

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕКТОНО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

М.Ю. Зубков (ООО «ЗапСибГЦ»)

Первоначально при описании пород баженовской свиты (БС) использовался термин «битуминозные аргиллиты» [5, 6, 14, 16, 21]. Однако затем выяснилось, что эти отложения богаты биогенным аутигенным кремнеземом, поэтому они чаще относятся к силицитам, а не аргиллитам. То есть их следовало называть «битуминозные силициты». Тем не менее, без серьезного обоснования, подтвержденного детальными геохимическими исследованиями, вместо термина «битуминозный» в настоящее время молодые «баженоведы» стали использовать обозначение «керогеновый», как будто «старая гвардия» специалистов, занимавшая изучением пород, слагающих БС, в 70-80-е годы прошлого века была не способна отличить одно от другого.

Поэтому цель настоящей работы – разобраться, чем на самом деле представлено ОВ, входящее в состав БС и каким образом тектоно-гидротермальные процессы повлияли на его преобразование в битум (Бит) и жидкие, а также газообразные углеводороды (УВ).

Прежде чем перейти к изложению полученных результатов, сделаем некоторые пояснения в отношении используемых в настоящей статье терминов, так как в одни и те же термины различные исследователи вкладывают неодинаковый смысл.

Битум (Бит) имеет несколько различных значений, поэтому, чтобы избежать путаницы и неверного понимания, излагаемого в настоящей статье материала, договоримся, что под Бит понимается эпигенетическое его происхождение по отношению к вмещающей его породе (то есть этот термин имеет **генетическое** содержание). Если он образовался из исходного ОВ ($ОВ_{исх}$), содержащегося в той же породе, то это автохтонная разновидность Бит, которая характерна для БС. Растворимость в органических растворителях не является его обязательным признаком [4]. То есть в настоящей статье под термином Бит понимается эпигенетический продукт, образующийся именно из $ОВ_{исх}$, входящего в состав БС и не являющийся производным от нефти, как это понимается в других трактовках этого термина. Бит может быть жидким, вязким и твердым, в зависимости от его состава (содержания и соотношения в нем УВ, смол, асфальтенов, карбенов и карбоидов).

Кероген имеет два значения. *Первое*, предложенное его автором – Стивом Брауном (1912), это – ОВ горючих сланцев, то есть представленное *сапропелем*, в отличие от углей, состоящих из *гумусового* типа ОВ. То есть как и подавляющее большинство геологических определений, термин кероген первоначально имел **генетический** смысл, а затем приобрёл *второе* значение, имеющее **аналитическое** содержание (ОВ, нерастворимое в органических растворителях), потеряв

генетическую основу [4]. Если проводить аналогию с другим **аналитическим** термином – битумоид (растворимая в органических растворителях часть ОВ), то и кероген, как нерастворимая в органических растворителях часть ОВ, должен тогда быть хлороформенным, бензольным, спирто-бензольным и так далее, в зависимости от того, в каком типе растворителя он не растворяется, а не просто керогеном (без конкретизации типа растворителя). Если же подразумевается его **генетический** смысл, то по аналогии с углями он должен характеризоваться определённым *мацеральным* составом, подтверждающим его морское или озёрное, а не террагенное происхождение.

По мнению составителей Геологического словаря, этот термин в современной его трактовке является излишним и лишь вносит путаницу в существующую терминологию [4], с чем трудно не согласиться. Поэтому в настоящей публикации этот термин не используется.

Нафтиды – это **генетический** термин, он используется в расширенном академиком А.Э. Конторовичем понимании, включающем все углеводородные и гетероатомные соединения, образующиеся из $ОВ_{исх}$.

Результаты исследований

Бит хорошо виден на поверхности трещин в силицитах (рис. 1а, б), а также на поверхности трещин и в кавернах, присутствующих в карбонатах (рис. 1в, г).

На прямую связь Бит с гидротермальными процессами указывает присутствие вместе с ним разнообразных гидротермальных минералов и их ассоциаций на поверхности трещин и в кавернах кремнистых и карбонатных пород (рис. 2).

