

ВТОРИЧНОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ И ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА КОЛЛЕКТОРОВ КАК ОТРАЖЕНИЕ РАЗНОИНТЕНСИВНЫХ ТАНГЕНЦИАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ СЕДИМЕНТАЦИОННОГО БАСЕЙНА С ПОГРЕБЕННЫМ КОНТИНЕНТАЛЬНЫМ РИФТОМ

© 2016 г. А. Д. Коробов¹, Е. Ф. Ахлестина¹, Л. А. Коробова¹,
А. Т. Колотухин¹, В. М. Мухин¹, К. Г. Скачек²

1 – Саратовский госуниверситет

2 – ТПП "Когалымнефтегаз" (ООО "Лукойл-Западная Сибирь")

На примере Тевлинско-Русскинского и Талинского месторождений установлено, что масштабы развития аутигенного минералогенеза в рифтогенных осадочных бассейнах, влияющих на фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) коллекторов при тектоно-гидротермальной активизации, определяются, в первую очередь, интенсивностью стресса. В районах относительного тектонического покоя проявлялся слабо выраженный гидротермальный процесс, который в значительной степени не влиял на ФЕС терригенных пород. Поэтому в таких случаях ФЕС коллекторов контролировали седиментационно-диагенетические условия их возникновения. В районах геодинамических аномалий господствовал интенсивный пульсирующий стресс, вызывавший глубокое гидротермальное перерождение пород. В итоге возникли суперколлекторы, относящиеся к формации вторичных кварцитов.

Полученные на территории Западной Сибири оригинальные материалы могут быть полезны для геологов, работающих в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Введение

Изучению процессов вторичных преобразований в коллекторах различными (литологическими, петрофизическими и геохимическими) методами и поискам связей этих коллекторов с сейсмическими волновыми полями, зонами тектонических нарушений, участками аномально низких и повышенных дебитов на месторождениях Широкого Приобья (Западно-Сибирская плита) было посвящено большое количество научных исследований и публикаций.

Начиная со второй половины 80-х годов прошлого столетия геологи стали учитывать геодинамический аспект возникновения нефтегазонасыщенных вторичных

коллекторов в породах фундамента и чехла рифтогенных осадочных бассейнов. Было доказано, что погребенным континентальным рифтам свойственно периодически возникающая тектоническая (тектоно-гидротермальная) активизация [12]. При этом существенные аномалии теплового поля, обусловленные локальными неоднородностями земной коры и гидротермальными процессами в зонах разломов и оперяющей трещиноватости, могли сохраняться до ста (иногда более) млн лет [24]. Гидротермальная деятельность была и остается прямым подтверждением существования флюидодинамических систем в осадочных бассейнах. Так, в преобразовании пород обозначи-

лась заметная роль флюидного литогенеза, обусловленного конвективным теплопереносом, наряду с литогенезом погружения, порожденным кондуктивным теплопереносом.

Структурная перестройка (тектоно-гидротермальная активизация), которой неоднократно подвергалась территория Западно-Сибирской плиты в мезозое и начале кайнозоя, сопровождалась появлением зон разноинтенсивного динамического напряжения. Это вызывало формирование новых, оживление старых разломов и опережающей их трещиноватости. Доказано влияние трещиноватости пород на их коллекторские свойства [22, 21]. Кроме того, выделены аутигенные минералы-индикаторы, характеризующие динамику развития трещин, позволяющие оценить экранирующую способность перекрывающих трещиноватые породы толщ и вероятность сохранения в этих породах залежей УВ [14].

Среди всего многообразия трещин достаточно уверенно выделяются в породах осадочного чехла Западно-Сибирской плиты следующие основные их типы: тектонические, сейсмические (трещины древних землетрясений), диагенетические и тектоно-диагенетические [21]. Наибольшего внимания заслуживают тектонические трещины, возникшие в условиях растяжения и в условиях сжатия пород. Трещины растяжения среди всех других типов в рассматриваемых отложениях имеют максимальное распространение. Они, как правило, проницаемы для флюида. В то же время необходимо учитывать, что в процессе последующих воздействий на породу тектонических напряжений подобные трещины могут сжиматься и становиться слабопроницаемыми, а в отдельных случаях практически непроницаемыми для флюида.

В этой связи особый интерес представляют Тевлинско-Русскинское и Талинское месторождения, находившиеся при тектоно-

гидротермальной активизации в различных геодинамических обстановках и отличавшиеся интенсивностью тангенциальных напряжений. Поэтому выяснение особенностей аутигенного минерагенеза в зависимости от характера стресса и сопряженного трещинообразования, которые контролировали ФЕС коллекторов этих месторождений, имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение. Рассмотрению этой проблемы и посвящена данная работа.

Особенности гидротермального эпигенеза на Тевлинско-Русскинском месторождении

В пределах Сургутского свода, где расположено Тевлинско-Русскинское нефтяное месторождение, продуктивны пласты васюганской свиты ЮС₁ (верхняя юра). Свита представлена аркозовыми, аркозово-кварцевыми разнозернистыми песчаниками, песчаниками алевритовыми, алевропесчаниками, разнообразными алевролитами, в том числе известковистыми (известковыми). Кроме того, в разрезе присутствуют известняки брекчиевидные, седиментационно-диагенетические и алевропелитовые.

Установлено, что в процессе тектоно-гидротермальной активизации в породах пласта ЮС₁ Тевлинско-Русскинского месторождения появились многочисленные трещины [8]. Они порождались перемежающимися между собой контрастными зонами динамических напряжений: пассивного сжатия – активного растяжения – пассивного сжатия – активного растяжения и т.д. (рис. 1). Эти зоны, как видно из рисунка, примыкают друг к другу. Кроме того, исходя из теоретических соображений В. М. Матусевича и его коллег [20], они гидродинамически связаны между собой. Это контролировало гидротермальный минерагенез в зонах динамических напряжений.

