

## **РАЗВИТИЕ ВТОРИЧНОГО ДОЛОМИТА, СОПУТСТВУЮЩИХ МИНЕРАЛЛОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗАЛЕЖЕЙ В БИТУМИНОЗНЫХ ПОРОДАХ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

© 2017 г. А. Д. Коробов<sup>1</sup>, Е. Ф. Ахлестина<sup>1</sup>, Р. И. Гордина<sup>1</sup>, Д. Е. Заграновская<sup>2</sup>,  
Л. А. Коробова<sup>1</sup>, А. Т. Колотухин<sup>1</sup>, В. М. Мухин<sup>1</sup>

1 – Саратовский госуниверситет

2 – ООО "Газпромнефть НТЦ"

*Оригинальные исследования, проведенные на Пальяновском участке Красноленинского месторождения, показали, что развитие аутигенного рассеянного доломита *in situ* в высокобитуминозных толщах баженовской свиты говорит о переходе нефти из рассеянного в концентрированное состояние и появлении нефтенитоков в скважинах, вскрывших эти толщи. Поэтому рубеж появления рассеянного вторичного доломита *in situ* в битуминозных отложениях следует считать контуром продуктивности баженовской свиты.*

*Участки, приближенные к разломам, где в экранированных битуминозных баженовских толщах находится рассеянный вторичный доломит *in situ*, являются зонами преобладающей генерации и частичной аккумуляции углеводородов (УВ). Участки с разрывными нарушениями, секущими породы баженовской свиты, где в экранированных битуминозных толщах присутствуют крупные агрегаты, а также гнезда и жилы доломита и гипса, барита, тенардита и других сульфатов, относятся к зонам преимущественной аккумуляции УВ.*

*Полученные материалы могут быть полезны для геологов, работающих в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и занимающихся исследованиями доманиковского горизонта.*

### *Введение*

Проведенные за последние десятилетия исследования показали, что связь основных литологических характеристик баженовской свиты с нефтеносностью не устанавливается. Очевидно, первичные седиментационные факторы не имеют определяющего влияния на нефтеносность баженовской свиты. Совершенно иные результаты дает анализ распределения по площади палеотемператур периодов структурной перестройки [13] – главного параметра, определяющего характер протекания эпи-

генетических процессов рифтогенных осадочных бассейнов. Температура в сочетании с другими факторами играла чрезвычайно важную роль в возникновении продуктивных коллекторов баженовской свиты. На природу последних существует две основные точки зрения.

Одни авторы (Гурари, 1984; Трофимук, Карагодин, 1981; и др.) объясняют формирование коллекторов в условиях прогрева процессами нефтегенерации в битуминозных отложениях. При этом происходят многочисленные флюидоразрывы в битуми-

минозной толще из-за увеличения объема образующихся из органического вещества (ОВ) жидких и газообразных углеводородов и сопутствующих летучих компонентов. Вследствие протекания этого процесса, вызывающего аномально высокое пластическое давление (АВПД), образуется так называемый листоватый тип нефтяного коллектора.

Другие геологи (Белкин, Ефремов, Каптелинин, 1983; и др.) связывают формирование пустотного пространства с тектоническими процессами и прогревом, обуславливающими тектоническую трещиноватость и выщелоченность продуктивных коллекторов. Поэтому возникающие в геодинамически напряженных обстановках коллекторы они относят к трещинному и жильному типам. На это обстоятельство необходимо обратить особое внимание, так как Пальяновская площадь находится в районе Красноленинского свода, который в период структурной перестройки Западно-Сибирской плиты являлся геодинамической аномалией (Граumberг и др., 1995; Гогоненков и др., 2002, 2007; Криночкин и др., 2010) с интенсивным конвективным теплопереносом и пульсирующим стрессом [13]. Иными словами, эта территория представляла собой тектонически напряженную зону с активным проявлением гидротермальной деятельности. В такой обстановке в баженовских породах возникали углеводороды, АВПД, трещиноватость, кавернозность, проявлялся гидротермальный минерализация, то есть все то, что превращает баженовские породы в продуктивные коллекторы (Белкин и др., 1985; Стрижнев и др., 2013; Зубков, 2014; и др.), [22].

Однако тектоническая напряженность в разных районах Западной Сибири при структурной перестройке не оставалась одинаковой (Коробов, Коробова, 2014). В своем разноинтенсивном проявлении она затрагивала как коллекторы, так и флюи-

доупоры. Это могло вызвать разрушение существовавших и возникновение новых нефтегазовых скоплений. Сказанное имеет прямое отношение к баженовской свите, так как одним из критериев ее нефтенасыщенности в обстановке АВПД является надежная изоляция от проницаемых отложений. Отсутствие такой изоляции приводит к отжатию нефти в контактирующие или близко расположенные от баженовской свиты песчано-алевритовые породы. Упомянутые коллекторы сосредоточены в отложениях тюменской свиты, а перекрывающие баженовские толщи породы фроловской свиты практически лишены песчано-алевритовых прослоев и являются хорошим экраном. Поэтому эмиграцию баженовской нефти в пределах исследуемой территории необходимо ожидать, в первую очередь, в породе тюменской свиты.

Вместе с тем наши исследования на Пальяновском участке показали (Коробов и др., 2016), что отложения тюменской свиты за время структурной перестройки были превращены во вторичные флюидоупоры, а породы фундамента в «лысых зонах», то есть там, где отсутствуют тюменские толщи, как правило, настолько слабо изменены, что нетрадиционными коллекторами не являются. Это позволяет допускать, что бажено-абалакский комплекс на изученной территории был более или менее надежно экранирован в определенный период тектоногидротермальной активизации подстилающими и перекрывающими отложениями. Иными словами, он представлял собой потенциальный резервуар УВ. По данным Е. А. Предтеченской (2013), аутигенные карбонаты, главным образом доломиты, являются индикаторами вертикальной миграции горячих глубинных флюидов в осадочных толщах тектонически активизированных зон Западной Сибири, которые обуславливают нефтидогенез. Поэтому в настоящей работе сосредоточим внимание

на рассмотрении карбонатизации пород баженовской и абалакской свит. При этом особое значение будет иметь анализ того, как интенсивность наложенных процессов в битуминозных породах взаимосвязана с продуктивностью рассматриваемого комплекса. Для этого постараемся увязать особенности вторичной карбонатизации в этих толщах с дебитами скважин, вскрывших указанные отложения.

*Вторичная карбонатизация  
и продуктивность скважин*

Установлено, что разномасштабная доломитизация наряду с кальцитизацией развивалась как в обогащенных органическим веществом породах, так и в первично-осадочных известняках корреляционного слоя (известняки КС, по В. И. Белкину и др., 1983, 1985) и известковых породах бажено-абалакского комплекса. Дебиты скважин, вскрывших эти толщи, в ряде случаев могут сильно различаться, как и характер взаимоотношений между наложенной доломитизацией и кальцитизацией осадочного комплекса. Для выяснения вопроса, как эпигенез влияет на продуктивность отложений, необходимо, в первую очередь, сопоставить особенности развития карбонатизации в схожих породах тех скважин, которые контрастны по своей нефтеотдаче. Для примера рассмотрим продуктивную скв.158 и «сухую» скв.601 Р.

В этих скважинах вторичная доломитизация проявлена в двух различных частях бажено-абалакского комплекса. В скв.158 развитие доломитизации отмечается только в битуминозной породе баженовской свиты, где минерал довольно равномерно импрегнирует матрикс. В скв.601 Р вторичный доломит установлен лишь в абалакском известняке КС, где, по данным рентгенофазового анализа, слагает его основную массу. Что касается битуминозных толщ баженовской свиты, то там сформировался аутигенный кальцит, как в основной массе породы

(рис. 1), так и в многочисленных трещинах. Таким образом, различия в характере карбонатизации двух скважин касались, в первую очередь, битуминозных нефтепроизводящих пород баженовской свиты: в скв.158 развивается вторичный рассеянный доломит *in situ* (рис. 2), а в скв.601 Р – вторичный кальцит.

