

## **ТЕКТОНОГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОРОДАХ БАЖЕНО-АБАЛАКСКОГО КОМПЛЕКСА КРАСНОЛЕНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ) В СВЯЗИ С ПЕРСПЕКТИВАМИ ДОБЫЧИ НЕФТИ**

© 2018 г. А. Д. Коробов<sup>1</sup>, А. Ф. Ахлестина<sup>1</sup>, Д. Е. Заграновская<sup>2</sup>,  
Л. А. Коробова<sup>1</sup>, М. П. Логинова<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 Красноленинском месторождении, показали, что в скважинах, удаленных от разломов, нефтепритоки появляются тогда, когда аутигенный доломит сформировался в высокобитуминозных толщах баженовской свиты (бажено-абалакского комплекса). Если вместо доломита *in situ* возникает аутигенный кальцит, то скважина остается бесприточной. Удаленность от разломов и густота сети разрывных нарушений контролируют продуктивность скважин, количество аутигенного доломита и баланс кальцит-доломит. В зоне пересечения субмеридионального и субширотного разломов количество гидротермального доломита, сопутствующих сульфатов и дебит нефти скважины, там пробуренной, максимальны.*

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

### *Введение*

В настоящее время в России, как и во всем мире, геологоразведочные работы ориентированы не только на доразведку уже открытых месторождений и поиск новых перспективных структур, но и на поиск залежей углеводородных (УВ) флюидов в нетрадиционных объектах, разработку трудноизвлекаемых запасов. К таким объектам относятся баженовская свита и ее возрастные аналоги, образующие совместно баженовский горизонт, который отличается условиями седиментации, литологическим составом с преобладанием в разрезе низкопроницаемых листоватых пород, высокими концентрациями органического вещества (ОВ), физическими свойствами пород и огромной площадью пространства – более 1 млн км<sup>2</sup>.

В мае 2012 г. вышло распоряжение Правительства РФ № 700-р «О стимулировании реализации новых инвестиционных проектов по разработке участков недр, содержащих запасы трудноизвлекаемой нефти». Согласно этому распоряжению, в категорию трудноизвлекаемых запасов включены запасы нефти месторождений с проницаемостью пластов < 0,002 мкм<sup>2</sup>. Баженовская свита в полной мере относится к категории объектов, содержащих трудноизвлекаемые запасы, и считается аналогом месторождений «сланцевой нефти», разрабатываемых в США [1].

В соответствии с региональными стратиграфическими схемами мезозойских и кайнозойских отложений Западной Сибири [9], территория Красноленинского месторождения, находящаяся на одноимен-

ном своде, охватывает зоны развития баженовской и тутлеймской свит. Обе свиты входят в состав баженовского горизонта, который в качестве нефтеносного горизонта рассматривается как пласт Ю<sub>0</sub> [2]. В центральных районах Западно-Сибирской плиты к пласту Ю<sub>0</sub> относятся также и залежи верхней части абалакской свиты. Поэтому изучение тектоногидротермальных процессов на Красноленинском месторождении (Пальяновский лицензионный участок – рис. 1) распространялось не только на баженовскую, но и на абалакскую свиты, объединенные в бажено-абалакский комплекс.

Интерес к баженовской свите связан еще и с тем, что, с одной стороны, она является нефтематеринской толщей, генерирующей основной УВ поток во всем Западно-Сибирском нефтегазоносном бассейне [11], а с другой – она может быть коллектором, накопившим большой объем углеводородов. По оценке ряда специалистов в разнообразных породах баженовской свиты содержится около 15% ресурсов нефти Западной Сибири [3]. До настоящего времени не существует однозначной методики выделения коллекторов и оценки их фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) в подобных объектах, так как традиционные подхо-

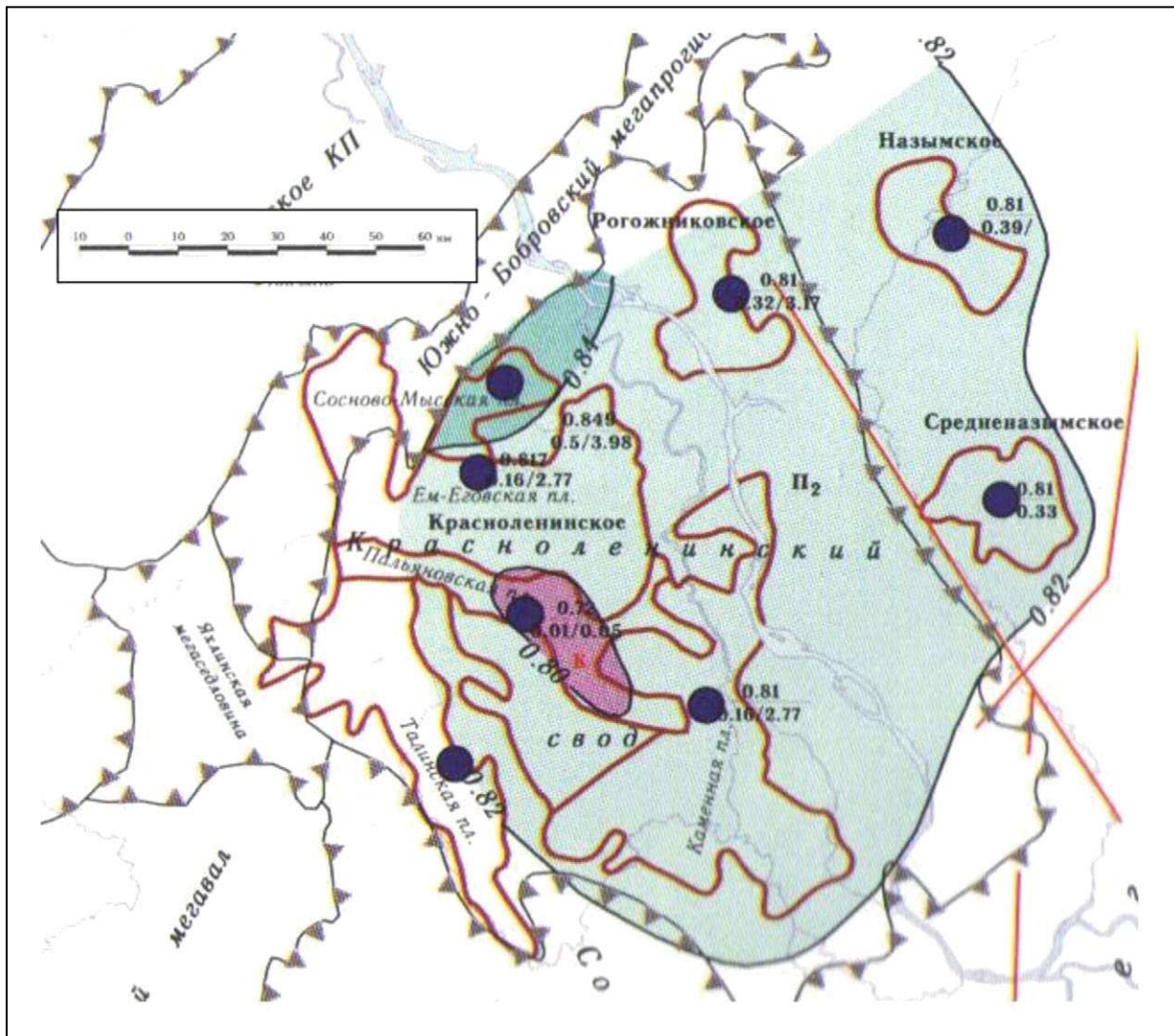


Рис. 1. Пальяновский лицензионный участок Красноленинского месторождения [12]

ды к выделению и оценке их насыщенности углеводородами по комплексу литологических, геофизических и других исследований керн и скважин малоэффективны или неприменимы.

Совершенно иные результаты дает рассмотрение изменения по площади современной пластовой температуры, а также палеотемператур – главного параметра, определяющего характер протекания эпигенетических процессов. Так, Салымское и Верхне-Салымское месторождения (средние современные пластовые температуры соответственно 124 и 115 °С) являются наиболее «горячими» точками в пределах площади развития баженовской свиты [7]. Не менее очевидно влияние палеотемператур, значения которых выявлены с помощью минералов – индикаторов, на продуктивность материнских пород [5].

На примере Тевлинско-Рускинского месторождения показано [6], что присутствие аутигенного доломита сопряжено с циркуляцией глубинного достаточно нагретого флюида, обогащенного  $Mg^{+2}$ . Сами же зоны доломитизации трассируют направление повышенной проницаемости и прогретости, рожденные очередным этапом структурной перестройки. По данным Е. А. Предтеченской [8], аутигенные карбонаты, главным образом доломиты, являются индикаторами вертикальной миграции горячих глубинных флюидов в осадочных толщах тектонически-активизированных зон Западной Сибири, которые обуславливают нефтидогенез. Поэтому остановимся подробнее на особенностях развития вторичной карбонатизации (в первую очередь доломитизации) и сопутствующем минералогенезе в бажено-абалакском комплексе некоторых скважин Пальяновского лицензионного участка (рис. 2). Кроме того, попытаемся увязать полученные результаты (наблюдения в шлифах и рентгенографические исследования) с их продуктивностью.

При этом будем иметь в виду, что, сообразно представлений К. В. Стрижнева и коллег [10], а также интерпретации материалов сейсморазведки 2D и 3D (ООО «Центр геологического моделирования», 2014; ООО «Славнефть», 2014), Пальяновский участок может быть условно разделен на две территории, характеризующиеся относительно редкой сетью заложения разломов и некоторым их сгущением. Расстояние скважин от разрывных разрушений также рассчитывалось по вышеупомянутым материалам сейсморазведки.

#### *Изменения пород,*

##### *максимально удаленных от разломов*

Преобразование пород рассмотрим на материале керн скв.601 Р, которая находится на удалении более 500 м от ближайшего субширотного разлома. Разрывные нарушения субмеридионального простирания расположены на расстоянии ~ 800 м (табл.). В целом район расположения этой скважины характеризуется относительно редкой сетью заложения разломов преимущественно меридионального простирания.

Петрографическое и рентгенофазовое изучение отложений бажено-абалакского комплекса, вскрытого в скв.601 Р, выявило вторичную карбонатизацию, которая, наряду с другими изменениями, затронула битуминозные отложения баженовской свиты, а также брекчиевидные (КС) и трещиноватые известняки абалакских отложений (рис. 2). Рассмотрим подробнее развитие этого процесса в различных типах пород и сопоставим полученные наблюдения с продуктивностью данной скважины.

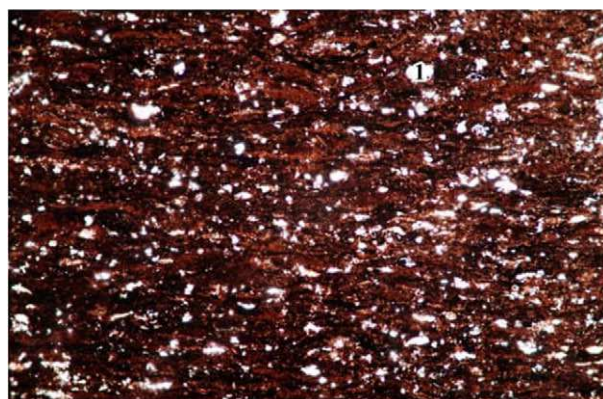
В баженовском разрезе проявление вторичной карбонатизации можно проследить в известковой битуминозной породе, находящейся на глубине 2379,6 м (обр. 601 Р-4). Основная часть породы сложена черным и коричневато-бурым углисто-битумовым веществом волокнисто-водорослевого строения. Битуминозные отложения в значитель-

**Удаленность скважин Красноленинского месторождения  
от разрывных нарушений и их дебит**

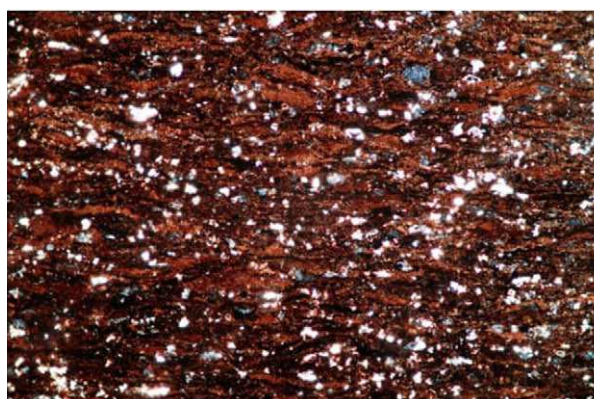
Номер скважины	Расстояние до ближайшего разлома, м		Дебит, т/сут	
	субширотный разлом	субмеридиональный разлом		
601Р	500	800	бесприточная	0,0
611Р	–	200	низкодебитные	> 1,5
603Р	–	180		> 7,0
600Р	180	–		> 9,0
130	60	100	среднедебитные	> 14,0
138	180	250		> 20,0
158	–	160		> 20,0
153	0,0	0,0	высокодебитная	> 80,0

ной степени (20–25%) насыщены бесцветными неправильными округло-овальными, реже ромбовидными включениями аутигенного кальцита (рис. 3). Кристаллы этого минерала образуют прожилково-линзовидные скопления размером до 0,16×1,16 мм, иногда с включениями пирита, кварца, битумов. В шлифе наблюдаются округло-овальные реликты радиолярий (?), центральные части которых сложены монокристаллом кальцита и тонкозернистым кварц-халцедоном (рис. 4). Здесь, наряду с кальцитом, в большом количестве отмечается тонкокристаллический и фрамбоидальный пирит.