ГЕОЛОГИЯ

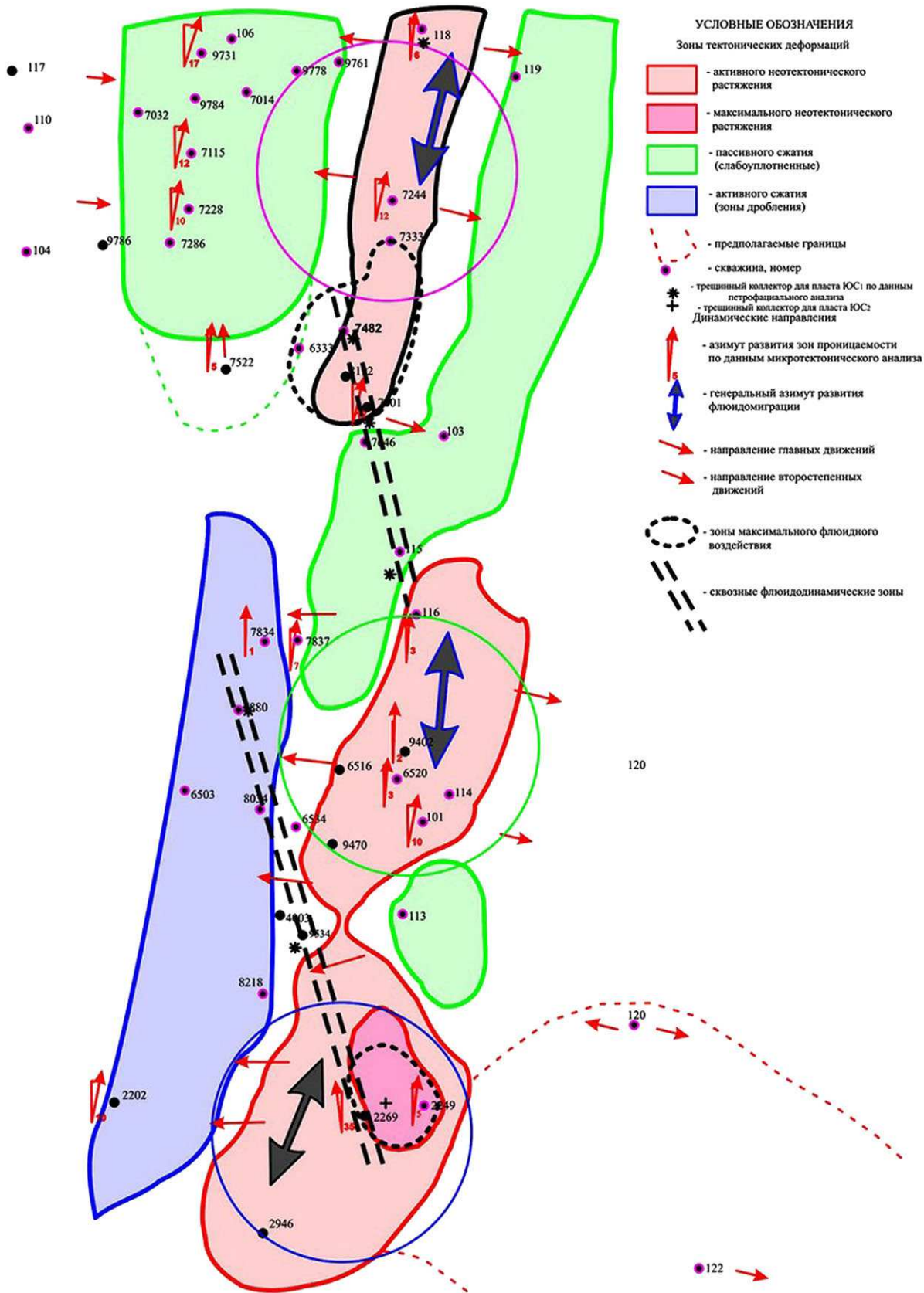


Рис. 1. Схема формирования зон динамических напряжений, генеральной флюидомиграции и зон максимального флюидного воздействия в пределах Тевлинско-Рускинского месторождения [8]

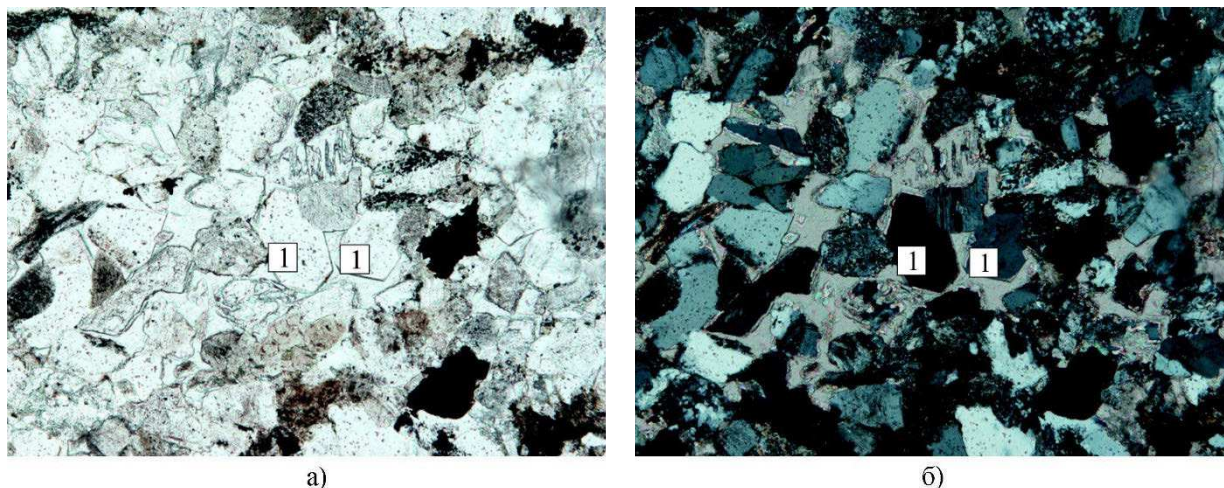


Рис. 2. Идиоморфные кристаллы аутигенного кварца (1) в кальцитизированном, доломитизированном и ангидритизированном песчанике
а – николи ||, б – николи скрещенные, увеличение 100

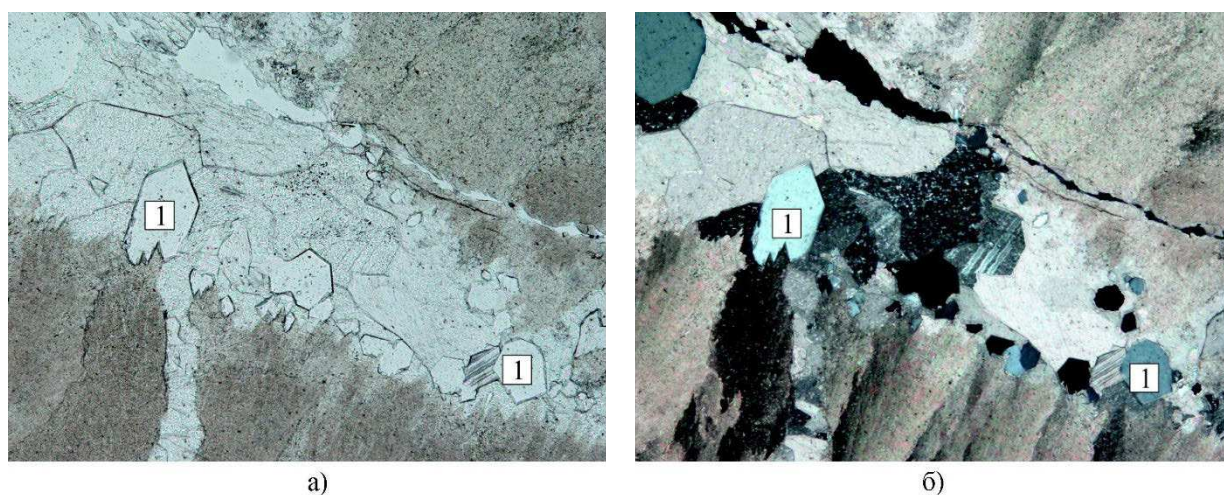


Рис. 3. Идиоморфные кристаллы аутигенного кварца (1) в центральной части трещины, секущей известняк и залеченной кальцитом и ангидритом
а – николи ||, б – николи скрещенные, увеличение 100

Трещинное и сопряженное межзерновое пространство терригенных пород пласта ЮС₁ залечивалось минералами, выпадающими из циркулировавших и закономерно менявших свои физико-химические характеристики горячих растворов. Последние переживали щелочную, нейтральную, слабокислую и кислую стадии развития. Первичная проницаемость пород во многом определяла интенсивность наложенного преобразования. Рассмотрим минерагенез вышеперечисленных стадий (условий) гидротермального процесса подробнее.