Приведенные факты позволяют допустить, что именно отмеченные различия эпигенеза сопряжены с неодинаковой продуктивностью бажено-абалакского комплекса, вскрытого этими скважинами. В скв.158 зафиксированы нефтепритоки с дебитом 21,6 т/сут., а скв.601 Р, как уже говорилось, – «сухая». Можно сделать предположение, что доломитизация битуминозных пород баженовской свиты является индикатором появления притоков нефти в скважине, то есть она контролирует аккумуляцию УВ, вызванную прогревом при тектоногидротермальной активизации. А раз так, то масштабы вторичной доломитизации должны являться мерилем двух взаимосвязанных процессов: теплового воздействия на породы и тектонической напряженности территории, где эти породы локализованы. Это находится в соответствии с теоретическими представлениями Г.Н. Перозио и Н.Т. Мандриковой [17], показавшими на примере Западной Сибири четкую связь мест возникновения протодоломитов (доломитов) с зонами тектонических нарушений осадочного чехла, где осуществлялась активная циркуляция высокотемпературных подземных вод.

Для абалакской свиты Пальяновского участка вторичная доломитизация менее характерна. Она выявлена рентгенофазовым анализом природных образцов в скв.600 Р (глуб. 2350,8 м), скв.601 Р (глуб. 2410,4 м), скв.138 (глуб. 2819,7 м).

В скв.611, по данным петрографических исследований, осадочно-диагенетические известняки испытали аутигенную долами-

тизацию на глубинах 2355,1 м, 2366,8 м, 2369,5 м. Доломитизация захватывает как матрикс породы (гидротермально-метасоматическое преобразование), так и сосредотачивается в трещинах (гидротермальный минерогенез). Причем процесс развит как в подошвенной, так и в кровельной частях разреза почти у самого контакта (глубина 2354,0 м) с баженовскими отложениями. Важно подчеркнуть, что в последнем случае в основной кальцит-доломитовой массе карбонатной породы (матрикс) доломит приблизительно в два раза количественно преобладает над кальцитом. Это говорит о значительной метасоматической переработке абалакских известняков горячими магнийсодержащими растворами.

В самой же баженовской свите битуминозные толщи редко испытывали наложенную доломитизацию. Лишь в одном случае глинисто-кремнистая битуминозная порода скв.611 (глуб. 2338,6 м) подверглась такому изменению. При этом наблюдения в шлифах показали, что незначительное количество (3–5%) аутигенного доломита *in situ* равномерно рассеяно в основной массе битуминозной породы в виде пелитово-алевритовых ромбовидных частиц размером от 0,008 до 0,120 мм. Остальные проанализированные нами пробы битуминозных образований демонстрируют лишь слабую рассеянную кальцитизацию *in situ*. Это свидетельствует о том, что нефтематеринские породы баженовских отложений находились в обстановке незначительной тектонической напряженности и слабого теплового воздействия. Причем очаги интенсивной доломитизации в абалакских карбонатных отложениях не повлияли на продуктивность баженовских толщ. В итоге это вызвало слабую аккумуляцию УВ, что и привело к мизерному дебиту нефти в скв.611–1,56 т/сут.

В скв.600 Р породы, обогащенные микродорослевыми битумоидами (глубина 2340,6 м), испытали более значительную ак-

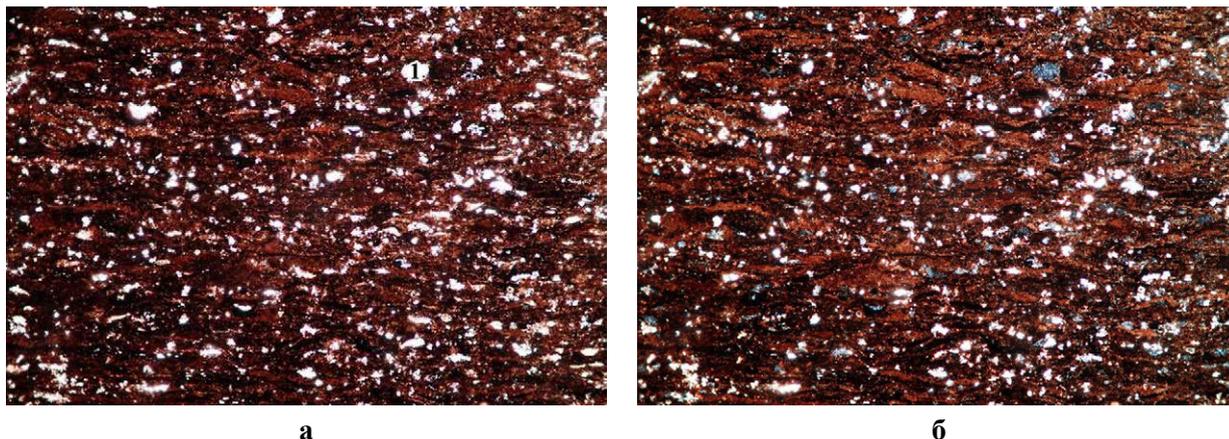
кумуляцию УВ, вызванную прогревом при тектоногидротермальной активизации. Петрографические наблюдения показывают, что в матрикс присутствует уже 10–15% рассеянного доломита *in situ*. В таком случае дебит скважины составляет 9,40 т/сут.

В скв.138 на глубине 2785,9 м фосфорит с вторичным доломитом образует скопления в битуминозных отложениях баженовской свиты. Доломит приурочен к концентрам ооидов (псевдооолитов), которые слагает апатит. Промежутки ооидов также залечены зернистым агрегатом доломита и ангидрита. Рассеянный доломит *in situ*, по данным просмотра шлифа, присутствует в количестве 20–25%. В таком случае дебит скважины достигает 21,6 т/сут.

Особое место занимает скв.153, приуроченная к разлому. Отличительной особенностью битуминозной породы, вскрытой на глубине 2656,1 м, является то, что выявленная в ней доломитизация протекала в обстановке повышенной тектонической напряженности. Это способствовало более глубокому преобразованию нефтегенерирующих пород активно циркулирующими высоконагретыми магнийсодержащими растворами. Сказанное отразилось в накоплении, в частности, доломита, который образует многочисленные прожилки, гнезда и крупные агрегаты в тонкопестковой трещиноватой битуминозной породе. Содержание этого минерала здесь резко возрастает по сравнению с участками, где присутствуют рассеянные, возникшие *in situ* аналогичные.

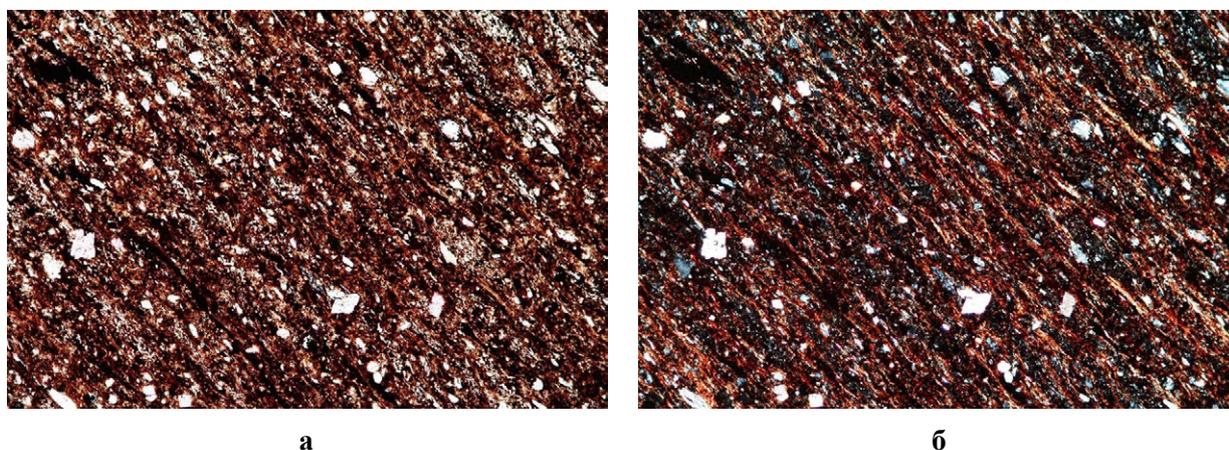
Максимально высокое гипсометрическое положение, локализация в зоне разрывного нарушения и специфика наложенной доломитизации пород скв.153 предопределили ее наивысшую (из числа нами проанализированных скважин) продуктивность.

