

DOI: 10.17353/2070-5379/12_2023

УДК 553.98:550.834.001.57(571.122)

Гатина Н.Н.

ЗАО «Моделирование и мониторинг геологических объектов» имени В.А. Двуреченского, Москва, Россия, nn.gatina@gmail.com

Гарифуллин И.И.

ПАО «ЛУКОЙЛ», Москва, Россия

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ДЕТАЛЬНОЙ СХЕМЫ НЕФТЕНОСНОСТИ ЗОНЫ АНОМАЛЬНОГО РАЗРЕЗА БАЖЕНОВСКО-АЧИМОВСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СЕЙМОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В зонах аномального строения баженовско-ачимовских отложений Широтного Приобья Западной Сибири построение схем нефтеносности осложняется отсутствием методик детальной интерпретации сейсмических данных внутри зон аномального разреза и различием в понимании исследователями модели строения зон. На примере Поточного месторождения с детальным учетом сейсмических и скважинных данных представлена сейсмогеологическая модель зоны аномального разреза, которая описывает геологическое строение тела внедрения, включая в себя проксимальную и дистальную части с разной геометрией распространения песчано-алеврито-глинистых отложений, что отражается на распределении коллекторов по площади и на конфигурации залежей нефти. Залежи нефти в песчано-алевритовых коллекторах зон аномального разреза приурочены к структурно и литологически ограниченными ловушкам в телах двух типов: в проксимальной части зоны аномального разреза отмечается мелко-блоковая геометрия, отражающая тела пластических оползней, в дистальной части связано-вытянутая форма песчано-алевритовых тел предопределяет площадь залежей.

Ключевые слова: залежь нефти, схема нефтеносности, аномальный разрез, баженовско-ачимовские отложения, сейсмогеологическая модель, Поточное месторождение, Широтное Приобье, Западная Сибирь.

В центральной части Западной Сибири вблизи широтного течения р. Оби наиболее четко опознаваем в сейсмическом разрезе региональный репер – отражающий горизонт (ОГ) Б, соответствующий высокобитуминозным карбонатно-глинисто-кремнистым породам баженовского горизонта, накопившимся на границе юры и мела. В последние десятилетия региональным и зональным изменениям свойств, состава, особенностей осадконакопления баженовского горизонта посвящено большое количество исследований. Резкие локальные изменения в относительно равномерной толще пород, где баженовские карбонатно-глинисто-кремнистые породы по «резким» границам чередуются с песчаниками, алевролитами и глинами, идентичными по составу и текстурам ачимовским породам – комплексу отложений в фондоформной части клиноформного комплекса, известны с 70-х гг. XX века. Такое чередование, сложное и неравномерное переслаивание пород характеризуется резкими вариациями ОГ Б, соответствует его хаотичному поведению, резко изменяющейся интенсивности. Данный тип разреза назван аномальным, так как визуально сильно нарушался

привычный более равномерный и относительно выдержанный характер разреза. С тех пор термин «аномальный разрез», или сокращенно АРБ, прочно вошел в обиход специалистов, занимающихся геологией Западно-Сибирского бассейна. При этом традиционная в литературе аббревиатура АРБ на настоящий момент может быть заменена на более простую АР, так как доказано, что существуют схожие песчаные пропластки и в составе георгиевской свиты [Панченко и др., 2020], поэтому в данной работе будет применено сокращение АР – аномальные разрезы комплекса, включающие баженовско-ачимовские отложения.

Характер взаимоотношений песчаных и ограничивающих их карбонатно-глинисто-кремнистых пород в зонах АР разнообразный: иногда они залегают горизонтально среди баженовских пород, но чаще смяты, имеют оползневую текстуру, разбиты трещинами с зеркалами скольжения, могут встречаться брекчированные обломки битуминозных пород. Варьируют АР по мощности – от тонких прослоев до 100 и более метров, считая от верхнего силицита до подошвы баженовской свиты.

Существует более десяти гипотез возникновения зон АР. Наиболее распространена подводно-оползневая, означающая существование в меловое время внедрений ачимовских пород в виде потоков и оползней в слабо литифицированные подстилающие их баженовские осадки. Высказываются сомнения, что «в данную гипотезу сложно поверить» из-за больших объемов внедрившихся осадков и уверенной сохранности при этом баженовской покрывки [Страхов и др., 2018], но анализ объемов перемещенных осадков в современных оползнях в мировом океане и детальное рассмотрение материалов сейсморазведки 3D на разных площадях Западной Сибири [Гатина, Чуб, Голованова, 2020] совместно с данными керна и ГИС позволяют говорить о применимости гипотезы внедрений и обоснованности её на территории Широтного Приобья, оставляя за скобками другие регионы, где также выявлена аномальная сейсмическая запись ОГ, соответствующего кровле баженовских высокобитуминозных отложений (ОГ Б), например, в пределах Карабашской зоны Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО).

В последние десятилетия активно обсуждаются подходы к разработке залежей нефти в баженовском горизонте, который является как самостоятельной нефтегазоматеринской толщей, так может содержать коллектор внутри себя. Меньше внимания уделяется залежам в терригенных песчаных пропластках, ограниченных силицитами, то есть залежам в зонах АР, тогда как суммарные начальные геологические запасы по залежам нефти в АР баженовско-ачимовского комплекса, согласно данным Госбаланса 2022 г., оценены в 179 млн. т нефти в ХМАО и в 14,7 млн. т нефти в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО). При этом в различных публикациях отмечается, что залежи нефти в песчано-алевритовых породах внутри карбонатно-глинисто-кремнистых разностей баженовской свиты не могут иметь

самостоятельной промышленной значимости.

В данной статье на основе детальной модели, построенной на площади одного из месторождений, где достаточно распространены зоны АР, плотно разбуренной эксплуатационным фондом, создана сейсмогеологическая модель, пригодная для детализации других зон АР Широкого Приобья (рис. 1). Классический разрез баженовской свиты обладает совершенно другими свойствами и в данной работе не будет рассматриваться.

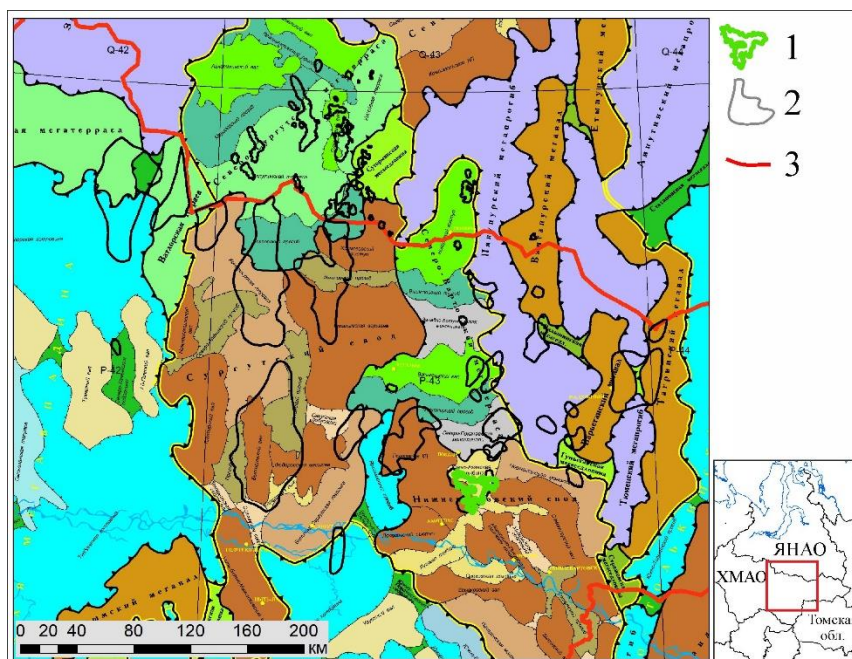


Рис. 1. Расположение Поточной зоны аномального разреза на тектонической карте центральной части Западно-Сибирской плиты (под редакцией В.И. Шпильмана и др., 1998 г.)

