитов нефти в скважинах на разном расстоянии от сброса. В процессе формирования конседиментационного сброса и многократных подвижек всяческого блока в плоскости сместителя нарушения энергия, вызывающая движение, накапливается в форме упругих напряжений пород. Когда напряжение достигает критической точки, превышающей силу трения, происходит резкий разрыв пород с их взаимным смещением по плоскости разрыва; накопленная энергия, освобождаясь, вызывает ударные волны. По направлению распространения ударных волн и сейсмических колебаний в соответствующих зонах аномального уплотнения пород (ЗАУ) формируются коллекторы различных типов и ряды продуктивности пласта (а, б, в) с близкими для каждого ряда интегральными показателями ФЕС пласта (типом коллектора) [1, 3, 4, 8, 9]. В зависимости от ширины межразломного пространства и от расстояния до протяженных сбросо-сдвигов, установлено до трех рядов продуктивности скважин с близкими для каждого ряда интегральными показателями ФЕС пласта (типом коллектора) (рис. 4).

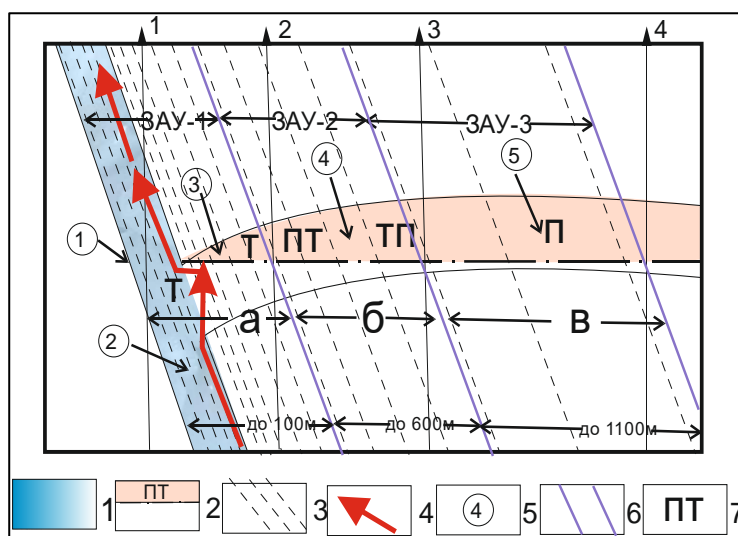


Рис. 3. Типы коллекторов продуктивного пласта и интервалы различной продуктивности скважин в присбросовой области в зависимости от расстояния до плоскости сместителя сбросо-сдвига. 1 - зона дробления пород в плоскости сместителя нарушения; 2 - типы коллекторов: Т - трещинный; ПТ - порово-трещинный; ТП - трещинно-поровый; П - поровый; 3 - присбросовая вертикальная трещиноватость пород; 4 - направление движения и поступления в залежь пластовых флюидов; 5 - место взятия образцов керна; а, б, в - соответственно, первый (ЗАУ-1), второй (ЗАУ-2), третий (ЗАУ-3) ряды продуктивности.

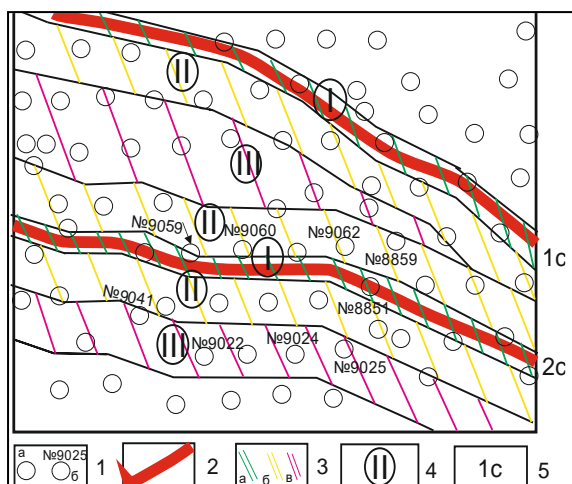


Рис. 4. Ряды различной продуктивности скважин в зависимости от расстояния до плоскости сместителя сбросо-сдвига на исследуемом участке Ватъганского месторождения. 1 - добывающие скважины (а), в том числе участвующие в анализе (б); 2 - сбросо-сдвиги (1С и 2С); 3 - ряды продуктивности: а - первый ряд (ЗАУ-1); б - второй ряд (ЗАУ-2); в - третий ряд (ЗАУ-3); 4 - индексы рядов; 5 - индексы сбросо-сдвигов