Петрографические наблюдения, подтвержденные рентгенофазовыми исследованиями, показали, что характер развития вто-



**Рис. 1.** Рассеянные кристаллы кальцита *in situ* в микроводорослевой битуминозной породе (баженовская свита)

увеличение 100; а – николи ||, б – николи+



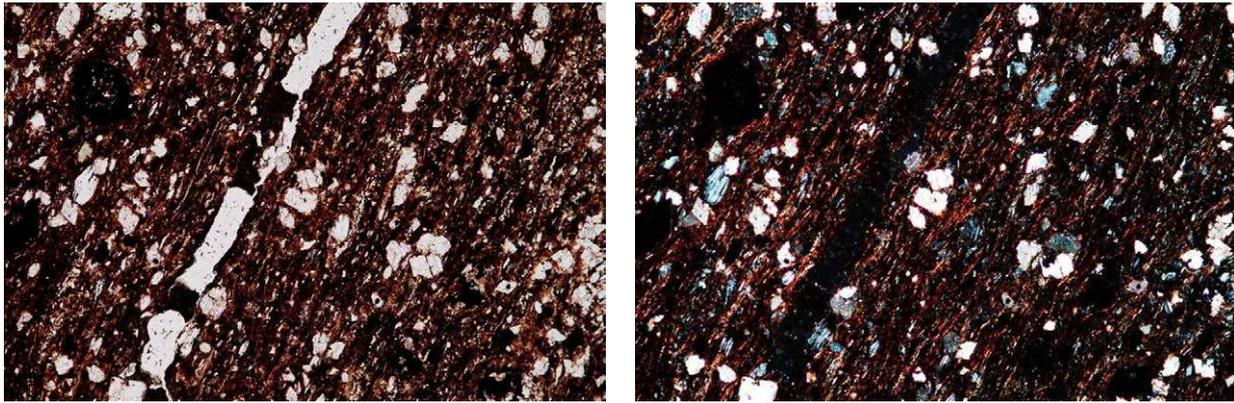
**Рис. 2.** Рассеянные кристаллы доломита *in situ* в микроводорослевой битуминозной породе (баженовская свита)

увеличение 100; а – николи ||, б – николи+

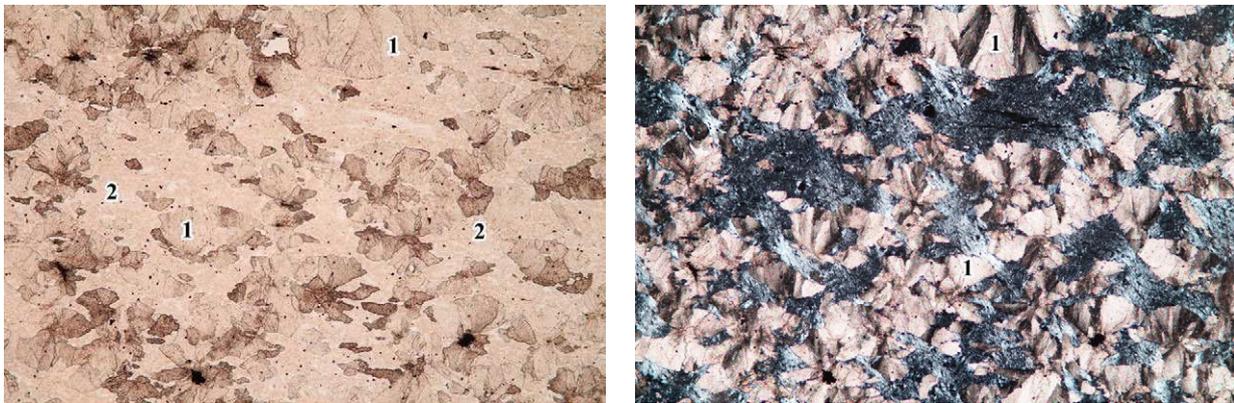
ричного доломита в битуминозных породах баженовской свиты и масштабы нефтепритоков в скважинах взаимосвязаны и контролируются положением относительно разрывных нарушений. В «сухой» скв.601 Р, которая из числа нами проанализированных скважин располагается в наибольшем (1,5 км) удалении от разломов, данный минерал не обнаружен. В мало-, среднедебитных скважинах ( $Q = 1,6\text{--}21,6$  т/сут.), приближенных к разломам, он, наряду с другими минералами, более или менее равномерно рассеян *in situ* в основной битуминозной массе и создает в шлифах своеобразную «картину звездного неба» (рис. 2, 3). В случае высо-

ких нефтепритоков ( $Q \geq 80$  т/сут. – скв.153) из зоны разломов количество аутигенного доломита резко возрастает, меняется морфология кристаллов и характер его локализации. Минерал концентрируется в самых проницаемых (трещиноватых) участках высокобитуминозных пород и слагает многочисленные прожилки, гнезда, разнообразные пустоты выщелачивания и т. д. (рис. 4).

Таким образом, в пределах исследуемой территории можно выделить три зоны, различающиеся по тектонической напряженности, термальному воздействию флюидов на материнские породы и, как следствие, — продуктивности скважин. Это зоны: 1) мак-



**Рис. 3. Микроводорослевая битуминозная порода с ромбовидными кристаллами вторичного доломита in situ (баженовская свита)**  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+



**Рис. 4. Трещина, залеченная доломитом (1) и гипсом (2) в битуминозной порода (баженовская свита)**  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+

симально удаленные от разломов, где нефтепритоки не обнаружены; 2) приближенные к участкам разрывных нарушений, где скважины характеризуются малыми и средними дебитами; 3) непосредственно разломов, где нефтепритоки скважин наибольшие.

В условиях структурной перестройки именно разломы и оперяющая их трещиноватость были местом активного высачивания нагретых растворов и наиболее высокотемпературных преобразований пород. Гидротермы обусловили более полное созревание ОВ и поступление дополнитель-

ного минерального материала, включая УВ, со стороны. В зонах, удаленных от тектонических нарушений (периферийные (тыловые) участки конвективного теплопереноса), прогрев толщ был много слабее, а перерождение отложений приобретало изохимическую направленность. Здесь оно начинало носить черты катагенеза, что позволяет говорить о конвергентности двух процессов — гидротермального (гидротермально-метасоматического) и катагенетического, порожденного фоновым кондуктивным теплопереносом. Чтобы наиболее полно представить картину тектонического

районирования зон нефтегазонакопления, охарактеризованных температурами минерагенеза битуминозных пород баженновской свиты и продуктивностью скважин, их вскрывших, рассмотрим вторичные преобразования сначала для пород, удаленных от разломов, где они протекали в условиях, близких к закрытой системе, а затем для их аналогов, приуроченных к тектоническим нарушениям. Касаясь карбонатакопления, важно подчеркнуть, что наряду с внешним источником магния (разломы и оперяющая трещиноватость), необходимого для возникновения вторичного доломита, в породах бажено-абалакского комплекса существует и внутренний его поставщик. Им являются, с одной стороны, смектиты и хлориты (минеральная составляющая), а с другой – разнообразные водоросли (органическое вещество). Однако, учитывая, что в породах баженновской свиты Красноленинского района глинистость не превышает 30%, а содержание ОВ достигает 40% [2], подробнее остановимся на рассмотрении роли низших растений в формировании доломита *in situ*. Наиболее детально это можно проследить на участках, находящихся в стороне от разрывных нарушений.

*Доломитообразование и сопутствующий минерагенез в высокобитуминозных породах, удаленных от зон разломов (закрытая система)*

Общеизвестно, что водорослевое органическое вещество является наиболее благоприятным для нефтеобразования. Связано это с тем, что главным источником УВ являются липидные и липоидные компоненты, которые могут в значительном количестве присутствовать в водорослях. Поскольку различные группы водорослей характеризуются большим разбросом содержаний липидов (1–35%) [3], то и нефтематеринский потенциал ( $\Pi_{\text{нм}}$ ) органического вещества зависит от состава групп водорослей основных поставщиков ОВ. Так, например,

кремнистые породы фитогенного генезиса рассматриваются в качестве образований с повышенным  $\Pi_{\text{нм}}$ , что связано со значительным содержанием липидов в водорослях с кремниевой функцией – диатомовых, золотистых, перидинейх. Сюда же относятся породы, в формировании которых существенную роль играли известковые сине-зеленые водоросли [1].