1 - Поточная зона АР, 2 - область распространения зон АР по данным ООО «Газпромнефть НТЦ» в пределах ЯНАО (А.В. Буторин, 2017 г.); НАЦ РН в пределах ХМАО (Е.В. Олейник, 2019 г.), 3 - административная граница между ХМАО и ЯНАО.

Некоторые авторы, в том числе В.Ф. Гришкевич, отмечают, что особенности литогенеза АР неблагоприятно сказываются на коллекторских свойствах пород – из коллекторов тел внедрения сложно получить промышленные притоки нефти, а в 3D-гидродинамическом моделировании коллекторы тел внедрения ведут себя «неадекватно» [Гришкевич и др., 2017]. Данное утверждение полностью оправдано сложным строением зон АР и относительно низкими фильтрационно-емкостными свойствами коллекторов песчано-алевритовых пород в зонах АР, но при этом на 2021 г. накопленная добыча из 32 млн. т нефти оценённых извлекаемых запасов месторождений Широкого Приобья уже составила порядка 500 тыс. т при неактивном вводе таких залежей недропользователями в эксплуатацию, следовательно, оценка возможности для добычи оставшихся запасов является актуальной задачей на настоящий момент. Только поняв принципиальную модель строения зоны контакта

баженовских и ачимовских пород аномального типа, детально спрогнозировав участки распространения коллектора на сейсмических данных, можно рекомендовать определенные зоны, которые могут давать промышленные притоки нефти.

Материалы и методы

Детальная схема нефтеносности построена на данных Поточной площади, использован массив сейсмических данных 3D (площадью 730 км²) и 175 скважин (поисково-разведочные и эксплуатационные). Основным методом анализа стало комплексирование результатов динамической интерпретации сейсмических материалов 3D (в частности метода спектральной декомпозиции, основанном на разложении данных по частотам), выполненной по серии пропорциональных срезов между ОГ, соответствующими подстилающему и перекрывающему комплексам площадного распространения [Гатина, Чуб, Голованова, 2020] с данными ГИС и керна для построения итоговой сейсмо-седиментологической модели.

Для уточнения модели нефтеносности использованы данные по работе эксплуатационных скважин. На 2021 г. по пласту ЮВ0 в зоне АР на Поточном месторождении накопленная добыча составила 247 тыс. т нефти, на этот пласт в разное время работали 25 скважин. Скважины с интервалами перфорации, захватывающими несколько пластов, не учитывались.

Результаты

Поточное месторождение открыто в 1974 г., в промышленную разработку введено в 1978 г. По величине начальных извлекаемых запасов нефти месторождение относится к крупным, по сложности геологического строения – к очень сложным. Основными на месторождении являются пласты групп БВ и АВ.

Впервые об оползневой природе Поточной зоны написала Е.В. Олейник [Олейник, Плавник, 2007], когда провела исследования скважинных данных, ею отмечена необходимость разработки методов обнаружения и картирования оползневых тел, то есть методик с использованием сейсмических данных, что и является одной из тем настоящей публикации.

По материалам детальной интерпретации 3D данных Поточной площади установлено двухчленное строение зоны АР, выделены и детализированы проксимальная и дистальная части, которые названы так по аналогии с ачимовскими конусами выноса, что означает ближе или соответственно дальше от источника поступающего материала.

Полученные результаты по детализации зоны АР по сейсмическим данным видимыми текстурами и направлениями тел подтверждают подводно-оползневую гипотезу

происхождения отложений, перемещения их потоками осадочного материала, вызванными гравитационными процессами на склоне в меловое время.

Физическая возможность образования тел внедрения оползневого типа подробно описана В.Ф. Гришкевичем с соавторами с экспериментальным подтверждением механизмов гравитационных перемещений осадков и с обсуждением разницы плотностей баженовских в сравнении с привнесенными потоками ачимовскими более плотными породами [Гришкевич и др., 2015]. Ачимовский комплекс сформирован как толща заполнения бассейна после накопления баженовских более глубоководных отложений, угол наклона склона при этом пологий – около 1–2°, что является достаточным для развития гравитационных подводных процессов. При поступлении в бассейн относительно одномоментно большого количества материала в сочетании с произошедшим, по-видимому, сейсмическим событием песчано-алевритовые отложения, накапливавшиеся до этого на шельфе, резко устремились вниз по склону, расклинив мягкие, полулитифицированные, насыщенные органикой баженовские разности, образовав тело внедрения. Теоретические модели подтверждаются сейсмическими и керновыми данными. Судя по керну, перекрывающие ачимовские отложения являются частью общей системы, оказываются деформированными вместе и под одним и тем же углом с песчано-алеврито-глинистыми разностями, ограниченными силицитами (рис. 2).

Полученная на основе сейсмических данных модель (рис. 3) позволяет детализировать строение внутри зоны AP (рис. 4). Проксимальная часть размером порядка 7x20 км объединяет в себе изометричные оползневые тела, даже серии тел, расположенных рядом друг с другом последовательностями. По краям проксимальной части становится более заметно, что оползневые тела имеют наклон в сторону от центра и выстраиваются в серии наклоненных тел, каждое из которых характеризуется расходящимся типичным для оползней волнообразным рисунком. Размеры каждого оползневого тела – первые километры. Визуально по временным сейсмическим разрезам для проксимальной части зоны AP характерны полупрозрачная, хаотичная сейсмическая запись, прерывистая, на отдельных участках низкоамплитудная (рис. 5).

С каждым оползневым телом трансформируются совместно и ассоциируют отложения фации обломочных потоков, содержащие коллектор, тогда как сами оползневые фации являются преимущественно глинистыми. В дальнейшем рассматривая тела оползней в проксимальной части зоны AP, необходимо иметь в виду всю ассоциацию, то есть перемещаемые совместно под воздействием гравитационных процессов более песчаные отложения фации обломочных потоков и более глинистые отложения оползневой фации.