Распределение ФЕС и физико-химических свойств продуктивных пластов.

Анализ истории разработки Ватъеганского месторождения выявил закономерные зональные изменения ФЕС пород по направлению к протяженным разрывным нарушениям и прямую связь продуктивных и высокодебитных скважин с локальными зонами проницаемости, а также улучшения плотностных и фильтрационно-емкостных свойств пород в приразломных зонах [6, 7, 9]. Такой анализ становится возможным в связи с наличием достаточного для последующего создания реальной геолого-гидродинамической модели залежи количества добывающих скважин в присбросовых зонах [4, 5, 8, 9]. За длительную разработку рассматриваемой залежи было установлено, что нефть содержится в трещинах и порах, соотношение которых меняется по мере удаления от дизъюнктивного нарушения [6, 7].

Ниже рассмотрена флуктуация свойств пород и зональное размещение типов коллекторов в области влияния разрывного нарушения на примере юрского продуктивного песчано-алевролитового пласта ЮВ₁¹ Ватъеганского месторождения.

Визуально зоны дробления пород изучаются в шахтных выработках, в обнажениях и по керну. В лежачем крыле по направлению к плоскости сместителя нарушения (начиная с 10 м) наблюдается тенденция к увеличению пористости (от 22,4 до 23,4 %), а в висячем крыле – к уменьшению пористости аргиллитов и алевролитов (с 21,3 до 19,1 %). Показатели объемной массы породы распределяются обратно пропорционально в пределах (2,13 - 2,27) 10³ кг/см³. Установлено, что в висячем крыле аргиллиты уплотняются. При удалении от плоскости сместителя нарушения различия в свойствах пород сглаживаются до фоновых по пласту (пористость 21,6 %) [1]. По данным В.Е. Григорьева и др. (1988), анализ изменения физико-химических свойств пород по направлению к разрывному нарушению показал последовательное увеличение степени преобразованности пород, особенно в зоне непосредственного контакта со сместителем, а также изменение его химического состава (содержание углерода увеличивается на 1-2 %) и физических свойств (пористость уменьшается на 2-3 %, влажность – на 0,5 %). Именно такие максимально деформированные трещинами участки вовлекаются в зону дробления пород при последующих подвижках по сбросу (рис. 5). Ширина зоны максимальной трещиноватости пород зависит от амплитуды разрывного нарушения. Эту зону крайней неустойчивости пород называют критической или предельной. Протяженность таких зон пропорциональна амплитуде смещения по разрыву и составляет 0,5 – 10 N (N – нормальная амплитуда смещения).

Изменение ФЕС нефтегазоносных пластов-коллекторов в приразломных зонах и ранее привлекало внимание к себе. Так, установлено, что вдоль сбросов Западной Сибири формируются узкие зоны уплотненных пород (Беспалова С.Н., Бакуев О.В., 1995). Изучение пород в присбросовых зонах Ватъеганского месторождения позволило установить, что изменения пород носят зональный характер с более сложной структурой пустотного пространства коллектора.