По данным Ю.В. Брудчан и коллег [5], основными продуцентами ОВ в баженновском море Западной Сибири были микрофитопланктон (диатомовые, зеленые, золотистые, пиррофитовые водоросли), зоопланктон (радиолярии), а также макроводоросли. В.В. Казаринов [9] в составе ОВ баженновской свиты различает фрагменты витринита, псевдовитринита и липоидные микрокомпоненты, слагающие основную массу коллоальгинита и гумосапросорбмикстита (преобладает сапропелевое ОВ). Кроме того, он диагностирует остатки лентовидных водорослей, водорослей типа «кокколитофорид» (сине-зеленых и золотистых), бурых многоклеточных микроводорослей, крупные остатки слоевищ ламинариевых водорослей и морских трав. Многие из вышеперечисленного встречено нами при описании шлифов, изготовленных из пород бажено-абалакского комплекса.

Нами установлено, что продуктивность бажено-абалакского комплекса Пальяновского участка контролируется интенсивностью наложенного гидротермального преобразования, наиболее чутким индикатором которого является вторичный доломит. В этой связи возникает закономерный вопрос: не являются ли генерация нефти и аутигенное доломитообразование в породах баженновской свиты сопряженными процессами? Это принципиально важно знать, поскольку в последнее время все большее значение придается доломитообразованию с участием водорослей и цианобактерий [18, 25], а также ши-

рится число сторонников микробиальной теории доломитообразования [14]. Татарский В. Б. [19] впервые обратил внимание на формирование нефтеносных доломитов в присутствии значительных количеств органического вещества. Если допустить такое по отношению к баженовским отложениям, то следует выяснить, содержат ли водоросли, наряду с липидными и липоидными компонентами, в своем составе кальций и магний, необходимые для автономного синтеза доломита в гидротермальных условиях.

Специальные исследования Б. И. Чувашова [24] показали, что водоросли, присутствующие в породах баженовской свиты (золотистые, зеленые, сине-зеленые и др.), относятся к категории известковых. Среди известковых водорослей известны разновидности, в которых отмечается кальцит с максимальным известным для организмов содержанием  $MgCO_3$  – до 30–35% [7, 8], что связано с их прижизненной способностью концентрировать соли магния [16]. При этом комплексные соединения Mg в

растениях вообще и в водорослях в частности имеют более высокое содержание элемента, чем вещества конкретных клеток, например хлорофилла. Если количество магния в хлорофилле составляет 2,7%, то концентрирование Mg в комплексах по сравнению с целыми клетками повышается в 10 раз [4] и достигает 27%. Однако несмотря на то, что известковые водоросли в значительном количестве аккумулируют углекислый магний, в ископаемом состоянии магния обычно мало. Объясняется это тем, что в стенках растительных клеток  $MgCO_3$  находится в виде изоморфной примеси  $CaCO_3$  и легко вымывается при фоссилизации [15]. Видимо, в этом состоит одна из причин низкого содержания доломита в микроводорослевых битумоидах Пальяновской площади, за исключением скв.153, расположенной в зоне разлома.

В таблице 1 приводится зольный состав водорослей, которые постоянно встречаются в породах баженовской свиты и наблюдаются в исследованных нами скважинах Пальяновского участка. Из таблицы видно,

Таблица 1

**Зольный химический состав водорослей**

№ п/п	Название группы (вида) водорослей	Зола в %	в % к золе									Литературный источник
			K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Cl	
1	зеленые (среднее из 9)	25,30	5,00	12,20	23,10	1,70	0,50	1,50	8,30	2,60	10,30	В.А.Ковда, [12]
2	бурые (среднее из 56)	27,80	18,20	12,30	8,60	3,20	0,70	1,20	6,30	1,00	20,00	
3	багряные (среднее из 27)	20,00	11,00	14,80	7,00	4,20	0,60	1,60	12,70	0,70	6,70	
4	Laminaria saccharina	31,55	25,01	20,10	6,91	4,60	–	2,07	0,48	4,22	31,16	А.И.Ведринский, [6]
5	Laminaria digitata	27,72	24,51	16,00	11,78	5,58	–	1,88	11,08	4,08	29,30	

что во всех водорослях наряду с кальцием (6,91–23,10%) присутствует магний (1,70–5,58%). Следовательно, битуминозные толщи изученной территории, прежде всего микроводорослевые альгинитовые и коллоальгинитовые их разновидности, характеризующиеся высоким нефтегенерационным потенциалом, обладают также и необходимым внутренним резервом щелочно-земельных элементов для формирования вторичного доломита *in situ*. Это обстоятельство имеет чрезвычайно важное значение, так как даже в случае минимального содержания в породах баженовской свиты монтмориллонита (сметкита) с магниевым и кальциевым обменным комплексом, а также магнезиальных хлоритов формирование аутигенного доломита в условиях нефтегенерации представляется вполне вероятным. Касательно глин напомним, что при температуре 150–200 °С осуществляется процесс трансформации минералов группы сметкита в иллиты (гидрослюды). Этому способствует наличие в горячих углекислых водах ионов  $K^+$  и пульсирующий стресс. Освобождающийся в таких случаях из глин Mg (Ca и Mg) может также участвовать в образовании гидротермального (гидротермально-метасоматического) доломита.

Относительно вторичного кальцита необходимо заметить, что он, в первую очередь, является продуктом перераспределения карбонатного материала осадочно-диагенетических известняков (в том числе известняков КС), обломков многочисленных раковин моллюсков, известковых водорослей и т. д., присутствующих в отложениях бажено-абалакского комплекса.

Неоднократно отмечалось, что продуктивность баженовской свиты и возникновение аутигенного доломита контролируются степенью прогрева пород. Это соответствует экспериментальным исследованиям Дж. Р. Гольдсмита и Д. Л. Графа [26], уста-

новившим, что для образования нормального доломита необходима повышенная температура (~ 200 °С). При более низких температурах возникает протодоломит, близкий по структуре к доломиту. Протодоломиты содержат больше  $CaCO_3$ , чем настоящие доломиты. Формирование углеводородов в нефтегазоматеринских толщах Западно-Сибирской плиты при тектоногидротермальной активизации происходило при следующих температурах [13]: нефть (60–170 °С) → нефть + газоконденсат (150–200 °С). На основании вышеизложенного можно сделать принципиальный вывод: формирование УВ происходит при более низких температурах (60–200 °С), чем возникновение доломита ( $\geq 200$  °С). Из этого вытекают важные следствия.

Развитие аутигенного доломита *in situ* в высокобитуминозных отложениях баженовской свиты говорит о том, что породы пережили этап прогрева, при котором практически завершилось образование рассеянной нефти *in situ*. Поэтому отсутствие рассеянного доломита в битуминозных отложениях Красноленинского месторождения совершенно не исключает наличие там микронепти. А вот присутствие этого карбоната в указанном виде свидетельствует о переходе нефти из рассеянного в концентрированное состояние и появлении нефтепритоков ( $Q = 1,6\text{--}21,6$  т/сут) в скважинах, вскрывших баженовские толщи (табл. 2). Из этого следует принципиальный вывод: рубеж возникновения рассеянного вторичного доломита *in situ* в битуминозных отложениях следует считать контуром продуктивности баженовской свиты. Напомним, что все описанные явления протекали в породах, расположенных в удаленных или несколько приближенных к разломам зонах в закрытых или переходных открыто-закрытых системах. Такие площади необходимо рассматривать как области, в которых завершилась генерация и началась аккумуля-

**Принципиальная схема зон (стадий) образования и накопления УВ  
в битуминозных породах баженовской свиты Красноленинского месторождения  
на основе сопутствующего минерогенеза**

Зоны, удаленные от разломов	Зоны, приближенные к разломам	Зоны разломов
Закрытая система	Открыто-закрытая (переходная) система	Открытая система
Зоны генерации УВ	Зоны генерации и аккумуляции УВ	Зоны аккумуляции УВ
Нет залежей УВ Нефть рассеяна in situ	Нет залежей УВ Нефть рассеяна in situ	Залежи УВ с низко-средне- дебитными скважинами
Отсутствует вторич- ный доломит	Присутствует рассеян- ный вторичный доло- мит, возникший in situ Источник Mg внутренний	Присутствует рассеянный вторичный доломит, возникший преимущест- венно in situ Источник Mg преимущест- венно внутренний
Присутствует рас- сеянный вторичный кальцит, возникший in situ, и кальцит жильный	Присутствует рассеян- ный вторичный каль- цит, возникший in situ, и кальцит жильный	Присутствует рассеянный вторичный кальцит, воз- никший in situ, и кальцит жильный
Источник Са вну- тренний	Источник Са внутренний Вторичный кальцит преобладает над вто- ричным доломитом	Источник Са преимущест- венно внутренний Вторичный доломит преобладает над вторичным кальцитом
		Присутствуют гипс, тенардит, барит и другие сульфаты, выпавшие из растворов (агре- гаты, гнезда, жилы) Источник Na, Ca, Ba внешний
60-200 °С	~ 200 °С	200-300 °С
Q = 0,0 т/сут	Q = 1,6-21,6 т/сут	Q ≥ 80,0 т/сут

ляция углеводородов, способная достигать промышленных скоплений (табл. 2).