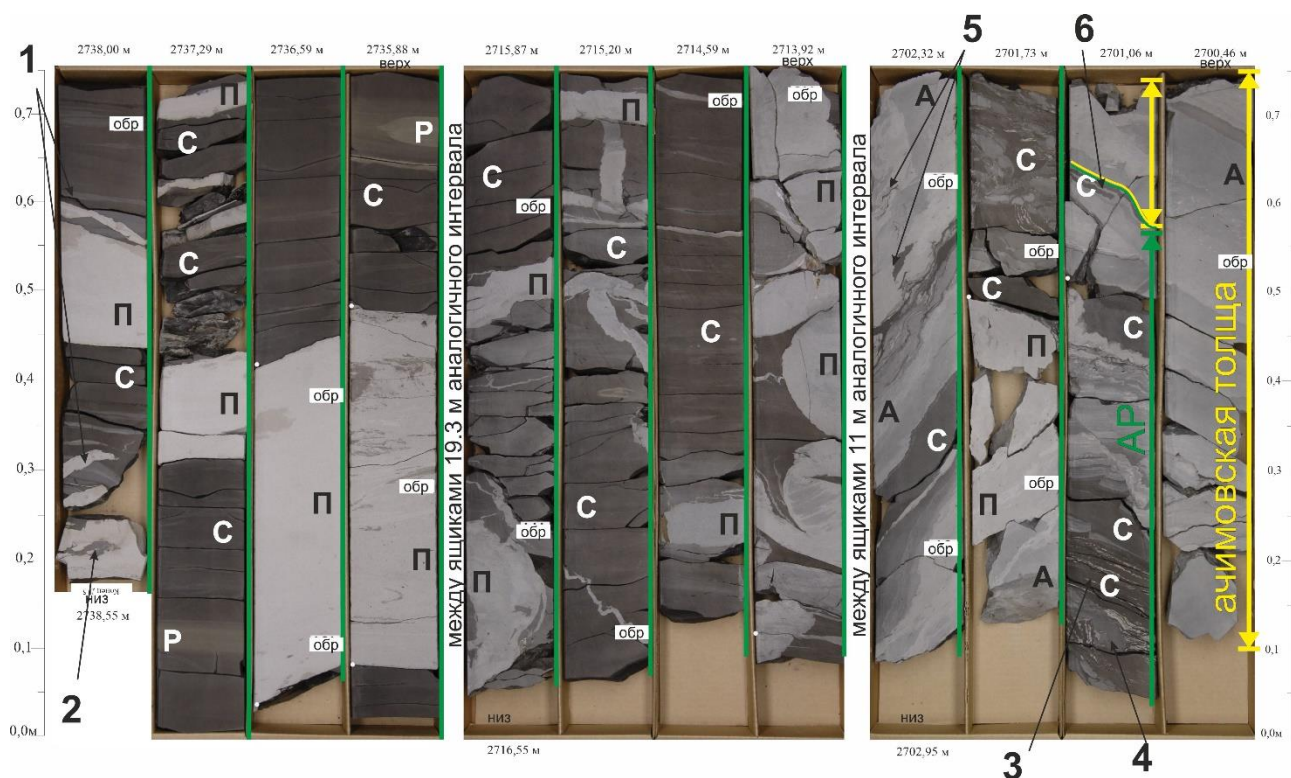


Рис. 2. Фото отобранного керна из скважины, вскрывшей тело пластического оползня

Силициты глинистые углеродистые (верхи верхней толщи баженовской свиты) с серией разноориентированных инъекций мелкозернистых песчаников.

П - песчаники, С - силициты, Р - радиоляриты, А - алевриты. Особенности разреза: 1 - переслаивание радиоляритов (прослой 5-20 мм) и силицитов глинистых, углеродистых (10-15 мм), 5 мм прослой - свал костей нектонной фауны (верхи нижней толщи баженовской свиты), песчаные дайки, секущие слои радиоляритов, 2 - песчаник с бесформенными обломками силицитов размером до 5 см, 3 - темно-серые силициты, высокоуглеродистые со скоплениями иноцерам (верхняя толща баженовской свиты), 4 - светло-серые секущие включения алевритов, 5 - песчано-алевритовые породы с уплощенными интракластами силицитов от 1 мм до 1 см, 6 - верхний пропласток высокобитуминозных баженовских силицитов, по которому проводится кровля АР.

Геологическое строение оползневых тел разнообразно, иногда разрезы в соседних скважинах трудно сопоставимы друг с другом. Внедрения по типу пластических оползаний разрывают всю баженовскую свиту от верхней до нижней толщи – для одного разреза бывают характерны частые переслаивания силицито-глинистых интервалов и песчано-алевритоглинистых. На кривых ГИС разрезы соответственно представлены частым и дробным переслаиванием высоко- и низкорadioактивных пород.

Дистальный участок площадью порядка 8x15 км представляет собой участок развития преимущественно песчано-алевритовых обломочных потоков, которые распространялись все дальше от источника, образуя сложную ветвящуюся «руслоподобную» систему внедрений, картируемую на данных атрибутного анализа (см. рис. 3, 4). Каждый такой поток с учетом современных технологий обработки и интерпретации сейсмических данных можно рассмотреть отдельно, видимая на сейсмических и в сопоставлении со скважинными данными ширина потоков составляет порядка 300-500 м.

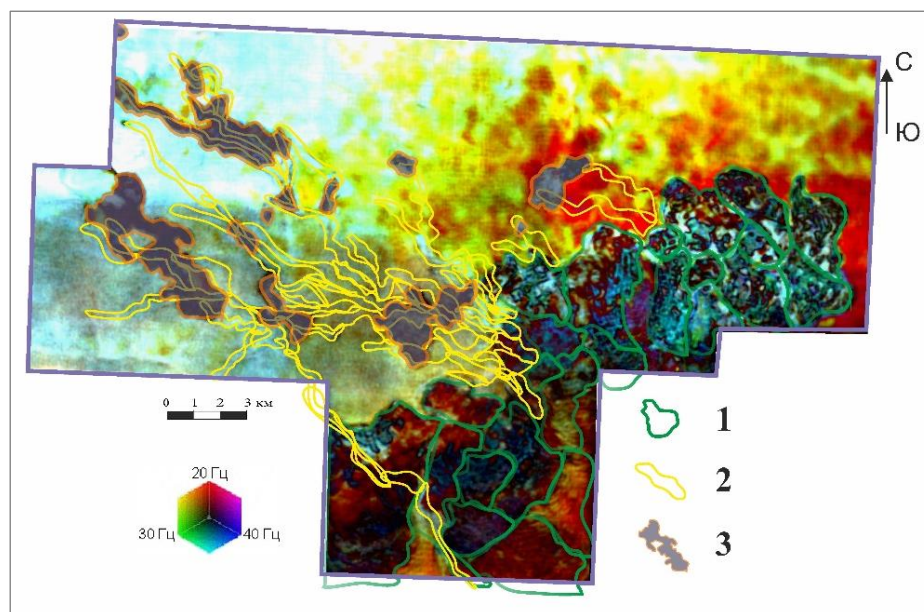


Рис. 3. Карта результата спектральной декомпозиции в интервале баженовско-ачимовских отложений Поточной площади [Гатина, Чуб, Голованова, 2020]

Проксимальная зона AP: 1 - отдельные оползневые тела, выделенные по сейсмическим данным внутри зоны AP; дистальная зона AP: 2 - осевые части потоков, формировавших песчаные инъекции внутри зоны AP, 3 - перемещенные пластины.

