

10. Мандельштам М. И., Шайкин И. М. К палеонтологической характеристике триаса Днепровско-Донецкой впадины // Материалы по геологии и нефтегазоносности Украины. – М.: Недра, 1969. – С. 81–87.
11. Мишина Е. М. Детальная стратиграфия отложений ветлужской серии нижнего триаса по остракодам // Известия АН СССР, сер. геол. – 1966. – № 12. – С. 95–112.
12. Мишина Е. М. Граница верхней перми и нижнего триаса по остракодам // Известия АН СССР, сер. геол. – 1969. – № 5. – С. 85–95.
13. Мишина Е. М. Значение охвата в таксономии дарвинулид (Ostracoda) // Вопросы микропалеонтологии. – М., 1969. – Вып. 12. – С. 195–208.
14. Основы палеонтологии. Членистоногие, трилобитообразные и ракообразные. – М.: Госгеолтехиздат, 1960. – 515 с.
15. Парастратиграфические группы флоры и фауны триаса / под ред. А. Н. Олейникова и А. И. Жамойды. – Л.: Недра, 1986. – 283 с.
16. Спизарский Т. Н. Отряд Ostracoda. Раковинчатые раки // Атлас руководящих форм ископаемой фауны СССР. – Л.-М.: ГОНТИ-НКТП СССР, 1939. – Т. VI.
17. Стратотипический разрез баскунчакской серии нижнего триаса горы Большое Богдо / под ред. акад. В. В. Меннера и к. г.-м. н. В. В. Липатовой. – Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 1972. – 165 с.
18. Шнейдер Г. Ф. Фауна остракод нижнетриасовых отложений Прикаспийской впадины // Геология и нефтегазоносность юга СССР: труды КЮГЭ. – Л.: Гостоптехиздат, 1960. – Вып. 5. – С. 287–309.
19. Шнейдер Г. Ф., Мандельштам М. И. Отряд Ostracoda. Раковинчатые раки // Атлас руководящих форм ископаемых фаун СССР (триасовая система). – Л.-М.: Госгеолтехиздат, 1947. – Т. VII. – С. 147–185.

УДК 553.98

РОЛЬ ТЕКТОНОГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ АКТИВИЗАЦИИ РИФТОГЕННОГО СЕДИМЕНТАЦИОННОГО БАССЕЙНА В СОЗДАНИИ ВТОРИЧНЫХ ТЕРРИГЕННЫХ ЭКРАНОВ И СОХРАНЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

© 2017 г. А. Д. Коробов¹, Е. Ф. Ахлестина¹, Д. Е. Заграновская²,
Л. А. Коробова¹, М. П. Логинова¹, А. Т. Колотухин¹, В. М. Мухин¹

1 – Саратовский госуниверситет

2 – ООО "Газпромнефть НТЦ"

Оригинальные исследования, которые были проведены на Пальяновском участке (Западная Сибирь), показали, что надежная изоляция бажено-абалакского комплекса Красноленинского месторождения, гарантирующая его продуктивность, была обеспечена возникновением вторичных (гидротермальных) терригенных экранов в подстилающих породах тюменской свиты (I_2), что выразилось в запечатывании межзернового пространства песчаников, алевропесчаников и других пород регенерационным кварцем, минералами кремнезема, редко сульфатами и карбонатами. Произошло это в начальную стадию поздне меловой-ранне-палеогеновой активизации, когда наблюдался массовый привнос продуктов выщелачивания (в первую очередь SiO_2) в эти отложения с соседней территории Талинского месторождения. Там в это время под действием гидротермальных рас-

творов песчаники и гравелиты шеркалинской свиты (I_1) преобразовывались во вторичные суперколлекторы. При прогнозных оценках продуктивности баженовской свиты, а также контактирующих с ней проницаемых пород важно учитывать фактор локального тектонического неравновесия, вызванного структурной перестройкой региона.

Полученные материалы могут быть полезны для геологов, работающих в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и занимающихся исследованиями доманиковых отложений, которые являются аналогом сланцевых толщ, развитых на территории США.

Введение

Установлено (Зубков, 2014; Белкин и др., 1985), что сохранение нефтенасыщенности породами бажено-абалакского комплекса во многом определяется их высококачественной изоляцией от проницаемых сред: пород-коллекторов, разломов с оперяющей трещиноватостью и т. д. Связано это с тем, что возникновение углеводородов (УВ) в высокобитуминозных отложениях баженовской свиты сопряжено с появлением там аномально высокого пластового давления (АВПД). Поэтому отсутствие надежных экранов неминуемо приводит к перетоку нефти в близко расположенные или контактирующие с баженовской толщей проницаемые породы и (или) разрывные нарушения. Многочисленные исследования показали, что первичные седиментационные факторы не имеют определяющего влияния на нефтеносность баженовской свиты. Совершенно иные результаты дает рассмотрение изменения по площади современных пластовых температур, а также палеотемператур – главного параметра, определяющего характер протекания эпигенетических процессов. Нередко наиболее «горячие» точки в пределах площади развития баженовской свиты являются и наиболее продуктивными (Краснов и др., 1980; Халимов и др., 2004). В полной мере это относится и к палеотемпературам, определяемым по минералам-индикаторам.

Современными исследованиями доказано, что главным, ведущим фактором как изменения алюмосиликатной части пород, так и метаморфизма присутствующего в ней

органического вещества является геотермический режим недр. В Западной Сибири на его природу существует по меньшей мере две точки зрения. Одна [8, 10 и др.], основываясь на данных прямых замеров температур в стволах скважин, утверждает, что геотермическое поле определяется тепловым прогревом, идущим из фундамента. Считается, что этот прогрев зависит от времени консолидации отдельных его блоков, а также от мощности и литологии перекрывающих отложений, которые служат своего рода термоизолирующим экраном. Оценивая специфику метаморфизма углей и угольных включений в породах чехла в зависимости от характера распределения палеотемператур по площади и глубине, утверждается, что Западно-Сибирская плита относится к «тектонически малоактивным регионам» [2, 10]. Температурное поле чехла в таких случаях контролируется кондуктивным теплопереносом.

Другая точка зрения [4, 13, 25] базируется на концепции тектоники литосферных плит. Считается, что геодинамическая обстановка региона определяет геотермическое поле, в котором образуются различные гидротермальные (гидротермально-метасоматические) формации. Палеотемпературы этих формаций устанавливаются по минералам-индикаторам.

Западно-Сибирская плита развивается как седиментационный бассейн с погребенным континентальным рифтом (Сурков и др., 1982), периодически испытывающим заметное тектоническое оживление (Фёдоров и др., 2004), [11], получившее название

тектоногидротермальная активизация [12]. Температурное поле чехла при активизации контролируется конвективным тепло-массопереносом, который накладывался на фоновый кондуктивный теплоперенос. Температура пород при этом за короткое геологическое время возрастала в 2–3 раза по сравнению с современными [5, 12, 18, 27]. В дальнейшем она достаточно стремительно снижалась, что подтверждают термобарогеохимические и минералогические исследования (Лукин, Гарипов, 1994; Коробов, Коробова, 2012).