В абалакских отложениях, как отмечалось выше, встречен известняк КС (корреляционного слоя) брекчиевидного (обр. 601 Р-12, глуб. 2402,9 м) и трещиноватого (обр. 601 Р-14, глуб. 2410,4 м) облика. Характерно, что гидротермальная кальцитизация, затронувшая эти породы, сосредоточена почти исключительно в секущих их трещинах (рис. 5). Матрикс, сложенный пелитоморфным кальцитом в известняке КС и сферолитами кальцита в трещиноватом известняке, по данным петрографических наблюдений, остался свежим. Однако рентгенофазовый анализ природного образца



а



б

**Рис. 3. Зерна кальцита (белый крап) в известковой битуминозной породе**

Баженовская свита. 1 – кварц-халцедон. Пальяновский лицензионный участок  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+

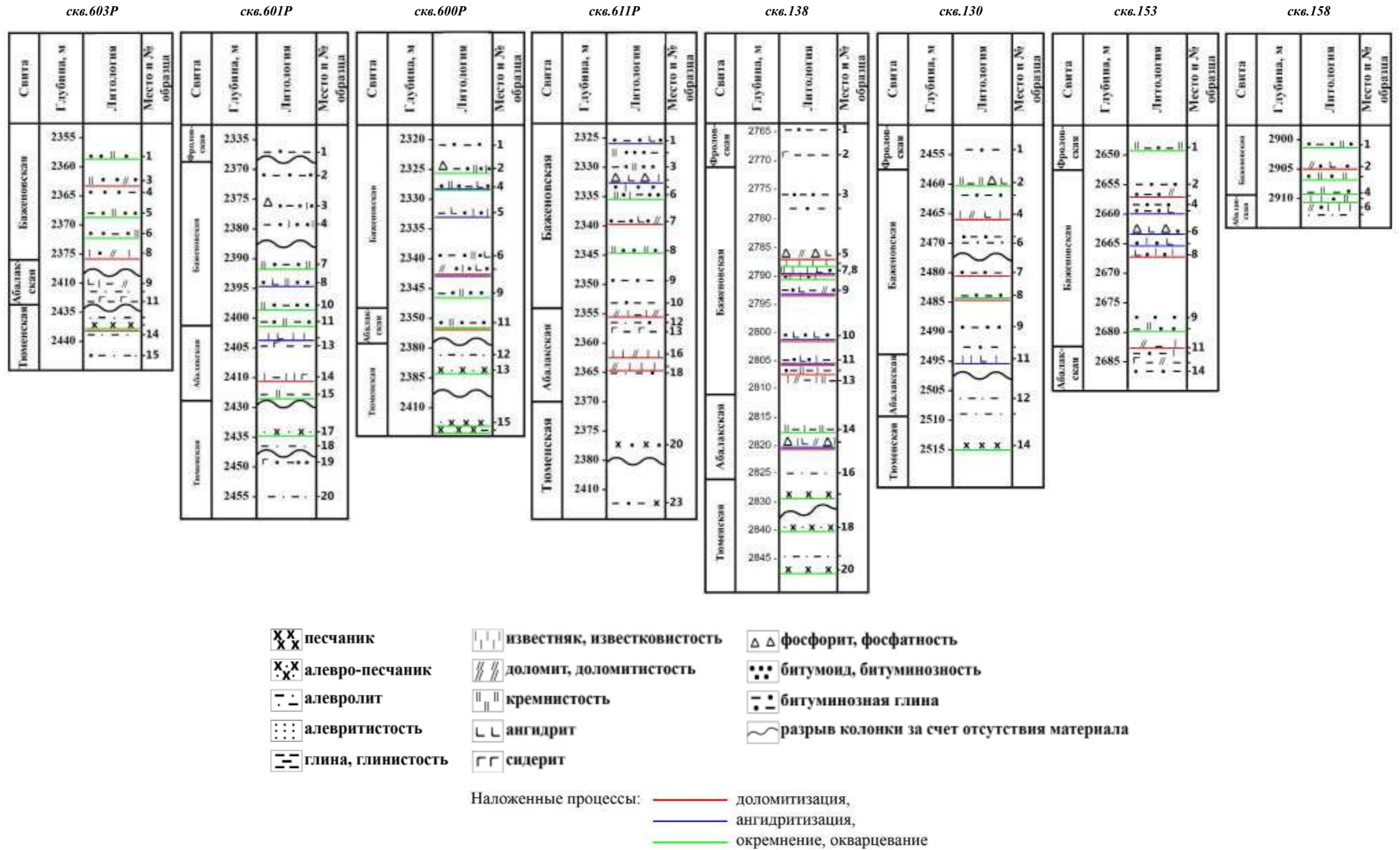
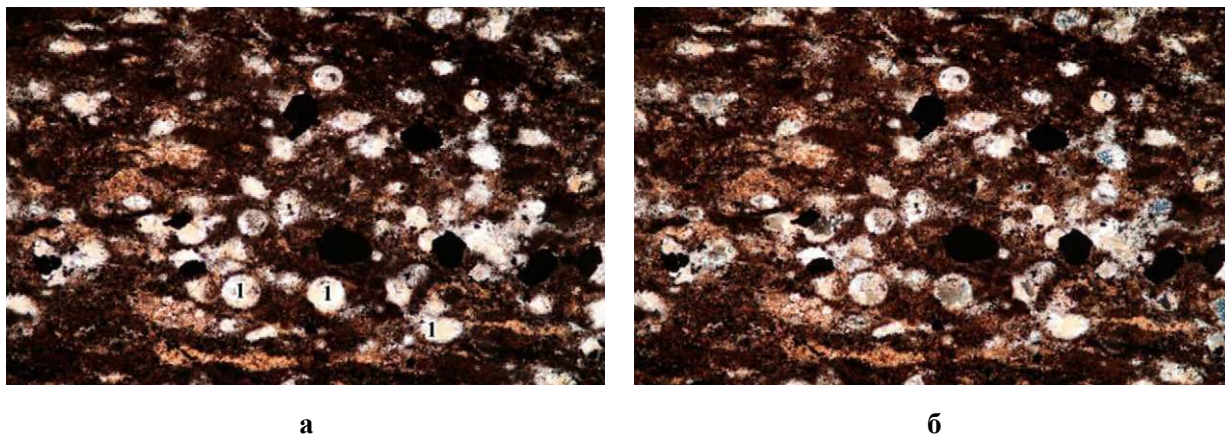
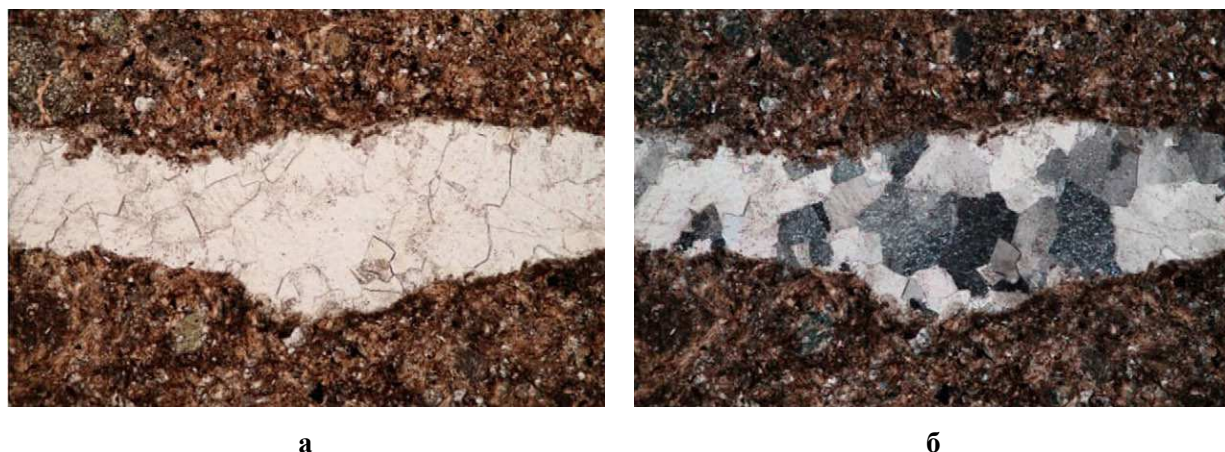


Рис. 2. Разрезы позднеюрско-раннемеловых отложений (тюменская, абалакская, баженовская флоровская свиты) Пальяновского лицензионного участка



**Рис. 4. Вторичный кальцит (1) по округлым реликтам радиолярий в известковой битуминозной породе баженовской свиты**

Пальяновский лицензионный участок  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+



**Рис. 5. Известняк КС абалакской свиты с трещиной, залеченной кальцитом**

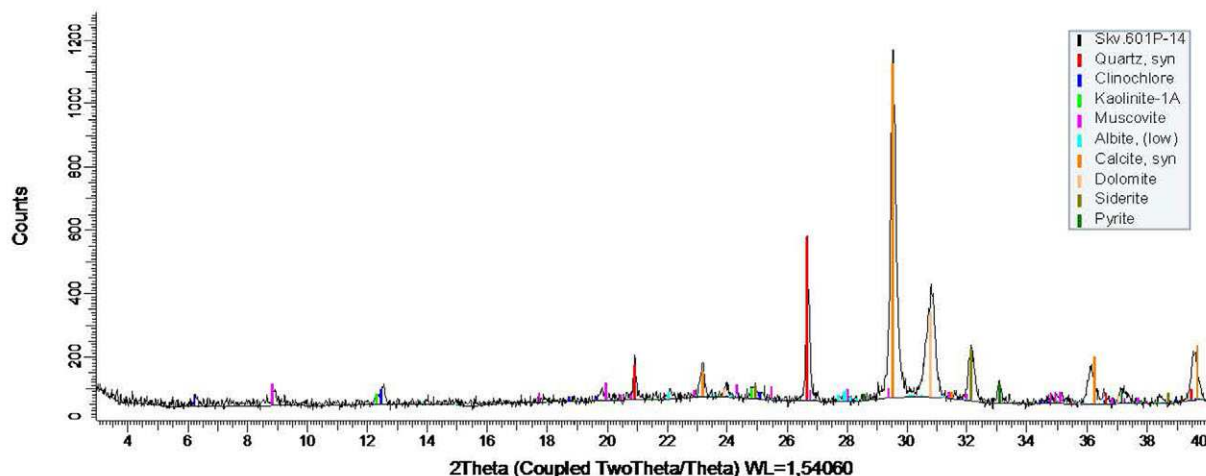
Пальяновский лицензионный участок  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+

(рис. 6) свидетельствует о присутствии наряду с кальцитом (40,6%) в основной массе породы и вторичного доломита (28,5%).