Однако чтобы залежи возникли, необходимы условия, при которых стало возможным собрать рассеянную нефть in situ и перевести в концентрированное состояние в пределах битуминозных баженовских толщ. В соответствии с теоретическими представлениями Т. Т. Клубовой, такое возможно лишь при тектонической встряске пород, при которой микронепть приобре-

тает способность к миграции, перераспределению и аккумуляции. Тектоническую встряску в пределах Красноленинского свода обуславливал пульсирующий стресс, сопровождавший структурную перестройку региона. Пульсирующий стресс наиболее активно проявлялся в зонах разломов, отчего они приобретали функцию природных тектонических насосов (Коробов, Коробова, 2011), перекачивающих нефть из зон генерации в ловушки. Поэтому разберем

случай аутигенеза, связанного непосредственно с зоной тектонического нарушения.

*Доломитообразование и сопутствующий минерогенез в высокобитуминозных породах зоны разлома (открытая система)*

Как уже говорилось, в сильно битуминозных породах скв.153, которая приурочена к тектоническому нарушению, резко возрастает количество доломита. На образование многочисленных гнезд и прожилков, сложенных этим минералом, совершенно недостаточно внутренних ресурсов Mg и Ca, которыми обладают водоросли и глинистые минералы. Тем более, что по последним данным [2] в породах баженовской свиты района Краснотенинского свода отмечается дефицит терригенной составляющей, при которой глинистость не превышает 30%. В этой связи возникает закономерный вопрос: что явилось поставщиком щелочных земель и прежде всего магния, необходимого для возникновения доломита в продуктивных толщах бажено-абалакского комплекса зон разломов? Чтобы установить источник подвижного магния, рассмотрим породы доюрского комплекса в пределах Пальяновского лицензионного участка.

Петрографические наблюдения показали, что находящаяся на небольшом (1,5 км)

удалении от скв.153 скважина 130 вскрыла на глубине 2521,9 м доломит-хлоритовый сланец, который слагает палеозойский фундамент. Весьма любопытно, что при сравнении в шлифах доломита из отложений фундамента (рис. 5) с доломитом, выполняющим трещину в породе баженовской свиты (рис. 4), обнаруживается морфологическая схожесть зерен и агрегатов этого минерала. Источником подвижного Mg могли быть железо-магнезиальный хлорит или тот же доломит, входящие в состав палеозойских сланцев. Минералы разрушались в периоды структурной перестройки горячими агрессивными водами, которые перераспределяли перешедшие в раствор элементы в осадочный чехол по наиболее проницаемым направлениям.

Нельзя исключать большой роли пермотриасовых вулканитов (пород переходного комплекса) и, прежде всего, базальтов (в меньшей степени андезитов) как потенциальных источников подвижного Mg. Такое утверждение базируется на поведении некоторых элементов. Отличительной чертой этих изверженных образований является очень высокое содержание бария. В частности, в андезитах туринской серии Ва присутствует в количестве 1135–1470 г/т, что



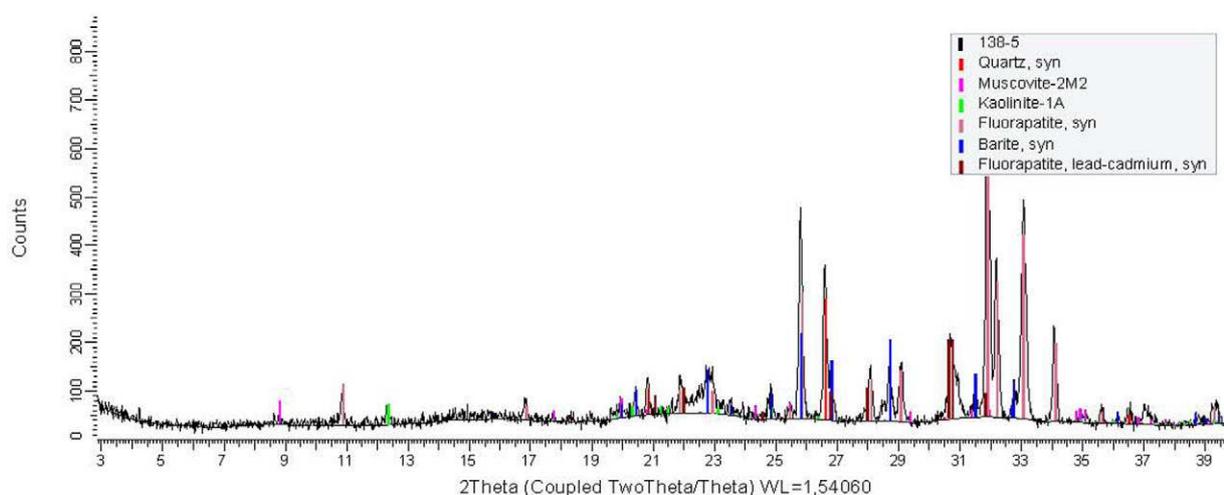
**Рис. 5. Доломит-хлоритовый сланец (палеозойский фундамент)**

1 – хлорит, 2 – доломит; увеличение 100; а – николи ||, б – николи

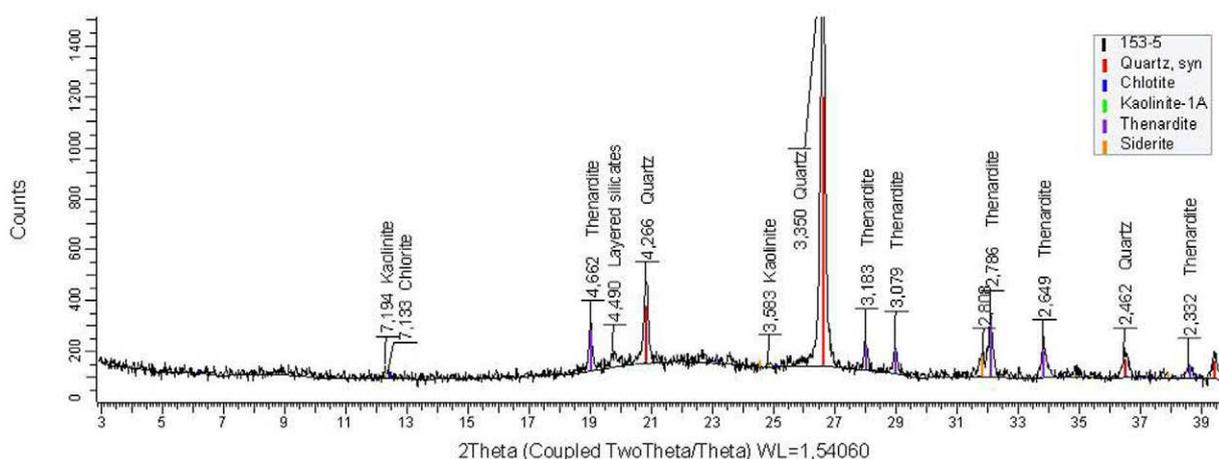
объясняется региональными особенностями эффузивной толщи Западно-Сибирской плиты (Медведев и др., 2002, 2006). Барий, по всей вероятности, подобно магнию и одновременно с ним перераспределялся горячими водами из доюрских вулканитов в осадочный чехол по ослабленным направлениям, где фиксируется в настоящее время в виде барита. Так, он обнаружен в баженовских отложениях, вскрытых скв.138 на глубине 2785,9 м, где его содержание составляет 20,9% (без учета концентрации

рентгеноаморфного ОВ). Гидротермальный барит установлен рентгенофазовым анализом природных образцов (рис. 6). Зубков М. Ю. (2014) также отмечает на поверхности трещин, секущих породы баженовской свиты, присутствие многочисленных мелких кристаллов барита.

