

27. Яцкевич С.В. Аллювиально-дельтовые отложения среднего и верхнего девона нижнего Поволжья в связи с их нефтегазоносностью: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. геол.-минерал. наук. – Саратов: изд-во Сарат. ун-та, 1975.

28. Аллювиально-дельтовые системы среднего и верхнего девона Саратовского Правобережья и их связь с блоковой тектоникой /С.В. Яцкевич, В.Я. Воробьев, В.Д. Мамулина, Л.Н. Умнова //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2000. – Вып.24.

29. Яцкевич С.В., Воробьев В.Я., Никитин Ю.И. Особенности осадконакопления и генезис основных продуктивных терригенных нефтегазоносных пластов терригенного девона, нижнего и среднего карбона, и перспективы их прогнозирования в слабо изученных районах Саратовского Поволжья //Тезисы докладов. Проблемы геологии, геоэкологии и рационального природопользования. – Саратов: НЦ "Наука", 2010.

УДК 553.98.061.4 (571.1)

**ВЛИЯНИЕ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО БОКОВОГО ДАВЛЕНИЯ
ПРИ ТЕКТОНОГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ АКТИВИЗАЦИИ
НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ЧЕХЛА
(ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

© 2011 г. А.Д. Коробов, Л.А. Коробова, А.Т. Колотухин, В.М. Мухин
Саратовский госуниверситет

Установлено, что интенсивный пульсирующий стресс ранней тектоногидротермальной стадии вызывал активное выщелачивание пород и формирование вторичных коллекторов в пластах ЮК₁₀₋₁₁ Талинского месторождения. Слабый пульсирующий стресс поздней тектоногидротермальной стадии выступал в роли природного насоса, эвакуирующего нефтиды из нефтегазоматеринских пород в ловушки. Присутствие триклинного крупночешуйчатого структурно-совершенного каолинита, а также позднего регенерационного кварца является главным минералогическим показателем нефтенасыщенности коллекторов шеркалинской пачки. Полученные на территории Западной Сибири оригинальные материалы могут быть полезны для геологов, работающих в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Введение

Явления разуплотнения в тектонически активных зонах Западной Сибири, по данным ряда исследователей [22, 23, 24], обусловлены растворением неустойчивых терригенных минералов и их частичным замещением, в одних случаях, каолинитом и дикситом, а в других – карбонатами. С этим связано превращение терригенных пород в слабосцементированные образования с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС). Нередко они представляют собой высокопродуктивные коллекторы. К числу последних относят поро-

ды шеркалинской пачки (горизонта) Талинского месторождения.

Нефтенасыщенные пласты ЮК₁₀₋₁₁ шеркалинской пачки (верхний лейас) Талинского месторождения залегают в основании осадочного чехла Западно-Сибирской плиты и заполняют узкую (5-20 км) протяженную (свыше 120 км) грабенообразную впадину субмеридианального простирания, расположенную к западу от Краснотенского свода. Они представлены главным образом мелко-, средне- и крупнообломочными песчаниками с прослоями гравелистов [5].

Специальные исследования [1, 5, 19] показали, что породы шеркалинской пачки становятся высококачественными коллекторами в результате глубокого гидротермального преобразования. Максимально переработанные терригенные (обычно разнозернистые и грубообломочные) породы представляют собой диккит-каолинит-кварцевые метасоматиты со сложнопостроенным пустотным пространством и широким развитием крупных пор и каверн.

Работы М.Ю. Зубкова и его коллег [5] указывают на то, что изначально пласты ЮК₁₀₋₁₁ были обогащены обломками кварца (78 %), полевых шпатов (9 %), глинистых минералов (9 %); в них также присутствовали постдиагенетические карбонаты – сидерит, анкерит, доломит, кальцит (4 %). Полевые шпаты представлены микроклином, ортоклазом, средними и кислыми плагиоклазами; глинистые минералы – моноклинным структурно-несовершенным каолинитом, гидрослюдой, хлоритом и смешанослойными образованиями. В соответствии с теоретическими представлениями И.М. Симановича [26], кварц, полевые шпаты и слоистые силикаты образуют так называемую терригенную ассоциацию минералов пород шеркалинской пачки. Ингредиенты этой ассоциации в процессе образования диккит-каолинит-кварцевых метасоматитов продемонстрировали неодинаковую устойчивость и характер изменений.

Все компоненты пород, кроме кварца, активно разрушались. Причем на участках максимального растворения (выщелачивания) в пластах ЮК₁₀₋₁₁ возникли 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 [19], это является наглядным подтверждением ведущей роли высоконапорных высокоэнтальпийных (интенсивное выщелачивание и метасоматоз) глубинных растворов в формировании нефте-

насыщенных коллекторов шеркалинской пачки. Остаются невыясненными причины возникновения повышенной гидродинамики горячих вод. Одним из условий появления таких растворов, на наш взгляд, является меняющийся режим бокового давления при тектоногидротермальной активизации. Если с этим согласиться, значит район Краснотенинского свода должен был испытать значительную тектоническую перестройку.

Действительно, территория месторождения неоднократно переживала периоды тектонической напряженности, следствием чего является большое количество (свыше 80) разновозрастных разрывных нарушений в фундаменте и чехле и значительная дислоцированность шеркалинского горизонта. Этот горизонт имеет отчетливое блоковое строение вследствие развития субвертикальных разломов. Ширина зон максимального дробления составляет 50-200 м, а амплитуды взаимных вертикальных смещений блоков достигают 10-15 м [1, 5]. Перечисленное заставляет предполагать, что на Талинском месторождении в периоды тектонической активизации развитие гидротермального процесса протекало в обстановке стресса. Причем частота пульсирующего режима и интенсивность сжатия, скорее всего, не оставались постоянными на ранних и заключительных этапах активизации.

Это, безусловно, должно было найти свое отражение в специфике гидротермальных (гидротермально-метасоматических) изменений пород. Поэтому выяснение особенностей и последовательности минералообразования в течение различных периодов тектоногидротермальной активизации даст возможность оценить роль бокового давления при формировании вторичных терригенных коллекторов и заполнении их нефтью. Сказанное представляет несомненный теоретический и практический интерес. Решение подобных вопросов позволит по-новому взглянуть на механизм образования продуктивных коллекторов чехла в рифтовых седиментационных бассейнах.