Следовательно, тектоногидротермальная активизация Западно-Сибирской плиты сопровождалась высокой скоростью прогрева толщ, которая, наряду с температурой, существенно влияла на метаморфизм углей и угольных включений в породах. Важно подчеркнуть, что при большой скорости нагрева процессы метаморфизма угля происходят медленнее, чем рост температуры [30]. Из этого вытекает, что одна и та же степень метаморфизма угля (угольных включений) в зависимости от скорости нагрева обуславливается неодинаковыми температурами, разница которых может составлять 100–200 ° [23]. Относительная геологическая кратковременность периодов тектоногидротермальной активизации могла незаметно отразиться на степени деструкции углей в силу инертности этого процесса. Данное обстоятельство не позволило увидеть «перестроичных моментов» и привело В.С. Вышемирского [2, 3] и его последователей [1] к неверной оценке тектонической активности отдельных районов Западно-Сибирской плиты в мезо-кайнозой. Поэтому говорить в целом об отчетливо фиксируемой связи степени изменения угольных включений с тектонической активностью седиментационных бассейнов с погребенным континентальным рифтом никак нельзя. Иное дело палеотемпературные реконструкции на основе наложенного минерогенеза.

Высоконагретые растворы, господствующие при тектоногидротермальной активизации, с одной стороны, были ответственны за генерацию углеводородов, скорость возникновения которых резко увеличивалась [4]. С другой – горячие воды наиболее активно себя проявляли в проницаемых средах (коллекторах, разрывных нарушениях, оперяющей трещиноватости и т.д.), где проистекали процессы выщелачивания и минералообразования. Эти явления могли сильно менять фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) пород, которые в одних случаях становились эффективными флюидопорами и сохраняли УВ в баженовских отложениях, а в других – улучшали коллекторские свойства и способствовали оттоку из них нефти.

В этой связи особого внимания заслуживает Краснотенинский свод, который в период позднемиоценовой – раннепалеогеновой активизации [14, 15] представлял собой геодинамическую и геотермическую аномалию Западно-Сибирской плиты [7, 25], (Криночкин и др., 2010). В его пределах существовали контрастные по тектоническим, а следовательно и сейсмическим [26], или напряженно-динамическим [7], условиям территории, где расположены Краснотенинское и Талинское нефтяные месторождения. Указанные различия сказались на специфике гидротермальной деятельности этих месторождений.

Цель настоящей работы состоит в том, чтобы показать, как гидротермальный процесс, протекавший в различных напряженно-динамических обстановках Краснотенинского свода, сказался на ФЕС терригенных пород I_{1-2} и как это повлияло на сохранность нефти в баженовских (бажено-абалакских) отложениях Краснотенинского и Талинского месторождений. Для этого подробно рассмотрим гидротермальные явления и их следствия в юрских толщах двух вышеупомянутых месторождений.

Гидротермальные процессы в породах тюменской свиты

Красноленинского месторождения

В районе Красноленинского свода на одноименном месторождении (Пальяновский лицензионный участок) бажено-абалакский комплекс подстилается отложениями тюменской свиты (I_2). В их составе широким распространением пользуются песчаники, алевро-песчаники, алевролиты наряду с глинисто-слюдистыми алевролитами, алевропелитолитами и глинами алевролитистыми. Часть этих пород относится к качественным коллекторам (Зубков, 2014). Перекрывается бажено-абалакский комплекс отложениями фроловской свиты (K_1 неоком), которые сложены глинами, аргиллитами, практически лишены песчано-алевритовых прослоев и потому являлись и являются хорошими флюидоупорами. Следовательно, отжатие баженовской (бажено-абалакской) нефти на Красноленинском месторождении необходимо прогнозировать, в первую очередь, в породы тюменской свиты.

Установлено [16, 17], что тектоногидротермальная активизация Западно-Сибирской плиты, произошедшая на рубеже мела, палеогена, сопровождалась минерагенезом, который сильно изменял ФЕС этих пород.

Активнее всего эти процессы протекали в изначально наиболее проницаемых породах – песчаниках. На первых этапах в них доминировало разложение (выщелачивание) неустойчивых минералов терригенного комплекса вплоть до их полного исчезновения. На заключительной стадии растворение сменялось широкомасштабным минералообразованием.

Так, в скв.603 Р среди пород тюменской свиты определены песчаники кварцевые разнозернистые, алевролиты глинисто-слюдистые и глины алевролитистые и песчано-алевритистые.

Песчаник (глуб. 2436,6 м) испытал, сообразно петрографическим наблюдениям, резорбцию и новообразование кварца, разложение слюд и полевых шпатов, парагонитизацию мусковита. Межзерновое пространство песчаника заполнено аутигенными кальцитом и доломитом (в сумме 10–15%), ангидритом (5–10%), гипсом (1–2%), каолинитом (5–10%). Все эти компоненты в поле шлифа распространены пятнистыми разноразмерными участками в виде полей пойкилобластов. Цементом песчаника являются в основном аутигенные карбонаты и ангидрит. Характер цементации пойкилобластовый. Наблюдения в шлифах подтверждаются прецизионными методами изучения минералов группы каолинита, куда, в частности, входят диккит и собственно каолинит. По данным рентгенофазовых исследований¹ рассматриваемый песчаник содержит каолинит, обладающий степенью кристалличности 78,2 нм по Д. Бальзару [29]. С ним ассоциируют диккит в количестве 27,2% глинистой фракции. В сумме оба эти минерала составляют 55,7% фракции менее 0,001 мм, выделенной из этой породы.

Гидротермальный минерагенез, охвативший разнозернистый песчаник, привел к возникновению открытой пористости² $K_{II} = 3,7\%$, которая приблизилась к значениям слабо преобразованных алевролитовых и песчано-алевритовых глин – $K_{II} = 3,0\%$

¹ Рентгенофазовые исследования проводились на кафедре минералогии и литологии института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) Федерального университета под руководством профессора В. П. Морозова.

² Определение открытой пористости, объемной и минералогической плотностей, а также газопроницаемости были проведены в лаборатории петрофизики НВНИИГГ под руководством научного сотрудника В. В. Гонтарева.