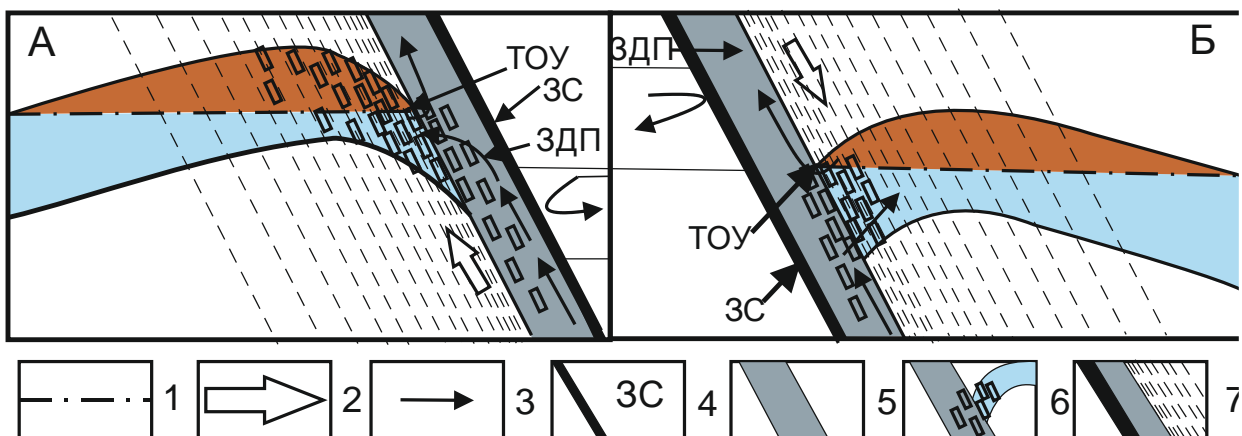


Рис. 5. Положение зеркала скольжения и зоны дробления пород по отношению к формирующейся постседиментационной (А) и конседиментационной (Б) складки. 1 - продуктивный пласт и ВНК

залежи; 2 - направление движения активного блока; 3 - направление миграции УВ; 4 - плоскость сместителя (зеркало скольжения) сброса; 5 - зона дробления пород (ЗДП); 6 - фрагмента пласта, вовлекаемого в ЗДП; 7 - присбросовая трещиноватость пород.

Известно, что трещины образуются в плотных породах. В направлении увеличения плотности пород растет и количество трещин на единицу объема. В соответствии с растущей к разрыву плотностью терригенных пород в присбросовой зоне формируется разнонаправленная или преимущественно вертикальная трещиноватость пород с последовательно убывающей от сброса плотностью трещин. Количество и многостороннее взаимодействие трещин максимальны в зоне наибольшего уплотнения пород (ЗАУ-1). За счет большой плотности раскрытых трещин увеличивается эффективное сечение и взаимосвязь поровых каналов, включая и микропоры.

Закономерные зональные изменения физико-химических свойств пород по направлению к протяженным разрывным нарушениям позволили обосновать присбросовые ряды различной продуктивности на примере Ватьеганского месторождения. Такой анализ становится возможным с достижением высокой степени изученности месторождения и наличия достаточного количества добывающих скважин. В результате в зависимости от ширины межразломного пространства установлены до трех рядов (шириной от 500 до 1000 м) продуктивности скважин, разрабатывающих части залежи с различными КИН.

Таким образом, максимальная раскрытость пустотного пространства первой зоны обеспечивает высокую подвижность флюидов и наилучшие эксплуатационные характеристики скважин. По мере снижения плотности пород и числа трещин последовательно выделяются зоны ЗАУ-2 и ЗАУ-3 (с минимальным числом трещин).

В интервале расстояния от 1100 м до плоскости сместителя сброса закономерно уменьшаются фильтрационно-емкостные свойства и плотность пород и в том же направлении увеличивается трещиноватость пород и продуктивность скважин, разрабатывающих продуктивный пласт Ю₁.