Данной проблеме и посвящена настоящая работа.

*Процессы преобразования
терригенных пород*

Наши наблюдения и анализ литературных данных свидетельствуют, что по условиям формирования в рамках аутигенной диккит-каолинит-кварцевой ассоциации можно выделить две основные группы пород. В одних растворение сочетается с преобладающим процессом каолинизации-диккитизации, в других – с доминирующим окварцеванием. Кроме того, растворение в условиях повышенных температур сопровождается альбитизацией плагиоклазов, но явление это достаточно локальное. Для более объективного представления о характере формирования высококачественных коллекторов рассмотрим подробнее каждый из трех упомянутых выше процессов.

В зоне начального изменения, где сохраняется терригенная ассоциация минералов песчаников и гравелитов, кварц со следами дробления испытывает растворение под давлением и регенерацию. Процесс резорбции обломков кварца происходит на границе с зернами аллотигенных полевых шпатов, слюд, кварца, а также на контакте с карбонатами и хлоритом. При этом часто возникают структуры растворения, которые, в соответствии с классификацией А.В. Копелиовича [14], относятся к конформным, микростилолитовым и инкорпорационным. Первые две развиты в зонах соприкосновения кристаллов кварца друг с другом. На контактах кварца с глинистыми минералами выщелачивание проявляется слабо и формируются инкорпорационные структуры. На границе с полевыми шпатами и карбонатами (кальцитом, доломитом) участки растворения и замещения (выполнения) широко проявлены и глубоко проникают в кварцевые обломки [6].

Нарастание интенсивности растворения, как правило, сопровождается аутигенным минералообразованием. Оно по-разному проявляется в различных ингредиентах

песчаников и гравелитов. Большой интерес в этой связи вызывают особенности выщелачивания неустойчивых минералов терригенной ассоциации и, в первую очередь, полевых шпатов. Этот процесс протекает неодинаково в минералах разного состава. Так, растворение калиевых полевых шпатов ограничивается формированием пустот, в которых помимо аутигенных каолинит-диккитовых агрегатов отмечаются карбонаты, хлориты, примазки битумов. В случае же выщелачивания плагиоклазов наблюдается их альбитизация.

Растворение и альбитизация

Процесс сосредоточен во внешних и внутренних частях обломочных зерен более основного плагиоклаза. Новообразованный альбит внутренних частей имеет разнообразные по форме полости растворения размером от тысячных долей миллиметра до 0,1 мм в поперечнике. В пустотах, кроме аутигенных каолинита и диккита, развиваются кварц, хлорит и карбонаты [6]. Суть процесса сводится к тому, что освобождающиеся при выщелачивании Na^+ в условиях повышенных температур постепенно замещает Ca^{+2} обломочного плагиоклаза. Выделение альбита происходит без видимого привноса натрия, т. е. Na^+ для новообразованного альбита заимствуется из исходного плагиоклаза. Кальций при этом частично поступает в раствор, о чем свидетельствует дырчатый характер псевдоморфоз альбита по плагиоклазу. Таким образом, альбитизация является отражением деанортизации плагиоклазов, что чрезвычайно характерно для гидротермального минералообразования [20].

Кальций, поступающий при этом в раствор, может входить в состав новообразованного кальцита или других карбонатов, которые осаждаются в пористом аутигенном альбите или метасоматически замещают терригенные минералы.

Явления, идентичные описанным, обнаружены А.В. Копелиовичем [15] в песчаниках Приднестровья и объясняются агрессивностью нагретых поровых растворов под

давлением. При этом подчеркивается, что альбитизация плагиоклазов может протекать при невысоких температурах. Однако это противоречит физико-химическим условиям гидротермальной альбитизации [9, 20].

Иногда в шлифах устанавливается сопряженность каолинизации (развитие минералов группы каолинита) и альбитизации плагиоклазов. Но чаще обнаруживается замещение новообразованного альбита, как и всех неустойчивых минералов терригенных пород, более поздними каолинитом и диккитом.

Растворение

и каолинизация-диккитизация

Рассматриваемые изменения сосредоточены в породах шеркалинской пачки в зонах оперяющей трещиноватости крупных разломов, секущих фундамент и осадочный чехол. Их развитие контролировалось проницаемостью исходных пород и удаленностью от разрывных нарушений. Процесс протекал в два этапа. В первый (ранний) осуществлялось растворение и метасоматическое замещение неустойчивых минералов терригенной ассоциации каолинитом и диккитом. Во второй (завершающий) этап происходило гидротермальное накопление этих минералов.

Литолого-петрографические работы, проведенные М.Ю. Зубковым и соавторами [5], А.Е. Лукиным и О.М. Гариповым [19], свидетельствуют, что в слабопроницаемых алевролитах наблюдается начальная и последующие стадии замещения триклинным каолинитом и диккитом обломков изверженных пород, полевых шпатов, слюд, гидрослюд, хлорита, смешанослойных образований. В более проницаемых мелко- и среднезернистых песчаниках, где процесс гидротермальной глинизации нарастал, перечисленные терригенные минералы и обломки пород встречаются в виде реликтов. Здесь отмечаются сложные взаимоотношения терригенного структурно-несовершенного моноклинного каолинита с новообразованными диккитом и триклинным каолинитом.

Наблюдения в электронном и сканирующем микроскопах, подтвержденные рентгеноструктурными исследованиями, свидетельствуют, что в одних случаях происходит трансформация моноклинного каолинита в диккит, а в других – его преобразование (перекристаллизация) в триклинный каолинит [6]. Что касается терригенного кварца (доминирующего компонента пород), то он в незначительной степени подвержен процессам растворения и регенерации.

В самых проницаемых крупнозернистых песчаниках и гравелитах из приразломных зон новообразованный триклинный каолинит достаточно стремительно уступает свое место диккиту. В силу этого глинистые минералы цемента здесь практически нацело представлены диккитом. В качестве незначительной примеси фиксируются фрагменты реликтовых терригенных слюд, хлорита и смешанослойных минералов [8].

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 совместно с микрокристаллическим адуляром, в других – исключительно диккит. Последний образует на стенках каверн очень плотные тонкочешуйчатые скопления, которые с трудом диспергируются и отделяются от породы даже на ультразвуковом дезинтеграторе [3].