(глуб. 2438,2 м; глуб. 2442,5 м соответственно). Межзерновое пространство глинистого алевролита (глуб. 2435,9 м), по наблюдениям в шлифах, выполнено вторичными сидеритом (3–5%), доломитом (доли %) и каолинитом (3–5%). Алевролит претерпел разрастание и увеличение размерности зерен терригенного кварца (до 0,04–0,10 мм), появление аутигенного альбит-олигоклаза, парагонитизацию мусковита. Эти процессы привели к тому, что глинистый алевролит стал обладать газопроницаемостью, равной $K_{\text{пр}} = 0,378$ мД, и открытой пористостью $K_{\text{п}} = 8,7\%$. Такие показатели свидетельствуют о весьма низких (VI класс по А. А. Ханину) коллекторских свойствах породы, которые не имеют практического значения. Следовательно, они могут выполнять функцию экранов.

Учитывая более низкие значения открытой пористости песчаника и глин тюменской свиты ($K_{\text{п}} = 3,0\text{--}3,7\%$), мы можем предполагать, что им присуща такая же или еще более незначительная газопроницаемость, то есть $K_{\text{пр}} \leq 0,378$ мД. На основании этого допускается мысль, что породы тюменской свиты, вскрытые скв.603 Р, обеспечивают изоляцию бажено-абалакского комплекса в его подошвенной части. Это, в свою очередь, сохраняет продуктивность комплекса, о чем свидетельствуют нефтепритоки из скв.603 Р с дебитом более 7 тонн в сутки.

В бесприточной скв.601 Р среди пород тюменской свиты различаются алевро-песчаники, алевролиты, алевро-пелитолиты и алевро-глины.

В алевро-песчаниках (глуб. 2425,6 м и глуб. 2433,4 м) преобладают частицы песчаной размерности (45–50%), возникшие за счет разросшихся до $0,16 \times 0,32$ мм кристаллов терригенного кварца. Отмечаются гнезда размером $0,16 \times 0,20$ мм идиоморфного кварца и радиально-лучистого халцедона ($0,08 \times 0,116$ мм). Наблюдается появление аутигенного альбита совместно с вторич-

ным кварцем. Полевые шпаты изменены слабо – частично пелитизированы, слюды глинизированы. В небольших межзерновых участках присутствует пелитово-глинистый материал. Там же, по данным петрографических наблюдений, сосредоточены гнезда каолинита (5–10%) и скопления битумов (3–5%). По данным рентгенофазовых исследований рассматриваемый алевропесчаник содержит каолинит, обладающий степенью кристалличности 105,8 нм (по Бальзару). С ним ассоциирует диккит в количестве 25,2% глинистой фракции. Оба эти минерала в совокупности составляют 38,6% фракции менее 0,001 мм, выделенной из этой породы.

Вторичное окварцевание (окремнение) – доминирующий наложенный процесс – повлияло на приобретение породой следующих физических свойств: газопроницаемости ($K_{\text{пр}} = 0,629$ мД) и открытой пористости ($K_{\text{п}} = 13,1\%$). Это позволяет относить алевро-песчаники тюменской свиты скв.601 Р к VI классу коллекторов (по А. А. Ханину), не имеющих практического значения.

Алевролиты (глуб. 2450,0 м) претерпели те же самые вторичные преобразования, что и алевро-песчаники. В силу чего их газопроницаемость и открытая пористость составляют $K_{\text{пр}} = 0,8702$ мД и $K_{\text{п}} = 9,0\%$ соответственно. Следовательно, алевролиты тюменской свиты данной скважины так же относятся к VI классу коллекторов (по А. А. Ханину), не имеющих практического значения. Это обстоятельство позволяет рассматривать их как породы с флюидоупорными свойствами.

Алевро-пелитолиты и алевро-глины по своей природе являются экранами, и открытая пористость их косвенно может свидетельствовать об этом: $K_{\text{п}} = 3,1\%$ – глуб. 2437,0 м; $K_{\text{п}} = 1,4\%$ – глуб. 2455,3 м.

Приведенные материалы говорят, что породы тюменской свиты, вскрытые скв.601 Р, обладают весьма низкими коллекторскими

свойствами. Поэтому бажено-абалакский комплекс в данном случае экранирован снизу, то есть утечка углеводородов должна быть исключена или оставаться минимальной. Несмотря на это, скв.601 Р является бесприточной.

В скв.600 Р породы тюменской свиты включают песчаники, алевро-песчаники и песчанистые алевролиты.

Определяющим вторичным процессом является гидротермальное окварцевание (окремнение) всех без исключения пород. Активнее всего оно протекало в изначально наиболее проницаемых породах – песчаниках. На участке максимального их преобразования, связанного с выщелачиванием и (или) замещением SiO_2 всех неустойчивых минералов терригенного комплекса, сформировался слюдисто-кварцевый разнотермальный песчаник (глубина 2413,0 м). Характерной его особенностью является двухкомпонентный состав: минералы кремнезема и фрагменты пород, ими сложенные, а также новообразованная слюда. Рассматриваемый слюдисто-кварцевый песчаник представляет собой типичное гидротермально-метасоматическое образование, относящееся, по классификации Н. И. Наковника (1968), к формации вторичных кварцитов.

Еще одной очень важной чертой преобразованного песчаника является крайне низкая открытая пористость ($K_{\text{п}} = 1,4\%$), более всего присущая глинам. К сожалению, у нас нет данных по газопроницаемости этой породы, но, учитывая емкостные свойства соседних проб, можно предполагать, что она свидетельствует о плохом качестве коллекторов. Косвенным подтверждением этому служат физические характеристики песчаника, отобранного на глубине 2384,2 м, который обладает открытой пористостью $K_{\text{п}} = 14,8\%$ и газопроницаемостью $K_{\text{пр}} = 2,7343$ мД. Такие параметры говорят о низких (V класс по А. А. Ханину)

коллекторских свойствах песчаника. Это обстоятельство обеспечивало экранирование снизу бажено-абалакского комплекса и сохранение его продуктивности: дебит скв.600 Р составляет более 9 тонн в сутки.

В скв.611 Р среди пород тюменской свиты выделяются алевро-песчаники, песчанистые алевро-пелитолиты, алевро-пелитолиты и глины алевроитистые. Все они затронуты вторичными изменениями: в большей степени окварцеванием (окремнением), в значительно меньшей степени – альбитизацией, парагонитизацией слюд (мусковита) и каолинизацией.

Наиболее интенсивно окварцевание отмечается в самых проницаемых породах: алевро-песчаниках и песчанистых алевро-пелитолитах. При этом характер их окварцевания аналогичен описанному в скв.601 Р и скв.130. Открытая пористость всех пород, начиная с глин алевроитистых и заканчивая алевро-песчаниками, укладывается в узкий диапазон значений $K_{\text{п}} = 1,7-9,1\%$. При этом физические свойства алевро-пелитолитов (глуб. 2389, 2 м) $K_{\text{пр}} = 3,462$ мД; $K_{\text{п}} = 4,7\%$ и алевроитистых глин (глуб. 2372,2 м) $K_{\text{пр}} = 1,7403$ мД; $K_{\text{п}} = 1,7\%$ свидетельствуют об их низких (V класс по А. А. Ханину) коллекторских свойствах. Учитывая вышеизложенное и слабый разброс значений открытой пористости пород тюменской свиты, можно предполагать, что все они являются плохими коллекторами. Это могло способствовать надежной изоляции бажено-абалакского комплекса в нижней части разреза и обусловить нефтепритоки. Однако продуктивность скважины крайне низка – ее дебит составляет всего более 1 тонны в сутки.