Внесем некоторую ясность по поводу расхождения петрографических и рентгенофазовых заключений. Выявленное несоответствие определения карбонатных минералов, достаточно часто встречаемое в нашей практике, сопряжено с тем, что доломит на нефтяных месторождениях, в отличие от обычного кальцита, не всегда диагностируется под микроскопом, но четко фиксируется по результатам рентгенографического анализа [4]. Кроме того, подобные

осложнения, с которыми нам постоянно приходилось сталкиваться при работе на Пальяновском лицензионном участке, объясняются следующими причинами. Во-первых, крайне неравномерным характером вторичных изменений, контролируемых сложно построенной сетью трещиноватости. Во-вторых, разными участками одной и той же породы, предназначенными для изготовления шлифов и рентгенофазовых определений.

Возвращаясь к петрографическому описанию, отметим, что в первом случае (обр. 601 Р-12) трещины шириной 0,008–0,080 мм



**Рис. 6. Валовый минеральный состав известняка КС.  
Рентгенофазовый полуколичественный анализ**

Абалакская свита. Пальяновский лицензионный участок

(в штуфе до 20,0 мм) заполнены разномерным кальцитом. Он отличается сферолитовым строением или обладает структурой «конус в конус», развитой, преимущественно, на контакте с основной породой (матриksom). Отмечаются включения ангидрита в количестве 5–10%.

Во втором случае (обр. 601 P-14) трещины шириной 0,16–0,40 мм залечены аутигенным кальцитом с размером кристаллов 0,04–0,24 мм. С ним ассоциирует пирит (10–15%) и вторичный глауконит (10–15%) с включением редких зерен кварца.

Приведенные результаты петрографических наблюдений и рентгенофазовых исследований показывают, что особенностью наложенной карбонатизации бажено-абалакского комплекса скв.601 P является следующее.

1. Вторичная доломитизация сосредоточена лишь в абалакских отложениях и приурочена к известнякам КС брекчиевидного облика. Здесь же отмечается вторичная кальцитизация, которая локализована в трещинах и не захватывает основную часть породы.

2. В битуминозных отложениях баженовской свиты проявлена только аутигенная кальцитизация, которая довольно равно-

мерно преобразует матрикс, а также локализуется в многочисленных трещинах.

3. При таком развитии наложенной карбонатизации скв.601 P является бесприточной.

*Изменения пород,  
приближенных к зонам разломов*

Преобразование пород рассмотрим на материале кернa скв.611 P, 603 P и 600 P, которые были пробурены на площади с относительно редкой сетью заложения разломов преимущественно меридионального простирания.

Скважина 611 P находится на удалении ~ 200 м от ближайшего разлома меридионального простирания (табл.).

Петрографическое изучение пород бажено-абалакского комплекса, вскрытого скв.611 P, выявило эпигенетическую карбонатизацию (наряду с другими изменениями), которая коснулась неодинаковых по составу отложений (рис. 2). Подробнее рассмотрим развитие этого процесса в различных типах пород и сопоставим полученные наблюдения с продуктивностью данной скважины.

Исследованиями, проведенными в шлифах, установлено, что в отложениях баже-

новской свиты присутствуют следующие кальцитсодержащие образования: фосфатно-ангидритово-известковая порода (обр. 611-4, глуб. 2331,0 м), известковая битуминозная порода (обр. 611-5, глуб. 2332,8 м; обр. 611-6 а, глуб. 2334,0 м).

Фосфатно-ангидритово-известковая порода (обр. 611-4) сложена кристаллически разнозернистым кальцитом (45–50%) и ангидритом (35–40%), а также сгустками и ооидами фосфата (15–20%). Кристаллы аутигенных кальцита и ангидрита отличаются своей чистотой, свежестью и размерами, составляющими соответственно  $0,16 \times 0,60$  мм и  $0,28 \times 1,04$  мм.

В битуминозной известковой породе (обр. 611-6 а) присутствуют органогенный и пелитоморфно-криптокристаллический кальцит (в сумме 45–50%). Органогенный кальцит сложен обломками макрофауны (иноцерама), которые несут следы выщелачивания и замещения ангидритом, халцедоном, кварцем.

Пелитоморфно-криптокристаллический кальцит образует минеральную массу с микросгустковой структурой и включениями реликтов известковых радиолярий (?), кальцесфер (?), скелеты и пропластки которых заполнены халцедоном. Наличие подобных реликтов позволяет предполагать, что наблюдаемые выделения кальцита образовались за счет разложения и перегруппировки органогенных элементов.

Битумы известковой породы (обр. 611-5) представлены полупрозрачным и непрозрачным веществом микроводорослево-волокнутого строения. В массе битума неравномерно распределены аутигенные кристаллы кальцита (5–10%), ангидрита (3–5%) и каолинита (3–5%). На этом фоне часто встречаются углефицированные фитофрагменты с полостями, в одних случаях полыми, в других – в различной степени заполненными вышеперечисленными вторичными минералами.

Приведенные данные указывают на то, что карбонатизация в породах баженовской свиты скв.611 Р осуществлялась главным образом за счет перераспределения кальцита, включая локальное. Этому процессу были подвергнуты и микроводорослевые нефтегенерирующие породы.

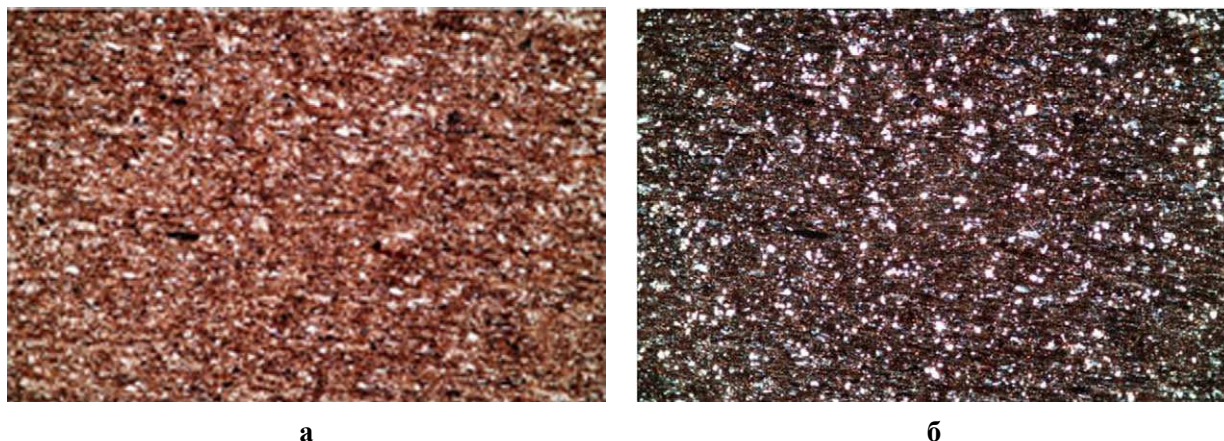
Наряду с доминирующей наложенной кальцитизацией, скв.611 Р вскрыла на глуб. 2338,6 м глинисто-кремнистую битуминозную породу (рис. 7), испытавшую незначительную гидротермальную доломитизацию (обр. 611-7). Порода представлена битумом (50–55%), кварц-халцедоновым агрегатом (15–20%), глинистым материалом (10–15%), пиритом (5–10%), ангидритом (5–10%) и доломитом (3–5%).

Доломит более или менее равномерно рассеян в основной массе битума в виде пелитово-алевритовых ромбовидных частиц размером от 0,008 до 0,120 мм. Он ассоциирует с новообразованным ангидритом.

Если в баженовской свите скв.611 Р гидротермальный доломит редок и встречается в единственной битуминозной пробе, то в абалакских отложениях он наблюдается шире и приурочен к известнякам. При этом при одних обстоятельствах доломитизация затрагивает матрикс, а при других – сосредотачивается в трещинах, секущих породу.

В первом случае начало развития процесса можно видеть в известняке, обнаруженном на глуб. 2369,5 м (обр. 611-17). Наблюдения в шлифах свидетельствуют, что основная масса породы сложена криптокристаллическим мутно-серым кальцитом (45–50%) осадочно-диагенетического происхождения. Матрикс относительно равномерно насыщен ромбовидными зернами аутигенного доломита (20–25%) и ксеноморфными кристаллами кварца (5–10%). Отдельные ромбовидные выделения доломита достигают размера 0,016–0,024 мм,





**Рис. 7. Единичные кристаллы доломита наряду с доминирующими выделениями кварц-халцедона, а также пирит и ангидрит в глинисто-кремнистой битуминозной породе баженовской свиты**

Пальяновский лицензионный участок  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+

а их скопления – 0,16–0,24 мм. На некоторых участках шлифа в матриксе встречаются кристаллы вторичного кальцита размером 1,5–2,0 мм, соединенные зубчатыми швами.

В основной массе породы пятнистыми участками распределены разноразмерные оолиты, концентры которых имеют, видимо, известковый состав с сильной пегментацией битумом.

Дальнейшее развитие процесса можно наблюдать на примере известкового доломита (обр. 611-11, глуб. 2355,1 м). Петрографические исследования показали, что матрикс сложен тонкокристаллической кальцит-доломитовой массой с примерным соотношением кальцита к доломиту 1:2. На этом фоне часто просматриваются мутно-серые округло-овальные обособления реликтового пелитоморфного и неправильные гнезда мелкокристаллического (0,016–0,040 мм) перекристаллизованного кальцита. Многие из таких скоплений имеют расплывчатые реликтовые контуры остракод, фораминифер, морских звезд (?) за счет утраты четкости своей органогенной структуры в процессе перекристаллизации карбонатного материала. Эти изменения,

по всей вероятности, предшествовали доломитизации.

Наряду с замещением доломитом основной массы породы, известны случаи его развития по трещинам. Это можно проследить на примере известняка, поднятого с глуб. 2366,8 м (обр. 611-16).

Матрикс породы сложен криптокристаллическим и пелитоморфным кальцитом (65–70%) с реликтовой водорослевой структурой и редкими фрагментами известковой макрофауны. Основная часть породы разбита трещинами шириной от 0,12 до 0,60 мм, которые заполнены кристаллами аутигенных доломита (10–15%) и кальцита. Размеры зерен доломита 0,024–0,050 мм. Скопления кальцита обладают структурой «конус в конус», подчеркиваемой слабой пелитизацией на контурах.

Иная ситуация, когда доломитизированный матрикс разбит трещинами, залеченными только кальцитом (иногда с глинистым веществом и халцедоном), установлен на в обр. 611-11 (глуб. 2355,1 м).

Приведенные данные свидетельствуют, что характерной особенностью наложенной карбонатизации бажено-абалакского комплекса скв. 611 Р является следующее.

1. Вторичная доломитизация была сосредоточена, главным образом, в абалакских отложениях, где она затрагивает как матрикс известняков, так и локализуется в трещинах породы.

2. В битуминозных отложениях баженовской свиты проявлена слабая аутигенная доломитизация, которая протекает на фоне более масштабной вторичной кальцитизации.

3. Вышеперечисленная специфика наложенной карбонатизации сопряжена, вероятно, с продуктивностью скв. 611 Р, которая оценивается нефтепритоком с дебитом более 1,5 т/сут.

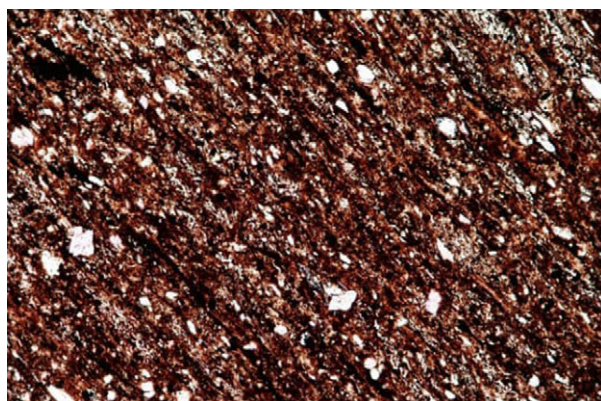
Скважина 603 Р находится на расстоянии ~ 180 м от ближайшего разлома субмеридионального простирания.

Исследования в шлифах отложений бажено-абалакского комплекса, вскрытого скв.603 Р, выявили наложенную карбонатизацию, которая, наряду с другими изменениями, в неодинаковой степени затронула битуминозную породу, брекчиевидную известковую породу и многокомпонентный пелитолит (рис. 2). Подробнее остановимся на рассмотрении этого процесса в различных типах пород комплекса и сопоставим полученные наблюдения с продуктивностью скважины.