Важно подчеркнуть необычность сонахождения диккита, каолинита и адуляра, поскольку эти минералы формируются в диаметрально противоположных физико-химических обстановках гидротермального процесса: диккит и каолинит в кислых, а адуляр в щелочных. Другой характерной особенностью этого процесса является высокая дисперсность всех без исключения новообразованных минералов.

На границе с зоной интенсивного выщелачивания и окварцевания, где кислотность растворов сильно возростала, диккит

начинал активно растворяться и часто полностью исчезал. Разрушение минерала установлено не только в шлифах, но и благодаря исследованиям, проведенным с помощью сканирующего микроскопа [6].

Таким образом, на стадии преобладающего кислотного растворения возникала высокодисперсная каолинит-диккитовая ассоциация при доминирующей роли диккита. В определенные моменты аутигенное минералообразование протекало в контрастных физико-химических обстановках, обусловленных резким изменением кислотности-щелочности растворов, что подтверждается сонахождением адуляра с каолинитом и диккитом.

Процесс, пришедший на смену активному растворению, характеризуется формированием диккит-каолинитового порового цемента и, в меньшей степени, возникновением регенерационной огранки у кластогенных кварцевых зерен. Для преобразованных пород характерно невысокое (1-2 %) абсолютное содержание каолинита и диккита. Причем количественное соотношение этих минералов в эпигенетическом цементе становится приблизительно одинаковым [5]. На это обстоятельство необходимо обратить особое внимание, ибо в период активного выщелачивания доминирующим минералом слоистых силикатов был высокодисперсный диккит.

Важно подчеркнуть, что в межзерновом пространстве гидротермально измененных пород 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. В частности, каолинит обладает триклинной ячейкой и строгим периодом "с". Характерно, что в направлении увеличения зернистости пород (смена мелкозернистого на средне- и крупнозернистый песчаник с прослоями гравелита) растет и степень упорядоченности решетки каолинита [5]. Единственным минералом из неглинистых пород является кварц. Наряду с его сохранившимися обломочными зернами, здесь присутствуют и преобразованные разности с регенерационной каймой обрастания [5].

Описанные породы имеют хорошие ФЕС и представляют собой наиболее нефтенасыщенные вторичные коллекторы шеркалинской пачки. Характерными особенностями каолинита и диккита, присутствующих здесь в равных количествах, являются очень большие размеры, идиоморфизм и структурное совершенство кристаллов. Это принципиально отличается от обстановки раннего этапа гидротермальной деятельности, когда доминировало растворение, а новообразованные минералы отличались высокой дисперсностью и контрастным минеральным составом при главенствующей роли диккита.

Растворение и окварцевание

Рассматриваемые процессы приурочены к крупным разрывным нарушениям и локализованы в изначально наиболее пронизываемых разностях пород – крупнозернистых песчаниках и гравелитах шеркалинской пачки. Развитие процесса происходило в два этапа. В первый (ранний) осуществлялось полное разрушение (кислотное выщелачивание) неустойчивых компонентов терригенной ассоциации с некоторым накоплением минералов кремнезема. Во второй (завершающий) этап имело место гидротермальное окварцевание пород.

Растворение и окварцевание

Детальное литолого-петрографическое изучение пород показало, что на раннем этапе доминирующим процессом является растворение минерального матрикса и карбонатного цемента пород по системам микро- и макротрещин, по которым циркулировали горячие водные растворы. Выщелачиванию подверглись карбонаты, полевые шпаты, слюды, хлориты, минералы группы каолинита, смешанослойные минералы, амфиболы и обломки эффузивов. Причем этот процесс сопровождался практически пол-

ным выносом продуктов разложения за пределы зоны. Сказанное 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 от 0,08 до 1,4-3 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 [1, 3, 5].

В этой связи необходимо обратить внимание на сочетание интенсивного разрушения терригенных алюмосиликатов и накопления тонкодисперсного кварца в измененных породах шеркалинской пачки. Сообразно наблюдениям А.И. Серезникова [25], это происходит в гидротермальном процессе при стремительной смене кислой среды на нейтральную.

Таким образом, на раннем этапе гидротермальной деятельности в стадию преимущественного растворения в пластах ЮК₁₀₋₁₁ сформировалась кавернозная порода, сложенная главным образом минералами кремнезема. Отличительной особенностью новообразований является высокая дисперсность кварца и присутствие аморфной фазы – опала. Аутигенное минералообразование протекало в режиме быстро меняющейся кислотности-щелочности растворов.

Процесс, сменивший активное растворение, характеризуется регенерацией кластогенного кварца и развитием микродруз этого минерала в пустотах выщелачивания. В значительно меньшей степени отмечается формирование диккитового (каолинит-диккитового) порового цемента.

Своим габитусом кристаллы кварца здесь обязаны многочисленным регенерационным каемкам, нарощенным на исходные разноокатанные и выщелоченные обломки этого минерала. Регенерационные каемки обычно прерывистые, шириной от 0,015 до 0,100-0,200 мм. Процесс их образования происходил в несколько этапов, что подтверждается различными по температуре генерациями регенерирующего кварца [19]. На заключительных этапах регенерации отмечается захват битумов растущей кристаллической фазой [6]. Поэтому поздний аутигенный кварц нередко содержит многочисленные включения пузырьков темноокрашенной жидкости – нефти.

За счет регенерационных каемок происходит значительное (в 2-3 раза) увеличение размеров исходных зерен кварца, достигающих при этом 0,8-0,9 мм [5]. Укрупнение кристаллокластов приводит к формированию гранобластовой структуры. Кроме того, регенерационные каемки не просто залечивают изъяны и структуры растворения на поверхности кварцевых зерен, а восстанавливают их правильную огранку (габитус).

Окварцевание, проявившееся в порах и кавернах выщелачивания, выразилось в образовании микродруз прекрасно ограненных водяно-прозрачных кристаллов кварца, достигающих, в зависимости от величины пустот, размера 0,5-1 мм. Любопытно отметить, что регенерационный и вырастающий в кавернах микродрузовый кварц отличается не только идиоморфизмом, но имеет и более совершенную по сравнению с обломочным кварцем кристаллическую структуру, что подтверждается рентгеноструктурными исследованиями [5].