Петрографические наблюдения, подтвержденные рентгенофазовыми исследованиями природных образцов, позволили установить зональность вторичных карбонатов в битуминозных баженовских толщах, ко-



**Рис. 6. Валовый минеральный состав гидротермально измененного фосфорита**  
(без содержания рентгеноаморфного битумного вещества)  
(рентгенофазовый полуколичественный анализ, баженовская свита)



**Рис. 7. Минеральный состав тонкой фракции (менее 0,001 мм),**  
**выделенной из битуминозной породы**  
(без содержания рентгеноаморфного битумного вещества)  
(рентгенофазовый полуколичественный анализ, баженовская свита)

торая выражается в полном замещении кальцита доломитом на участках разрывных нарушений (табл. 2). Тем самым подтверждая ранее установленный факт (Предтеченская, 2013; Коробов и др., 2015; и др.), что новообразованный доломит является индикатором тектонически активизированных зон рифтогенных осадочных бассейнов, к которым приурочено формирование залежей УВ.

Особого внимания заслуживает тенардит ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), впервые нами диагностированный рентгенофазовым анализом в породах баженовских отложений (рис. 7). Этот минерал обнаружен в составе тонкой ( $< 0,001$  мм) фракции скв.153. Количество тенардита на глубине 2659,2 м достигает 32,2% суточной фракции высокобитуминозных пород. Кроме того, тенардит в небольших количествах установлен в тонких фракциях битуминозных глин (глуб. 2658,4 м) и водорослевых фосфоритов (глуб. 2664,3 м).

Возникает закономерный вопрос: как мог сохраниться в твердом состоянии легко растворимый в воде сульфат натрия (тенардит) при отмучивании суточной фракции для ее дальнейших рентгенофазовых исследований? Ответ дают наблюдения в шлифах, показывающие, что выделения сульфатов присутствуют в виде микрочастиц размером 0,008–0,024 мм в битумной (гидрофобной) «рубашке». Такая «рубашка» не только препятствует растворению, но и удерживает на плаву, подобно «спасательному кругу», различные вторичные минералы, в том числе и тенардит, обогащая (или загрязняя) им тонкие фракции. Данный факт подтверждается исследованиями под биноклем дробленых ингредиентов тонких фракций, показывающими, что сульфаты находятся в «скорлупе» черных битумов. Это свидетельствует о приходе нефти в коллектор после образования тенардита и всех процессов, сопровождающих его появление. Сказанное совпадает с теоретическими

представлениями К.Р. Чепикова и соавторов [23], В.И. Белкина и коллег (1985) о том, что поступление основной массы УВ в коллекторы происходит после того, как в них практически завершился процесс эпигенетического (в нашем случае гидротермального) минералообразования.

Присутствие тенардита, как и других сульфатов, в продуктивных отложениях баженовской свиты скв.153, не случайно. По мнению Т.А. Киреевой и Е.С. Казак [11], Т.А. Фёдоровой с соавторами [21, 22], мирабилит ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  – аналог тенардита, содержащий кристаллизационную воду), наряду с Fe–Al квасцами, алунином, ярозитом, гипсом, алюногеном (алуногеном), является индикатором рыхлых трещиноватых нефтенасыщенных высокочемких коллекторов баженовской свиты («баженитов»). Они возникли в результате проработки пород горячими (250–300 °С) сульфатными растворами в зонах разломов и опережающей трещиноватости. Следовательно, под действием таких гидротерм происходило кислотное выщелачивание, сопровождавшееся образованием вторичных сульфатов и резким увеличением пористости пород, то есть формированием емкости.

Дополнительным доказательством существования гидротермального минерогенеза в периоды тектонических перестроек Западной Сибири является парагенезис цеолита стильбита (десмина) с тенардитом, обнаруженный в водорослевом фосфорите баженовской свиты (скв.153, глуб. 2663,3 м). Участие нагретых вод в появлении Ca–Na цеолита и Na сульфата известно не только в Западной Сибири, но и на территории Урала. Там на Вишневогорском щелочном массиве в числе продуктов гидротермального изменения пород описаны десмин (Свяжин, 1960), тенардит, а также натролит и анальцим (Годовиков и др., 1983).

Установлен тектонический контроль в распределении тенардита. Он встречен

только в скв.153, которая пробурена в зоне разлома. Развитие тенардита свидетельствует о весьма высокой активности натрия в гидротермальных растворах. Связано это, как и в случае с регенерационным альбитом (Коробов, Коробова, 2014), с появлением в периоды тектонических перестроек в породах осадочного чехла концентрированных и достаточно нагретых натрийсодержащих вод. В этой связи напрашивается естественный вопрос: каков источник подвижного натрия, необходимого для синтеза тенардита? Чтобы ответить на него, рассмотрим состав подземных вод отдельных районов Западной Сибири.

В Западно-Сибирском артезианском бассейне наблюдается пестрая картина распределения слабоминерализованных и рассольных вод, а также довольно резкий переход между ними с образованием специфической гидрогеохимической зональности. Ярким примером такой гидрогеохимической зональности является район Красноленинского свода – крупной гидродинамической аномалии Западно-Сибирской плиты (Матусевич и др., 2005), в непосредственной близости от которой располагается Пальяновский участок. Здесь геодинамические знакопеременные напряжения, приуроченные к Восточно-Уральскому краевому шву, сформировали гидродинамические аномалии – чередование линейно вытянутых участков сверхгидростатических давлений (4–5 МПа) с участками давлений ниже гидростатических (дефицит давлений 6–9 МПа). При этом отмечается четкая связь гидродинамической и гидрогеохимической зональности, что, по мнению В.В. Нелюбина и соавторов (1970), а также А.А. Розина (1974), служит прямым доказательством миграции рассольных флюидов по разломам из палеозойского фундамента Западно-Сибирской плиты в мезозойский осадочный чехол. Важно подчеркнуть, что в настоящее

время наиболее масштабно вертикальные и горизонтальные флюидоперетоки осуществляются в полосе тектонически активных зон. Характерной особенностью последних является наличие рассолов в юрско-неокомских породах неэвапоритового облика, проявления углекислых вод, высокие концентрации микроэлементов в растворах и напряженное термическое поле (Матусевич и др., 2005). Подземные воды – хлоридные натриевые. Минерализация их обычно не превышает 20–27 г/л, достигая в отдельных случаях 80 г/л (Елизаров, Толстиков, 1971; Нуднер, Резник, 1971). Можно уверенно говорить, что в периоды тектонической перестройки эти растворы при резко возрастающей температуре, содержании  $\text{CO}_2$  и других летучих компонентов могли трансформироваться в агрессивные высоконагретые рассолы, обогащенные не только  $\text{Na}^+$ , но и  $\text{SO}_4^{-2}$ .

Образование сульфат-иона в горячих водах Красноленинского свода хорошо согласуется со схемой гидротермального изменения пород, предложенной С.И. Набоко (1963) и Л.Н. Овчинниковым (1976). Значительная часть серы поступает в высокотемпературную гидротермальную систему в окисленном состоянии ( $\text{SO}_2$ ) и обеспечивает формирование сульфатов: ангидрита ( $320\text{--}160^\circ\text{C}$ ), барита, ярозита и др. В дальнейшем, с понижением температуры, сера эволюционирует с образованием сульфатного и сульфидного радикалов по схеме (в обобщенной форме):  $4\text{SO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S}$ . Это приводит к формированию и отложению сначала (при высокой температуре) сульфатов, а затем, при более низкой ( $160\text{--}80^\circ\text{C}$ ), – основной массы сульфидов (Овчинников, 1976). Поэтому наблюдаемое в битуминозных породах баженовской свиты увеличение количества вторичного пирита, как правило, сопровождается сокращением содержания ангидрита. Этому способствует и то обстоятельство, что

по мере охлаждения растворов заметно возрастает растворимость ангидрита. Пирит здесь сохраняет свежесть своих кристаллов.