В скв.138 породы тюменской свиты представлены песчаниками, алевро-песчаниками или песчанистыми алевролитами.

Для всех рассмотренных пород наряду с окварцеванием имела место наложенная каолинизация. Каолинит диагностирован

под микроскопом в песчанике с глуб. 2827,4 м и алевро-песчанике с глуб. 2840,1 м, где составляет соответственно 10–15% и 5–10%. Следствием этого являются незначительные вариации открытой пористости пород $K_{\Pi} = 9,3\text{--}10,6\%$. По данным полуколичественных рентгенофазовых исследований упомянутый песчаник содержит каолинит, обладающий степенью кристалличности 63,4 нм (по Бальзару). Его количество 24,2% глинистой фракции. Каолинит, выделенный из алевро-песчаника, составляет 26,3% фракции, менее 0,001%, степень его кристалличности (по Бальзару) менее 30 нм.

Для песчанистого алевролита (глуб. 2844,9 м) и слюдистого песчаника (глуб. 2847,0 м) характерны вторичная карбонатизация и сульфатизация, которые в предыдущих пробах при описании шлифов не отмечались. При этом если содержание аутигенного кальцита составляет 1–2%, а ангидрита – доли процента, то открытая пористость песчанистого алевролита равна $K_{\Pi} = 10,5\%$. Если же развитие вторичного кальцита (2–3%) сопровождается появлением ангидрита (3–5%) и эти минералы начинают выполнять роль цемента, открытая пористость песчаника снижается до $K_{\Pi} = 6,2\%$, а газопроницаемость достигает $K_{\Pi P} = 0,5166$ мД. Такие параметры свидетельствуют о весьма низких (VI класс по А. А. Ханину) коллекторских свойствах, а породы, обладающие ими, выполняют функцию флюидоупора. Поэтому тюменские отложения создают изоляцию бажено-абалакского комплекса, обеспечивающую сохранение его продуктивности. Дебит скв.138 составляет более 20 тонн в сутки.

В скв.130 наши представления о тюменской свите ограничиваются лишь олигомиктовым песчаником, отобранным на глуб. 2514,2 м. Песчаник характеризуется тем, что зерна доминирующего кварца (45–50%) претерпели незначительную регенерацию

и разрастание с образованием гнездовидных сростков. При этом восстанавливаются грани призм и пирамидальные верхушки у кристаллов. Процесс локализован в межзерновом пространстве, где зерна растущего кварца ассоциируют с халцедоном. Последний кольматирует пустотное пространство песчаника, отчего его газопроницаемость составляет $K_{\Pi P} = 5,3683$ мД, а открытая пористость – $K_{\Pi} = 12,1\%$, что говорит о низких (V класс по А. А. Ханину) коллекторских свойствах породы. Присущая этому песчанику газопроницаемость является максимальной из числа всех проанализированных нами пород тюменской свиты Пальяновской площади.

Данный песчаник по своей сути является вторичным флюидоупором, обуславливающим нефтеприток из скв.130 с дебитом более 10 тонн в сутки.

В скв.158 отложения тюменской свиты отсутствуют. Породы бажено-абалакского комплекса ложатся непосредственно на складчатый фундамент. О физических свойствах пород, его слагающих, мы можем судить по пробе гранитогнейса, поднятой с глуб. 2927,9 м. Гранитогнейс, практически не измененный вторичными процессами, обладает газопроницаемостью $K_{\Pi P} = 0,3094$ мД и открытой пористостью $K_{\Pi} = 1,0\%$, которые показывают отсутствие коллекторских свойств. Аналогичная картина наблюдается в свежих палеозойских гранитоидах фундамента, вскрытых скв.130 на глуб. 2533,1 м, у которых открытая пористость составляет рекордно низкий показатель $K_{\Pi} = 0,4\%$; у кварцито-гнейсов скв.611 Р (глуб. 2418,0 м) $K_{\Pi} = 3,0\%$. Следовательно, на Пальяновской площади, представлявшей собой относительно тектонически пассивную территорию, породы складчатого основания в значительной степени оставались неизменными – неразуплотненными, то есть не приобретали черты вторичных коллекторов. На основа-

нии сказанного допускается мысль о консервировании нефти в бажено-абалакском комплексе палеозойскими образованиями, что, в частности, доказывается нефтепритоками из скв.158 с дебитом более 20 тонн в сутки.

Таким образом, отложения тюменской свиты, среди которых были породы с изначально хорошей проницаемостью (Зубков, 1991; Лукин, Гарипов, 1994), испытали масштабный гидротермальный эпигенез. Он выразился в запечатывании межзернового пространства песчаников, алевро-песчаников и других пород минералами кремнезема, редко сульфатами и карбонатами. Кроме того, имело место укрупнение обломков кварца регенерационной каймой, что привело к формированию вторичных экранов по породам тюменской свиты. Следовательно, гидротермальная деятельность на Краснотенском месторождении носила аккумулярующую направленность. Этот вывод имеет исключительное значение, так как показывает, что на относительно тектонически стабильной Пальяновской площади складывались благоприятные условия для возникновения вторичных терригенных флюидоупоров, обусловивших сохранность и накопление УВ в бажено-абалакском комплексе.

Однако напрямую появление новообразованных экранов не всегда связано с продуктивностью скважин. В частности, VI класс коллектора свойственен как бесприточной, так и среднедебитной скважинам. Такое положение дел обусловлено определенным пространственным рассредоточением зон генерации или преимущественной аккумуляции нефти под действием гидротермальных растворов. Этот процесс контролировался геодинамической обстановкой, разрывной тектоникой, литологическими особенностями разреза и т.д., что, в свою очередь, нашло отражение в масштабах и зональности вторичного минерогенеза [16].

Относительно наложенного минералообразования в нижне-среднеюрских отложениях возникают серьезные вопросы. Во-первых, откуда взяться такому количеству подвижного SiO_2 в горячих водах, чтобы превратить коллекторы тюменской свиты в свою полную противоположность? Во-вторых, как соотносится время образования вторичных экранов с временем поступления нефти в гидротермальную систему? Чтобы ответить на первый вопрос необходимо выявить процессы, приводящие к интенсивной эвакуации и привносу, прежде всего, кремнезема на территорию Пальяновской площади, а также определить участки Краснотенского свода, откуда осуществлялась эта миграция.