Следовательно, на позднем этапе гидротермального процесса в результате преобладающего окварцевания в пластах ЮК₁₀₋₁₁ сформировались вторичные коллекторы, имеющие практически мономинеральный состав. Большие размеры аутигенных кристаллов кварца, идиоморфизм его зерен

и структурное совершенство новообразованных разностей являются отражением обстановки минералообразования заключительного этапа гидротермальной деятельности. С одной стороны, это удивительным образом совпадает с характеристикой слоистых силикатов порового цемента, которые возникли в то же самое время на участках преимущественной дикситизации-каолинизации. С другой, – принципиально отличается от минералообразующих условий раннего этапа, когда преобладало кислотное выщелачивание, а аутигенные минералы кремнезема отличались высокой дисперсностью (кварц) и (или) аморфным состоянием (опал).

Вышеописанные процессы сопряжены с резким возрастанием прежней и без того высокой проницаемости осадочных образований. В итоге вторичные коллекторы шеркалинского горизонта, весьма напоминающие по минеральному составу вторичные кварциты, приобрели проницаемость от первых сотен миллидарси до 4,5 Д при пористости от 16 до 23 % [3]. Это обусловило сверхпроводимость пород, которые рассматриваются Р.А. Абдуллиным [1] как вторичные суперколлекторы.

Обсуждение результатов

По мнению большинства геологов, формирование вторичных коллекторов шеркалинской пачки произошло под действием горячих кислых растворов, возникших при исключительном участии CO_2 . Такие выводы основываются на изучении современного состава пластовых флюидов. Вместе с тем, интенсивность и глубина проработки терригенных отложений в зонах разломов и оперяющей трещиноватости, приведшие к возникновению практически монокварцевых образований, заставляет усомниться в этом. Возникает естественный вопрос: чем же была обусловлена столь высокая агрессивность гидротерм? Чтобы ответить на него необходимо проанализировать характер изменения верхнеюрских толщ на сопряженных с Талинским месторождением территориях.

Исследования отложений баженовской и тутлеймской свит в зонах крупных разломов Среднеширотного Приобья показали [28], что они подверглись резко выраженному сернокислотному выщелачиванию под действием циркулировавших горячих (250-300° С) богатых H_2SO_4 растворов. Последние в периоды тектонической активизации вызывали интенсивное разрыхление и каолинизацию битуминозных пород, что сопровождалось падением механической прочности. Так возникали бажениды – рыхлые разности пород баженовской свиты, к которым приурочены основные нефтепроявления, в частности, Салымской площади. Эти же растворы привели к накоплению в битуминозных породах большого количества сульфатов Fe, Al и Ca: железо-алюминиевых квасцов, железного купороса, гипса и др. Указанные минералы установлены в процессе исследования водных вытяжек, экстрагированных из максимально эпигенетически измененных отложений баженовской и тутлеймской свит [28].

Такие же соединения – сульфат Al (алуноген), а также целестин, сульфаты натрия, кальция (гипс) и прочие были идентифицированы среди солей сухого остатка, полученного при выпаривании проб пластовой воды из гидротермально преобразованных юрских отложений Талинской площади [19]. Кроме того, максимальные температуры (260-280° С) гомогенизации газовой-жидких включений кварца, регенерирующего обломочные зерна в гидротермально измененных породах шеркалинской пачки [19], оказались близки таковым (250-300° С) из преобразованных баженовских и тутлеймскими отложений. Это позволяет утверждать, по аналогии с баженовскими и тутлеймскими толщами, что в период тектонической активизации на участках максимального гидротермального изменения пород шеркалинского горизонта в узких разломных зонах господствовали высоконагретые растворы, богатые не только CO_2 , но и SO_2 . Присутствие серной кислоты прида-

вало повышенную агрессивность гидротермам.

Во многом схожие процессы, протекающие в настоящее время при температурах 250-290° С и $pH < 4$, описаны В.И. Кононовым [7] на геотермальных месторождениях Мацукава (Япония) и Татун Матсао (о. Тайвань). Там, под действием горячих растворов, содержащих высокие концентрации SO_4^{-2} (сероводородно-углекислый тип гидротерм), происходит сернокислотное выщелачивание пород с образованием, главным образом, минералов группы каолинита, кварца и (или) опала, т. е. тех минералов, которые развиты во вторичных продуктивных коллекторах пластов ЮК₁₀₋₁₁ Талинского месторождения.

На основании этого можно сделать принципиальный вывод, что значительное дополнительное разуплотнение пород шеркалинской пачки обязано высокотемпературному сернокислотному выщелачиванию, которое приходилось в зонах крупных разломов на апогей гидротермальной деятельности. На это надо обратить особое внимание, т. к. поступление глубинного SO_2 в пластовую систему осуществлялось только в самую активную высокотемпературную фазу гидротермальной деятельности. С понижением температуры (регрессивная стадия) приток SO_2 полностью прекращался и единственным анионогеном растворов становился CO_2 [10]. Углекислый газ поступал в пласты в повышенных концентрациях на всех этапах тектонической активизации. Его приток в осадочные толщи Западно-Сибирской плиты отмечается и в настоящее время. Именно поэтому в прежде сернокислотно-выщелоченных породах шеркалинской пачки на участках крупных разломов, где современные пластовые температуры составляют 115-124° С, в нефтяных газах в значительном содержании (до 17,9 %) отмечается только CO_2 [1]. Что касается классификации вторичных коллекторов пластов ЮК₁₀₋₁₁, возникших за счет сернокислотного выщелачивания, то они, в соответствии с теоретиче-

скими представлениями Д.С. Коржинского [9], Н.И. Наковника [21] и С.И. Набоко [20], могут быть отнесены к формации вторичных кварцитов или формации сернокислотного выщелачивания.

Под влиянием циркулирующих высоконагретых растворов в крупнозернистых песчаниках и гравелитах шеркалинской пачки произошла полная замена терригенной ассоциации минералов на гидротермальную. Она осуществлялась последовательно и носила зональный характер (в порядке нарастания кислотности): альбит + хлорит + карбонаты → альбит + каолинит + диккит + кварц → каолинит + диккит + кварц → диккит + кварц + опал → кварц ± опал. При этом переход от свежих полимиктовых песчаников и гравелитов до зон их максимальной гидротермальной переработки, по данным В.И. Белкина и А.К. Бачурина [3], колеблется в интервале от десятков сантиметров до первых метров.