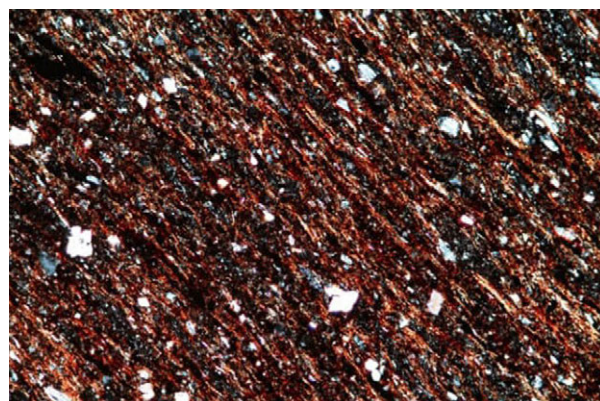
Вторичная доломитизация в различных породах баженовской свиты скв.603 Р протекала неодинаково. Так, в битуминозной породе на глуб. 2361,8 м (обр. 603 Р-3) процесс ограничивался развитием редких ромбовидных и таблитчатых кристаллов доломита (2–3%) размером 0,016–0,180 мм в общей массе породы (рис. 8). Данные рентгенофазового анализа природных образцов дают содержание доломита в породе, равное 0,3%. Битумы породы углефицированы, окислены и обладают микроволокнистой структурой. Доломит ассоциирует с небольшим количеством (1–2%) аутигенного ангидрита.

Наиболее интенсивно гидротермальный процесс проявлен в баженовских отложениях на глуб. 2375,1 м (обр. 603 Р-8), где по известнякам сформировалась брекчиевидная кальцит-доломитовая порода. Наблюдения в шлифах позволяют отнести ее к породам типа КС.

Гидротермальные изменения захватили как матрикс, так и трещины карбонатных образований. В матриксе, сложенном реликтовым пелитоморфным кальцитом, отмечается широкое развитие гидротермально-метасоматического доломита. Последний заметно преобладает (35–40%) над кальци-



а



б

**Рис. 8. Редкие ромбовидные кристаллы доломита в битуминозной породе баженовской свиты**

Пальяновский лицензионный участок  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи⊥

том (15–20%). Поля аутигенного доломита отличаются от участков пелитоморфного кальцита своей чистотой, прозрачностью, размерами слагающих их зерен (0,008–0,024 мм) и возросшей (5–10%) пористостью. Поры размером до 0,024–0,050 мм полые, реже заполнены кристаллами кварца или глинистым материалом.

Участки пелитоморфного кальцита разбиты трещинами шириной 0,08–1,08 мм, которые залечены различными по величине зернами гидротермальных доломита, кальцита, ангидрита (гипса (?), полугидрата кальция (?)), кварца, каолинита. Кварц и каолинит, являясь наиболее поздними минералами, приурочены к трещинам, где заполняют места выщелаченных кристаллов. Кварц приобретает как неправильные (по форме образовавшихся пустот), так и идиоморфные очертания с размером зерен до 0,12 × 0,16 мм. Каолинит слабо окристаллизован. Он формирует желтоватые агрегаты в виде пленки на участках (до 0,04 × 0,16 мм) растворения карбонатов.

В толще абалакских отложений скв.603 Р доломит петрографическими исследованиями достоверно не установлен. Порода (обр. 603 Р-9, глуб. 2410,1 м), представляющая собой глинисто-доломитово (?) – ангидритовый пелитолит, разбита трещинами с раскрытостью от 0,004–0,016 мм до 1,0–3,0 мм. Трещины залечены разноразмерными (0,04–0,24 мм) кристаллами гидротермальных минералов: кальцита, ангидрита и, возможно, доломита. В крупных трещинах зерна кальцита нередко несут следы замещения ангидритом.

Приведенные результаты петрографических наблюдений, подтвержденные рентгенофазовыми исследованиями, показывают, что особенностью наложенной карбонатизации бажено-абалакского комплекса скв.603 Р является следующее.

1. Вторичная доломитизация достоверно установлена только в отложениях баже-

новской свиты. При этом брекчированный известняк испытал интенсивную доломитизацию как матрикса, так и трещинного пространства пород. Этого нельзя сказать относительно битуминозной породы, которая слабо доломитизирована по основной массе.

2. В абалакских отложениях пелитолит по трещинам кальцитизирован и ангидритизирован. Уверенно говорить о вторичной доломитизации пелитолита нельзя.

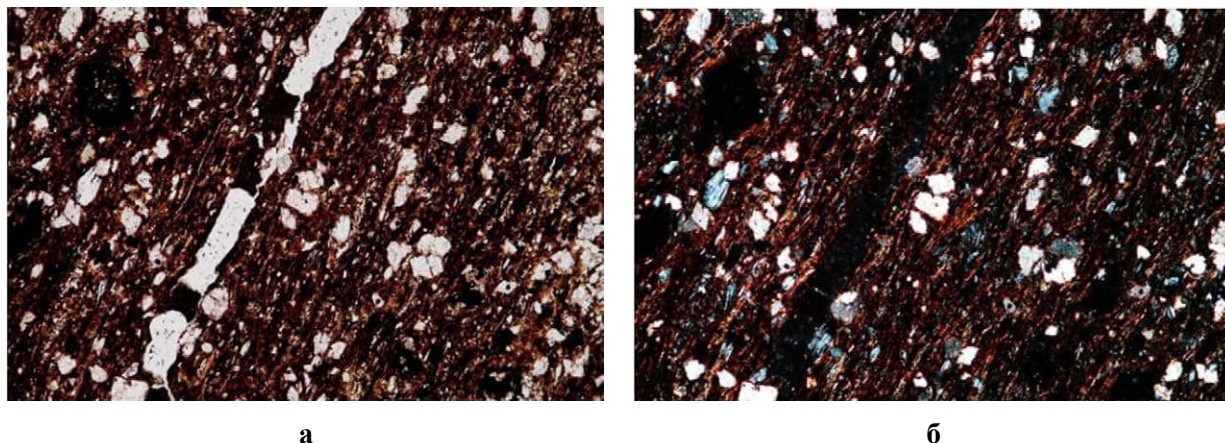
3. При таком развитии наложенной карбонатизации бажено-абалакского комплекса продуктивность скв.603 Р оценивается нефтепритоком с дебитом более 7 т/сут.

Скважина 600 Р удалена на ~ 180 м от ближайшего разрывного нарушения субширотного простирания.

Петрографическое изучение толщ бажено-абалакского комплекса, вскрытого скв.600 Р, установило наложенную карбонатизацию, которая, наряду с другими изменениями, затронула неодинаковые по составу битуминозные отложения баженовской свиты (рис. 2). Рассмотрим детальнее развитие этого процесса в различных типах пород свиты и сопоставим выявленные особенности его проявления с продуктивностью скважины.

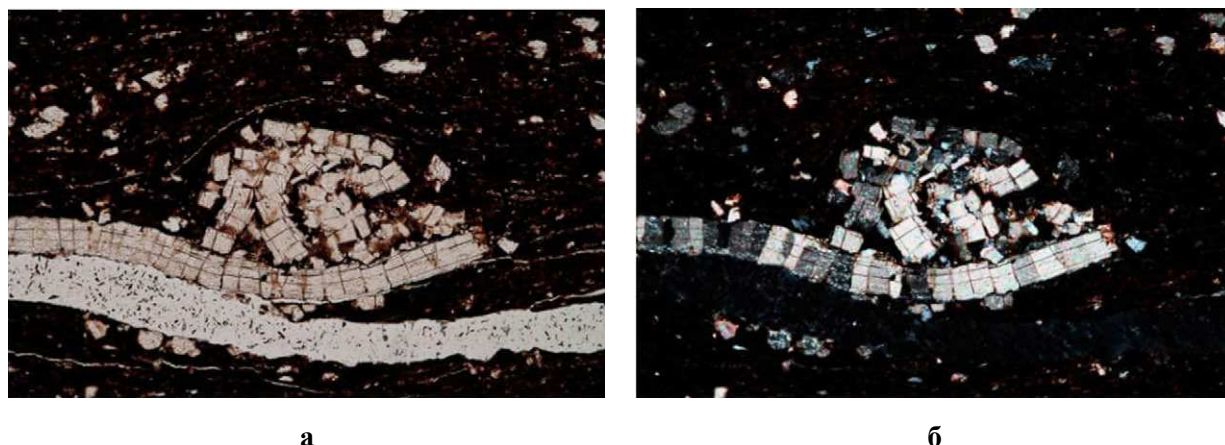
Вторичная доломитизация обнаружена в шлифе, изготовленном из микроводородослевой битуминозной породы (рис. 9, 10), которая отобрана с глубины 2340,6 м (обр. 600 Р-7).

Матриksom породы является черный непрозрачный углефицированный битум (50–55%) со слабовыраженной микроводородослевой структурой. Битум по всему объему (по площади шлифа) неравномерно насыщен россыпью разноразмерных (от 0,008 до 0,050 мм) кристаллов аутигенных минералов: доломита (10–15%) ромбовидной формы, кальцита (5–10%), ангидрита (3–5%) таблитчатой и неправильной формы, а также кварца (3–5%) и



**Рис. 9. Микроводорослевая битуминозная порода баженовской свиты с ромбовидными кристаллами вторичного доломита**

Пальяновский лицензионный участок  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+



**Рис. 10. Микроводорослевая битуминозная порода баженовской свиты с прожилком и линзой новообразованного кальцита**

Пальяновский лицензионный участок  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+

каолинита (5–10%). Зерна доломита, кальцита и ангидрита приобретают неровные очертания или становятся кавернозными за счет частичного выщелачивания.

Кроме присутствия в виде рассеянной вкрапленности по основной массе породы, кальцит выполняет прожилки (трещины) и линзы, где часто ассоциирует с ангидритом и битумом.

В известково-глинистой битуминозной породе баженовской свиты (обр. 600 Р-5, глуб. 2332,5 м) доломит петрографически исследованиями не установлен.

Основная масса породы – глинисто-битумный материал (45–50%). Углефицированный битум микроводорослевой структуры с плотной упаковкой волокон субпараллельной ориентировки. Этот материал насыщен фрагментами макрофауны (иноцерамов?), сложенной кристаллами кальцита (20–25%). Зерна кальцита несут следы выщелачивания или замещения ангидритом (10–15%), кварцем (3–5%), пиритом (5–10%). Известковые реликты макрофауны в различной степени выщелочены, отчего приобретают поры и по-

лые полости, составляющие примерно 5–10%.

Кроме того, результаты рентгенофазового анализа природных образцов показывают, что в глине битуминозной абалакской свиты (обр. 600 Р-11, глуб. 2350,8 м) развит вторичный доломит в количестве 3,6%.

Приведенные данные свидетельствуют, что характерной особенностью наложенной карбонатизации бажено-абалакских отложений скв. 600 Р является следующее.

1. Развитие вторичной доломитизации выявлено только в битуминозных толщах: в микроводородоносной битуминозной породе баженовской свиты, где процесс затрагивает матрикс, и в глине битуминозной абалакской свиты. Наряду с доломитизацией, матрикс битуминозных отложений баженовской свиты захвачен аутигенной кальцитизацией. Кроме того, кальцит выполняет прожилки и линзы породы.

2. Вышеперечисленная специфика эпигенетической карбонатизации битуминозных толщ, вероятно, могла определить продуктивность скв. 600 Р, которая оценивается нефтепритоком с дебитом более 9 т/сут.

Теперь рассмотрим преобразование пород на материале керн скв.130, 138 и 158, которые были пробурены на участке некоторого сгущения сети субмеридиональных и субширотных разрывных нарушений [10].

Скважина 130 расположена в 60 м от субширотного и в 100 м субмеридионального разломов.

Петрографическое изучение отложений бажено-абалакского комплекса, вскрытого скв.130, выявило наложенную карбонатизацию, которая, наряду с другими изменениями, затронула известняки КС (рис. 2). Рассмотрим подробнее развитие этого процесса в баженовских и абалакских отложениях. Кроме того, учтем результаты рентгенофазового анализа битуминозных гли-

баженовских отложений и сопоставим выявленные особенности процесса с продуктивностью скважины.