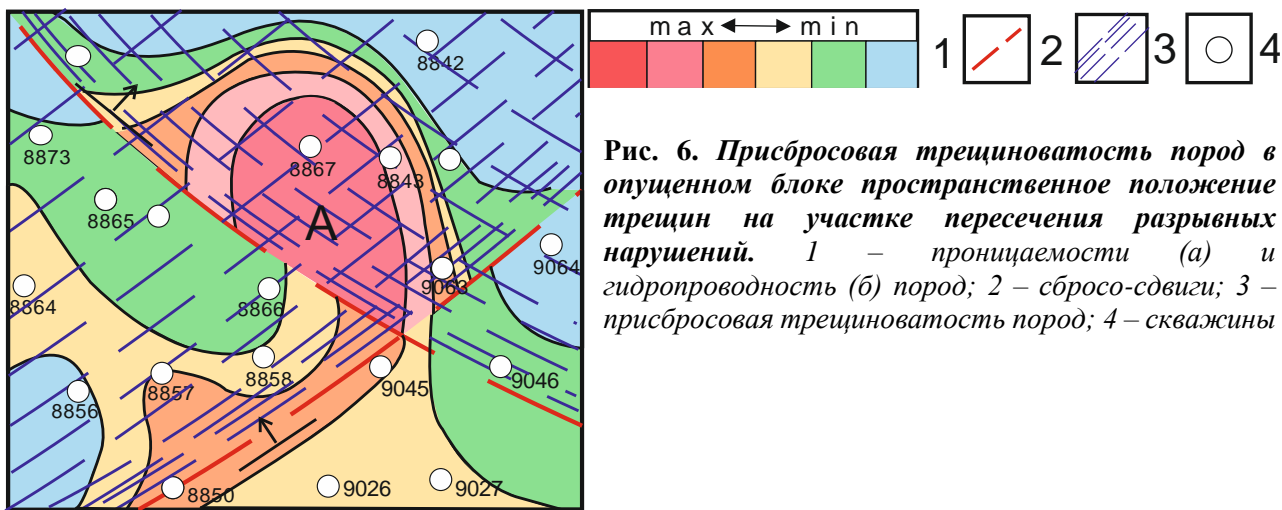


Рис. 6. Присбросовая трещиноватость пород в опущенном блоке пространственное положение трещин на участке пересечения разрывных нарушений. 1 – проницаемости (а) и гидропроводность (б) пород; 2 – сбросо-сдвиги; 3 – присбросовая трещиноватость пород; 4 – скважины

Сильно трещиноватые среды в зонах пересечения разрывов получили в геофизической литературе название «мутные» зоны (рис. 6). Степень «мутности» среды зависит от густоты, степени раскрытости, состава заполняющего пустотное пространство флюида и цемента разноориентированных тектонических трещин, а также других факторов. При этом сейсмическое волновое поле характеризуется аномальным рисунком волнового поля, выражающимся нарушением фазовой корреляции до полного исчезновения регулярной записи, аномалиями амплитуды (снижением интенсивности отражений), изменчивостью формы импульса (снижением когерентности отражений) и аномалиями частотного состава отражённых волн. Проявление «мутности» среды объясняется наличием эффекта рассеяния сейсмического сигнала, интенсивность которого зависит от масштаба неоднородностей и распределения трещин в пространстве. Эффект появления рассеянных волн усиливается наличием флюидов в пределах зон деструкции горных пород – приразломных залежей в

коллекторах, в составе которых присутствуют трещины.

Максимальная трещиноватость формируется в зоне дробления пород и в максимальной близости от плоскости сместителя нарушения (от 0 до 100 м или зона *а* на рис. 3). Далее трещиноватость убывает, но остается относительно высокой в интервале от 100 до 600 м (зона *б*) и постепенно становится минимальной с приближением к отметке 1100 м (зона *в* на рис. 3). В обратном направлении закономерно уменьшается пористость и увеличивается плотность породы. Данное явление изучено по скважинным данным [9] и на каменном материале в шахтных выработках с присутствием сбросов [1].

Зависимость продуктивности скважин от расстояния до разрыва.

На Ватьеганском месторождении установлено, что скважины, находясь в благоприятных структурных условиях, но оказавшиеся на расстоянии более 1 км от сбросо-сдвига, оказались с худшими показателями по продуктивности, по сравнению с теми, которые были приближены к разрывным нарушениям. При этом установлена прямая связь продуктивных и высокодебитных скважин с локальными зонами проницаемости и улучшения фильтрационно-емкостных свойств пород в приразломных зонах. Скважины вблизи разлома (менее 1,0 км) в среднем имеют дебиты в 2 раза выше, чем скважины расположенные более 1,5-2 км от разлома [6, 7, 8, 9].