В этом ряду свое четкое место занимает альбитизация плагиоклазов. Аутигенный альбит шеркалинской пачки, как правило, представляет собой полый или пористый монокристалл, пустоты которого заполнены вторичными минералами. Среди них, с учетом новообразованного минерала – хозийна, необходимо различать две ассоциации, типичные, с точки зрения Д.С. Коржинского [9] и Н.И. Наковника [21], для двух генетически взаимосвязанных гидротермально-метасоматических формаций: пропилитовой (альбит + хлорит + карбонаты) и сернокислотного выщелачивания или вторичных кварцитов (каолинит + диккит + кварц). Следовательно, отмеченные минеральные ассоциации определяют пограничные условия двух процессов – пропилитизации и сернокислотного выщелачивания, которые существовали на Талинском месторождении в период тектоногидротермальной активизации. Это подтверждается тем, что альбитизация происходит под действием слабокислых ($pH \approx 6$) растворов [20], имеющих температуру 290° С и выше [11]. При этом про-

цессы пропилитизации в породах шеркалинской пачки носят эмбриональный характер, а сернокислотное выщелачивание проявлено чрезвычайно широко.

Этот факт весьма интересен, т. к. низкотемпературная пропилитизация в осадочном чехле Западно-Сибирской плиты масштабно проявлена в пределах Большехетской синеклизы [13], которая находится в непосредственной близости от окружающих ее с трех сторон погребенных континентальных рифтов: на западе и севере – Колтогорско-Уренгойского, а на востоке – Худосейского [27]. Рифтовый комплекс представлен нижне-среднетриасовыми базальтами и их пирокластическими аналогами (туринская серия). Установлено [12], что в периоды тектонической активизации именно в рифтовых системах и генетически связанных с ними изолированных впадинах зарождались и господствовали высокотемпературные растворы, которые по разломам проникали в породы чехла. Выявленная же формация вторичных кварцитов Талинского месторождения приурочена к западной части Красноленинского свода, в пределах которого сосредоточена большая группа самых молодых гранитоидов палеозойского фундамента и (или) риолитовых экструзивных куполов раннего мезозоя (туринская серия) [17, 29]. То есть в породах чехла, рассеченных крупными разломами, вторичные изменения контролировались особенностями гидротерм, возникающих в конкретных структурах активизации: над погребенными рифтами с базальтовым комплексом – пропилиты, а над изолированными впадинами с риолитовыми куполами – вторичные кварциты.

Схожую картину рисуют Е.А. Предтеченская с коллегами [24] в ниже-среднеюрских нефтегазоносных отложениях Западной Сибири. Ими установлено, что в пределах надрифтовых желобов в цементе перекрывающих пород доминируют аутигенные карбонаты кальция и магния, которые надо рассматривать, как проявление трансильванской [9] пропилитизации. В районах же,

где в составе фундамента имеется много гранитных интрузий, в перекрывающих толщах преобладают гидротермальные каолинит, кварц и альбит, аномальные концентрации которых служат индикаторами воздействия на породы чехла кислых горячих растворов.

Изменение режима кислотности – щелочности минералообразования происходило в разных диапазонах и с различной скоростью на ранней и поздней стадиях гидротермального процесса. Самые контрастные и быстроменяющиеся условия существовали в зонах разломов в раннюю стадию. Это доказывается пространственным сонахождением в пустотах выщелачивания пластов ЮК₁₀₋₁₁ диккита (в меньшей степени каолинита), с одной стороны, и адуляра – с другой. Присутствуют они, как отмечалось [5], совместно в виде тонкодисперсного агрегата. Установлено, что минералы группы каолинита формируются в кислых ($pH \leq 3$), а адуляр – в щелочных ($pH 9-10$) обстановках [7, 20]. Что же могло обусловить гидротермальное минералообразование в широком диапазоне $pH \leq 3-10$, и притом в весьма ограниченном геологическом пространстве?

Исследования, проведенные в областях современного, молодого и древнего вулканизма [10, 11, 20] свидетельствуют, что адуляр является индикатором резкого повышения щелочности гидротерм, происходящего в зонах разломов. Появление адуляра обусловлено эвакуацией углекислоты при вскипании и дегазации горячих вод. При этом наблюдается увеличение концентрации растворов за счет потери растворителя и охлаждение гидротерм за счет парообразования. В такие моменты создавались наиболее благоприятные условия для привноса в породу К, Si и развития калишпатизации в сочетании с окварцеванием. Возникали такие обстановки в периоды раскрытия трещин, оперяющих крупные разломы. Однако тектоногидротермальная активизация характеризуется пульсирующим режимом сжатия – раскрытия пустотных пространств.

Во время смыкания трещин, вызванного боковым давлением, в пластовой системе накапливались поступающие из глубин CO_2 и H_2SO_4 . Это приводило к появлению ультракислых растворов, разрушению неустойчивых минералов терригенного комплекса, кавернообразованию и формированию диккита, в меньшей степени – каолинита. Кроме того, при сернокислотном растворении алюмосиликатов терригенного комплекса гидротермы обогащались подвижным кремнеземом. Часть его успевала мигрировать за пределы пластов шеркалинской пачки, но заметная доля осаждалась в виде тонкодисперстного кварца или аморфного кремнезема (опала) в период, когда меняющийся в сторону ощелачивания режим рН соответствовал нейтральной среде. В щелочных условиях (раскрытие трещин, вскипание растворов) уже кварц и опал растворялись, обогащая горячие воды SiO_2 . Но инверсия процесса (смыкание трещин, покисление вод) вновь приводила к осаждению кремнезема в момент существования нейтральной обстановки. Сказанное базируется на данных поведения кремнезема в природных растворах областей активного вулканизма [25] и экспериментальных работах [2].