Щелочные-нейтральные (слабокислые) условия гидротермального процесса

Петрографические наблюдения демонстрируют неодинаковое поведение минералов терригенного комплекса в процессе их вторичного изменения. Особый интерес представляет кварц. Изучение шлифов песчаников пласта ЮС₁, вскрытых скв.2202, 2249 и 2888, показало, что обломки кварца испытывают диаметрально противоположные по своему характеру изменения, которые можно фиксировать в одном шлифе. С одной стороны, они растворяются («рас-

сасываются»), утоняются вплоть до возникновения скелетных реликтов. С другой – происходит отложение кварца в межзерновом пространстве или образуется регенерационная кайма вокруг кварцевых кластитов. То есть имеет место локальное перераспределение кремнезема с формированием кварца.

Необходимо обратить особое внимание на то, что развитие вторичных кальцита и ангидрита влияет на морфологические особенности аутигенного кварца. В аркозово-кварцевых песчаниках, где отсутствуют вторичные кальцит и ангидрит (скв.2202, глуб. 2908,0 м), кварц часто развивается в виде новообразованных кристаллов с неровными очертаниями, «холмовидными» выступами, внедряющимися в межзерновое пространство или в другие минералы. Наблюдаются сростки мелких зерен аутигенного кварца (до 0,04 мм), заполняющие поровые участки. Важно подчеркнуть, что в сростках кварца редко просматриваются зерна с правильными гранями. Роль контакто-порового цемента в этом случае выполняет глинистое вещество микрозернисто-тонкочешуйчатого строения.

Ситуация радикально меняется в той же самой скважине на глубине 2904,8 м, где в аркозово-кварцевом песчанике роль цемента начинают выполнять вторичные кальцит и ангидрит (5–10% площади шлифа каждого минерала). Здесь аутигенный кварц образует более крупные агрегаты (от 0,023 x 0,024 до 0,14 x 0,4 мм), локализованные в межзерновом пространстве. В отличие от предыдущего случая в сростках часто наблюдаются целые кристаллы кварца или их фрагменты с правильными гранями призмы, которые имеют пирамидальные вершины. Необходимо акцентировать внимание на то, что идиоморфный кварц находится в тесной парагенетической ассоциации с вторичными кальцитом и ангидритом (рис. 2). Идиоморфизм кварца подтвержда-

ется электронно-микроскопическими исследованиями.

Схожая картина отмечается в аналогичным образом измененных аркозово-кварцевом (скв.2888, глуб. 2833,1 м) и разнотонистом (скв.2249, глуб. 2777,0 м; скв.9784, глуб. 2912,0 м) песчаниках.

Все сказанное распространяется на более тонкообломочные и менее проницаемые породы (песчаники алевритовые, алевропесчаники, алевролиты песчаные и т. д.), испытывающие карбонатизацию и, в меньшей степени, сульфатизацию. Однако идиоморфизм новообразованного кварца в этом ряду пород падает.

Выявленная минерагеническая закономерность отмечается не только в терригенных, но и в карбонатных породах. Так, петрографические наблюдения показали, что в брекчиевидном седиментационно-диагенетическом известняке, вскрытом скв.2249 на глубине 2771,0 м, порода разбита трещинами, которые выполнены зернистым кальцитом с включениями ангидрита. Размер кристаллов кальцита увеличивается от зальбандов (0,016–0,08 мм) к центру (от 0,24–0,5 до 3,0 мм) трещин. При этом их форма становится удлиненно-призматической с текстурой «конус в конус». Ангидрит наблюдается в виде неравномерно распределенных включений в различных участках трещинного кальцита. Размер его индивидов варьирует от 0,04–0,08 до 0,40–2,00 мм.

В центральной части трещины, залеченной удлиненно-призматическими зернами кальцита, отмечается цепочка аутигенных идиоморфных кристаллов кварца размером от 0,024 до 0,200 мм (рис. 3).

Увеличение размеров зерен кальцита от периферии к центру трещин говорит о прогрессивно замедляющемся темпе кристаллизации минерала из все более разбавленных растворов при перепадах давления.

Важно отметить, что все проанализированные пробы седиментационно-диа-

генетических известняков на данном месторождении раздроблены, брекчированы, разбиты трещинами и сцементированы преимущественно карбонатным материалом, переотложенным, сообразно теоретических представлений Н. С. Балускиной и соавторов [4], из разрушенных исходных пород. Подобная дислоцированность осадочных толщ не может быть локализована только в карбонатных образованиях. Она должна распространяться на весь разрез васюганской свиты и, естественно, затрагивать терригенные породы. Однако если в седиментационно-диагенетических хрупких известняках трещины дробления диагностируются легко и просто по своей геометрии, то в более пластичных терригенных породах они определяются, как правило, с большим трудом. Многочисленные трещины, как отмечалось, являются следствием тектоно-гидротермальной активизации Западно-Сибирской плиты. Поэтому крайнюю невыдержанность аутигенной карбонатизации и сульфатизации в пласте ЮС₁ необходимо рассматривать как порождение сложно построенной трещиноватости, которая была залечена на щелочно-нейтральном этапе существования горячих вод. Смена минеральной ассоциации кальцит + ангидрит идиоморфным кварцем возникла из прогрессивно разбавляемых и меняющих рН нагретых растворов: щелочные → нейтральные (слабокислые).

Кислые условия гидротермального процесса

Залечивание трещин в породах пласта ЮС₁ карбонатами может быть нарушено обратным процессом – их растворением с развитием сопутствующей минерализации. Просмотр шлифов показал, что в известняках, вскрытых в скв.1744 Г на глубине 2942,9 м, отмечается самая начальная стадия растворения кальцита с заполнением пустот аутигенным каолинитом (рис. 4). Аналогичная картина наблюдается в из-

вестняке, вскрытом скв.118 Р на глубине 2899,6 м. Там в трещинах, заполненных разнотермным кальцитом, реже ангидритом, фиксируются агрегаты каолинита размером до 0,04 x 0,4 мм. Мелкие выделения каолинита наблюдаются и в крупных кристаллах кальцита, залечивших трещины.