В баженовской свите карбонатизация привела к появлению доломитизированного известняка КС (обр. 130-4, глуб. 2465,0 м).

В доломитизированном известняке КС (обр. 130-4) преобладает кристаллически разномерный кальцит (45–50%), присутствуют новообразованные ангидрит (15–20%), доломит (10–15%) и кварц (3–5%).

Кальцит слагает основную массу породы (матрикс), которая обладает органогенно-сгустковой структурой, возникшей за счет постседиментационного преобразования органогенного известняка. В процессе гидротермального изменения породы претерпела неравномерную доломитизацию по ослабленным направлениям. Так, трещины, секущие матрикс, заполнены в основном доломитом, ангидритом, иногда идиоморфными кристаллами кварца. Зерна доломита размером от 0,024 до 0,080 мм. На границе каверн выщелачивания, выполненных доломитом и ангидритом, отмечаются скопления пирита, локализованного в основной массе породы.

В трещиноватом известняке КС (обр. 130-11, глуб. 2493,7 м) абалакской свиты доминирующим минералом является кальцит (80–85%).

Матрикс породы сложен полупрозрачным криптокристаллическим кальцитом с реликтами органических остатков в виде известковых фрагментов микро- и макрофауны (кокколиты, фораминиферы) со следами выщелачивания и замещения.

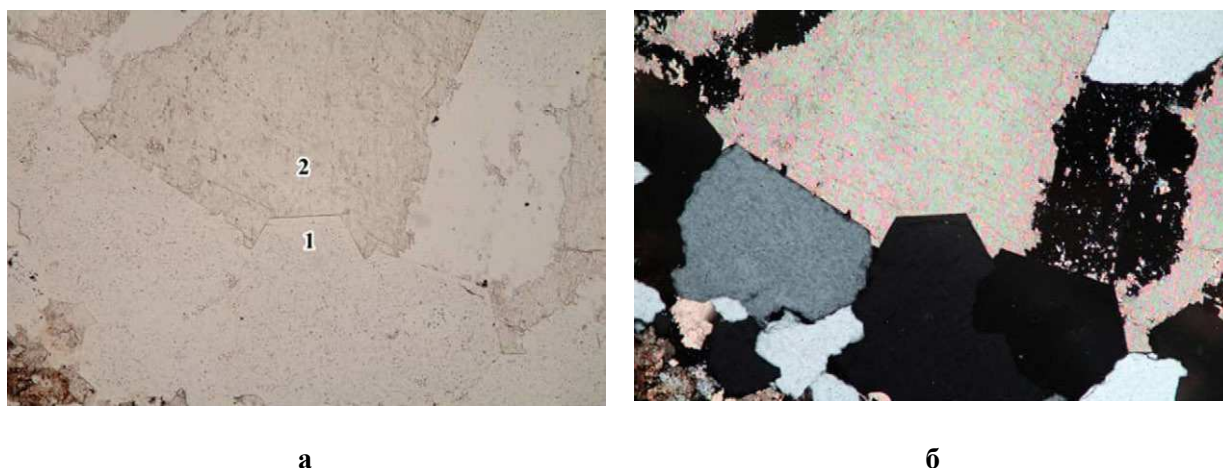
Кроме того, в матриксе породы отмечаются различные по размеру неправильные прожилковидные пятнистые осветленные участки тонко- и мелкокристаллического кальцита. Отмечаются многочисленные трещины и гнезда, выполненные аутигенным кальцитом с размером отдельных кристаллов до 0,08 × 0,20 мм.

В крупных трещинах (рис. 11) и гнездах наряду с новообразованным кальцитом выделяются зерна вторичного ангидрита (2–3%) размером  $0,04-0,08 \times 0,20$  мм, идиоморфные кристаллы гидротермального кварца (3–5%) величиной от  $0,16 \times 0,24$  мм до  $0,20 \times 0,28$  мм и друзы этого минерала размером  $0,20 \times 0,40$  мм.

Результаты рентгенофазового анализа природных образцов показывают (рис. 12),

что в битуминозной глине (обр. 130-7, глуб. 2480,5 м) из баженовских отложений присутствует новообразованный доломит в количестве 24,2%.

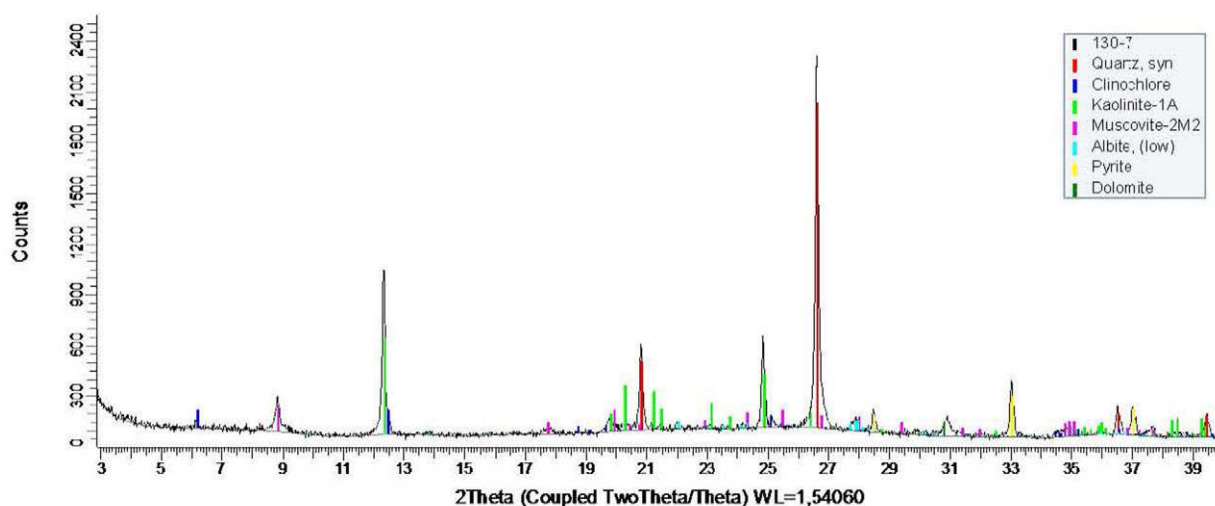
Приведенные результаты петрографических наблюдений и рентгенофазовых исследований показали, что характерной особенностью наложенной карбонатизации бажено-абалакского комплекса скв.130 является следующее.



**Рис. 11. Идиоморфный кварц (1) и ангидрит (2) в трещине известняка КС**

Баженовская свита. Пальяновский лицензионный участок

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



**Рис. 12. Валовый минеральный состав глины битуминозной (без содержания рентгеноаморфного битумного вещества). Рентгенофазовый полуквантитативный анализ**

Баженовская свита. Пальяновский лицензионный участок

1. Вторичная доломитизация установлена только в отложениях баженовской свиты. В известняке КС баженовской свиты доломитизация приурочена к трещинам и не захватывает основную часть (матрикс) породы. Баженовские битуминозные глины также претерпели эпигенетическую доломитизацию.

2. В известняке КС абалакской свиты выявлено развитие гидротермального кальцита как в основной массе породы, так и по трещинам.

3. Вышеперечисленная специфика наложенной карбонатизации бажено-абалакского комплекса сопряжена с продуктивностью скв.130, которая оценивается нефтепритоком с дебитом более 14,0 т/сут.

Скважина 138 находится на удалении ~ 180 м от субширотного и ~ 250 м от субмеридионального разломов.

Исследования в шлифах, а также рентгенофазовый анализ отложений бажено-абалакского комплекса, вскрытого скв.138, выявили наложенную карбонатизацию, которая, наряду с другими изменениями, в неодинаковой степени затронула известняки, фосфориты, фосфатно-известковые и битуминозные породы (рис. 2). Подробнее остановимся на рассмотрении этого процесса в различных типах пород комплекса и сопоставим полученные наблюдения с продуктивностью скважины.

В баженовском разрезе скв.138 различают следующие типы известняков: кальцисферовый, битуминозный, глинистый.

Свежий кальцисферовый известняк (обр. 138-6, глуб. 2787,8 м) практически нацело (90–95%) сложен крипто-мелкокристаллическим кальцитом со сферолитовой текстурой. Она обусловлена присутствием округлых буроватого цвета сфер размером 0,04–0,08 мм более или менее равномерно распределенных в основной массе породы.

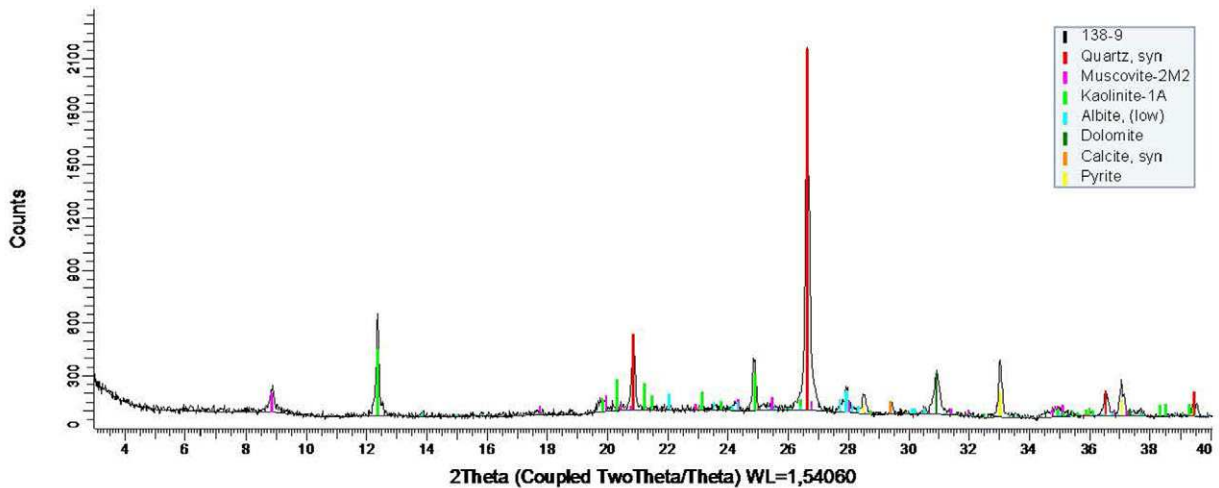
В аналогичной породе, испытавшей окварцевание и сульфидизацию (обр. 138-7, глуб. 2788,8 м), матрикс представлен пелитоморфно- (кокколитово ?-) криптокристаллическим кальцитом (75–80%), включающим массу кальцисфер, крупные (до 1,0×2,0 мм) фрагменты макрофауны (двустоворок ?), реликты диатомей и червей. Реликты диатомей и кальцисферы нередко выщелачены, частично или полностью замещены кварцем (10–15%) и пиритом (5–10%). В массе известняка наблюдаются микротрещины, заполненные волокнистым кальцитом.

Битуминозный известняк (обр. 138-8, глуб. 2789,9 м) сложен кальцитом (80–85%) с размерами кристаллов от 0,016 до 0,120 мм. Зерна этого минерала по контактам насыщены битумом (10–20%) черного цвета при параллельных николях и буровато-коричневого в скрещенных.

Глинистый известняк, претерпевший сульфидизацию и окварцевание (обр. 138-13, глуб. 2809,0 м), представлен главным образом кальцитом (45–50%) и глинистым, в том числе гидрослюдистым, веществом (25–30%). Порода обладает сгустковой текстурой. Сгустки мутно-серые, слабополяризующие, нередко со значительным содержанием пирита (10–15%), включениями глауконита (2–3%) и кварца (5–10%). Последним иногда сформированы зоны окварцевания.

Весьма показательны материалы по распределению гидротермального доломита в породах баженовской свиты скв.138, которые базируются на результатах рентгенофазового анализа природных образцов (рис. 13-15).