Диапазон индикаторных диаграмм и дифференциация добывающих скважин по дебитам подтверждают наличие в продуктивных пластах зонального размещения пород с различными свойствами вдоль разрывного нарушения: трещинных (зона *а*), порово-трещинных, трещинно-поровых (зона *б*) и поровых (зона *в*) типов коллекторов и дебитов нефти до и после ГРП. Просматривалось явное влияние количества трещин на продуктивность скважин, однако выбор наиболее перспективных (по максимальному КИН) для разработки зон и скважин для проведения гидроразрыва пласта (ГРП) оказался не столь очевидным и потребовал более детального изучения. Оказалось, что у выделенных по продуктивности в соответствии с зональностью ФЕС пород ряды продуктивности имеют различные эксплуатационные характеристики продуктивного пласта и КИН. Наиболее высоким КИН (0,4) характеризуется ряд (зона *б*), удаленный от источника интенсивного поступления пластовой воды по зоне дробления пород в плоскости сместителя нарушения и сохраняющий высокую плотность первичных и вторичных трещин в продуктивном пласте ЮВ₁¹ и повышенные значения пористости в пласте песчаника (порово-трещинные и трещинно-поровые типы коллекторов). Все продуктивные скважины приходятся на зоны неодинакового динамического влияния сбросо-сдвигов.

Поскольку на Ватьеганском месторождении скважины, пробуренные с отбором керна, редко пересекали плоскости сместителей сброса, для характеристики выделенных участков использовалось описание керна других месторождений, где такие зоны пройдены с отбором керна. На Ватьеганском месторождении все изменения происходят в породах одного литофациального типа - фаций барьерных островов (аккумулятивных песчаных форм), развитых вдоль побережий и представленных прибрежными барями.

Объект 1 соответствует плоскости сместителя нарушения («зеркало скольжения»). КERN его отличается гладкой, отполированной до блеска плоскостью сместителя нарушения (зеркало скольжения пород) и черным цветом породы вследствие воздействия высоких температур (тысячи градусов) и давлений, образующихся в результате трения пород. В результате резкого изменения плотности, а также механохимической и температурной активации в породах плоскости нарушения происходят структурные, текстурные и вещественные преобразования органоминеральных веществ (растворение под давлением, кристаллизация минеральных форм, рост минералогической плотности, интенсивное перетирание, раздавливание, уплотнение и преобразование физико-химических свойств пород и т.д.), создающие и укрепляющие (с каждой новой подвижкой по разрыву) непроницаемые свойства плоскости сместителя нарушения (трибохимический эффект) [7]. На Среднелыхминском месторождении в таком образце из горизонта Ю₆ (тюменская свита)

фиксируются явления прорастания и вдавливания (инкорпорации) зерен кварца в измененные зерна полевых шпатов в плоскости сброса (кern скв. 257) [10].

Объект 2 (первый ряд продуктивности с зоной *a* или ЗАУ-1) представляет собой зону дробления по род и присбросовую зону. При многократных и крупных смещениях в полость зоны дробления пород вовлекаются интенсивно трещиноватые породы висячего движущегося блока (рис. 5). Двигаясь внутри полости, обломки разрушенных и перетертых пород характеризуются различными степенями разрушения, раздробления, истирания и окатанности. Породы зоны дробления наблюдаются при сплошном отборе керна [1].

Для первого ряда продуктивности, вскрывшего зону дробления пород в плоскости сместителя разрывного нарушения (расстояние от 0 до 100 м). Проводниками для мигрирующих УВ являются зоны дробления пород региональных субмеридиональных сбросов (рис. 3), имеющие азимут падения плоскости сместителя сбросов в сторону дробления пород региональных субмеридиональных сбросов (рис. 3, 5), имеющие азимут падения плоскости сместителя сбросов в сторону депрессионной части впадины. Такие зоны образуются при многократных смещениях в плоскости сместителя сбросов. Как правило, полость зоны дробления пород, примыкающая к плоскости сместителя нарушения со стороны движущегося блока, заполнена обломками разрушенных и перетертых пород и, как правило, обладают высокой проницаемостью (иногда сверхпроводимостью).