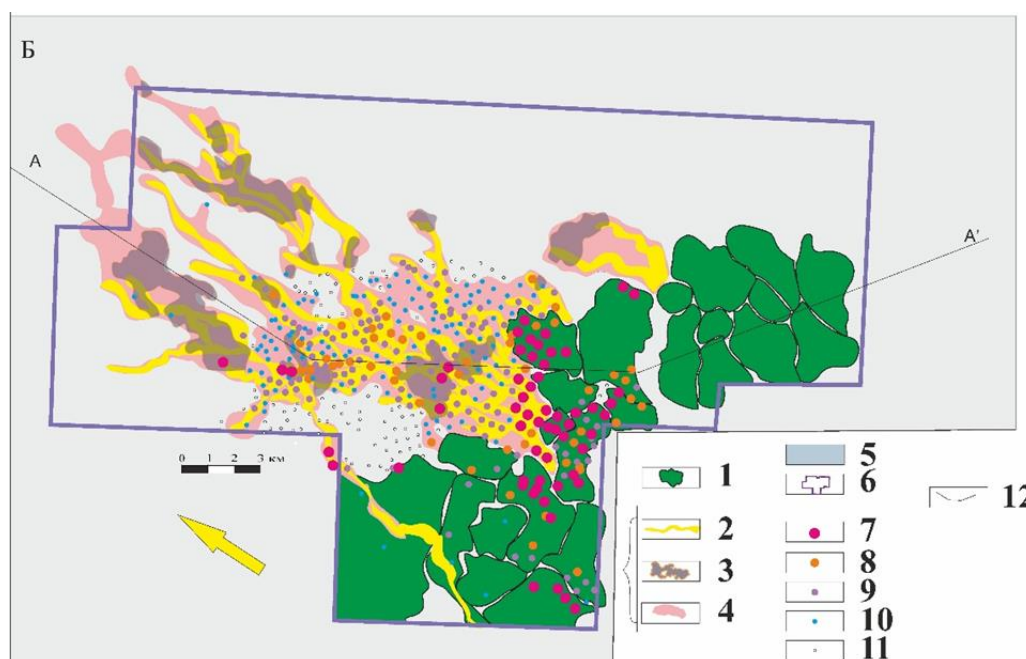


Рис. 4. Модель строения зоны аномального разреза баженовско-ачимовских отложений Поточной площади, основанная на взаимоувязанной интерпретации скважинных и сейсмических данных

Проксимальная зона AP: 1 - отдельные оползневые тела, выделенные по сейсмическим данным внутри зоны AP; дистальная зона AP: 2 - осевые части потоков, формировавших песчаные инъекции внутри зоны AP, 3 - перемещенные пластины, 4 - латеральный инъекционный участок; 5 - «классический» разрез баженовской свиты, 6 - сейсмические данные 3D. Точки скважин с эффективными толщинами в песчаном пласте Ю0 по данным ГИС: 7 - больше 10 м, 8 - больше 5 м, но менее 10 м, 9 - меньше 5 м, 10 - нет коллектора по данным ГИС, 11 - «классический» разрез баженовской свиты, 12 - линия сейсмического разреза, приведенного на рис. 5. Желтой стрелкой показано направление привноса осадочного материала.

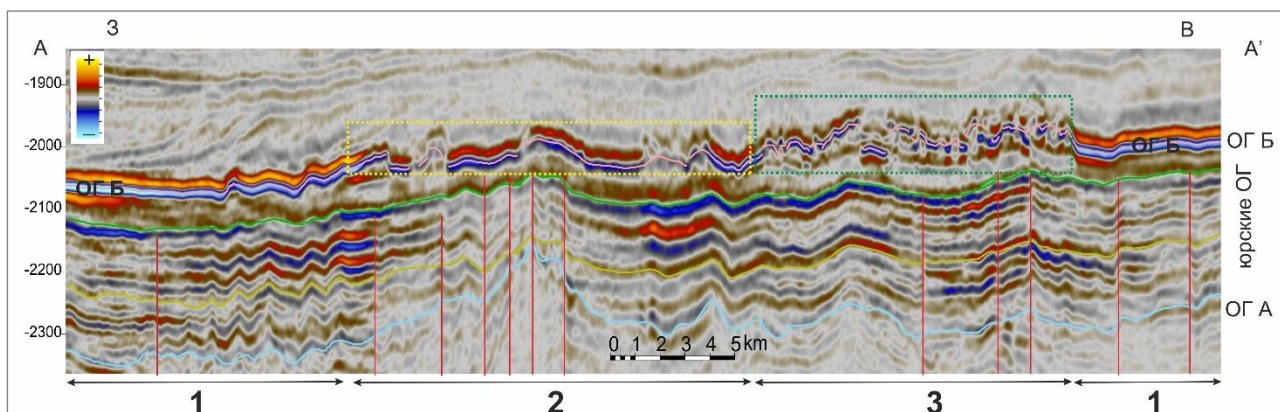


Рис. 5. Вертикальный срез сейсмического временного куба по линии А – А' Поточной площади 1 - «классический разрез» баженовской свиты, 2 - дистальная часть (AP), 3 - проксимальная часть (AP). Положение разреза показано на рис. 3.

Отдельные небольшие блоки баженовских отложений при распространении инъекции отрывались и выталкивались выше основной массы пород. Такие небольшие блоки также хорошо видны в сейсмическом волновом поле (перемещенные пластины), они отмечены фиолетовым полупрозрачным оттенком на интерпретированных картах спектральной декомпозиции и на модели строения (см. рис. 3, рис. 4).

Таким образом, сейсмогеологическая модель включает в себя два принципиально разных участка с разной геометрией внутреннего устройства, что логично может отражаться на распространении тел коллекторов и строении залежей нефти, приуроченных к данным участкам. Для создания схемы строения резервуара песчаного пласта внутри глинисто-кремнистых разностей использованы контуры оползневых тел – они сопоставлены с данными керна, ГИС и промысловыми данными по каждой скважине.

Коллекторские свойства песчаного-алевритового пласта ЮВ0 Поточного месторождения определены по образцам керна, пористость составляет от 13,1 до 19,9% со средним значением 15,6%, проницаемость - от 0,18 до $19,7 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ со средним значением $1,47 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$. Такие значения коллекторских свойств близки к выше расположенным пластов ачимовской толщи (пласты Ач) – для них пористость (15%) и проницаемость ($1,5 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$) средние. Эффективные толщины в точках скважин достигают значений в 15-17 м при общей мощности разреза до 100 м, распределение значений эффективных толщин показано в скважинах на модели.

В проксимальной части зоны внедрений отмечено преобладание эффективных толщин порядка 5-10 м и даже более, те же значения характерны лишь для части дистальной зоны, по мере продвижения внедрений отмеченная эффективная толщина снижается до 2-7 м в среднем, хотя встречаются и отдельные значения выше.

В рамках оперативного подсчета запасов нефти и растворенного газа Поточного

нефтяного месторождения представлен подсчетный план (рис. 6А), опирающийся лишь на скважинные данные и внешний контур зоны АР (отв. исп. А.Ш. Гарипова, ООО «Лукойл-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, 2018 г.), проделана большая работа по анализу возможных связей между телами коллекторов в условиях отсутствия в 2018 г. принятых методик детализации по сейсмическим данным.