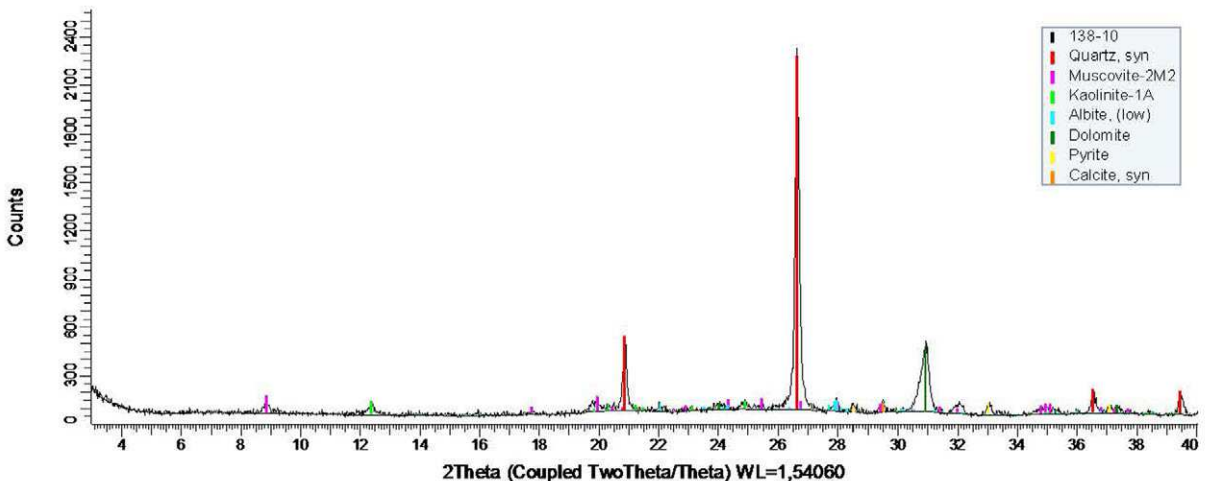
Больше всего доломита (27,2%, обр. 138-10) в микроводорослевой альгинитовой битуминозной и в глинисто-альгинитовой битуминозной (11,6%, обр. 138-9) породах. Значительно меньше этого минерала в битуминизированном известняке (4,6%, обр. 138-8) и глине битуминозной: 2,5%, обр.



**Рис. 13. Валовый минеральный состав битуминозной глинисто-альгинитовой породы (без содержания рентгеноаморфного битумного вещества).**

**Рентгенофазовый полуколичественный анализ**

Баженовская свита. Пальяновский лицензионный участок



**Рис. 14. Валовый минеральный состав битуминозной микроводорослевой альгинитовой породы (без содержания рентгеноаморфного битумного вещества).**  
**Рентгенофазовый полуколичественный анализ**

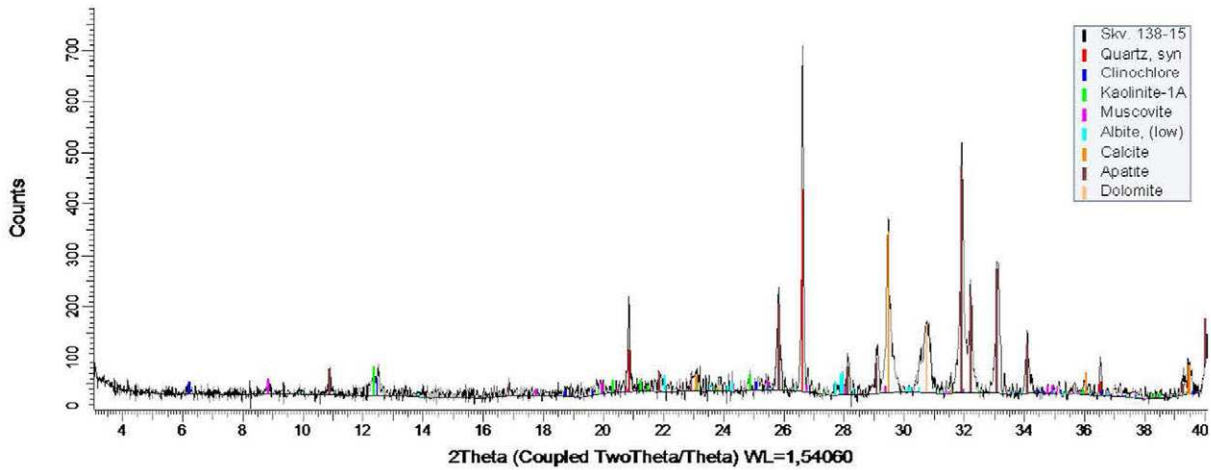
Баженовская свита. Пальяновский лицензионный участок

138-11 и 1,8%, обр. 138-12. Из приведенных данных следует, что новообразованный доломит предпочтительнее всего аккумулируется в отложениях, максимально богатых водорослевым материалом, претерпевшим битуминизацию.

Особый интерес представляют фосфориты и фосфатно-известковые породы, обнаруженные как в баженовской, так и в абалякской свитах.

Фосфорит с доломитом в баженовской свите вскрыт скв.138 на глуб. 2785,9 м (обр. 138-5). Основными минералами пород являются апатит (60–65%) и доломит (20–25%). Апатит присутствует в дисперсном виде в форме ооидов (псевдооолитов) с многочисленными концентрами размером от 0,04×0,08 до 0,12×1,08 мм. Реже отмечаются оолиты с одним фосфатным концентром, полости которых в различной степе-





**Рис. 15. Валовый минеральный состав известково-фосфатной породы (без содержания рентгеноаморфного битумного вещества). Рентгенофазовый полуколичественный анализ.**

Абалакская свита. Пальяновский лицензионный участок

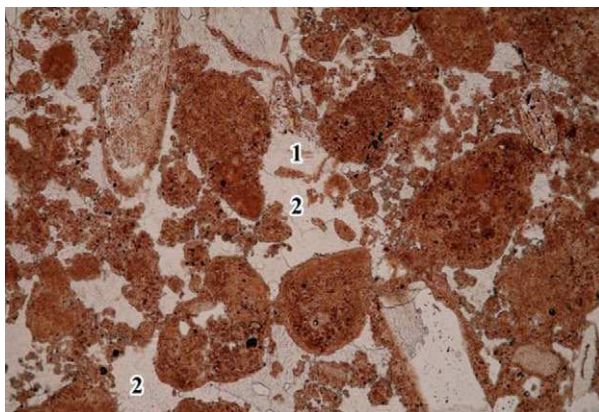
ни заполнены аутигенным доломитом. Промежутки ооидов также залечены зернистым агрегатом доломита и ангидрита (3–5%) (рис. 16). Во вмещающей ооиды массе часто наблюдаются идиоморфные кристаллы или неправильные зерна вторичного кварца (2–3%).

В абалакской свите фосфатно-известковая порода вскрыта скв.138 на глуб. 2819,7 м (обр. 138-15).

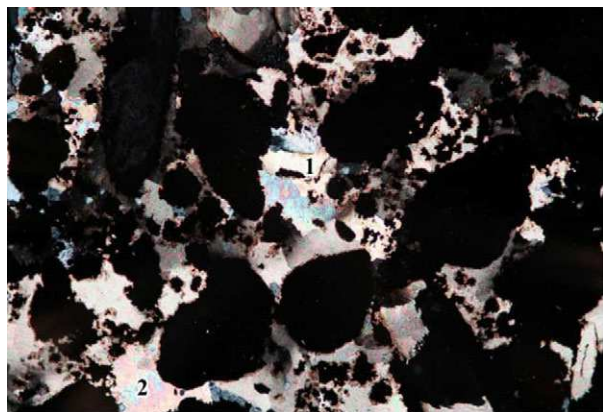
Основными минералами пород являются апатит (35–40%) и кальцит (30–35%). В меньшем количестве присутствует анги-

дрит (10–15%), пирит (5–10%) и каолинит (5–10%). Матриksom породы является буровато-желтый колломорфный фосфат, в значительной степени насыщенный кристаллическим кальцитом с размером зерен от 0,008 до 0,120 мм. Большая часть выделений кальцита в массе фосфата имеет нечеткие ажурные очертания. Реже наблюдаются округлые или волокнистые включения кальцита и ангидрита, а также сгустковые и фрамбоидальные скопления пирита.

Основная часть породы разбита сетью трещин (от 0,008 до 1,000 мм в шлифе), за-



а



б

**Рис. 16. Фосфорит (ооиды) с доломитом (1) и ангидритом (2) в баженовской свите**

Пальяновский лицензионный участок  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+

полненных новообразованными кальцитом и ангидритом. Участками прослеживается ангидритизация кристаллов кальцита. Часто наблюдается выщелачивание этих минералов с образованием пустот, залеченных каолинитом (рис. 17).

Каолинит также заполняет линзовидные участки размером от  $0,4 \times 1,5$  до  $0,6 \times 5,0$  мм.

По результатам рентгенофазового анализа природных образцов (рис. 15) в этой породе отмечается также вторичный доломит, содержание которого составляет 11,6%. Присутствие апатита, находящегося в виде дисперсных коломорфных образований, названных при описании шлифов фосфатом, подтверждено рентгеноструктурными исследованиями (рис. 15).

Приведенные данные свидетельствуют, что особенностью эпигенетической карбонатизации бажено-абалакского комплекса скв.138 является следующее.

1. Аутигенная доломитизация установлена преимущественно в отложениях баженовской свиты. Причем вторичный доломит накапливается в больших количествах в тех породах, которые обогащены водородоносным материалом, испытавшим битуминизацию.

Развитие наложенной доломитизации осуществляется в фосфорите, где апатит присутствует в форме ооидов (псевдооолитов).

Известняки баженовской свиты испытывают слабую вторичную кальцитизацию.

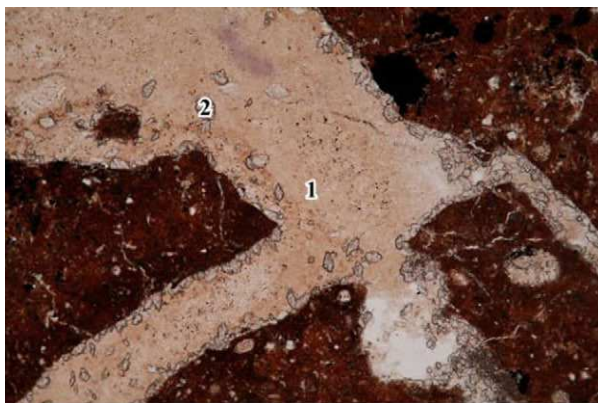
2. Проявление аутигенной кальцитизации и доломитизации отмечается в фосфорите абалакской свиты, где апатит находится в коломорфном виде (не образует ооидов).

Основная часть абалакского фосфорита разбита сетью трещин, заполненных новообразованными кальцитом, ангидритом, каолинитом.

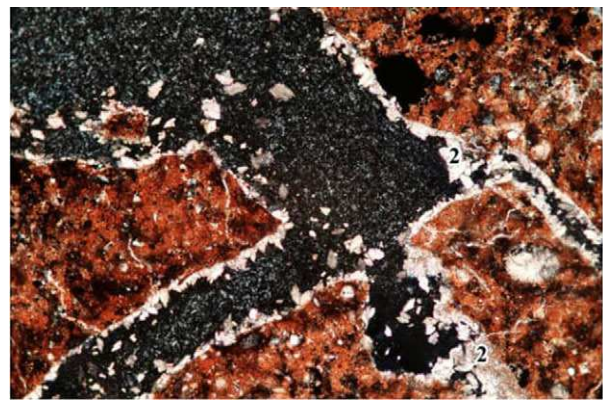
3. При таком развитии вторичной карбонатизации и сопутствующей минерализации бажено-абалакского комплекса продуктивность скв.138 оценивается нефтепритоком с дебитом более 20 т/сут.

Скважина 158 расположена в ~ 160 м от ближайшего субмеридионального разлома.

Исследования в шлифах отложений бажено-абалакского комплекса, вскрытого скв.158, наряду с другими изменениями выявили аутигенную карбонатизацию, которая коснулась битуминозных отложений баженовской свиты, а также известняков КС абалакской свиты (рис. 2). Рассмотрим под-



а



б

**Рис. 17. Трещина, залеченная каолинитом (1), пришедшим на смену кальциту (2) в фосфатно-известковой породе абалакской свиты**

Пальяновский лицензионный участок  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+

робнее развитие этого процесса в различных типах пород и сопоставим полученные наблюдения с продуктивностью скважины.