Не остаются в стороне от этого процесса и терригенные породы. Петрографические наблюдения свидетельствуют, что новообразованный каолинит появляется раньше всего в межзерновом пространстве песчаников, алевропесчаников, известковистых алевролитов и пр., где он пространственно совмещен с реликтовым (растворяющимся) кальцитом и ассоциирует с редкими кристаллами ангидрита. По мере нарастания каолинизации минералы терригенного комплекса начинают вовлекаться в данный процесс. Первым откликается на это мусковит. Наиболее активно каолинизация протекала в самых проницаемых породах. Поэтому в аркозовокварцевых песчаниках (скв.138 Р, глуб. 2761,4 м) не только мусковит, но и полевые шпаты, хлорит, смектиты местами испытывают значительное (иногда даже полное) замещение каолинитом. Количество его возрастает до 10–15% площади шлифа, а размер частиц достигает 0,008–0,05 мм. Каолинит в этом случае начинает выполнять роль контактово-порового цемента в песчанике.

Приведенные данные говорят о развитии каолинита в трещинном и межзерновом пространстве пород пласта ЮС₁, которое сопряжено с растворением карбонатного материала и разрушением (метасоматической каолинизацией) нестойких обломочных минералов. При этом минеральная ассоциация кальцит + ангидрит + идиоморфный кварц, залечивающая трещины на этапе существования переходных щелочных-слабокислых гидротерм, плавно сменялась мономинеральным каолинитом (рис. 5), который выполняет трещины уже

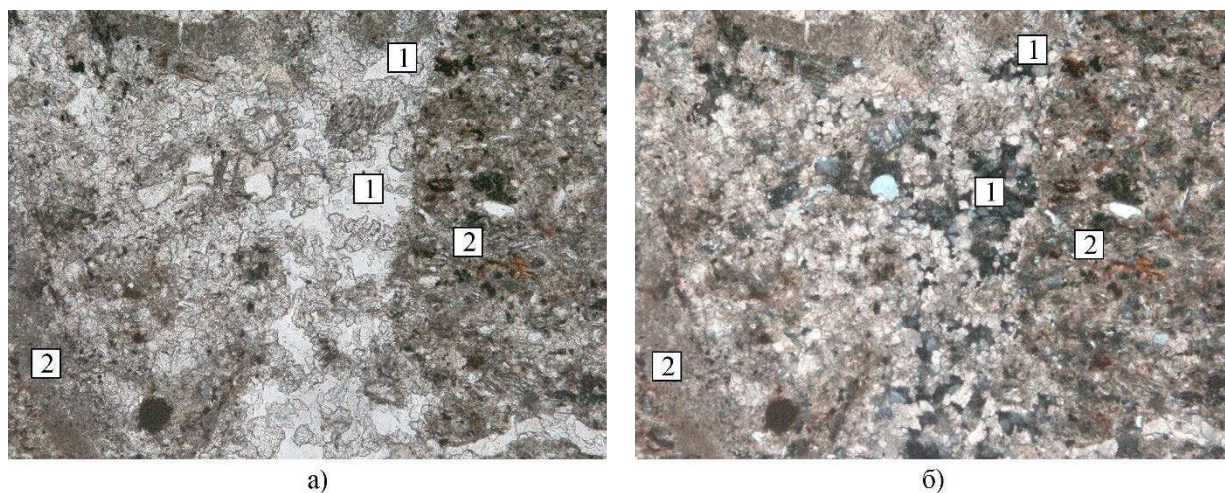


Рис. 4. Пустоты растворения кальцита, выполненные аутигенным каолинитом (1) в трещине известняка (2)
а – николи ||, б – николи скрещенные, увеличение 100

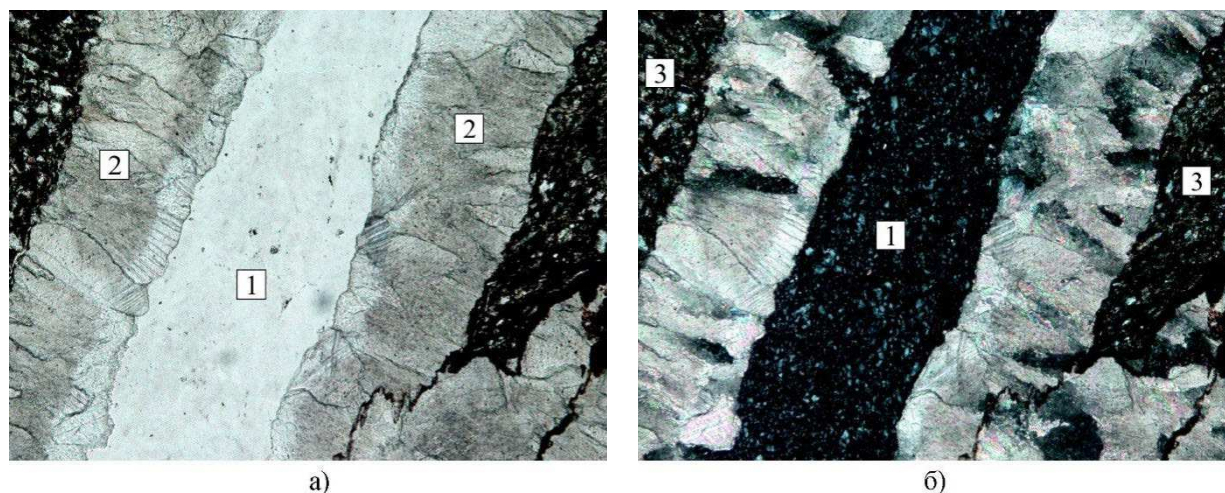


Рис. 5. Аутигенный каолинит (1) и ангидрит-кальцитовый агрегат (2) в трещине алевритового известняка (3)
а – николи ||, б – николи скрещенные, увеличение 100

под воздействием типично кислых горячих растворов. Рассмотрим причины эволюции нагретых вод Тевлинско-Русскинского месторождения в направлении их прогрессивного поокисления.

Причины изменения кислотности гидротермальных растворов

Общеизвестно, что большую роль в контроле кислотности-щелочности горячих вод играет CO_2 . По данным И. Н. Ушатинского и О. Г. Зарипова [26], генерация угольной и других кислот в условиях Западной

Сибири могла осуществляться (исключая глубинный источник) при метаморфизме органического вещества (ОВ), а также при преобразовании самих УВ в залежах. Особенно активно это происходило за счет взаимодействия УВ с поровыми водами в зонах водонефтяного контакта (ВНК) и фильтрации УВ, на участках разрушения прежних, уже существовавших нефтегазоносных горизонтов и формирования новых месторождений. В условиях разнонаправленных тангенциальных напряжений, характерных

для исследуемого месторождения [8], все вышеперечисленное могло иметь место.

Щелочная стадия была вызвана раскрытием трещин и, как следствие, разгерметизацией отдельных участков пластовой системы с дегазацией CO_2 и перепадом давления. В щелочную стадию происходило растворение, «рассасывание» и утонение обломков кварца вплоть до возникновения скелетных остатков минерала. Растворы в этом случае заметно обогащались подвижным кремнеземом. С другой стороны, в такой обстановке наблюдалось карбонатонакопление. В межзерновом пространстве осаждался кальцит за счет кристаллизации его из поровых (трещинных) растворов при перепадах давления. Плагноклазы и калиевые полевые шпаты замещались кальцитом. Он же резорбировал кварц.