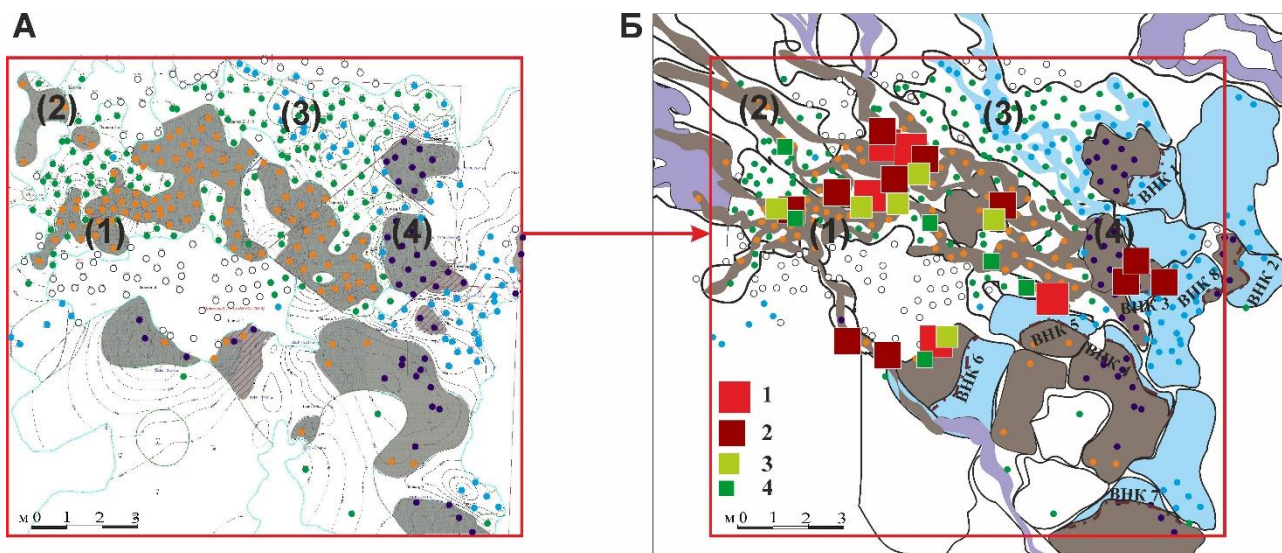


Рис. 6. Фрагмент подсчетного плана пласта ЮВ0 Поточного месторождения (А.Ш. Гарипова, ООО «Лукойл-Инжиниринг», 2018 г.) до детализации песчаных тел по сейсмическим данным (А) и фрагмент схемы нефтеносности Поточной зоны аномального разреза, построенной на основе детальной интерпретации сейсмических данных, с вынесенными данными о накопленной добыче нефти (Б)

Накопленная добыча нефти, тыс. т (данные с начала разработки до 2021 г.): 1 - 20-30, 2 - 10-20, 3 - 5-10, 4 - 1-5; другие обозначения см. рис. 5.

Расшифровка обозначений в скобках приведена в тексте.

На настоящий момент после построения полноценной сейсмогеологической модели можно сравнить две карты, уточнить направленность и выдержанность тел, что повысит возможности дальнейшего геологического и гидродинамического моделирования (см. рис. 6).

Область (1) на подсчетном плане и схеме нефтеносности – это зона со сложным характером распределения по площади скважин с доказанным нефтенасыщением, которые выделены оранжевым цветом, они перемежаются с точками зеленого и белого цветов, которые соответствуют неколлектору по ГИС в зоне АР и «классическому» разрезу баженовской свиты, то есть вне зоны АР (см. рис. 6А, Б). Авторам подсчетного плана удалось сформировать сложную извилистую залежь, основываясь на скважинных данных. При этом для построения гидродинамической модели принципиально важна связанность коллектора и направление поступления материала, что лишь по скважинным данным сделать не представлялось возможным. На рис. 6Б область (1) разделилась на разветвленную систему, протянувшуюся в направлении на северо-запад, отдельные не связанные тела получили свое продолжение, в том

числе интересен участок (2) – ранее не связанный «островок» между скважинами с неколлектором по ГИС, нашедший свою систему.

Область (4) - проксимальный участок зоны AP, где по данным ГИС в скважинах отмечено как нефтяное, так и водяное насыщение. Для построения карты по скважинам, чтобы разделить участки с разными водо-нефтяными контактами (ВНК), приходилось вводить разломную тектонику, тогда как при наложении контуров оползневых тел становится понятно, что именно они контролируют разные залежи (рис. 7).