Освобождение SiO_2 и перевод его в подвижное состояние происходит, в частности, при кислотном выщелачивании алюмосиликатов (Сережников, 1988), одним из основных продуктов которого являются минералы группы каолинита. Нами установлено, что в породах тюменской свиты Пальяновской площади довольно часто, но в небольших количествах, присутствует каолинит. Интересно, что степень его структурного совершенства в различных литологических типах неодинакова и зависит от исходной проницаемости пород. В слабопроницаемых алевролитах песчаных, алевропелитолитах, алевроглинах, а также в различных типах глин степень кристалличности каолинита (по Бальзару) самая низкая – меньше 30 нм. В изначально более проницаемых алевропесчаниках степень совершенства решетки каолинита возрастает и варьирует в пределах 49,4 – менее 30,0 нм, достигая в редких случаях своего максимума 105,8 нм. В песчаниках степень кристалличности каолинита продолжает расти, составляя 78,2–44,5 нм. В этих породах каолинит с наиболее высокой степенью кристалличности генетически ассоциирует с диккитом.

К сожалению, из-за малого содержания минерала в породах у нас не было возможности выделить и проанализировать мономинеральную фракцию каолинита. Но по аналогии с другими месторождениями этого района (Белкин, Бачурин, 1990; Зубков и др., 1991; Лукин, Гарипов, 1994) можно уверенно предполагать, что это триклинный каолинит. Эти минералы (диккит и триклинный каолинит) являются продуктом гидротермального (гидротермально-метасоматического) процесса. Что касается каолинита с низкой степенью кристалличности (менее 30 нм, по Бальзару), то, по наблюдениям М. Ю. Зубкова (1991), Ю. П. Казанского с соавторами (1993), А. Е. Лукина и О. М. Гарипова (1994), он, скорее всего, моноклинный, а по природе своей – терригенный. В силу слабой проницаемости пород, к которым этот каолинит приурочен, он не испытывал «облагораживающего» воздействия горячих растворов, которые, как известно [28], (Франк-Каменецкий и др., 1983), способны перекристаллизовывать моноклинный каолинит в триклинный и (или) метасоматически замещать его диккитом. Важно подчеркнуть, что диккит развит в отложениях тюменской свиты Красноленинского месторождения крайне ограниченно. Он встречен только в двух пробах песчаника из нескольких десятков проанализированных образцов.

Диккит является стресс-минералом [6, 28], то есть показателем (по И. С. Грамбергу и его коллег [7]) напряженно-деформированного состояния пород, охваченных гидротермальным (гидротермально-метасоматическим) процессом [13]. А структурно совершенный триклинный каолинит относится к числу антистресс-минералов. Редкая встречаемость диккита свидетельствует о низком уровне напряженно-деформированного состояния осадочных толщ и весьма слабом стрессе в пределах Пальяновской площади. Однако на ряде нефтегазовых

месторождений Западной Сибири диккит пользуется широким распространением. При этом установлена четкая прямая зависимость содержания этого минерала и триклинного каолинита в поровом пространстве песчаников с концентрацией катаклазированных зерен кварца (Лукин, Гарипов, 1994). Эта зависимость отражает уже совершенно иную тектоническую, а следовательно и сейсмическую обстановку минералообразования седиментационного бассейна. Речь здесь идет о процессах, протекавших в весьма напряженных условиях бокового давления. Такую активную зону представляет собой соседний с Пальяновской площадью район Красноленинского свода, где располагается Талинское месторождение нефти. Для сравнения с Красноленинским рассмотрим специфику наложенных изменений в юрских породах Талинского месторождения, контролирующих их коллекторские свойства.

Гидротермальные процессы в породах шеркалинской свиты Талинского месторождения

В районе Красноленинского свода, где расположено Талинское месторождение, сосредоточены пласты ЮК₁₀₋₁₁ шеркалинской свиты (I₁). Эти пласты залегают в основании осадочного чехла и представлены мелко-, средне- и крупнозернистыми песчаниками с прослоями гравелитов. Установлено, что породы шеркалинской свиты значительно улучшают свои фильтрационно-емкостные свойства и становятся высококачественными коллекторами в результате глубокого гидротермального преобразования – кислотного выщелачивания. Максимально переработанные терригенные (обычно разномышечные и грубообломочные) породы представляют собой вторичные кварциты, среди которых различаются кварц – (диккит-каолинитовая) и (каолинит-диккит) – кварцевая фации (Коробов, Коробова, 2012). Гидротермалиты этих фа-

ций сосредоточены в породах шеркалинской свиты в зонах крупных разломов и оперяющей их трещиноватости, которые секут фундамент и осадочный чехол. Изучение особенностей геологического строения месторождения дистанционными, геофизическими, промысловыми, геохимическими, петрографическими и другими методами убедительно показало, что шеркалинская свита имеет отчетливо блоковое строение вследствие развития субвертикальных разрывных нарушений, которые иногда выходят за пределы изучаемого объекта и даже достигают, судя по космическим снимкам, земной поверхности (Абдуллин, 1991). Это имеет принципиальное значение, так как позволяет говорить, в частности, о гидродинамической связи баженовских и шеркалинских толщ в зонах разломов и оперяющей трещиноватости, что подтверждено исследованиями Матусевича В. М. и его коллег (2005). Развитие фаций вторичных кварцитов, вызванное тектоногидротермальной активизацией, контролировалось проницаемостью исходных пород и удаленностью от разрывных нарушений. Сама же активизация по характеру проявления гидротермальной деятельности подразделяется на две стадии – раннюю и позднюю (Коробов, Коробова, 2011).

Ранняя стадия активизации протекала в условиях очень высокой тектонической напряженности, резкого пульсирующего режима стресса и высокой агрессивности горячих растворов. В зоне развития кварц- (диккит-каолинитовой) фации в слабопроницаемых алевролитах наблюдается начальная и последующие стадии замещения триклинным каолинитом и диккитом обломков изверженных пород, полевых шпатов, слюд, гидрослюд, хлорита, смешанослойных образований (Зубков, 1991; Лукин, Гарипов, 1994).

В самых проницаемых крупнозернистых песчаниках и гравелитах из приразломных зон новообразованный триклинный као-

линит достаточно стремительно уступает свое место диккиту. В силу этого глинистые минералы цемента здесь практически нацело представлены диккитом (Конторович и др., 1995).

На участках интенсивного выщелачивания (зоны разломов) в возникших крупных порах и кавернах продолжает доминировать диккит. Причем в одних случаях развиваются диккит и триклинный каолинит в виде белых тонкодисперсных агрегатов, в других – исключительно диккит. Характерной особенностью этого процесса является высокая дисперсность всех без исключения новообразованных минералов. На границе с зоной выщелачивания и окварцевания, где формируется (каолинит-диккит)-кварцевая фация, диккит начинал активно расти и часто полностью исчезал (Казанский и др., 1993).