Существовавшие на ранней стадии гидротермального процесса высокие скорости кристаллизации, вызванные стремительно меняющимися температурой, давлением, рН и составом растворов, ответственны за микроскопические размеры зерен новообразованного кварца и других минералов. Следовательно, резкая смена кислотной обстановки на щелочную, и наоборот, в пределах Талинского месторождения была обусловлена пульсирующим режимом бокового давления (стрессом), которое попеременно то способствовало, то препятствовало быстрому удалению CO_2 из пластовой гидротермальной системы. Из этого можно сделать принципиальный вывод, что ранняя стадия гидротермального процесса в пределах Красноленинского свода протекала в обстановке высокой тектонической напряженности, обус-

ловливающей часто повторяющийся пульсирующий характер стресса. Последний, в свою очередь, определял стремительное изменение кислотности – щелочности, температуры, давления и состава нагретых растворов, то есть контролировал специфику гидротермального минералообразования. А.Е. Лукин и О.М. Гарипов [19] также установили, что тектоническая активизация региона одновременно сопровождалась гидротермальной деятельностью и многофазным пульсирующим характером геодинамических напряжений, вызывавших стресс.

Особый интерес в этой связи представляет четкая прямая зависимость концентрации триклинного каолинита и диккита в поровом пространстве песчаников и гравелитов с содержанием в породах шеркалинской пачки катаклазированного кварца – чуткого индикатора тектоногеодинамической напряженности (стресса). Кроме того, доказано изотопно-геохимическое единство этих глинистых минералов. Такая закономерность совершенно не свойственна тем участкам, где отмечаются моноклинный структурно-неупорядоченный каолинит и метagalлуазит [19]. Сказанное свидетельствует о тождественном механизме образования диккита и триклинного каолинита из горячих поровых растворов в периоды пульсирующих геодинамических напряжений, порождающих стресс. Вместе с тем, установлена определенная пространственная закономерность в распространении глинистых минералов: с приближением к приразломным участкам каолинит исчезает, уступая свое место диккиту.

Этот факт заставляет посмотреть на проблему стадийных взаимоотношений между двумя минералами, исходя из различной устойчивости их в условиях стресса. Специальные исследования В.Д. Шутова с коллегами [31] и В.А. Франка-Каменецкого с соавторами [30] показывают, что если диккит прекрасно развивается и сохраняется при одностороннем давлении, то каолинит в этой обстановке при гидротермальном про-

цессе ведет себя двояко. В одних случаях наблюдается его деструкция или серийное преобразование через смешанослойную фазу в диккит. В других, наряду с процессами разупорядочения кристаллической структуры, отмечается обратное явление – повышение степени структурного совершенства каолинита за счет перекристаллизации.

Эти изменения наблюдаются в продуктивных горизонтах шеркалинской пачки. В частности, начало процесса, отмеченное в слабопроницаемых алевролитах, сопряжено с переходом от тонкокристаллического каолинита низкой степени структурной упорядоченности к диккиту через промежуточный смешанослойный минерал каолинит-диккит [8]. С приближением же к зонам разломов, где стресс в периоды тектонической активизации достигал своего максимума, неустойчивый к интенсивному боковому давлению каолинит частично или полностью вытеснялся диккитом.

С одной стороны, этим можно объяснить зональность в распределении диккита и каолинита, которая сложилась на раннем этапе гидротермальной деятельности. С другой, это позволяет считать диккит Талинского месторождения индикатором гидротермальной деятельности, происходившей в условиях бокового давления, и относить его к категории стресс-минералов; соответственно триклинный каолинит – к категории антистресс-минералов. Надо сказать, что В.Д. Шутов, В.А. Александрова и С.А. Лосиевская [31], а также Э.А. Гойло, Н.В. Котов и В.А. Франк-Каменецкий [4] уже давно рассматривают диккит как показатель процессов, развивавшихся в условиях бокового давления, а триклинный каолинит как антистресс-минерал.

Особый интерес вызывает та часть пород шеркалинской пачки, где наиболее активно проявился заключительный этап гидротермального процесса. Это касается как тех участков, где преобладающим процессом была каолинизация и диккитизация, так и других, где доминировало окварцевание.

Важно подчеркнуть, что аутигенные слоистые силикаты и новообразованный кварц, сформировавшиеся в завершающий этап, имеют очень много общего. Они отличаются идиоморфизмом, очень большими размерами кристаллов и структурным совершенством своих решеток. Отмеченные особенности минералы способны приобрести лишь в процессе медленной кристаллизации из разбавленных горячих растворов. Такая обстановка могла возникнуть при отсутствии в системе минералообразования резких перепадов давления, температур и кислотности – щелочности, обусловленных, как мы показали, часто повторяющимся пульсирующим характером стресса. Из этого следует важный вывод, что заключительный этап гидротермального процесса, по сравнению с ранним, протекал в тектонически несравнимо более спокойной обстановке.

Растворы стали менее нагретыми, а также менее агрессивными за счет сокращения или даже полного исчезновения H_2SO_4 . Поэтому превалирующее растворение раннего этапа сменилось доминирующим минералонакоплением на заключительном. Стресс сохранился, но заметно ослаб. Его повторяемость сильно растянулась во времени. Он, видимо, очень плавно нарастал и также плавно ослабевал. Это доказывается существенно возросшим содержанием триклинного каолинита (антистресс-минерала), который развивался наряду с диккитом в эпигенетическом цементе обломочных пород. Но, с другой стороны, в некоторых образцах нефтенасыщенных песчаников наблюдаются очень крупные кристаллы диккита (стресс-минерала) без триклинного каолинита, что отмечают А.Е. Лукин и О.М. Гарипов [19].

Описанные породы имеют хорошие ФЕС и представляют собой наиболее нефтенасыщенные вторичные коллекторы шеркалинской пачки. Как отмечалось, их отличительной особенностью является сильно возросшее (по сравнению с предшествующим этапом активного растворения) коли-

чество триклинного каолинита, а также широкое развитие регенерационного кварца. Последний нередко содержит многочисленные включения пузырьков нефти [6], что говорит о появлении ее в минералообразующих горячих водах заключительного этапа активизации. Это логично перекликается с мнением А.Е. Лукина и О.М. Гарипова [19] о том, что именно триклинный крупночешуйчатый структурно упорядоченный каолинит образует вместе с нефтью самую позднюю генерацию во вторичных коллекторах гидротермальной природы. Иными словами, развитие таких минералов происходило практически одновременно с приходом нефти во вторичный коллектор. Из этого следует два принципиальных вывода. Во-первых, поступление нефти в пласты ЮК₁₀₋₁₁ осуществлялось в финальный этап тектоногидротермальной деятельности, когда явления стресса сильно ослабели, но их слабо пульсирующее проявление сохранялось и, видимо, стало играть роль природного насоса, перекачивающего УВ в ловушки. Во-вторых, присутствие крупночешуйчатого триклинного структурно-совершенного каолинита в терригенных породах шеркалинской пачки является главным (наряду с поздним регенерационным кварцем) минералогическим показателем нефтенасыщенности коллектора.