В баженовском разрезе проявления вторичной карбонатизации можно проследить в битуминозной породе (обр. 158-2, глуб. 2904,8 м). Матриксом породы является слегка буроватое изотропное вещество (коллоальгинит, кероген (?), 60–65%) со слабо выраженной микроводородослевой структурой, неравномерно насыщенное углефицированными обрывками водорослей. На этом фоне наблюдается масса мельчайших (0,008–0,016 мм, редко до 0,040 мм) бесцветных включений вторичных минералов: ангидрита (20–25%), доломита (5–10%), кварца (3–5%). Они довольно равномерно распределены в матриксе (рис. 18). В ангидрит-доломитовых агрегатах иногда прослеживается кокколитоидная структура.

В абалакских отложениях встречены известняки КС на глуб. 2910,9 м (обр. 158-5) и на глуб. 2912,1 м (обр. 158-6). Породы сложены в основном кальцитом с содержанием минерала 65–70% и 75–80% соответственно (рис. 19).

Матрицей обр. 158-5 является мутно-серый пелитоморфный кальцит с ооидами размером от 0,024 до 0,160 мм. Порода разбита сетью трещин (микротрещин)

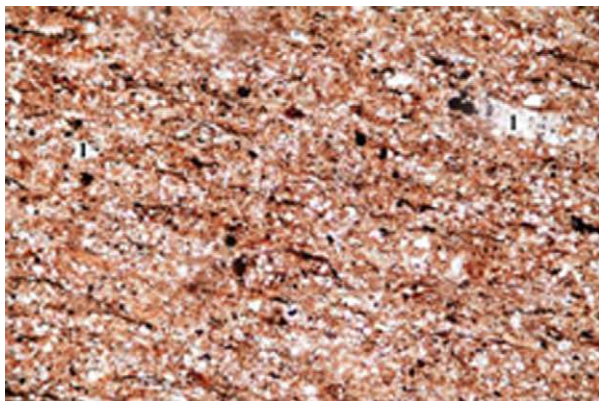
шириной от 0,008–0,200 мм до 1,0–1,5 мм. Трещины заполнены аутигенными минералами: кальцитом, кварцем (5–10%), иногда (предположительно) ангидритом. В наиболее широких трещинах размер зерен вторичного кальцита 0,04–0,12 мм, кварца от 0,04×0,08 мм до 0,16×0,50 мм. Кристаллы кварца отличаются идиоморфизмом. Причем мелкие зерна кварца обычно включены в массу кальцита, а крупные выполняют отдельные трещины полностью.

В массе трещинного кальцита отмечают мелкие (до 0,12 мм) гнезда каолинита.

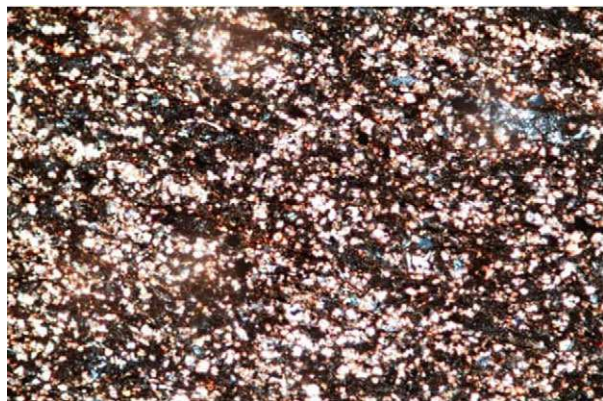
В трещиноватом известняке КС (обр. 158-6) вторичные изменения такого же плана.

Приведенные результаты петрографических наблюдений показали, что характерной особенностью наложенной карбонатизации бажено-абалакского комплекса скв.158 является следующее.

1. Развитие эпигенетической доломитизации отмечается только в битуминозной породе баженовской свиты, где она довольно равномерно преобразует матрикс.
2. В известняках КС абалакской свиты установлено формирование вторичного кальцита по трещинам.
3. Указанные особенности наложенной карбонатизации бажено-абалакского



а



б

**Рис. 18. Мельчайшие кристаллики ангидрита, доломита и кварца в битуминозной породе**

Баженовская свита. 1 – кварц-халцедон. Пальяновский лицензионный участок

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

комплекса сопряжены с продуктивностью скв.158, которая оценивается нефтепритоком с дебитом более 20 т/сут.

*Изменения пород*

*в зонах разрывных нарушений*

Преобразование пород рассмотрим на материале керна скв.153, которая локализована в точке пересечения субмеридионального и субширотного разломов (табл.).

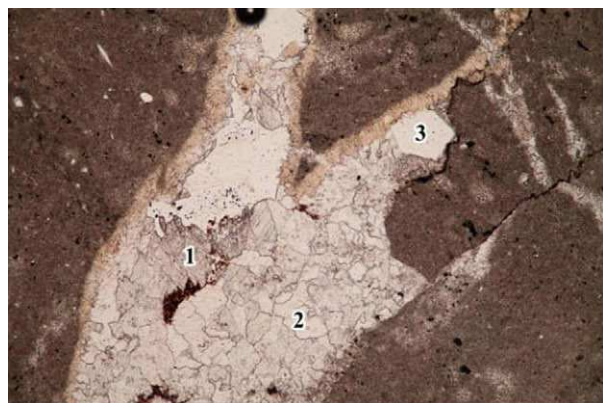
Исследования в шлифах, а также рентгенофазовый анализ отложений бажено-абалакского комплекса, вскрытого скв.153, выявили наложенную карбонатизацию, которая, наряду с другими изменениями, в неодинаковой степени затронула сланцеватую битуминозную породу, а также глинисто-известковые и битуминозные глинисто-карбонатные (битуминозные карбонатные) образования баженовской свиты (рис. 2). Подробнее остановимся на рассмотрении гидротермального процесса в различных типах пород этой свиты и сопоставим полученные наблюдения с продуктивностью скв.153.

В свете изложенного особый интерес представляет тонкопестковая сланцеватая порода, залегающая на глуб. 2656,1 м (обр. 153-3). Основная ее часть выполнена тонко-

чешуйчато-волокнистым глинистым веществом с субпараллельно ориентированным чешуйчато-волокнистым материалом, который в шлифах обладает мономинеральным угасанием. Глинистое вещество послойно интенсивно пропитано нефтью, отчего приобретает полупрозрачное состояние. При этом оно окрашивается в буровато-желтый или красновато-темно-коричневый цвет.

По данным рентгенофазового валового анализа минеральная составляющая породы (за вычетом доминирующего рентгеноаморфного битумного компонента) представлена каолинитом (40,50%), кварцем (22,60%), сидеритом (19,40%) и слюдой (гидрослюдой ?) (17,50%).

Характерной особенностью этих пород является развитие в них прожилков и гнезд, которые сложены аутигенным доломитом и гипсом, находящихся примерно в равных количествах. Петрографические исследования показывают, что гипс присутствует в виде монокристаллов, включающих в себя более мелкие зерна доломита. Крупные выделения гипса обладают прямым угасанием больших участков (полей) со слабо выраженным волокнистым строением.



а



б

**Рис. 19. Известняк КС абалакской свиты с трещиной, залеченной кальцитом (1), ангидритом (2) и кварцем (3)**

Пальяновский лицензионный участок  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+

Зерна доломита более или менее равномерно распределены в кристаллах гипса, иногда со сгущением и уплотнением их массы. Доломит там наблюдается в виде ромбоэдров (0,08–0,12 мм), их разрушенных (?) фрагментов и крошек (0,016–0,040 мм), которые часто срастаются в полусферы и «снопики» размером до 0,320 мм (рис. 20). Иногда в доломите присутствуют включения пирита, собранные в агрегаты размером от 0,016 до 0,080 мм.

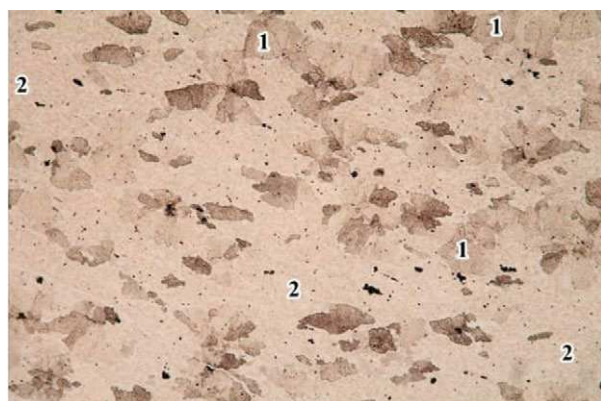
Приведенные данные говорят о том, что вторичная карбонатизация предшествовала сульфатизации, а сам гидротермальный минерогенез протекал в тектонически неодинаковых обстановках: доломитизация осуществлялась при заметном тектоническом оживлении, а сменившее ее при остывании горячих вод гипсообразование – в период относительного тектонического покоя.

Чрезвычайно важно подчеркнуть, что мы впервые на Пальяновском лицензионном участке наблюдаем настолько интенсивный характер вторичного минерогенеза, что он привел к развитию многочисленных гнезд и прожилков гидротермального доломита в трещиноватой битуминозной породе баженовской свиты. До этого мы фикси-

ровали лишь отдельные разреженные или несколько сгущенные «россыпи» этого минерала в матрице недислацированных битуминозных отложений. Такой необычный характер доломитизации обусловлен приуроченностью скв.153 к пересечению разломов, по которым циркулировали высоконагретые растворы.

Еще один участок развития вторичного доломита в баженовском разрезе обнаружен на глуб. 2683,2 м (обр. 153-11). Матрикс доломито-глинисто-известковой породы сложен криптокристаллическим (пелитоморфным) кальцитом и доломитом (в сумме 60–65%) с глинистым материалом (25–30%). Глинистое вещество тонкочешуйчатого габитуса, вероятно, монтмориллонит-гидрослюдистого состава за счет прогрева. В крупных полостях глинистое вещество представлено каолинитом. Иногда оно ассоциирует с вкраплениями кристаллов доломита размером 0,008–0,024 мм и, возможно, ангидрита.

Кроме того, в скважине обнаружены близкие по составу слабо измененные кальцитсодержащие породы. Одна из них битуминозная глинисто-карбонатная порода баженовской свиты вскрыта скв.153 на



а



б

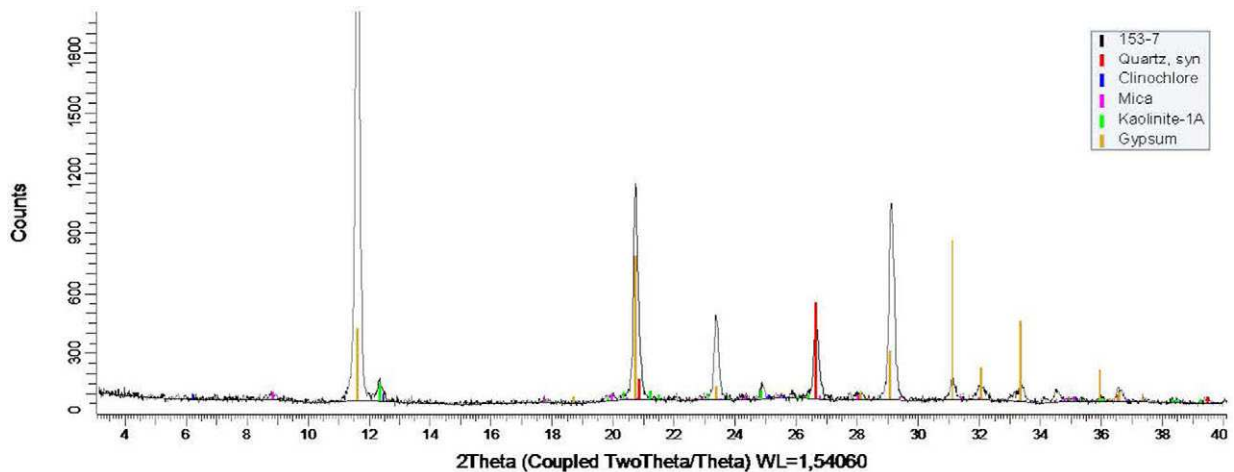
**Рис. 20. Фрагмент гидротермального доломит-гипсового гнезда в битуминозной породе баженовской свиты**

1 – доломит, 2 – гипс. Пальяновский лицензионный участок  
увеличение 100; а – николи ||, б – николи+