Данная зона устанавливается также по ориентировке обломков пород в брекчии трения, расположению сланцеватости и кливажа в зоне сместителя, углу, составленному поверхностями кливажа и плоскостью сместителя сброса. Рубцовые (перистые) трещины отрыва открыты в сторону смещения блока, а трещины скола составляют острые углы со сместителем, который открыт в сторону смещения блока. При этом фрагменты пород разобщены и на отдельных из них видны зеркала скольжения.

Трещины – открытые - заполнены перетертым, неотсортированным и неокатанным материалом. Характерно раздробление отдельных зерен («грануляция»), приводящее к возникновению «бетонной» структуры (среди мелкораздробленного материала сохраняются более крупные угловатые или округлые зерна). Kern, извлеченный из скв. 168Р, также приходится на присбросовую зону *a*: хрупкие и крепкие аргиллиты, алевролиты и песчаники разрушены до размерности дресвы и щебня. Во всех образцах этой зоны порода покрыта сетью разнонаправленных трещин. Зоны дробления пород обладают высокой проницаемостью, что способствует активной вертикальной миграции газа и нефти по возникающим каналам. Средний дебит скважин этого ряда составляет 34 т/сут (максимально высокий для данного участка месторождения), однако по мере отбора нефти интенсивно в зону дробления поступает пластовая вода из ниже залегающих горизонтов. В результате суммарный КИН, равный 0,15, для этой категории скважин, оказывается наиболее низким на участке.

Объекты 3 и 4 (второй ряд продуктивности с зоной *b* или ЗАУ-2): Проницаемость пород остается сравнительно высокой, поскольку трещины накладываются на растущую в этом направлении пористость (порово-трещинный затем трещинно-поровый коллектор. В зоне их развития на Ватъеганском месторождении все скважины (за редким исключением) оказались промышленно продуктивными.

Второй ряд (100-600 м) продуктивности, отстоящей от плоскости сместителя сброса на расстоянии 500 м. По ширине второго ряда в направлении от сброса наблюдается падающая интенсивность вертикальной трещиноватости пород в соответствии со снижением интенсивности радиальной сейсмической активности при каждом смещении пород опущенного блока по сбросу. При этом средняя плотность трещин на единицу объема продуктивных пород в этом ряду больше, чем в третьем ряду, но меньше, чем в первом. Отсюда входные дебиты после ГРП по зоне *b* в среднем составляет 19,0 т/сут, что меньше, чем в первом, но больше, чем в третьем ряду. Здесь сохраняются еще достаточно высокие фильтрационно-емкостные свойства пород, в основном за счет их вторичной трещиноватости, а относительная удаленность от зоны дробления пород (основного поставщика пластовой воды) обеспечивают сравнительно высокий коэффициент продуктивности скважин и самый

высокий КИН на участке (0,43).

Объект 5. Исследования скважин, пробуренных на расстоянии 600-1100 м (третий ряд продуктивности) от разрывного нарушения (зона *в*), показали худшие ФЕС породы (поровый коллектор) и продуктивность по сравнению с зонами *а* и *б*. Трещиноватость пород в зоне *в* последовательно уменьшается до полного исчезновения (рис. 12). Но при высоких значениях пористости средние входные дебиты нефти минимальны для данного участка и составляют 6 т/сут. За счет отдаленности от сброса в скважинах этого ряда наблюдается наименьшая обводненность, а из-за отсутствия трещиноватости пород сравнительно низкие показатели продуктивности и КИН (0,20).

Выводы.