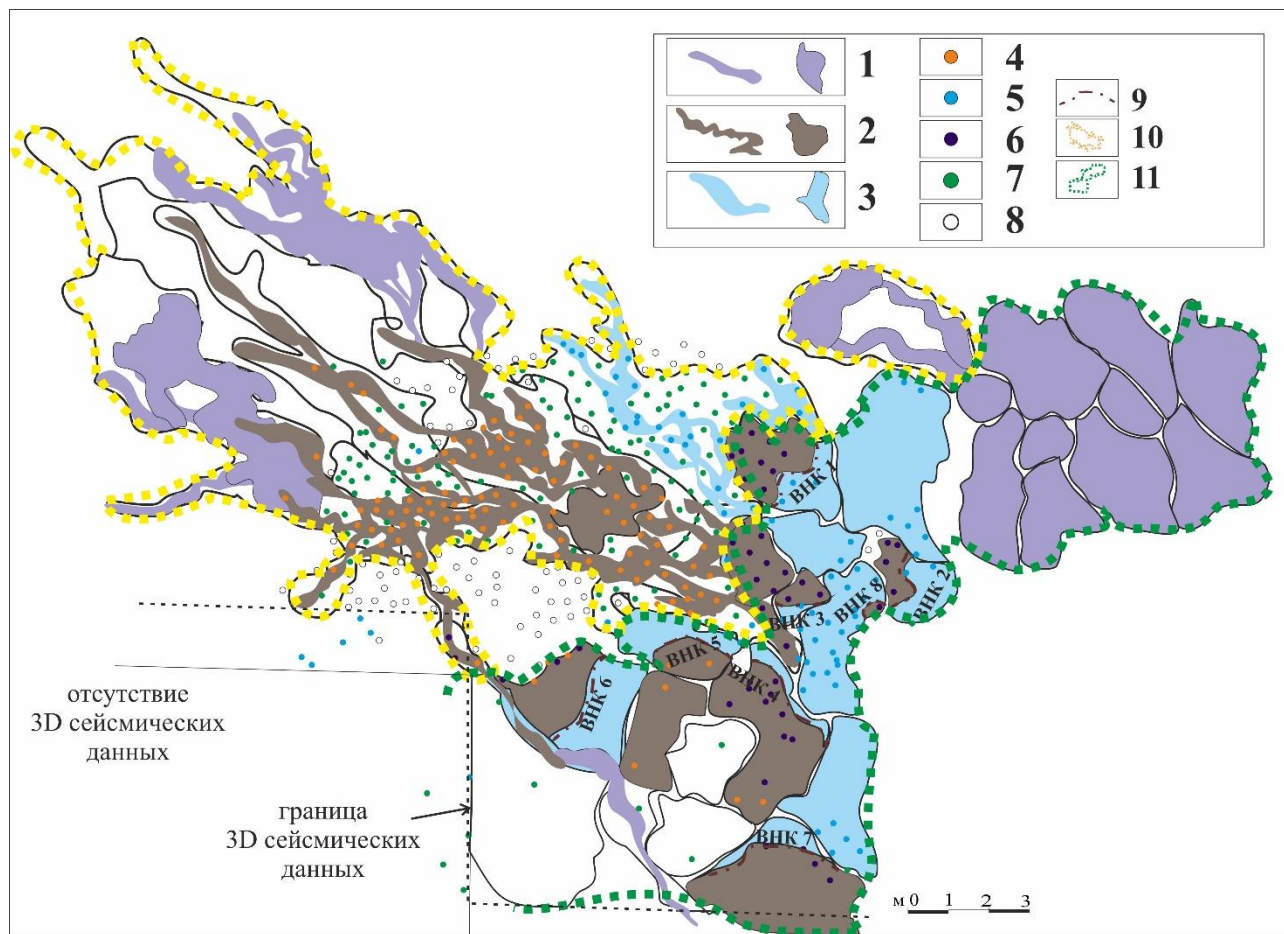


Рис. 7. Схема нефтеносности Поточной зоны аномального разреза

1 - объекты, не вскрытые скважинами, 2 - доказанное нефтенасыщение по данным скважин, 3 - доказанное водонасыщение по данным скважин; насыщение в скважинах (по данным опробования и ГИС): 4 - нефть, 5 - вода, 6 - нефть с водой, 7 - нет коллектора, 8 - «классический» разрез баженовской свиты, 9 - уровень водо-нефтяного контакта (ВНК), 10 - дистальная часть зоны AP, 11 - проксимальная часть зоны AP.

Область (3) - полностью водонасыщенный коллектор внутри зоны AP, который не связан с соседними телами коллектора. На сейсмогеологической модели данной области отвечает отдельный поток песчано-алевритового материала. Оценка особенности путей миграции и аккумуляции нефти в такой сложной системе нуждается в дальнейшей проработке, но на основании данной водонасыщенной ветви можно отметить, что не все внедрившиеся тела

коллектора даже при непосредственной близости к нефтематеринским породам заполняются нефтью, возможно, в данном случае необходимо в дальнейшем рассмотреть вопрос компетентности покрышки либо связанности резервуара с гипсометрически выше расположенным коллектором, куда могла мигрировать нефть, либо уделить внимание структурному фактору (рис. 8).

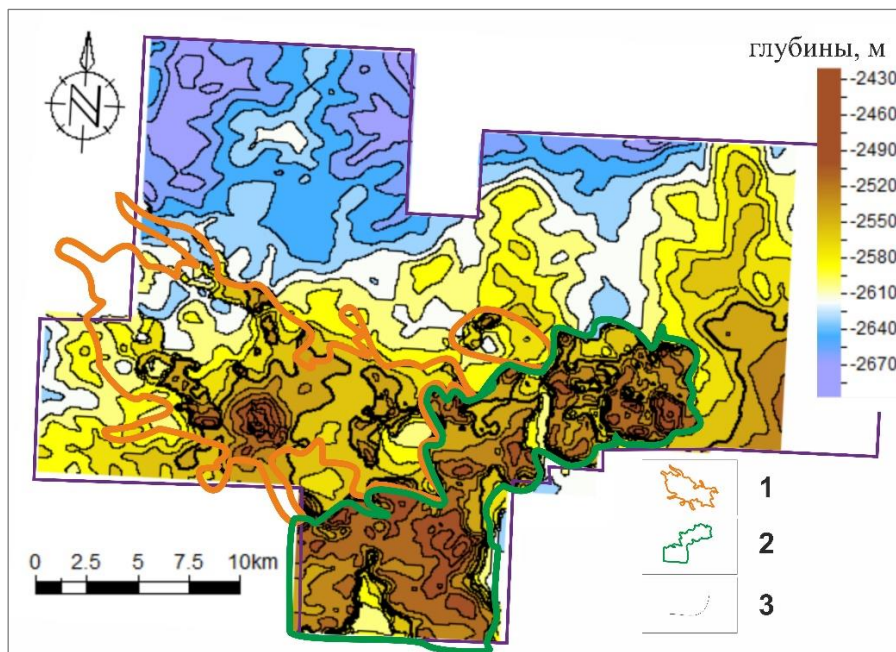


Рис. 8. Структурная карта кровли баженовской свиты Поточного месторождения с вынесенными контурами дистальной и проксимальной частей зоны аномального разреза 1 - контур дистальной части, 2 - контур проксимальной части, 3 - изолинии.

Возможная связанность залежей УВ и образование единого резервуара между песчаниками зоны АР и рядом расположенными ачимовскими рассмотрены авторами ранее [Гарифуллин и др., 2021].

На примере Поточного месторождения исследованиями резервуарной геохимии доказаны схожесть химического состава нефтей и наличие гидродинамической связи между близко находящимися залежами в АР и ачимовской толще, соответственно система залежей может быть более сложной, включающей в себя как различные литологические ограничения внутри зоны АР, разобщающие на несколько залежей внутри АР, так возможны единые залежи нефти в неокомском интервале, лишь частично заходящие в зону АР.

Таким образом, геометрия расположения руслоподобных тел потоков и оползневых тел определяют сложную и извилистую конфигурацию залежи нефти. Все границы между областями с разными насыщением и уровнями ВНК можно объяснить седиментологически – особенностями гравитационного перемещения осадков. Вне вскрытой скважинами части песчаные тела внедрения могут считаться самостоятельными перспективными объектами.

Подчиненное значение структурных ограничений для залежей пласта Ю0 AP обсуждается в публикациях, например, в работе П.Н. Страхова с соавторами [Страхов и др., 2018], однако детализация до настоящего момента оставалась под вопросом. Построенная модель помогла в том числе понять основные закономерности работы эксплуатационных скважин, добывающих нефть из песчано-алевритовых коллекторов пласта Ю0 в зоне AP.

Определение насыщения по ГИС в сложном разрезе, где хаотически перемешаны высокорadioактивные глинисто-кремнистые и песчаные пропластки, является крайне сложным, но на Поточной площади в эксплуатационных скважинах результаты интерпретации ГИС подтверждены дебитами, полученными при опробовании скважин.

Большинство скважин, работающих на пласт Ю0 в AP Широкого Приобья, характеризуются низкими дебитами, обычно не превышающими 5 т/сут., в отдельных случаях – немногим более 10 т/сут., однако за период разработки Поточного месторождения по пласту Ю0 накоплено суммарно уже порядка 250 тыс. т нефти, при том, что этот пласт является попутным объектом разработки.

На рис. 9 слева приведен типичный график работы скважины из дистальной части зоны AP, справа – из проксимальной. Влияние скважин друг на друга исключено, интервал перфорации включает только песчано-алевритовый коллектор, ограниченный баженовскими силицитами.

Добывающая скважина из дистальной части зоны AP (см. рис. 9А) введена в работу в начале 2014 г. Несмотря на дважды проведенный гидроразрыв пласта (ГРП) и попытки смены насоса, скв. Р стабильно работает в относительно ровном режиме с добычей 4-6 т/сут. уже более 4 лет. Притока воды в скважине не отмечается.