В зоне развития (каолинит-диккит)-кварцевой фации на ранней стадии активизации выщелачиванию подверглись карбонаты, полевые шпаты, слюды, хлориты, минералы группы каолинита, смешанослойные минералы, амфиболы и обломки эффузивов. Причем этот процесс сопровождался практически полным выносом продуктов разложения за пределы зоны на соседнюю территорию Красноленинского месторождения, чему способствовал режим интенсивного пульсирующего стресса [13]. Все это приводило к появлению большого количества вторичных пустот, укрупнению макро- и микротрещин. В таких случаях в пласте ЮК₁₀₋₁₁ возникали поры морфологически очень сложного строения явно коррозионной природы. Они коренным образом отличаются от структуры порового пространства традиционного типа терригенных коллекторов. По мнению Ф. Е. Лукина и О. М. Гарипова (1994), это является наглядным подтверждением ведущей роли высоконапорных высокоэнталийных (интенсивное выщелачивание и метасоматоз)

глубинных растворов в формировании нефтенасыщенных коллекторов шеркалинской свиты.

Размеры пустот колеблются от долей миллиметра до 4–6 мм. Они, как правило, соединены между собой системой трещин раскрытостью от 0,08 до 1,40–3,00 мм, в различной степени залеченных натечными формами кремнезема (опалом) и диккитом. Однако нередко пустоты выщелачивания лишены каких бы то ни было гидротермальных новообразований. Кроме того, в основной массе пород присутствует аутигенный тонкодисперсный кварц, имеющий размеры зерен менее 0,01 мм и слагающий глинистую фракцию. Количество такого кварца составляет до половины общего содержания этой фракции в породе (Абдуллин, 1991; Белкин, Бачурин, 1990; Зубков и др., 1991).

Поздняя стадия тектоногидротермальной активизации развивалась в обстановке угасающей тектонической напряженности, слабеющего пульсирующего режима бокового давления, снижения температуры и агрессивности нагретых растворов. Это определило нарастающий процесс минералонакопления, осуществляющийся при медленной кристаллизации из разбавленных вод. В зоне образования кварц- (диккит-каолинитовой) фации в это время происходило формирование диккит-каолинитового порового цемента. Для преобразованных пород характерно невысокое (1–2%) абсолютное содержание каолинита и диккита. Причем количественное соотношение этих минералов в эпигенетическом цементе становится приблизительно одинаковым (Зубков и др., 1991). На это обстоятельство необходимо обратить особое внимание, поскольку в период активного выщелачивания доминирующим минералом слоистых силикатов был высокодисперсный диккит.

Важно подчеркнуть, что в межзерновом пространстве гидротермально измененных

пород поздней стадии развиты крупнокристаллические (30–40 мк) идиоморфные разности каолинита и диккита, попадающие при отмучивании в алевритовую фракцию. Причем совершенной морфологии в таких случаях соответствует и совершенная кристаллическая структура минералов (Зубков и др., 1991).

В позднюю стадию тектоно-гидротермальной активизации в обстановке заметно ослабевшего пульсирующего стресса в зоне образования (каолинит-диккит)-кварцевой фации наблюдается регенерация кластогенного кварца и развитие микродруз размером 0,5–1,0 мм этого минерала в пустотах выщелачивания. На заключительных этапах регенерации отмечается захват битумов растущей кристаллической фазой (Казанский и др., 1993). Следовательно, поступление нефти в пласты ЮК_{10–11} осуществлялось в финальный этап тектоногидротермальной деятельности, когда явление стресса сильно ослабело, но его слабое пульсирующее проявление сохранилось и стало играть роль природного тектонического насоса, перекачивающего УВ в ловушки из нефтематеринских пород.

Вышеописанные процессы сопряжены с резким возрастанием прежней и без того высокой проницаемости осадочных образований. В итоге вторичные коллекторы шеркалинской свиты, соответствующие по минеральному составу формации вторичных кварцитов, приобрели проницаемость от первых сотен мД до 4,5 Д при пористости от 16 до 23% (Белкин, Бачурин, 1990). Это обусловило сверхпроводимость пород, которые рассматриваются Р. А. Абдуллиным (1991) как вторичные нефтенасыщенные суперколлекторы.

Обсуждение результатов

Проведенные исследования показывают, что в раннюю стадию тектонической активизации гидротермальные преобразования юрских осадочных толщ Талинского и

Красноленинских месторождений протекали по-разному. В первом случае имело место широкомасштабное кислотное выщелачивание пород шеркалинской свиты с выносом большого количества продуктов растворения (в первую очередь SiO_2) за пределы Талинского месторождения, то есть гидротермальная деятельность имела преимущественно мобилизационную направленность. В результате песчаники и гравелиты этого месторождения приобрели свойства суперколлекторов. Активный пульсирующий стресс отгонял нагретые воды, насыщенные продуктами разложения шеркалинской толщи по контакту фундамент – чехол на соседнюю Пальяновскую площадь, которая отличалась намного более спокойной тектонической обстановкой. Там кратковременный процесс разрушения неустойчивых терригенных обломков сменялся продолжительным накоплением минерального вещества. Растворенные компоненты выпадали из остывающих гидротерм и запечатывали (кольматировали) песчаники, алевро-песчаники и т. д. кварцем, халцедоном, опалом и другими минералами. В итоге коллекторы тюменской свиты на Пальяновской площади превратились во вторичные терригенные экраны. Следовательно, гидротермальная деятельность на Красноленинском месторождении носила аккумулялирующую направленность.

Для сравнения отметим, что юрские отложения, вскрытые тюменской сверхглубокой скважиной СГ-6 в осевой части Колтогорско-Уренгойского рифта, находятся в обстановке значительного горизонтального сжатия [20]. Влияние тектонического фактора здесь стало доминирующим в формировании ФЕС пород. Поэтому наиболее высокими емкостными свойствами в терригенной толще разреза СГ-6 обладают песчаники тюменской свиты с открытой пористостью 20% и проницаемостью $0,6 \times 10^{-15} \text{ м}^2$. Причем наиболее высокая

пористость пород отмечена в подошвенной части свиты [22], как и в случае с шеркалинскими отложениями Талинского месторождения. Это еще раз подтверждает вывод, что тектонически напряженная ситуация провоцирует мобилизационный характер гидротермального процесса.