Во время последнего и, видимо, медленного смыкания трещин происходило вялое накопление CO_2 и органических кислот, что обуславливало очень постепенный переход от щелочных условий через нейтральные к слабокислым. В нейтрально-слабокислых обстановках карбонатный материал начинает растворяться, а кремнезем – напротив, осаждаться. Причем тектоническая пассивность определяла стабильные условия минерагенеза, в частности медленную кристаллизацию SiO_2 из разбавленных растворов, следствием чего стал идиоморфизм зерен аутигенного кварца.

Если этот процесс развивался дальше, то в зонах вялого сжатия продолжали постепенно накапливаться CO_2 и органические кислоты за счет метаморфизма ОВ и окисления нефти, что приводило к появлению кислых растворов, уничтожению ранних карбонатов и неустойчивых алюмосиликатов терригенного комплекса. Горячие растворы обогащались подвижным кремнеземом и глиноземом. В данной обстановке происходило образование гидротермально-го каолинита, локализованного в цементе,

трещинах и иных пустотах пород, а также метасоматическое замещение им слюды, полевых шпатов и других легкоразрушаемых минералов. Важно подчеркнуть, что в таких случаях отсутствует диккит (минерал группы каолинита) – индикатор сильного бокового давления, т. е. стресс-минерал [12]. Это полностью совпадает с выводом Л. М. Дорогиницкой и ее коллег [8] о режиме слабого (пассивного) сжатия в тектонически напряженных зонах Тевлинско-Русскинского месторождения.

Немного раньше каолинита формировался ангидрит, редко полугидрат кальция и гипс. По данным гидрохимических исследований [20] в верхнеюрских песчано-алевритовых породах Сургутского свода отсутствуют сульфатные воды. Откуда же брался ион SO_4^{-2} для образования вышеперечисленных минералов? Как уже отмечалось, эти явления следует связывать, преимущественно, с окислением УВ и метаморфизмом ОВ. Сказанное подтверждается почти постоянным присутствием в шлифах твердых продуктов преобразования нефтей за счет их окисления. Ион SO_4^{-2} , необходимый для синтеза сульфатов кальция, возник при окислении серы, присутствующей в нефтях васюганской свиты Тевлинско-Русскинского месторождения в количестве 0,88–1,00% [11].

В результате этого происходило пространственное совмещение двух диаметрально противоположных по физико-химическим условиям протекания процессов карбонатизации и каолинизации. Если первый значительно ухудшает коллекторские свойства пород, то второй, напротив, заметно улучшает их. Поэтому наложение друг на друга в итоге не привело к существенному изменению емкостных свойств коллекторов Тевлинско-Русскинского месторождения.

Чем же вызвана специфика вторичного минерагенеза изучаемой территории, при-

ведшая, в частности, к пространственному совмещению карбонатизации и каолинизации? Следует напомнить, что песчано-алевролитовые породы пласта ЮС₁ Тевлинско-Русскинского месторождения испытывали вялые горизонтальные тектонические подвижки (стресс), провоцирующие слабые наложенные изменения. Это свидетельствует об особом геодинамическом положении месторождения в пределах Западно-Сибирского погребенного континентального рифта. Однако в границах последнего известны случаи, когда терригенные коллекторы претерпевали глубокие гидротермальные преобразования. При этом А. Е. Лукиным и О. М. Гариповым [18] на ряде нефтегазовых месторождений Западной Сибири установлена четкая прямая зависимость содержания в породе катаклазированного кварца с концентрацией аутигенного диккита в ассоциации с триклинным каолинитом в поровом пространстве песчаников. Эта зависимость отражает уже совершенно иную геодинамическую обстановку минералообразования седиментационного бассейна. В свете наших исследований [12] речь здесь идет о процессах, протекавших в весьма напряженных условиях бокового давления.

Наиболее активную, с точки зрения геодинамической напряженности, зону представляет собой район Красноленинского свода с находящимся там Талинским месторождением нефти. Для сравнения с Тевлинско-Русскинским рассмотрим специфику наложенных изменений в юрских породах Талинского месторождения, контролирующих их коллекторские свойства.

Особенности гидротермального эпигенеза на Талинском месторождении

В районе Красноленинского свода, где расположено Талинское месторождение, продуктивны пласты ЮК₁₀₋₁₁ шеркалинской пачки тюменской свиты (верхний лейас). Эти пласты залегают в основании осадочного чехла Западно-Сибирской пли-

ты и представлены мелко-, средне- и крупнозернистыми песчаниками с прослоями гравелитов. Установлено, что породы шеркалинской пачки значительно улучшают свои фильтрационно-емкостные свойства и становятся высококачественными коллекторами в результате интенсивного гидротермального перерождения – кислотного выщелачивания. Оно осуществлялось за счет присутствия в горячих растворах глубинной СО₂, а также серной кислоты [25, 28, 18]. Максимально переработанные терригенные (обычно разномзернистые и грубообломочные) породы представляют собой вторичные кварциты, среди которых различаются кварц – (диккит-каолинитовая) и (каолинит-диккит) – кварцевая фации [13]. Гидротермалиты этих фаций сосредоточены в породах шеркалинской пачки в зонах крупных разломов и оперяющей их трещиноватости, которые секут фундамент и осадочный чехол.

В истории развития вторичных кварцитов выделены две стадии (ранняя и поздняя), сильно различающиеся по своей тектонической напряженности [12]. Ранняя стадия протекала в условиях резкого пульсирующего стресса при повышенных температурах, что способствовало скачкообразному высвобождению межслоевой воды из смектитов верхнеюрско-нижнемеловых отложений в процессе их иллитизации. Участки крупных скоплений монтмориллонитовых глин (фроловская свита нижнемелового возраста), которые подверглись воздействию конвективного теплопереноса, на ранней стадии активизации явились источниками лавинообразного поступления петрогенной воды в общий водный баланс артезианской системы или в коллекторы – породы шеркалинской пачки. Петрогенная вода составляла основу возникающих при этом гидротермальных растворов, отличающихся большой растворяющей способностью [15]. В итоге почти полному выщелачива-

нию подвергся весь комплекс неустойчивых терригенных минералов: плагиоклазы, калиевые полевые шпаты, слюды, хлориты, каолинит, смешанослойные образования, амфиболы, обломки эффузивов, ранние карбонаты. Это привело к появлению большого количества вторичных пустот, укрупнению макро- и микротрещин. Размеры пустот колеблются от долей миллиметра до 4–6 мм. Они, как правило, соединены между собой системой трещин раскрытостью до 1,40–3,00 мм в различной степени залеченных опалом и диккитом. Кроме того, в основной массе пород пласта ЮК_{10–11} присутствует аутигенный тонкодисперсный кварц, имеющий размеры зерен менее 0,01 мм и слагающий глинистую фракцию. Характерной особенностью данного процесса является высокая дисперсность всех без исключения новообразованных минералов [1, 5, 9].