Остаточные запасы рассмотренных залежей Ватьеганского месторождения, сосредоточенные в замкнутых блоках, имеют зональную продуктивность скважин по мере роста плотности трещин и в целом трещиноватости терригенных пород по направлению к плоскости сместителя протяжённых сбросов. Выделенные в соответствии с зональностью фильтрационно-емкостных свойств пород ряды продуктивности имеют различные эксплуатационные характеристики продуктивного пласта и КИН. Наилучшими показателями характеризуется зона *б* или ЗАУ-2, удаленного от источника интенсивного поступления пластовой воды по зоне дробления пород в плоскости сместителя нарушения и сохраняющего высокую плотность первичных и вторичных трещин в продуктивном пласте, что в целом обеспечивает максимальный КИН в пласте ЮВ₁¹ Ватьеганского месторождения на рассмотренном участке.

Литература

1. Бочкарев В.А. Бочкарев А.В. Сбросы и нефтегазоносность. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ». – 2016. – 428 с.
2. Беспалова С.Н., Бакуев О.В. Оценка влияния разломов на геологические особенности залежей и продуктивность коллекторов газовых месторождений Западной Сибири. - Геология нефти и газа. 1995. № 7. С.16-21.
3. Бочкарев А.В., Калугин А.А., Лесной А.Н., Алексеева А.Д., Полукеев Д.В. Разломно-блоковое строению юрских залежей Ватьеганского месторождения по материалам сейсморазведки и промысловым данным / Бочкарев А.В., Калугин А.А., Лесной А.Н., Алексеева А.Д., Полукеев Д.В. - Нефтепромысловое дело. – 2015. – № 5. – С. – 49 – 54.
4. Копылов В.Е., Лобусев А.В., Бронскова Е.И., Лесной А.Н, Бочкарев А.В. Уточнение строения верхнеюрской залежи Ватьеганского месторождения по данным геолого-гидродинамических исследований / Копылов В.Е., Лобусев А.В., Бронскова Е.И., Лесной А.Н, Бочкарев А.В. - Территория Нефтегаз. – 2014. – № 12. – С. 46 – 49.
5. Лесной А.Н., Бочкарев А.В., Бронскова Е.И. Повышение эффективности выработки трудноизвлекаемых запасов на основе учета дизъюнктивных нарушений и анализа ГТМ. - Нефтепромысловое дело. – 2014. - № 9. – С 12-16.
6. Лесной А.Н., Бочкарев А.В., Калугин А.А., Бронскова Е.И. Зональное изменение свойств пород и продуктивности скважин в блоковой структуре юрских отложений Ватьеганского месторождения. - Нефтепромысловое дело. – 2015. – № 6. – С. 23 – 28.
7. Лесной А.Н. Бочкарев А.В., Бронскова Е.И., Калугин А.А., Вятчинин М.М. Зональное изменение фильтрационно-емкостных свойств пород Ватьеганского месторождения по результатам исследования кернa. - Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016. – № 1. – С. 22-28.
8. Лесной А.Н., А.В. Бочкарев, Стенькин А.В. Обоснование тектонического экранирования нефтяной залежи по результатам гидродинамических исследований. - Нефтепромысловое дело. – 2014. – № 11. – С. 11 – 16.

9. Лесной А.Н., Бочкарев А.В., Бронскова Е.И., М.М. Вятчинин М.М. Учет зонального изменения пород Ватьеганского месторождения при проведении ГТМ по результатам комплексных исследований. - Инженерная практика. - 2015. № 10. – С. 26-31.

10. Славкин В.С., Шик Н.С., Дахнова М.В. О роли малоамплитудных дизъюнктивных дислокаций в формировании скоплений углеводородов в природных резервуарах Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. - Геология нефти и газа. – 2002. - №1. – С.37-42.

11. Тимурзиев А.И. Структурно-тектонические условия, контролирующие продуктивность скважин на месторождениях Западной Сибири, осложненных сдвигами. - Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2010. - № 8. – С. 20-33.

Сведения об авторе

Михаил Александрович Лобусев. Профессор кафедры общей и нефтегазопромысловой геологии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, кандидат технических, доктор геолого-минералогических наук. Тел.: +7(499)-507-90-90, вн.1979, Lobusev.M@gubkin.ru