В позднюю стадию, когда на Талинском месторождении произошло заметное ослабление напряженно-деформированного состояния чехла, активное выщелачивание сменилось минералообразованием и поступлением в гидротермальную систему нефти. Учитывая, что баженовская и шеркалинская свиты в зонах разломов и оперяющей трещиноватости гидродинамически связаны друг с другом (Абдуллин, 1991; Матусевич и др., 2005), [21], можно утверждать, что нефть из баженовских отложений в это время была полностью или в значительной степени перекачена (перераспределена), в том числе и в суперколлекторы шеркалинской толщи, природным тектоническим насосом. Напомним, что шеркалинская свита является основным продуктивным горизонтом Талинского месторождения. Видимо, по этой причине нефть в баженовских толщах Талинского месторождения отсутствует, что подтверждает специальная литература [9].

На соседней Пальяновской площади, где тектоническая обстановка была намного спокойнее, сингенетичная нефть в основной своей массе оставалась в породах баженовской свиты. В значительной степени этому способствовали вторичный терригенный флюидоупор тюменской свиты и практически свежие породы доюрского складчатого основания, сохранение которых также было обязано относительной тектонической стабильности территории. Следовательно, два соседних месторождения Красноленинского выступа (Талинское и Красноленинское) слагают зону локального тектонического неравновесия, характеризующуюся

диаметрально противоположной направленностью гидротермальной деятельности: мобилизационной и аккумулирующей соответственно. Здесь мы видим, что резко выраженное тектоническое неравновесие является отражением максимального проявления тектонической активизации определенного района Западно-Сибирской плиты. Полной противоположностью этому служит Тевлинско-Русскинское месторождение (Сургутский свод), где тектоническое неравновесие выражено крайне слабо. Это доказывается тем, что на территории месторождения в осадочном чехле в субмеридиональном направлении наблюдается закономерное чередование зон пассивного сжатия и активного растяжения (Дорогиницкая и др., 2009). Сказанное находит отражение и в развитии индикаторных минералов. Так, в породах васюганской свиты (I_3) диккит (стресс-минерал) не был отмечен ни разу из более чем двухсот анализированных проб. Вместо него в различных содержаниях (в среднем 30,7% фракции менее 0,001 мм) развит аутигенный структурно совершенный триклинный каолинит – антистресс-минерал (Коробов и др., 2015). Только на Талинском (из числа рассматриваемых в статье объектов) месторождении диккит встречается постоянно и в заметных количествах. На основании этого можно сделать важный вывод: показателем степени тектонического неравновесия необходимо считать контрастность содержания новообразованного диккита в отложениях сопоставляемых участков или месторождений рифтогенного осадочного бассейна.

Следовательно, при оценке перспективности на нефть баженовской свиты и контактирующих с ней проницаемых пород необходимо брать в расчет новый выявленный фактор – фактор тектонического неравновесия. Он, в частности, демонстрирует, что флюид с пульсирующим давлением

высокомобильных областей способен перетолкнуть в тектонически пассивный район 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 [19]. Еще более основополагающие следствия тектонодинамических (сейсмотектонических) процессов установили А. А. Трофимук и Н. В. Черский со своими коллегами [24]. Ими доказано, что переменные упругие деформации горных пород вызывают целую гамму физико-химических процессов, связанных с разрывом межатомных и межмолекулярных связей. Это провоцирует ускорение диффузии и увеличение фазовой проницаемости пород для воды и углеводородов в десятки раз, а также активизирует десорбцию УВ. Все упомянутые явления в сотни и даже тысячи раз ускоряют первичную и латеральную миграцию, а также аккумуляцию УВ в высокоомобильных областях земной коры по сравнению с тектонически пассивными территориями. Сказанное обусловлено динамичной циркуляцией глубинных растворов. Это достигается прежде всего в зонах повышенной сейсмической активности, где наилучшим образом осуществляется подток в осадочный чехол высокотемпературных эндогенных флюидов и высвобождение петрогенной воды (Аникеев, Введенская, 1975; Кропоткин, Валяев, 1976), [14], питающей гидротермальные системы седиментационных бассейнов.

Заключение

В процессе проведенных исследований установлено следующее.

1. Характерной особенностью тектонической активизации Западно-Сибирского рифтогенного осадочного бассейна является возникновение в нем разноконтрастных по напряженно-динамическому состоянию пород участков, которые образуют зоны

тектонического неравновесия. В пределах последних господствуют гидротермальные процессы диаметрально противоположной направленности: мобилизационной и аккумуляционной. Уровень интенсивности этих процессов контролируется степенью контрастности тектонического неравновесия.

2. Формирование вторичных экранов и суперколлекторов – два сопряженных во времени и взаимообусловленных процесса, в основе которых лежит перераспределение вещества. Оно вызвано фактором тектоно-гидротермального неравновесия природной системы. Источником минеральных компонентов, поступавших с горячими растворами осаждавшихся и кольматировавшихся межзерновое пространство песчаников, алевропесчаников и т.д. тюменской свиты, являлись гравелиты и песчаники шеркалинской свиты, испытывавшие процесс интенсивного кислотного выщелачивания и эвакуации вещества.

3. Гидротермальные процессы на Краснотенском месторождении – тектонически пассивном участке – носили аккумуляционную направленность. В отложениях тюменской свиты это выразилось в интенсивном окварцевании (окремнении), слабой альбитизации, парагонитизации, каолинизации, редкой сульфатизации и карбонатизации. Сказанное кардинально изменило ФЕС всех, особенно изначально наиболее проницаемых пород. Они приобрели V и VI классы коллектора по градации А.А. Ханина. В силу этого на территории Краснотенского месторождения новообразованные терригенные флюидоупоры и неизменные породы доюрского комплекса обусловили достаточно надежную изоляцию бажено-абалакского комплекса и сохранность (накопление) в них УВ.

4. Гидротермальные процессы на Талинском месторождении – тектонически ак-

тивным участком – имели ярко выраженный мобилизационный характер. В толще шеркалинской свиты это выразилось в интенсивном выносе вещества, что сопровождалось обильным развитием крупных каверн выщелачивания сложного строения и многочисленных трещин. В пустотах и основной массе терригенных пород присутствуют опал, высокодисперсный, микродрузовый и регенерационный кварц, а также диккит и триклинный структурно совершенный каолинит. Выщелачивание привело к возникновению вторичных суперколлекторов, в которые была полностью или в значительной степени перераспределена нефть из баженовских отложений горячими растворами.

5. При прогнозах продуктивности баженовских (бажено-абалакских) отложений и (или) контактирующих с ними проницаемых пород необходимо учитывать фактор локального тектонического неравновесия. Одним из самых надежных показателей степени тектонического неравновесия является контрастность содержания эпигенетического диккита в породах двух или нескольких сопоставляемых участков или месторождений.

6. При оценке тектонической активности отдельных районов рифтогенных осадочных бассейнов надо крайне осторожно относиться к данным по специфике метаморфизма углей и угольных включений в породах чехла, отдавая предпочтения палеотемпературным реконструкциям, проведенным на основе изучения наложенного минералообразования.