Поздняя стадия тектоно-гидротермальной активизации развивалась в обстановке угасающей тектонической напряженности, слабеющего стресса, снижения температуры и агрессивности нагретых растворов. Это определило нарастающий процесс минералообразования, осуществляющийся при медленной кристаллизации из разбавленных вод. В зоне возникновения кварц – (диккит-каолинитовой) фации в это время происходило формирование диккит-каолинитового порового цемента и, в меньшей степени, регенерационный огранки у кластогенных кварцевых зерен. Важно подчеркнуть, что в межзерновом пространстве гидротермально измененных пород развиты крупнокристаллические (30–40 мкм) идиоморфные разности каолинита и диккита, попадающие при отмучивании в алевритовую фракцию. Причем совершенной морфологии в таких случаях соответствует и совершенная кристаллическая структура минерала [9].

В позднюю стадию тектоно-гидротермальной активизации происходила реге-

нерация кластогенного кварца и развитие микродруз этого минерала в пустотах выщелачивания. На заключительных этапах регенерации отмечается захват жидких УВ растущей кристаллической фазой. Поэтому поздний аутигенный кварц нередко содержит многочисленные темноокрашенные включения пузырьков нефти [10]. Это свидетельствует о появлении заметных количеств нефтидов в нагретых водах Талинского месторождения лишь в завершающую стадию тектоно-гидротермальной активизации.

Вышеописанные процессы сопряжены с резким возрастанием прежней и без того высокой проницаемости осадочных образований. В итоге вторичные коллекторы шеркалинского горизонта, соответствующие по минеральному составу формации вторичных кварцитов, приобрели проницаемость от первых сотен мД до 4,5 Д при пористости от 16 до 23% [5]. Это обусловило сверхпроводимость пород, которые классифицируются Р.А. Абдуллиным [1] как вторичные нефтенасыщенные суперколлекторы.

Таким образом, присутствие микродрузового и сильно разросшегося регенерационного кварца, а также триклинного структурно совершенного крупночешуйчатого каолинита (в меньшей степени диккита) является минералогическим показателем вялотекущего пульсирующего бокового давления, которое, что особенно важно подчеркнуть, пришло на смену чрезвычайно активному знакопеременному стрессу. Слабо выраженный стресс на заключительных стадиях тектоно-гидротермальной активизации выступал как природный тектонический насос, эвакуирующий нефтиды из нефтегазоматеринских пород в суперколлекторы Талинского месторождения.

Такой же слабовыраженный знакопеременный стресс, играющий роль тектонического нефтяного насоса, господствовал и в пределах Тевлинско-Русскинского месторо-

ждения. Однако он сопровождался совершенно иным характером минералообразования, протекавшим на фоне вялых тангенциальных напряжений [8] в течение всего времени структурной перестройки региона. Следовательно, существует определенная зависимость между динамикой пульсирующего стресса и интенсивностью гидротермального изменения пород в рифтогенных седиментационных бассейнах. Это подтверждается специальными исследованиями [19], показавшими, что флюид с пульсирующим давлением способен перетолкнуть значительно больше минеральных компонентов, чем содержится в нем в растворенном состоянии. Причиной этого являются многократные изменения концентрации раствора, сопровождающиеся каждый раз растворением и отложением вещества. Чтобы отчетливее представить себе взаимосвязь интенсивности знакопеременного стресса и характера наложенных преобразований, вспомним о частой сопряженности рудогенеза и нефтегазообразования в областях повышенной тектонической активности [6, 18]. В этой связи рассмотрим геодинамические позиции вышеперечисленных месторождений, акцентируя внимание не только на особенностях минерализации УВ-продуктивных терригенных коллекторов, но и на поведении в них микроэлементов, в частности ртути.

**Геодинамическое положение
Тевлинско-Русскинского
и Талинского месторождений
в пределах Среднеширотного Приобья**

В Среднеширотном Приобье в юрском комплексе нефтеносность часто связана с резервуарами (коллекторами), сформировавшимися при ведущей роли гидротермальных процессов [6, 18]. Комплексное литологическое и минералого-геохимическое изучение обширной выборки (свыше 2000 образцов) юрских пород (тюменская, васюганская, георгиевская, баженовская

свиты) Шаимского, Сургутского, Красноленинского (Талинское, Ем-Еговское месторождения), Салымского сводов, а также Нижневартовского свода в его северной моноклинали позволило А. Е. Лукину и О. М. Гарипову [17] установить аномальное геохимическое поле, характеризующееся резко повышенной (в 2–10, для некоторых элементов в десятки, сотни и даже тысячи раз выше кларков) концентрацией ряда халькофильных, сидерофильных и петрофильных элементов.

Особый интерес представляют данные по ртутоносности юрских пород, поскольку ртуть, благодаря, с одной стороны, высокой летучести и повышенной проникающей способности, а с другой – явной геохимической связи с глубинными зонами, является универсальным геохимическим индикатором «мантийного дыхания» Земли. Исследования показали ртутную зараженность юрских отложений Среднеширотного Приобья с выделением одноименного ртутного пояса Западной Сибири (рис. 6). Причем обогащение ртутью пород и флюидов юрского комплекса носило многофазный характер и происходило неоднократно на протяжении мезозоя и кайнозоя. Это свидетельствует о периодическом оживлении старых и возникновении новых глубинных разломов и оперяющей трещиноватости, по которым осуществлялся конвективный тепло-массоперенос с транспортировкой ртути в породах фундамента и чехла. Сказанное прекрасно совпадает с представлениями Ю. Н. Фёдорова и его коллег [27] о том, что в течение мезозоя тектоническая активизация Западно-Сибирской плиты возобновлялась несколько раз. В частности, она имела место в средней юре (180–160 млн лет), раннем мелу (неокоме – 145–120 млн лет) и позднем мелу – раннем палеогене (100–60 млн лет).