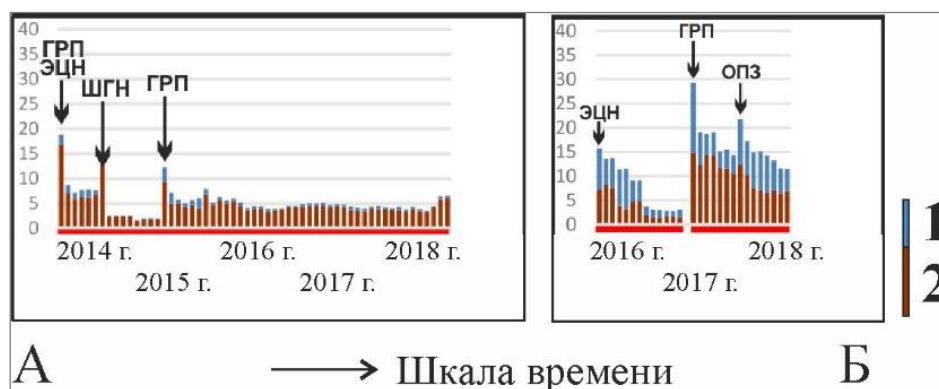


Рис. 9. Типичные графики работы эксплуатационных скважин в зоне аномального разреза Поточного нефтяного месторождения в едином масштабе

А - дистальная часть, Б - проксимальная часть. 1 - дебит воды, т/сут., 2 - дебит нефти, т/сут., ГРП - гидроразрыв пласта, ШГН - установка штангового глубинного насоса, ЭЦН - установка электроцентробежного насоса, ОРЭ - оптимизация режима эксплуатации, ОПЗ - обработка призабойной зоны пласта.

По вертикали отложены значения дебитов (т/сут.) в среднем за месяц, по горизонтали - время работы скважины.

Скважина из проксимальной части зоны АР (см. рис. 9Б) введена в эксплуатацию с начальным дебитом жидкости около 15 т/сут. (дебит нефти составил около 5 т/сут.), при этом достаточно быстро произошло падение добычи почти до нуля за год эксплуатации. После ГРП дебиты опять резко поднялись до 15 т/сут., однако также быстро последовало и их истощение. Такие резкие уменьшения дебитов вполне объяснимы попаданием скважины в одно оползневое тело, запасы которого быстро истощаются, и связанность внутри невысока. При этом отмечается большой приток воды – также, как и по данным ГИС в проксимальной части внутри зоны АР присутствуют как нефтяное, так и водяное насыщение коллекторов.

На рис. 6Б показано расположение точек скважин с раскраской по объему накопленной добычи нефти за время работы скважин – большинство точек концентрируется в пределах дистальной части, где скважины по несколько лет работают, хоть и с небольшими дебитами, но стабильно и с минимальным обводнением продукции. Бурение в проксимальной части подтверждает неоднородность оползневых тел, коллектор вскрыт на разных глубинах, достаточно хаотично, некоторые скважины прошли полностью неколлектор, соответственно прогнозирование насыщения в телах проксимальной части зоны АР на данный момент времени недостаточно надежно, тогда как в дистальной части можно картировать, распознавать и с учётом уровня возможного ВНК прогнозировать литологические или структурно-литологические ловушки.

При изменении добычи с течением времени логичен вопрос – какие применялись насосы и проводились мероприятия, поэтому для однозначности полученного результата на графиках показаны все проведенные работы: гидроразрыв пласта, установка штангового глубинного насоса, установка электроцентробежного насоса, оптимизация режима эксплуатации, обработка призабойной зоны пласта. Поскольку проанализировано большее число графиков, нежели представлено на рис. 9, можно с уверенностью говорить о том, что перечисленные работы не настолько сильно влияют на добычные свойства скважины, как ее расположение в определенной зоне АР: проксимальной или дистальной.

Выводы

Таким образом, на основе сейсмогеологической модели для Поточного месторождения стали понятны и геологически обоснованы границы залежей.

Показано, что стабильность работы показывают скважины, расположенные в системе хорошо сообщающихся «руслоподобных» тел потоков дистальной части зоны внедрения, где, по-видимому, сообщаемость коллекторов может быть на достаточно хорошем для эксплуатации уровне. Скважины, в проксимальной части зоны АР, вскрывшие отдельные оползневые тела и ассоциированные с ними коллекторы, показывают быстрый спад дебитов,

предполагается, что так происходит, потому что запасы небольшого оползневого тела и ассоциированных с ним потоков, образовавшихся под воздействием гравитационного переноса осадков, быстро истощаются, не обладают высокой степенью связанности коллектора.

Наиболее перспективными для освоения и дальнейшей пробной эксплуатации авторы считают дистальную часть зоны АР Поточного месторождения.

Как итог можно провести аналогию с развитием и изменением представлений о строении залежей для разных литологически сложно устроенных комплексов. С развитием представлений о строении русловых систем в тюменской свите Западной Сибири у исследователей появилось понимание, что залежи в ней по большей части будут литологическими, тогда как на начальном этапе оценки территории залежи традиционно картируются в сводах антиклинальных структур. При начале разработки во многих таких залежах впоследствии находили зоны неколлекторов, и так постепенно строение залежей усложнялось, так как коллектор в пределах аллювиальной равнины развит преимущественно в меандрах, руслах, прирусловых валах, а пойменная межрусловая часть представлена более глинистыми породами с локально развитыми коллекторами. Так и с зонами АР – если в начале, когда скважиной вскрыта зона АР в единственном месте, и закартированы границы всей зоны АР по сейсмическим данным, существует единственный вариант – построить карты залежи, ограничившись площадью распространения всей зоны без выделения каких-то аномалий внутри. По мере понимания закономерностей блочного строения всей зоны залежь начинает принимать более сложную форму, как представлено для залежи Поточного месторождения, которая при начале эксплуатации также имела гораздо более простые очертания.

Делом времени станет перенос полученных знаний о внутреннем строении залежей на другие объекты для решения задач геологоразведочных работ и ввод залежей в АР в опытно-промышленную эксплуатацию как попутных объектов разработки на площадях с развитой инфраструктурой.

Литература

Гарифуллин И.И., Гатина Н.Н., Гаврилов С.С., Лобусев М.А. К вопросу миграции углеводородов из «аномальных разрезов» баженовской свиты в ачимовские отложения (на примере Когалымско-Лангепасско-Покачевского региона в широтном Приобье ХМАО) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2021. - №8(356). - С.5-10. DOI: 10.33285/2413-5011-2021-8(356)-5-10

Гатина Н.Н., Чуб А.О., Голованова М.П. Спектральная декомпозиция для построения модели внутреннего устройства области развития аномальных разрезов ачимовско-

баженовского комплекса // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО: материалы XXIII научно-практической конференции. - Ханты-Мансийск: ООО Издательский дом «ИздатНаукаСервис», 2020. - С.59-64.

Гришкевич В.Ф., Блинкова А.В., Лагутина С.В., Панина Е.В., Хорошев Н.Г. Опыт моделирования ачимовских отложений, осложненных аномальными разрезами баженовской свиты, на основе идей геомеханики оползневых процессов / Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО-Югры. - Ханты-Мансийск, 2015. - Т.1. - С.22-31.

Гришкевич В.Ф., Касаткин В.Е., Лагутина С.В., Москаленко Н.Ю., Смоляков Г.А., Панина Е.В., Лантей А.Г., Торопов Э.С., Стариков В.С., Хорошев Н.Г., Блинкова А.В., Черноскулова В.А. Некоторые аспекты совместного моделирования отложений ачимовской толщи и аномальных разрезов баженовской свиты // Геология, геофизика и разработка месторождений нефти и газа. - 2017. - №9. - С. 27-42.