Это подтверждает ранее сделанный нами вывод относительно пород фундамента [12] о том, что период тектоногидротермальной активизации Западно-Сибирской плиты подразделяется на две стадии: I ранняя (прогрессивная), связанная с формированием вторичных коллекторов (разуплотненных зон) и II поздняя (регрессивная, продуктивная), обуславливающая заполнение вторичных коллекторов УВ под действием остывающих гидротермальных растворов.

Гидротермальные изменения в породах шеркалинской пачки и глубинный эпигенез

Приведенные рассуждения показывают, что изменения, вызванные тектоногидротермальной активизацией региона, сопровож-

дались, с одной стороны, потерей терригенным кварцем типоморфных признаков, обусловленных его происхождением за счет разрушения и перемыва кристаллических пород, и приобретением новых особенностей (идиоморфизм, структурное совершенство, разрастание зерен), порожденных гидротермальным процессом. Поэтому применение к такому кварцу шеркалинской пачки термина "кластический" или "обломочный" [3] утрачивает всякий смысл и становится условным.

С другой стороны, в осадочных породах произошла полная смена терригенной ассоциации минералов на гидротермальную – в зонах крупных разломов практически монокварцевую, – порожденную интенсивным сернокислотным выщелачиванием. Следовательно, называть такие образования шеркалинской пачки "существенно кварцевыми песчаниками" [1] абсолютно не правомерно.

Установлено, что с процессом сернокислотного выщелачивания связано резкое улучшение коллекторских характеристик пород шеркалинской пачки. Поэтому можно утверждать, что возникшие за счет массового выщелачивания неустойчивых кластогенных компонентов песчаников и гравелитов структуры растворения, которые генетически сопряжены с регенерацией кварца, являются индикаторами высококачественных коллекторов. Однако сочетание структур растворения с регенерацией кварца при глубинном эпигенезе (глубинном катагенезе в понимании О.В. Япаскурта) приводит, по мнению ряда исследователей [16, 18], к прямо противоположному результату – существенной утрате породами своей первичной пористости и проницаемости. В чем же состоят принципиальные различия двух упомянутых процессов?

Катагенез – стадия преобразования осадочных горных пород под воздействием глубинных температур (20-25° – 200 ± 25° С) и давлений (10-200 МПа) при участии флюидной фазы, генерируемой самими по-

родами и лишь отчасти привнесенной из нижележащих геосфер [32]. При глубинном катагенезе, наряду с массовым растворением основных кластогенных компонентов песчаников, обломочные зерна кварца и полевых шпатов регенерируются и разрастаются, что ведет к заполнению пор, сокращению проницаемости пород и к существенному понижению миграционной способности флюидов. Это, в частности, приводит к возникновению зон затрудненного водообмена и застойных вод.

Описанный на примере шеркалинской пачки процесс в самых общих чертах похож на растворение и переотложение кремниесилы в глубинном эпигенезе, но принципиально отличается от него по сути. В глубинном эпигенезе растворение зерен кварца происходит под действием длительно существовавшей статической нагрузки перекрывающих толщ и повышения температуры (кондуктивный теплоперенос) до $200 \pm 25^\circ \text{C}$. Минеральный состав сопутствующих новообразований обусловлен преимущественно первичным составом осадочных пород [14, 32], так как аутигенные минералы возникали главным образом за счет локального перераспределения продуктов распада терригенных компонентов (закрытая система). В нашем же случае растворение протекало в обстановке тектоногидротермальной активизации под влиянием разнонаправленных динамических напряжений (стресса), сопровождаемых интенсивной циркуляцией агрессивных высокотемпературных растворов (конвективный теплоперенос) и выносом продуктов выщелачивания. Воздействие этих новых мощных факторов вызывает принципиально иное, по сравнению с эпигенезом, структурное и минералогическое преобразование пород. Вторичное минералообразование здесь слабо зависит от исходного состава пород, но контролируется физико-химическими параметрами гидротерм (открытая система). Главными из них являются кислотность-щелочность и состав растворов.

Заключение

Приведенный материал дает возможность сделать следующие основные выводы:

1. Период тектоногидротермальной активизации подразделяется на две стадии: раннюю (прогрессивную), связанную с формированием вторичных коллекторов в пластах ЮК₁₀₋₁₁ и позднюю (регрессивную), обуславливающую их заполнение нефтью.

2. Ранняя тектоногидротермальная стадия протекала в условиях высокой тектонической напряженности, резкого пульсирующего режима стресса, высокой агрессивности растворов, что обусловило преобладающее растворение пород. Эти же факторы контролировали стремительную смену кислотности-щелочности, состава и температуры растворов, что приводило к быстрой кристаллизации и возникновению высокодисперсного кварца, адуляра, каолинита, диккита, а также аморфного кремнезема (опала).

3. В раннюю тектоногидротермальную стадию горячие растворы, наряду с CO_2 , были обогащены H_2SO_4 . Поэтому каолинит – диккит – кварцевые метасоматиты, слагающие коллекторы пластов ЮК₁₀₋₁₁, были обязаны своим происхождением сернокислотному выщелачиванию и относятся к формации вторичных кварцитов или сернокислотного выщелачивания.

4. Поздняя тектоногидротермальная стадия развивалась в обстановке угасающей тектонической напряженности, слабеющего пульсирующего режима бокового давления, снижения температуры и агрессивности растворов (исчезновение H_2SO_4). Это определило нарастающий процесс минералообразования, осуществляющийся при медленной кристаллизации из разбавленных растворов. Поэтому аутигенный диккит, триклинный каолинит и кварц отличаются идиоморфизмом, очень большими размерами кристаллов и структурным совершенством решеток.

ГЕОЛОГИЯ

5. Диксит в пластах ЮК₁₀₋₁₁ необходимо рассматривать как стресс-минерал, а триклинный каолинит – как антистресс-минерал.