Особое значение приобретает тот факт, что максимумы содержания ртути в юрских

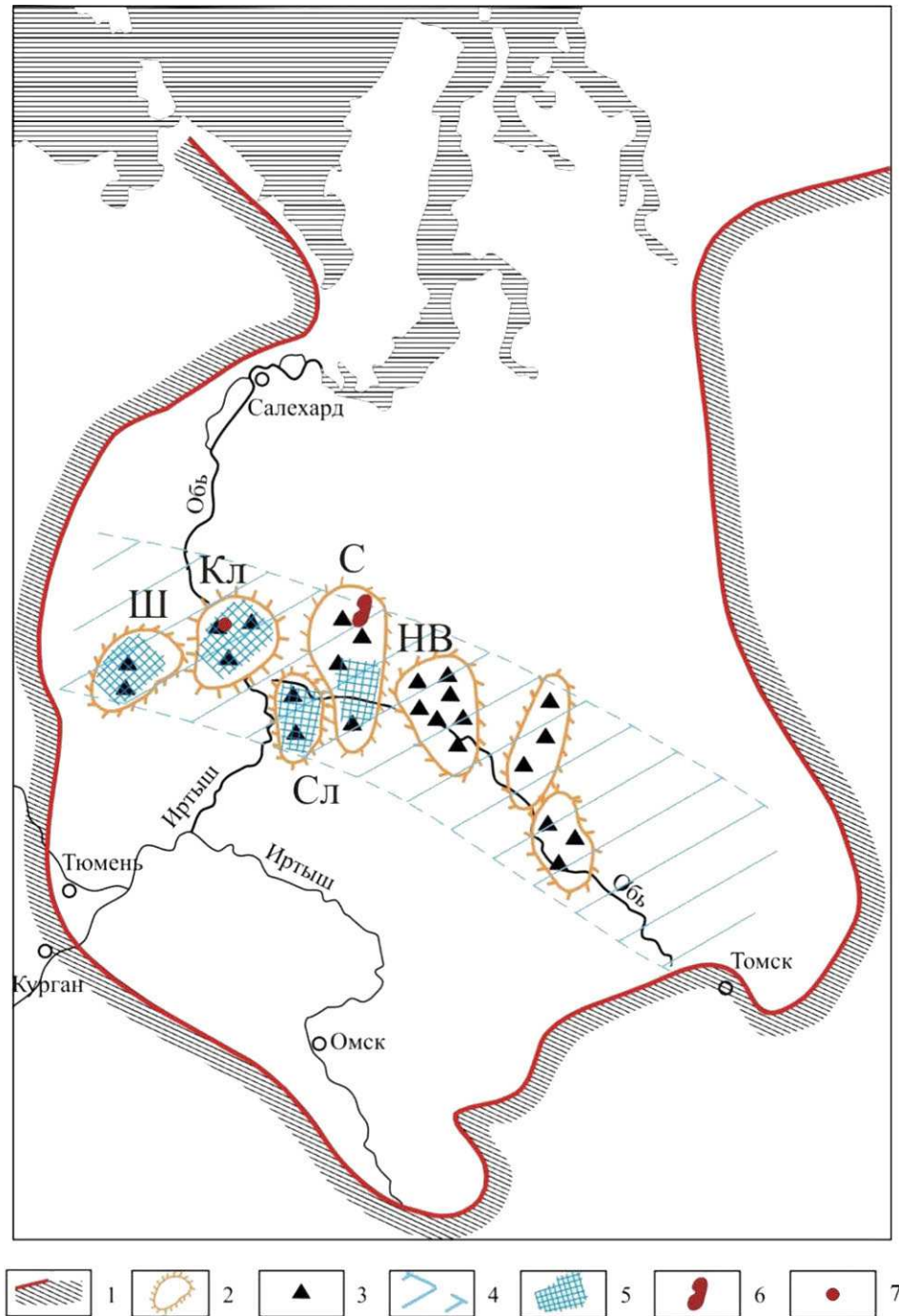


Рис. 6. Среднеширотно-Приобский ртутный пояс Западной Сибири [17] и положение в нем Тевлинско-Русскинского и Талинского месторождений

1 – Граница Западно-Сибирской плиты; 2 – мегасводы и мегавалы (Ш – Шаимский, КЛ – Красноленинский, Сл – Салымский, С – Сургутский, НВ – Нижневартовский); 3 – площади, в керне скважин которых установлены anomalно повышенные содержания ртути; 4 – региональная зона ртутной зараженности юрских отложений и подземных флюидов (Среднеширотно-Приобский ртутный пояс); 5 – районы наиболее интенсивной ртутной зараженности юрских отложений; 6 – Тевлинско-Русскинское месторождение; 7 – Талинское месторождение

отложениях Среднеширотного Приобья приурочены, в частности, к гидротермально переработанным породам, испещренным

прожилками новообразованного диккита. Последний, как доказано на Талинском месторождении (Красноленинский свод),

является стресс-минералом [12]. Он фиксирует геодинамически напряженные районы, где господствует пульсирующий режим бокового давления при тектоно-гидротермальной активизации. Ртуть также представляет собой наиболее чувствительный геотермодинамический, а следовательно, и геодинамический индикатор [17]. Важно подчеркнуть, что Красноленинский свод с находящимся там Талинским месторождением нефти в период структурной перестройки являл собой крупную геодинамическую аномалию Западно-Сибирской плиты [7, 16, 20]. Что касается Тевлинско-Русскинского месторождения, то оно расположено на периферии Среднеширотно-Приобского ртутного пояса Западной Сибири (рис. 6). Это еще раз доказывает, что в период структурной перестройки месторождение находилось в районе относительно спокойной тектонической обстановки, по сравнению с южной и западными частями пояса. Об этом же свидетельствует и отсутствие диккита в указанных породах, что подтверждено нашими исследованиями. Вместо диккита в породах васюганской свиты Тевлинско-Русскинского месторождения постоянно в различных количествах (в среднем 30,7% фракции < 0,001 мм) развит аутигенный структурно совершенный триклинный каолинит. Каолинит, как известно, является антистресс-минералом [12]. Что касается содержания ртути в породах пласта ЮС₁, то мы такими данными, к сожалению, не располагаем.

Из вышеизложенного следует, что Среднеширотно-Приобский ртутный пояс объединяет в своих границах неодинаковые по тектонической напряженности территории, где протекали различные по интенсивности гидротермальные (гидротермально-метасоматические) процессы в периоды структурной перестройки Западно-Сибирской плиты.

Поэтому, касаясь влияния тектоно-гидротермальной активизации на аутигенный минерогенез и сопряженное изменение ФЕС

юрских коллекторов, можно утверждать, что Талинское и Тевлинско-Русскинское месторождения представляют собой две полные противоположности.

В зоне существования относительного тектонического покоя, где отсутствовал глубинный CO₂, исключалась возможность возникновения агрессивных гидротерм, интенсивного пульсирующего стресса и, как следствие, аномальной гидродинамики. Все это сопровождалось слабым развитием эпигенетических (гидротермально-метасоматических) процессов, затрагивавших породы васюганской свиты. Такие преобразования не приводили к заметному изменению ФЕС пород, поэтому ФЕС коллекторов определялись, главным образом, седиментационно-диагенетическими условиями их возникновения. Из сказанного вытекает принципиальный вывод о том, что масштабы развития аутигенного минерогенеза в рифтогенных осадочных бассейнах, влияющих на ФЕС коллекторов при тектоно-гидротермальной активизации, контролируются, в первую очередь, интенсивностью знакопеременного стресса.

Заключение

Подводя итог вышеизложенному, можно утверждать следующее:

1. В Западной Сибири (рифтогенном седиментационном бассейне) в периоды тектоно-гидротермальной активизации существовали различные по геодинамической напряженности территории. Они характеризовались неодинаковой интенсивностью знакопеременного стресса, контролировавшего масштабы аутигенного минерогенеза, который, в свою очередь, по-разному влиял на ФЕС коллекторов.

2. В районах относительного тектонического покоя (Тевлинско-Русскинское месторождение) структурная перестройка приводила к появлению в породах ЮС₁ васюганской свиты многочисленных мелких трещин. Территория характеризовалась

вялыми тангенциальными напряжениями, локализованными в чередующихся зонах сжатия и растяжения. К трещинам был приурочен слабо развитый гидротермальный процесс, который мало влиял на ФЕС терригенных пород. Поэтому в таких случаях ФЕС коллекторов контролировались седиментационно-диагенетическими условиями их возникновения.