глуб. 2665,2 м (обр. 153-7). Порода состоит, главным образом, из кальцита (35–40%) и битума (30–35%). В меньшем количестве присутствуют ангидрит (10–15%), глинистое вещество (5–10%), кварц (3–5%), пирит (3–5%), гипс (2–3%), каолинит (2–3%). Развитие аутигенного гипса в продуктивных баженовских отложениях этой скважины подтверждено рентгенофазовым анализом тонкой (менее 0,001 мм) фракции

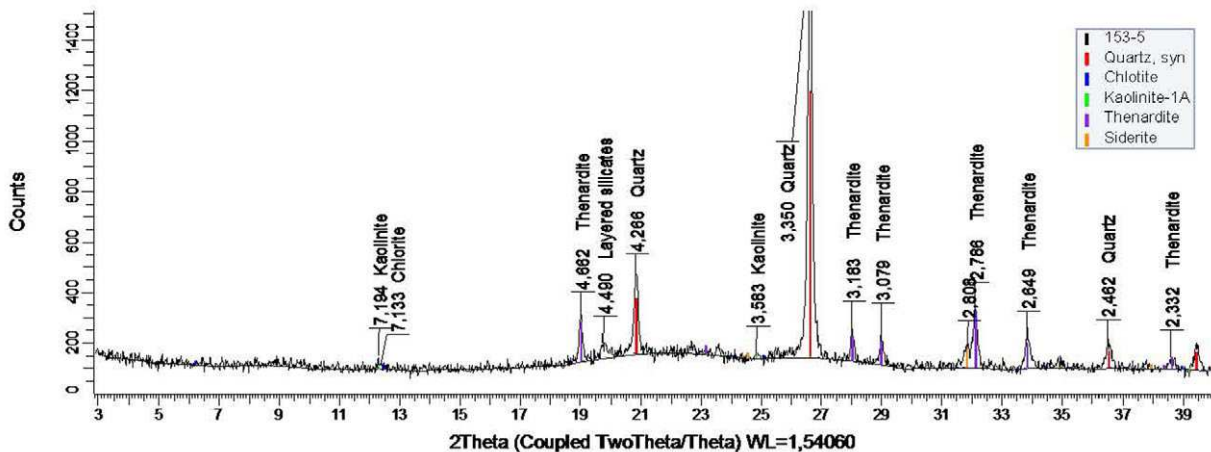
(рис. 21). Этот же анализ тонких фракций битуминозных толщ фиксирует присутствие тенардита (рис. 22). Указанный минерал нами впервые установлен в продуктивных баженовских отложениях Западной Сибири.

В шлифе порода представлена чередующимися между собой слоями, линзами, прожилками кальцита и глинисто-ангидрит-битумового агрегата. Кальцит в основном пелитоморфный с ооидной (кальци-



**Рис. 21. Минеральный состав тонкой фракции (менее 0,001 мм), выделенной из битуминозной глинисто-карбонатной породы (без содержания рентгеноаморфного битумного вещества). Рентгенофазовый полуколичественный анализ**

Баженовская свита. Пальяновский лицензионный участок



**Рис. 22. Минеральный состав тонкой фракции (менее 0,001 мм), выделенной из битуминозной породы (без содержания рентгеноаморфного битумного вещества). Рентгенофазовый полуколичественный анализ**

Баженовская свита. Пальяновский лицензионный участок

сферовой) текстурой. Часть кальцисфер выщелочена и замещена зернами гипса и кварца (0,016–0,040 мм), иногда идиоморфного габитуса.

Гнезда каолинита размером от 0,08 × 0,08 мм до 0,44 × 1,00 мм встречаются на участках растворения кальцита, в том числе в межзоидном пространстве. Реже там отмечается ангидрит в виде неправильных частиц (от 0,008 до 0,024 мм) и их сростков (до 0,040 мм).

Карбонатные прослои в различной степени пронизаны прожилками и волокнами битума. Переход кальцитовых слоев в битумовые бывает как постепенным, так и резким.

В расположенной по соседству битуминозной глинисто-карбонатной породе (обр. 153-8, глуб. 2666,6 м) наблюдается несколько большее содержание битума (50–55%) и меньшее (25–30%) кальцита. Значительно ниже количество ангидрита (2–3%) по сравнению с предыдущим обр. 153-7. Весьма примечательно, что в обр. 153-8, по данным рентгенофазового валового анализа, установлен вторичный доломит в количестве 7,2%.

Отсутствие вторичного доломита в кальцитсодержащей породе обр. 153-7, вероятно, свидетельствует о том, что участок разреза, где отбиралась проба, не испытал воздействия нагретых магнийсодержащих растворов, циркулировавших по проницаемым зонам.

Таким образом, карбонатизация в бажено-абалакском комплексе скв.153 имеет свои особенности. Они сводятся к следующему.

1. Процесс карбонатизации, в первую очередь, выражался в интенсивной гидротермальной доломитизации и нами зафиксирован только в баженовских отложениях.

2. В тонкопестковой битуминозной породе гидротермальные доломит и гипс образовывали многочисленные прожилки и

гнезда. Причем доломитизация осуществлялась в обстановке повышенной тектонической напряженности и фиксировала наиболее проницаемые направления движения нагретого флюида. При этом в известковой породе она захватывала матрикс, то есть носила гидротермально-метасоматический характер и протекала «в объеме».

В менее дислоцированных (менее трещиноватых) участках разреза кальцитсодержащие породы вторичной доломитизации, видимо, не испытали по причине отсутствия гидротермальной проработки.

3. Масштабная доломитизация и сульфатизация битуминозных отложений, осуществлявшаяся в тектонически активной зоне, характеризуется максимальной продуктивностью бажено-абалакского комплекса Пальяновской площади (из числа нами исследованных скважин). Это доказывается нефтепритоком из скв.153 с дебитом более 80 т/сут.

#### *Заключение*

Приведенные данные свидетельствуют, что возникающие (оживляющиеся) в период тектоногидротермальной активизации разрывные нарушения контролируют минерагенез и продуктивность скважин. Наиболее информативным с точки зрения прогнозных оценок на УВ является вторичное минералообразование в высокобитуминозной (высокоуглеродистой) части бажено-абалакского комплекса. При этом температура и давление, отвечающие главной зоне нефтегазообразования, могли возникать на любых глубинах (рис. 2) в геологически короткий (поздний мел-ранний палеоген) отрезок времени [5, 6].

Район расположения скв.601 Р, 611 Р, 603 Р и 600 Р характеризуется относительно редкой сетью заложения разломов преимущественно меридионального простирания [10]. При этом наиболее удаленная от разрывных нарушений скв.601 Р является бесприточной. Для нее характерно развитие

кальцита *in situ* вместо доломита. Остальные несколько приближенные к разломам скважины – низкодебитные. В них появляется доломит *in situ* наряду с кальцитом. Преобразования в большей степени отвечают катагенезу, нежели гидротермальным изменениям.

Скважины 130, 138 и 158 сосредоточены на участке некоторого сгущения сети субмеридиональных и субширотных разломов [10]. Здесь скважины становятся среднедебитными. В высокоуглеродистых толщах, вскрытых этими скважинами, наблюдается рост содержания доломита *in situ* и падение концентрации кальцита *in situ*. Фиксируется появление прожилкового доломита. Преобразования сопряжены с нарастающим гидротермальным процессом.

Картина радикально меняется в зоне пересечения разрывных нарушений: там лока-

лизована высокодебитная скв.153. Для нее характерно интенсивное гидротермальное преобразование всех и в первую очередь проницаемых (трещиноватых) пород. В высокоуглеродистых отложениях отмечаются крупные скопления вторичного доломита, вытеснившего гидротермальный кальцит, и сульфатов.

Для прогнозных оценок на УВ-сырье необходимо вести исследования характерных особенностей трещиноватости высокобитуминозных толщ параллельно с выявлением в них зональности эпигенетических преобразований. Непременным условием должен быть учет по меньшей мере двух факторов: удаленности скважин от разломов и относительной разреженности (или сгущения) разрывных нарушений на территории заложения скважин.

*Авторы статьи благодарны профессору В. П. Морозову и его коллегам (кафедра минералогии и литологии института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета) за проведенные рентгенофазовые исследования пород бажено-абалакского комплекса.*

#### Л и т е р а т у р а

1. 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
2. Брехунцов А. М., Нестеров И. И. Нефть битуминозных глинистых, кремнисто-глинистых и карбонатно-кремнисто-глинистых пород //Вестник ЦКР Роснедра. – 2010. – № 6. – С. 13–17.
3. Условия формирования и методика поиска нефти в аргиллитах баженовской свиты /Ф. Г. Гурари, Э. Я. Вайц, В. Н. Меленевский и др. – М.: Недра, 1988.
4. Кольчугин А. Н., Морозов В. П., Королев Э. А. Факторы, определяющие вторичные изменения карбонатных пород (на примере залежей нефти в карбонатных отложениях юго-востока республики Татарстан) //Минеральные индикаторы литогенеза: материалы Росс. сов-я с международ. участием. – Сыктывкар: Геопринт, 2011. – С. 268–270.
5. 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.
6. Коробов А. Д., Коробова Л. А., Морозов В. П. Линейные зоны вторичной доломитизации пород-коллекторов Тевлинско-Русскинского месторождения – индикаторы путей миграции нефтеносного флюида //Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 9. – С. 52–56.
7. Краснов С. Г., Дорофеева Т. В., Лебедев Б. А. Геологические условия нефтеносности и природы емкости коллекторов баженовской свиты Западной Сибири //Условия нефтегазоносности и



особенности формирования месторождений нефти и газа на Западно-Сибирской плите. – Л.: ВНИГРИ, 1980. – С. 115–127.

8. Предтеченская Е. А. Минералогические аномалии как индикаторы процессов флюидомиграции в юрских нефтегазоносных отложениях Западно-Сибирской плиты // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории: материалы VII Всеросс. литологического сов-я. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2013. – Т. 2. – С. 400–405.

9. Решение 6-го межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. Объяснительная записка. – Новосибирск: изд-во СНИИГГ и МС, 2004. – 37 с.

10. Особенности геологического строения баженовско-абалакского комплекса на примере Пальяновской площади Красноленинского месторождения / К. В. Стрижнев, М. А. Черевко, А. Н. Ситников и др. // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 12. – С. 24–27.

11. Хабаров В. В., Барташевич О. В., Нелепченко О. М. Геолого-геофизическая характеристика и нефтеносность битуминозных пород баженовской свиты Западной Сибири // Геология, методы поисков и разведки месторождений нефти и газа: (Обзор ВИЭМС). – М., 1981.

12. Халимов Э. М., Колесникова Н. В., Морозова М. Н. Оценка экономической эффективности освоения запасов нефти в баженовской свите // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2004. – № 4. – С. 71–79.

УДК 622.337.2 (470.44)

## ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ВЕРХНЕЮРСКИХ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ ВОЛЖСКОГО СЛАНЦЕНОСНОГО БАСЕЙНА

© 2018 г. В. С. Илясов<sup>1</sup>, В. Н. Староверов<sup>2</sup>, Е. В. Воробьева<sup>2</sup>

1 – ООО "НьюТек Сервисез"

2 – АО "Нижне-Волжский НИИ геологии и геофизики"

*Статья посвящена изучению геохимической характеристики органического вещества верхнеюрских горючих сланцев Волжского бассейна. Рассмотрены основные геохимические параметры, полученные методом Rock-Eval, влияющие на качество горючих сланцев, изучена закономерность изменения анализируемых параметров по вертикали, проанализированы данные, полученные по методу BULK ROCK.*

Одним из важнейших показателей горючих сланцев, влияющих на технологическое качество продукта, является геохимическая характеристика как органических, так и неорганических компонентов.

При исследованиях органической составляющей приоритет отдается анализу таких параметров, как  $C_{орг}$  (ТОС), генерационный потенциал, степень термической зрелости, водородный показатель и содержание  $S_2$  (количество углеродных продуктов, полу-

ченных при крекинге керогена в интервале 300–600 °С) [3].

Углеродистые сланцы, изученные в центральных и северных районах Русской плиты [4], характеризуются нестабильными содержаниями ОВ. Количество  $C_{орг}$  в их составе колеблется от 5,8 до 24,4% и в целом значительно понижено, по сравнению с месторождениями южных районов на территории Самарской и Саратовской областей. Количество ОВ также зависит от