Олейник Е.В., Плавник Г.И. Неокомские оползневые явления на Урьевской и Поточной площадях Среднего Приобья // Вестник недропользователя ХМАО. - 2007. - № 17. - С. 18-23.

Панченко И.В., Гатина Н.Н., Вишневская В.С., Рогов М.А., Шурекова О.В., Федяевски А.Г., Разумкова Е.С. О постседиментационной природе аномальных разрезов баженовской и георгиевской свит (Западная Сибирь) по результатам литологии, биостратиграфии и корреляции новых керновых данных // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: материалы Десятого Всероссийского совещания (г. Магадан, 20-25 сентября 2020 г.). - Магадан: ОАО «МАОБТИ», 2020. - С.201-205.

Страхов П.Н., Колосков В.Н., Богданов О.А., Сапожников А.Б., Сабирьянова Р.Р., Страхова Е.П. Геологические особенности освоения залежей углеводородов, приуроченных к баженовской свите с аномальным типом разреза // Наука и техника в газовой промышленности. - 2018. - №1 (73). - С. 13-21.

Gatina N.N.

CJSC "Modeling and monitoring of geological objects" named after V.A. Dvurechensky, Moscow, Russia, nn.gatina@gmail.com

Garifullin I.I.

PJSC LUKOIL, Moscow, Russia

ESTABLISHING A DETAILED OIL POTENTIAL SCHEME OF THE ZONE OF THE ANOMAL SECTION OF THE BAZHENOV-ACHIMOV STRATA ON THE BASIS OF THE SEISMOGEOLOGICAL MODEL

In the zones of the so called anomalous structure of the Bazhenov-Achimov strata of the Shirotnoe Ob region of Western Siberia, the construction of oil-bearing schemes is complicated by the lack of methods for detailed interpretation of seismic data within the zones of the anomalous section and by the lack of consistency in the understanding of the model of the zone structure by researchers. On the example of the Potochnoye field, with detailed consideration of seismic and well data, a seismogeological model of the zone of the anomalous section was constructed. Model describes the geological structure of the sand intrusion body, including the proximal and distal parts with different geometries of the distribution of sandy-silty-clayey sequences, which is reflected in the distribution of reservoirs over the area, and as a result, on the configuration of oil accumulations. Oil accumulations in the sandy-silty reservoirs of the zones of the anomalous section are confined to structurally and lithologically limited traps in bodies of two types: in the proximal part of the zone of the anomalous section, a fractional-block geometry is noted, reflecting the bodies of plastic landslides, in the distal part differently, a connected-elongated form of sandy-silty bodies predetermines the area of accumulations.

Keywords: oil accumulation, oil-bearing scheme, anomalous section, Bazhenov-Achimov strata, seismogeological model, Potochnoye field, Shirotnoe Ob region, Western Siberia.

References

Garifullin I.I., Gatina N.N., Gavrilov S.S., Lobusev M.A. *K voprosu migratsii uglevodorodov iz «anomal'nykh razrezov» bazhenovskoy svity v achimovskie otlozheniya (na primere Kogalymско-Langepassko-Pokachevskogo regiona v shirotnom Priob'e KhMAO)* [On the issue of hydrocarbon migration from "anomalous sections" of the Bazhenov Formation to the Achimov Formation (on the Example of the Kogalym-Langepass-Pokachev Region in the Ob Shirotnoe region of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug)]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2021, no. 8(356), pp. 5-10. DOI: 10.33285/2413-5011-2021-8(356)-5-10

Gatina N.N., Chub A.O., Golovanova M.P. *Spektral'naya dekompozitsiya dlya postroeniya modeli vnutrennego ustroystva oblasti razvitiya anomal'nykh razrezov achimovsko-bazhenovskogo kompleksa* [Spectral decomposition for building a model of the internal structure of the area of development of anomalous sections of the Achimov-Bazhenov strata]. *Puti realizatsii neftegazovogo potentsiala KhMAO: materialy XXIII nauchno-prakticheskoy konferentsii. Khanty-Mansiysk: OOO Izdatel'skiy dom «IzdatNaukaServis»*, 2020, pp.59-64.

Grishkevich V.F., Blinkova A.V., Lagutina S.V., Panina E.V., Khoroshev N.G. *Opyt modelirovaniya achimovskikh otlozheniy, oslozhnennykh anomal'nyimi razrezami bazhenovskoy svity, na osnove idey geomekhaniki opolznevnykh protsessov* [Experience in modeling Achimov strata, complicated by anomalous sections of the Bazhenov Formation, based on the ideas of geomechanics of landslide processes]. *Puti realizatsii neftegazovogo potentsiala KhMAO-Yugry. Khanty-Mansiysk*, 2015, vol. 1, pp.22-31.

Grishkevich V.F., Kasatkin V.E., Lagutina S.V., Moskalenko N.Yu., Smolyakov G.A., Panina E.V., Laptey A.G., Toropov E.S., Starikov V.S., Khoroshev N.G., Blinkova A.V., Chernoskulova V.A. *Nekotorye aspekty sovместnogo modelirovaniya otlozheniy achimovskoy tolshchi i anomal'nykh razrezov bazhenovskoy svity* [Some aspects of joint modeling of accumulations of the Achimov strata and anomalous sections of the Bazhenov Formation].

Geologiya, geofizika i razrabotka mestorozhdeniy nefli i gaza, 2017, no.9, pp. 27-42.

Oleynik E.V., Plavnik G.I. *Neokomskie opolznevye yavleniya na Ur'evskoy i Potochnoy ploshchadyakh Srednego Priob'ya* [Neocomian landslide phenomena in the Uryev and Potoc areas of the Middle Ob region]. Vestnik nedropol'zovatelya KhMAO, 2007, no. 17, pp. 18-23.

Panchenko I.V., Gatina N.N., Vishnevskaya V.S., Rogov M.A., Shurekova O.V., Fedyaevski A.G., Razumkova E.S. *O postsedimentatsionnoy prirode anomal'nykh razrezov bazhenovskoy i georgievskoy svit (Zapadnaya Sibir') po rezul'tatam litologii, biostratigrafii i korrelyatsii novykh kernovykh dannykh* [On the post-sedimentary nature of anomalous sections of the Bazhenov and Georgiev Formations (Western Siberia) based on the results of lithology, biostratigraphy and correlation of new core data]. Melovaya sistema Rossii i blizhnego zarubezh'ya: problemy stratigrafii i paleogeografii: materialy Desyatogo Vserossiyskogo soveshchaniya (Magadan, 20-25 Sept 2020). Magadan: OAO «MAOBTI», 2020, pp.201-205.

Strakhov P.N., Koloskov V.N., Bogdanov O.A., Sapozhnikov A.B., Sabir'yanova R.R., Strakhova E.P. *Geologicheskie osobennosti osvoeniya zalezhey uglevodorodov, priurochennykh k bazhenovskoy svite s anomal'nym tipom razreza* [Geological features of the development of hydrocarbon accumulations confined to the Bazhenov Formation with an anomalous section type]. Nauka i tekhnika v gazovoy promyshlennosti, 2018, no.1 (73), pp. 13-21.

© Гагина Н.Н., Гарифуллин И.И., 2023