3. В районах геодинамических аномалий (Талинское месторождение) господствовал интенсивный пульсирующий стресс, деятельность которого со временем сильно ослабевала. Структурная перестройка со-

провождалась оживлением старых и возникновением новых разломов с опережающей трещиноватостью, вдоль которых происходило глубокое гидротермальное перерождение пород шеркалинской пачки пласта ЮК₁₀₋₁₁ тюменской свиты. В итоге возникли нефтенасыщенные породы-суперколлекторы, относящиеся к формации вторичных кварцитов.

4. Вялотекущий пульсирующий стресс не зависимо от геодинамической напряженности территории выступал как природный тектонический насос, эвакуирующий УВ из нефтегазоматеринских пород в ловушки.

Работа написана при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности № 2014/203 (тема «Геология», № государственной регистрации 1140304447, код проекта 1582).

Л и т е р а т у р а

1. Абдуллин Р. А. Природа высокой проницаемости пород-коллекторов шеркалинского горизонта Красноленинского района Западной Сибири // Докл. АН СССР. – 1991. – Т. 316. – № 2. – С. 422–424.
2. Абрамова О. П. Рудоносность поровых вод глинистых нефтематеринских толщ // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2008. – № 9. – С. 28–31.
3. Аплонов С. В., Лебедев Б. А. Нафторудогенез: пространственные и временные соотношения гигантских месторождений. – М.: Научный мир, 2010. – 224 с.
4. Закономерности строения баженовского горизонта и верхов абалакской свиты в связи с перспективами добычи нефти / Н. С. Балущкина, Г. А. Калмыков, Т. А. Кирюхина и др. // Геология нефти и газа. – 2013. – № 3. – С. 48–61.
5. Белкин В. И., Бачурин А. К. Строение и происхождение высокопроницаемых коллекторов из базальных слоев юры Талинского месторождения // Докл. АН СССР. – 1990. – Т. 310. – № 6. – С. 1414–1416.
6. Белкин В. И., Медведский Р. И. Жильный тип ловушек нефти и газа // Советская геология. – 1987. – № 9. – С. 25–34.
7. Опыт исследования напряженно-деформированного состояния Красноленинского свода (Западная Сибирь) / И. С. Гранберг, И. Н. Горяинов, А. С. Смекалов и др. // Докл. РАН. – 1995. – Т. 345. – № 2. – С. 227–230.
8. К методике исследования анизотропии продуктивных пластов месторождений нефти и газа / Л. М. Дорогиницкая, Г. Д. Исаев, К. Г. Скачек, М. В. Шалдыбин // Вестник недропользователя Ханты-Мансийского автономного округа. – 2009. – № 20. – С. 14–22.
9. Гидротермальные процессы в шеркалинской пачке Талинского месторождения (Западная Сибирь) / Ю. М. Зубков, С. В. Дворак, Е. А. Романов и др. // Литология и полезные ископаемые. – 1991. – № 3. – С. 122–132.
10. Литология коллекторов Талинского нефтяного месторождения (Западная Сибирь) / Ю. П. Казанский, В. В. Казарбин, Э. П. Солотчина и др. // Геология и геофизика. – 1993. – Т. 34. – № 5. – С. 22–31.

11. Клещев К. А., Шейн В. С. Нефтяные и газовые месторождения России: справочник (в 2-х книгах). Кн.2. Азиатская часть России. – М.: ВНИГНИ, 2010. – 720 с.
12. Коробов А. Д., Коробова Л. А. Пульсирующий стресс как отражение тектоно-гидротермальной активизации и его роли в формировании продуктивных коллекторов чехла (на примере Западной Сибири) // Геология, геофизика, разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – № 6. – С. 4–12
13. Коробов А. Д., Коробова Л. А. Конвективный теплоперенос и формирование нефтегазоносных коллекторов пород переходного комплекса и чехла // Отечественная геология. – 2012. – № 3. – С. 3–12.
14. Коробов А. Д., Коробова Л. А. Прогноз продуктивных коллекторов чехла рифтогенных осадочных бассейнов с позиций гидротермального минерализации // Газовая промышленность. – 2014. – № 1 (701). – С. 24–29.
15. Лавинообразное обезвоживание глинистых отложений как показатель тектонической активизации и ее роль в гидротермальном процессе и миграции нефти (на примере Западной Сибири) / А. Д. Коробов, Л. А. Коробова, А. Т. Колотухин и др. // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2015. – Вып. 81. – С. 14–27.
16. Криночкин В. Г., Балдина Н. А., Фёдоров Ю. Н. Особенности проявления тектонических нарушений в литологическом разрезе чехла Краснотуркменского свода (Западная Сибирь) // Актуальные вопросы литологии: материалы 8-го Уральск. литолог. совещ. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. – С. 168–169.
17. Лукин А. Е., Гарипов О. М. О Среднешироотно-Приобском ртутном поясе Западной Сибири // Докл. РАН. – 1992. – Т. 325. – № 6. – С. 1198–1201.
18. Лукин А. Е., Гарипов О. М. Литогенез и нефтеносность юрских терригенных отложений Среднешироотно-Приобья // Литология и полезные ископаемые. – 1994. – № 5. – С. 65–85.
19. Лукьянов А. В., Быкова Ю. М., Зиньков В. В. Модель эволюции флюидного давления в слоистой толще // Бюл. Моск. общества испытателей природы. Отдел геологии. – 1989. – Т. 64. – Вып. 2. – С. 22–33.
20. Матусевич В. М., Рыльков А. В., Ушатинский И. Н. Геофлюидные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна. – Тюмень: Тюм ГНГУ, 2005. – 225 с.
21. Микуленко К. И., Острый Г. Б. Типы трещиноватости и их влияние на коллекторские свойства пород осадочного чехла Западно-Сибирской плиты // Докл. АН СССР. – 1965. – Т. 165. – № 3. – С. 646–648.
22. Острый Г. Б. Трещиноватые породы мезозойского чехла Западно-Сибирской низменности // Докл. АН СССР. – 1965. – Т. 162. – № 2. – С. 411–413.
23. Парагенезис металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов / под ред. Д. И. Горжевского и Д. И. Павлова. – М.: Недра, 1990. – 268 с.
24. Рамберг И., Морган П. Физическая характеристика и направление эволюции континентальных рифтов // 27-й Международ. геол. конгресс. Тектоника. – М., 1984. – Т. 7. – С. 78–108.
25. Розин А. А. Подземные воды Западно-Сибирского артезианского бассейна и их формирование. – Новосибирск: Наука, 1977. – 102 с.
26. Ушатинский И. Н., Зарипов О. Г. Минералогические и геохимические показатели нефтегазоносности мезозойских отложений Западно-Сибирской плиты // Труды ЗапСиб НИГНИ. – 1978. – Вып. 96. – 2009 с.
27. Этапы тектонической активизации Западно-Сибирской платформы (по данным К-Аг – датирования) / Ю. Н. Фёдоров, В. Г. Криночкин, К. С. Иванов и др. // Докл. РАН. – 2004. – Т. 397. – № 2. – С. 239–242.
28. Фёдорова Т. А., Бочко Р. А. Водно-растворимые соли баженновской свиты как критерий выделения зон коллекторов // Геология нефти и газа. – 1991. – № 2. – С. 23–26.