6. Поступление УВ в пласты ЮК₁₀₋₁₁ осуществлялось в позднюю тектоногидротермальную стадию, чему способствовал ослабевший стресс, который в таком состоянии выступал в роли природного насоса,

эвакуирующего нефти из нефтегазоматеринских пород в ловушки.

7. Присутствие триклинного крупночешуйчатого структурно-совершенного каолинита (наряду с поздним регенерационным кварцем) является главным минералогическим показателем нефтенасыщенности коллекторов шеркалинской пачки.

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. Балицкий В.С. Экспериментальное изучение процессов хрусталеобразования. – М.: Недра, 1978.

3. 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.

4. Гойло Э.А., Котов Н.В., Франк-Каменецкий В.А. Экспериментальное исследование влияния стрессового и гидростатического давлений при различных температурах на кристаллическую структуру каолинита // Физические методы исследований минералов осадочных пород. – М.: Наука, 1966. – С.123-129.

5. Гидротермальные процессы в шеркалинской пачке Талинского месторождения (Западная Сибирь) / М.Ю. Зубков, С.В. Дворак, Е.А. Романов, В.Я. Чухланцева // Литология и полезные ископаемые. – 1991. – № 3. – С.122-132.

6. 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.

7. Кононов В.И. Геохимия термальных вод областей современного вулканизма // Труды ГИН АН СССР. – 1983. – Вып.379.

8. Диксит в нижнеюрских отложениях Талинской зоны нефтегазоаккумуляции (Западная Сибирь) / А.Э. Конторович, Э.П. Солотчина, Ю.П. Казанский, В.В. Казарбин // Докл. РАН. – 1995. – Т.342. – № 3. – С.350-353.

9. Коржинский Д.С. Очерк метасоматических процессов // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М.: изд-во АН СССР, 1953. – С.332-452.

10. Коробов А.Д. Гидротермальный литогенез в областях наземного вулканизма: автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра геол.-минерал. наук. – М.: ГИН РАН, 1995.

11. История гидротермального минералообразования Паужетского месторождения парогидротерм и палеогидротермальных систем района / А.Д. Коробов, О.П. Гончаренко, С.Ф. Главатских и др. // Структура гидротермальной системы. – М.: Наука, 1993. – С.88-120.

12. Коробов А.Д., Коробова Л.А., Киняева С.И. Гидротермальные процессы в палеорифтах Западной Сибири и их роль в формировании жильных ловушек УВ доюрского комплекса Шаимского района // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2004. – № 12. – С.63-72.

13. Коробов А.Д., Коробова Л.А. Парагенезисы и история формирования глинистых минералов терригенных коллекторов Западной Сибири – ключ к прогнозу зон нефтегазоаккумуляции // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2010. – № 3. – С.13-21.

14. Копелиович А.В. О структурах растворения в некоторых осадочных и эффузивно-осадочных породах // Известия АН СССР. Сер. геол. – 1960. – № 4. – С.48-57.

15. Копелиович А.В. Явления эпигенетической альбитизации плагиоклаза в песчаниках древних толщ Приднестровья //Труды Восточно-Сибир. геол. ин-та. Сер. геол. – 1962. – Вып.5. – С.109-122.
16. Копелиович А.В., Коссовская А.Г., Шутов В.Д. О некоторых особенностях эпигенеза терригенных отложений платформенных и геосинклинальных областей //Известия АН СССР. Сер. геол. – 1961. – № 6. – С.18-31.
17. Куликов П.К. Фундамент Западно-Сибирской плиты в Шаимско-Красноленинском нефтеносном районе //Советская геология. – 1968. – № 6. – С.76-88.
18. Логвиненко Н.В. Постдиагенетические изменения осадочных пород. – Л.: Наука, 1968.
19. Лукин А.Е., Гарипов О.М. Литогенез и нефтеносность юрских терригенных отложений Среднеширотного Приобья //Литология и полезные ископаемые. – 1994. – № 5. – С.65-85.
20. Набоко С.И. Физико-химические условия гидротермальной калишпатизации и альбитизации //Проблемы петрологии и генетической минералогии. – М.: Наука, 1970. – Т.2. – С.88-97.
21. Наковкин Н.И. Вторичные кварциты СССР и связанные с ними месторождения полезных ископаемых. – М.: Недра, 1968.
22. Постседиментационные преобразования пород-коллекторов. – М.: Наука, 1972.
23. Потапов В.П., Дозмарова Н.П. К вопросу о коллекторских свойствах алевропесчаников на больших глубинах (на примере Тюменской сверх глубокой скважины) //Геология нефти и газа. – 2001. – № 3. – С.57-60.
24. Предтеченская Е.А., Шиганова О.В., Фомичев А.С. Катагенетические и гидрохимические аномалии в нижне-среднеюрских нефтегазоносных отложениях Западной Сибири как индикаторы флюидодинамических процессов в зонах дизъюнктивных нарушений //Литосфера. – 2009. – № 6. – С.54-65.
25. Сержников А.И. Поведение кремнезема в природных растворах в кислой среде //Доклады АН СССР. – 1988. – Т.298. – № 1. – С.210-214.
26. Симанович И.М. Кварц песчаных пород //Труды ГИН АН СССР. Вып.314. – М.: Наука, 1978.
27. Сурков В.С., Смирнов Л.В. Строение и нефтегазоносность фундамента Западно-Сибирской плиты //Отечественная геология. – 2003. – № 1. – С.10-16.
28. Фёдорова Т.А., Бочко Р.А. Водно-растворимые соли баженовской свиты как критерий выделения зон коллекторов //Геология нефти и газа. – 1991. – № 2. – С.23-26.
29. Фомин А.Н. Катагенез и перспективы нефтегазоносности юрских и доюрских отложений Красноленинского свода //Геология и геофизика. – 1992. – № 6. – С.19-24.
30. Франк-Каменецкий В.А., Котов Н.С., Гойло В.А. Трансформационные преобразования слоистых силикатов при повышенных Р-Т параметрах. – Л.: Недра, 1983.
31. Шутов В.Д., Александрова В.А, Лосиевская С.А. Генетическая интерпретация полиморфизма минералов каолининовой группы в осадочных породах //Физические методы исследования минералов осадочных пород. – М.: Наука, 1966. – С.109-122.
32. Япаскерт О.В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования: учеб. пособие. – М.: ЭСЛАН, 2008.