Такой процесс мог успешно реализовываться в тектонически напряженных обстановках (зонах разломов), характеризующихся пульсирующим стрессом [13]. В породах баженовской свиты при взаимодействии натрия с сернокислыми растворами образовывался тенардит ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), а за счет кальция плагиоклазов из пород подстилающих свит или известняков формировался гипс ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ). Трещины и пустоты в битуминозных отложениях, по которым циркулировали карбонатные растворы, обогащенные не только кальцием, но и магнием, залечивались доломитом. В итоге возникла характерная ассоциация прожилкового (гнездовидного) доломита и гипса в совокупности с тенардитом в высокобитуминозных породах, приуроченных к зоне разлома.

#### *Обсуждение результатов*

Породы, опробованные в зоне разлома (скв. 153), отличаются максимальной продуктивностью ( $Q \geq 80$  т/сут), а сама скважина занимает самое высокое гипсометрическое положение среди всех проанализированных нами скважин. Следовательно, породы баженовской свиты здесь в процессе гидротермального преобразования становились хорошими коллекторами, насыщенными большим количеством нефти. Из этого можно заключить, что минеральный парагенезис: прожилковые и гнездовидные доломит + гипс, а также тенардит, характеризует высокие емкостные показатели, которые могут возникнуть в баженовских толщах только в открытой системе разрывных нарушений с привносом – выносом вещества, но отнюдь не за счет внутренних резервов породы, как в зонах развития рассеянного доломита *in situ*.

Большое количество вторичного доломита, залечивающего трещины и формирующего гнезда, является признаком преобра-

зования пород под воздействием проникающего по разломам глубинного флюида, обогащенного магнием и другими элементами. Во многом схожее со скв.153 поведение доломита наблюдал на Салымском нефтяном месторождении В.И. Дюнин (2000, с. 227). В продуктивных отложениях баженовской свиты он отмечает так называемые минеральные аномалии – трещины с зеркалами скольжения, выполненные доломитом, который находится в ассоциации с аутигенными кварцем, кальцитом, родохрозитом и пиритом. Эти минералы образуют несколько генераций, что, по мнению Дюнина, говорит о пульсационном (пульсирующем) характере гидротермальных растворов тектонически напряженной обстановки. Доломит и кварц поздней генерации обладают правильной формой, что свидетельствует об их медленном росте в свободном пространстве из разбавленных нагретых растворов. Такой минерагенез характеризует тектонически спокойные условия. Температура гидротерм на Салымском месторождении в период тектонической перестройки в кровле абалакской свиты (горизонт КС) превышала  $200^\circ\text{C}$ , что установлено с помощью термобарогеохимических исследований (Зубков и др. 1988).

По аналогии с Тевлинско-Русскинским месторождением (Коробов и др., 2015), можно считать, что зоны жильной (трещинной, гидротермальной) доломитизации, в противовес рассеянной (вторичной *in situ*), приурочены к направлениям повышенной проницаемости. В полной мере это касается и жильного гипса. Фёдорова Т.А. и Бочко Р.А. [22] также отмечают большое количество кристаллов гипса в кислотно-выщелоченных продуктивных породах баженовской свиты, которые локализовались на участках разломов. Гипс, наряду с новообразованными сульфатами (в нашем случае баритом и впервые установленным тенардитом), рассматривается этими авто-

рами как минералогический критерий выделения зон нефтенасыщенных коллекторов – так называемых баженинов. Процесс кислотного выщелачивания, сопровождающийся формированием вторичных сульфатов, приводит к резкому увеличению пористости породы, что было показано на примере Салымского нефтяного месторождения [10, 11, 21]. Процессы выщелачивания битуминозных аргиллитов и накопление в них заметного количества сульфатов эти геологи связывают с поступлением агрессивных агентов (в первую очередь серной кислоты) по разломам со стороны. По этим же проницаемым направлениям позже мигрировала нефть, заполнившая сформированную за счет кислотного выщелачивания емкость. Согласно Н. В. Тимошенко [20], все вышеперечисленное происходило в так называемых зонах агрессивного нефтегазонакопления, где УВ аккумулировались в системе вторичных резервуаров, образованных при взаимодействии пород с агрессивными флюидами. Локализация углеводородов там осуществлялась в резервуарах выщелачивания. Аналогичные вещи наблюдаются и в скв.153 Краснотеннинского месторождения.

На основании вышеизложенного можно сделать важный вывод: границей зоны высокой нефтегазоносности битуминозных пород-коллекторов баженовской свиты следует считать линию перехода рассеянного, незначительного по содержанию доломита *in situ* в область концентрированного его присутствия в виде крупных агрегатов, гнезд и жил. С точки зрения тектонического районирования залежей УВ эта граница должна располагаться в зоне, непосредственно соседствующей с разрывным нарушением (табл. 2).

Процесс активного выщелачивания, сообразно нашим представлениям, отвечает ранней стадии тектоно-гидротермальной активизации, породившей напряжен-

но-деформированное состояние пород и, как следствие, разноинтенсивный пульсирующий стресс. В раннюю стадию эта обстановка способствовала также появлению дополнительной тектонической трещиноватости (Баженова и др., 2000) в отложениях баженовской свиты. Она улучшала коллекторские свойства и обеспечивала миграцию УВ.

Как отмечалось, тектоно-гидротермальная активизация, затронувшая Краснотеннинский свод, обусловила кондиционный прогрев и соответственно продуктивность баженовской свиты. Однако сохранить ее битуминозные породы смогли лишь на тех участках, где слабое напряженно-деформированное состояние просуществовало практически в течение всего времени структурной перестройки. Но и там УВ в толще баженовских отложений не везде оставались в стационарном положении. Исходя из теоретических воззрений Т. Т. Клубовой, этому способствовали слабые тектонические подвижки, которые провоцировали миграцию нефти в приподнятые участки не только Пальяновской, но и Сосново-Мысской структур Краснотеннинского свода (Краснов и др., 1980).

Эти подвижки, сообразно нашим представлениям, отвечают периоду существования природного тектонического насоса, то есть поздней стадии тектоно-гидротермальной активизации. Наиболее ярко все проявления этой (как и ранней) стадии фиксировались в зонах разломов и оперяющей трещиноватости. Именно к таким относительно приподнятым зонам и стягивались дополнительные порции УВ из соседних относительно пониженных участков на площади развития продуктивных баженовских пород. Сказанное характерно для скв.153, пробуренной в зоне разрывного нарушения и занимающей наиболее высокое гипсометрическое положение. Миграции углеводородов на фоне слабого

пульсирующего стресса способствовали АВПД нефтенасыщенных горизонтов, их возросшая проницаемость (в частности, тектоническая трещиноватость) и надежная изолирующая способность толщ, которые подстилают и перекрывают баженовскую свиту. Перечисленные факторы благоприятствовали отжатию нефти в наиболее приподнятую структуру с разрывным нарушением и обусловили максимальную продуктивность скважин.

Проблема оценки нефтегазоносности баженовско-абалакского комплекса заключается в отсутствии обоснованной методики картирования залежей нефти и газа в этих отложениях. Результаты выполненных работ позволяют сделать очередной шаг в решении этой проблемы, а именно проводить минералогическое картирование высокобитуминозных отложений на территории, где они, во-первых, залегают непосредственно над раннемезозойскими риолитами (молодыми палеозойскими гранитоидами) или на небольшом удалении от них (Патент РФ № 2428723, авторы А. Д. Коробов и Л. А. Коробова). А во-вторых, — изолированы перекрывающими и подстилающими осадочными толщами. При этом перспективы на УВ надо оценивать с учетом того, находится ли поисковый участок в зоне разлома (зоне агрессивной аккумуляции УВ, по Н. В. Тимошенко [20]) либо приближен к разрывному нарушению (зоне генерации и аккумуляции УВ), или удален от разлома (зоне генерации УВ), где нефть может находиться в рассеянном состоянии без нефтепритоков в скважинах.

#### *Заключение*

В процессе проведенных исследований установлено следующее.

1. Развитие аутигенного рассеянного доломита *in situ* в высокобитуминозных толщах баженовской свиты свидетельствует, что породы преодолели интервал прогрева, при котором фактически завершилось фор-

мирование рассеянной нефти *in situ*. С этого момента при благоприятных тектонических условиях начинается переход микро нефти в концентрированное состояние с появлением нефтепритоков в скважинах, вскрывших баженовские толщи.