7. Те территории Западно-Сибирской плиты, которые подобно Краснотенскому выступу были охвачены структурной перестройкой, необходимо причислять к контрастным высокообильным областям с широкомасштабной гидротермальной деятельностью.

ГЕОЛОГИЯ

Л и т е р а т у р а

1. Боголепов К. В. Мезозойская тектоника Сибири. – М.: Наука, 1967. – 230 с.
2. Вышемирский В. С. Геологические условия метаморфизма углей и нефтей. – Саратов: изд-во Сарат. ун-та, 1963. – 378 с.
3. Вышемирский В. С. О формах проявления динамометаморфизма углей // Геология и геофизика. – 1968. – № 4. – С. 23–31.
4. Гаврилов В. П. Геодинамическая модель нефтегазообразования в литосфере и ее следствия // Геология нефти и газа. – 1998. – № 6. – С. 2–12.
5. Гигашвили Г. М. К вопросу о температурных условиях катагенетического минералообразования в породах-коллекторах нефти и газа // Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1979. – № 7. – С. 509–512.
6. Гойло Э. А., Котов Н. В., Франк-Каменецкий В. А. Экспериментальное исследование влияния стрессового и гидростатического давления при различных температурах на кристаллическую структуру каолинита // Физические методы исследований минералов осадочных пород. – М.: Наука, 1966. – С. 123–129.
7. Исследования напряженно-деформированного состояния Красноленинского свода (Западная Сибирь) / И. С. Грамберг, И. Н. Горяинов, А. С. Смекалов и др. // Докл. РАН. – 1995. – Т. 345. – № 2. – С. 227–230.
8. Зимин Ю. Г., Конторович А. Э., Швыдкова Л. И. Геотермическая характеристика мезозойских отложений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Геология и геофизика. – 1967. – № 5. – С. 3–13.
9. Клещев К. А., Шеин В. С. Нефтяные и газовые месторождения России // Справочник в двух книгах. Книга вторая. Азиатская часть России. – М.: ВНИГНИ, 2010. – 720 с.
10. Катагенетические изменения органического вещества в мезозойских депрессиях Сибири / А. Э. Конторович, П. А. Трушков, А. И. Данюшевская и др. // Геохимия мезозойских отложений нефтегазоносных бассейнов Сибири. – Новосибирск, 1971. – С. 40–50 (труды СНИИГГ и МС. – Вып. 118).
11. Конторович В. А. Мезозойско-кайнозойская тектоника и нефтегазоносность Западной Сибири // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50. – № 4. – С. 461–474.
12. Коробов А. Д., Коробова Л. А. Разуплотнение пород и фазовая зональность нафтидов Западно-Сибирской плиты как отражение гидротермаль-метасоматических процессов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2008. – № 9. – С. 21–28.
13. Коробов А. Д., Коробова Л. А. Пульсирующий стресс как отражение тектоно-гидротермальной активизации и его роль в формировании продуктивных коллекторов чехла (на примере Западной Сибири) // Геология, геофизика, разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – № 6. – С. 4–12.
14. Коробов А. Д., Коробова Л. А. Лавинообразная генерация петрогенной воды в тектонически активизированном рифтогенном седиментационном бассейне – движущая сила гидротермального процесса и миграции углеводородов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2015. – № 12. – С. 34–43.
15. Коробов А. Д., Коробова Л. А., Морозов В. П. Линейные зоны вторичной доломитизации пород-коллекторов Тевлинско-Русскинского месторождения – индикаторы путей миграции нефтеносного флюида // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 9. – С. 52–56.
16. Аутигенный доломит высокобитуминозных баженовских отложений – показатель завершающей стадии генерации углеводородов / А. Д. Коробов, Л. А. Коробова, В. П. Морозов и др. // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 4. – С. 41–43.

17. Коробов А. Д., Коробова Л. А., Морозов В. П. Роль гидротермального процесса в создании вторичных экранов и сохранении нефтенасыщенности пород бажено-абалакского комплекса // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 6. – С. 74–77.
18. Лукин А. Е., Луговая И. П., Загнитко В. Н. Палеогеотермические и геохимические критерии нефтегазоносности // Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1987. – № 8. – С. 10–15.
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. Микуленко К. И., Тимиршин К. В. Эволюция условий формирования и накопления углеводородов нефтегазоносных бассейнов севера Сибирской платформы // Геохимическое моделирование и материнские породы нефтегазоносных бассейнов: тезисы докл. 1 Междунар. конф. – С-Пб.: ВНИГРИ, 1995. – С. 71–72.
21. Радченко А. В., Мартынов О. С., Матусевич В. М. Динамически напряженные зоны литосферы – активные каналы энерго-массопереноса. – Тюмень: Тюменский дом печати, 2009. – 240 с.
22. Сиротенко Л. В., Горбачев В. И. Факторы развития коллекторов в нижней части разреза тюменской сверхглубокой скважины // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41. – № 4. – С. 491–502.
23. Станов В. В. Метаморфизм углей и скорость нагрева // Советская геология. – 1985. – № 7. – С. 13–21.
24. Сейсмотектонические процессы – фактор, вызывающий преобразование органического вещества (ОВ) осадочных пород / А. А. Трофимук, Н. В. Черский, В. П. Царев и др. // Докл. АН СССР. – 1983. – Т. 271. – № 6. – С. 1460–1464.
25. Филиппович Ю. В. Новая концепция тектонического строения фундамента и осадочного чехла Западно-Сибирской плиты // Геология нефти и газа. – 2001. – № 5. – С. 51–62.
26. Черский Н. В., Царев В. П. Влияние слабых акустических полей на преобразование ископаемого органического вещества // Геология и геофизика. – 1977. – № 12. – С. 88–98.
27. Шапенко В. В., Щепеткин Ю. В. Палеотемпературы нефтегазоносных толщ юго-востока Западно-Сибирской плиты // Докл. АН СССР. – 1978. – Т. 242. – № 2. – С. 402–404.
28. Шутов В. Д., Александрова В. А., Лосиевская С. А. Генетическая интерпретация полиморфизма минералов каолинитовой группы в осадочных породах // Физические методы исследования минералов осадочных пород. – М.: Наука, 1966. – С. 109–122.
29. Size – strainline – broadening analysis of the ceria around – robin sample / D. Balzar, N. Audebrand, M. R. Daymond et al. // J. Appl. Cryst., 37. – 2004. – P. 911–924.
30. Hedemann H. A. Die Gebirgstemperaturen in der Bohrung Munsterland – 1 und die geothermische Tiefenstufe. – Fortschr. Geol. Rheinl. und Westf., b.11, 1963. – S.403–418.