2. На территории Красноленинского месторождения выделяют неоднородные по нефтенасыщенности (по перспективности освоения) участки:

— удаленные от разрывных нарушений, где в экранированных высокобитуминозных отложениях отсутствует рассеянный доломит *in situ*. Здесь может находиться рассеянная нефть *in situ* без нефтепритоков в скважинах и осуществляться генерация УВ;

— приближенные к разломам, где в экранированных битуминозных баженовских толщах присутствует рассеянный доломит *in situ*. Источник Mg — внутренний ресурс — микроводоросли. Здесь сочетается завершающаяся генерация и начинающаяся аккумуляция УВ;

— с разрывными нарушениями, секущими породы баженовской свиты. Здесь господствует аккумуляция УВ. Присутствие в экранированных битуминозных баженовских отложениях повышенного количества минералов-индикаторов (доломита, гипса, тенардита, барита и иных сульфатов) свидетельствует о высокой нефтенасыщенности коллекторов. Источник Mg и других элементов внешний — доюрский комплекс пород.

3. Рубеж появления рассеянного вторичного доломита *in situ* в битуминозных отложениях следует рассматривать как контур продуктивности баженовской свиты.

Границей зон высокой нефтегазоносности битуминозных пород-коллекторов баженовской свиты необходимо считать линию перехода рассеянного незначительного по содержанию доломита *in situ* в область концентрированного его присутствия, где

минерал полностью вытесняет кальцит и образует крупные агрегаты, гнезда и жилы.

4. При проведении локальных поисково-оценочных работ на углеводороды на регионально выявленных перспективных территориях (Патент РФ № 2428723, авторы А. Д. Коробов и Л. А. Коробова) необходимо, в первую очередь, обратить внимание на зоны разломов, секущих отложения ба-

женовской свиты в относительно приподнятых участках поверхности. Они относятся к территориям преимущественной аккумуляции нафтидов. Наличие в высокобитуминозных отложениях повышенного содержания гидротермальных доломита и сульфатов является прямым подтверждением высокой нефтенасыщенности коллекторов бажено-абалакского комплекса.

*Авторы благодарны профессору, доктору геол.-мин. наук В. П. Морозову и руководимому им коллективу (Казанский (Приволжский) федеральный университет) за проведение рентгенофазовых исследований пород бажено-абалакского комплекса.*

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

#### Л и т е р а т у р а

1. Баженова О. К., Бурлин Ю. К. Роль исходного органического вещества в формировании нефтематеринского потенциала // Органическое вещество в современных и ископаемых осадках: тезисы докл. VII Всесоюз. семин. – Ташкент, 1982. – 46 с.
2. Закономерности строения баженовского горизонта и верхов абалакской свиты в связи с перспективами добычи нефти / Н. С. Балущкина, Г. А. Калмыков, Т. А. Кирюхина и др. // Геология нефти и газа. – 2013. – № 3. – С. 48–61.
3. Барашков Г. К. Сравнительная биохимия водорослей. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 335 с.
4. Бойченко Е. А., Саенко Г. Н., Удельнова Т. Н. Эволюция концентрационной функции растений в биосфере // Геохимия. – 1968. – № 10. – С. 1260–1264.
5. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность) / Ю. В. Брадучан, Ф. Г. Гулари, В. А. Захаров и др. // Труды ин-та геологии и геофизики. – Новосибирск: Наука, 1986. – Вып. 649.
6. Ведринский А. И. Основы комплексной переработки беломорских ламинарий // Водоросли Белого моря: труды Архангельского водорослевого НИИ. – Архангельск, 1938. – Вып. 107.
7. Виноградов А. П. Химический элементарный состав морских водорослей // Труды биогеохимической лаборатории АН СССР. – 1935. – Ч. 1. – Т. 3. – С. 87–201.
8. Дегенс Э. Т. Геохимия осадочных образований. – М.: Мир, 1967. – 299 с.
9. Казаринов В. В. Вещественный состав органического вещества баженовской свиты Западной-Сибирской плиты // Органическое вещество в современных и ископаемых осадках: тезисы докл. VII Всес. семин. – Ташкент, 1982. – С. 227–228.
10. Киреева Т. А. Гидротермальный коллектор в глинистых породах баженовской свиты (Западная Сибирь) // Эндогенные флюиды и нефтегазоносность глубинных горизонтов осадочных бассейнов. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH Saarbrücken. – Germany, 2012. – С. 67–80.
11. Киреева Т. А., Казак Е. С. Кристаллизационная вода в породах баженовской свиты Западной Сибири // Фундаментальные и прикладные вопросы гидрогеологии нефтегазоносных бассейнов: материалы III Всерос. научн. конф. с междунар. участием. – М.: ГЕОС, 2015. – С. 62–65.
12. Ковда В. А. Минеральный состав растений и почвообразования // Почвообразование. – 1956. – № 1. – С. 6–38.

13. Коробов А. Д., Коробова Л. А. Нефтегазоперспективный рифтогенно-осадочный формационный комплекс как отражение гидротермальных процессов в породах фундамента и чехла // Геология нефти и газа. – 2011. – № 3. – С. 14–23.
14. Кузнецов В. Г. Эволюция карбонатакопления в истории Земли. – М.: ГЕОС, 2003. – 262 с.
15. Маслов В. П. Водоросли и карбонатоосаждение // Известия АН СССР. Сер. геол. – 1961. – № 12. – С. 81–86.
16. Осипова А. И. Условия образования доломитов в Ферганском заливе палеогенового моря // Труды ГИН АН СССР. – 1956. – Вып. 4. – С. 344–373.
17. Перозио Г. Н., Мандрикова Н. Т. Протодоломиты Сибири и их генезис // Докл. АН СССР. – 1971. – Т. 199. – № 4. – С. 913–914.
18. Седаева К. М., Антошкина А. И. Прокариоты и их роль в осадочном процессе // Материалы I Всероссийского литологического совещания. – М.: изд-во ГИН РАН, 2000. – С. 212–217.
19. Татарский В. Б. Литология нефтеносных карбонатных пород Средней Азии и происхождение нефтеносных доломитов // Труды Нефтяного геол.-развед. ин-та. Сер. А. – 1939. – Вып. 112. – 98 с.
20. Тимошенкова Н. В. Нетрадиционные зоны нефтегазонакопления – новые объекты поисковых работ // Отечественная геология. – 2000. – № 2. – С. 20–25.
21. Фёдорова Т. А., Дзюбенко Е. М. О природе аномалий собственной поляризации в баженовской свите // Геология нефти и газа. – 1991. – № 6. – С. 22–25.
22. Фёдорова Т. А., Бочко Р. А. Водно-растворимые соли баженовской свиты как критерии выделения зон коллекторов // Геология нефти и газа. – 1991. – № 2. – С. 23–16.
23. Постседиментационные преобразования пород-коллекторов / К. Р. Чепиков, Е. П. Ермолова, Н. А. Орлова, Г. И. Суркова. – М.: Наука, 1972. – 90 с.
24. Чувашов Б. И. Состояние изученности и перспективы исследования известковых водорослей // Актуальные вопросы современной палеоальгологии. – Киев: Наукова думка, 1986. – С. 97–102.
25. Vasconcelos Cr., McKenzie J. A. Microbial mediation of modern dolomite precipitation and diagenesis under anoxic conditions (Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brazil) // J. Sediment. Res. – 1997. – V.67. – N.3. – P.378–390.
26. Goldsmith J. R., Graf D. L. Structure and Compositional Variations in Some Natural Dolomites // Journ. Geol., 66. – 1958. – P.678–693.

УДК 551.247 : 552.53 (470.4/5)

**СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ, ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ  
СООТНОШЕНИЯ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ СОЛЕНОСНЫХ ПОРОД  
И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ПРОЯВЛЕНИИ ПРОЦЕССОВ СОЛЯНОГО ТЕКТОГЕНЕЗА  
В ПРЕДЕЛАХ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ**

© 2017 г. Ю. А. Писаренко, В. Ю. Писаренко, М. Н. Дунаева  
АО "Нижне-Волжский НИИ геологии и геофизики"

Цель данной работы заключается в анализе внутреннего строения соляных тел на территории Прикаспийской впадины и выделении разновозрастных и различных по составу и пластическим свойствам соленосных комплексов, выяснении их структурных соотношений, особенностей проявления соляного тектогенеза. В конечном итоге предполагается найти косвенные критерии прогноза перспективных зон для развития