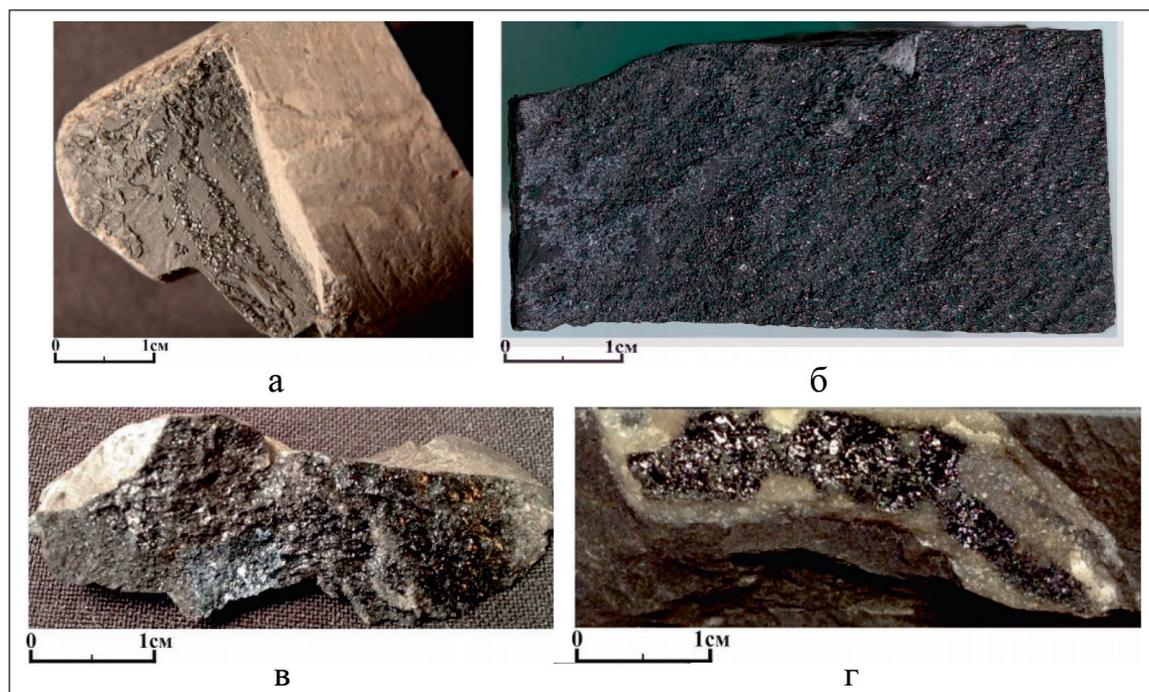


Рис. 1. Битум на поверхности трещин (а, б, в) и в каверне (г);
а, б – силициты; в, г – карбонаты

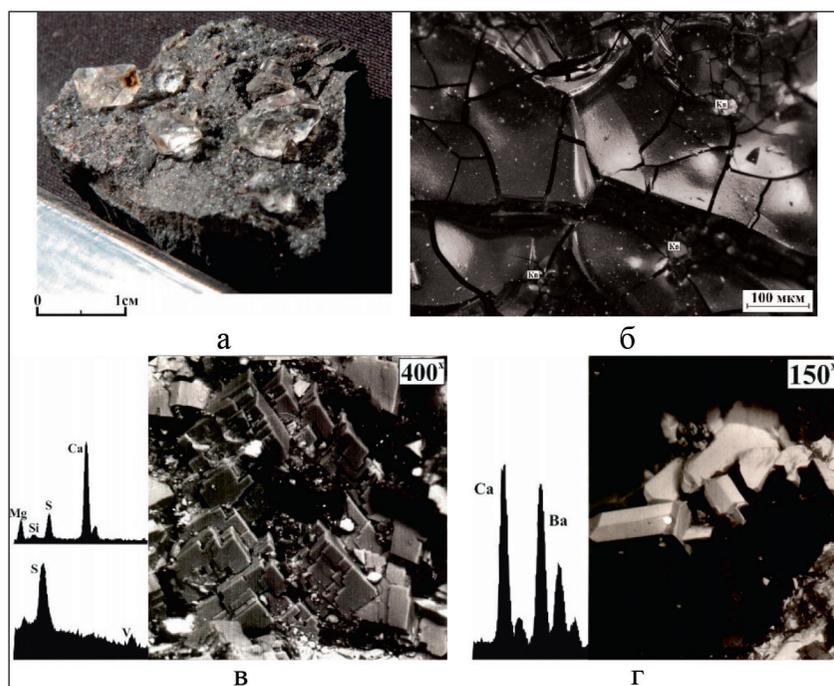


Рис. 2. Минералы и тиобитум гидротермального происхождения на поверхности каверн и трещин: а, б – кристаллы кварца; в – доломита; г – баритокальцита

Причем, судя по элементному спектру, полученному с поверхности Бит, он содержит в своем составе серу, то есть относится к классу тиобитумов (рис. 2в). Кроме серы в Бит отмечается и присутствие ванадия, то есть это ванадиеносный тиобитум (рис. 2в).

Бит в отложениях свиты выделяется в виде линз и прослоек, имеющих различные размеры и толщину (рис. 3а-в). Причем вновь обращает внимание высокое содержание в его составе серы (см. рис. 3б). На поверхности пленок Бит часто наблюдаются очень мелкие многочисленные кристаллики самородной серы (рис. 3г). В прозрачных петрографических шлифах также хорошо видны многочисленные мелкие кристаллы серы, выделившиеся из Бит в процессе его охлаждения, о чем более подробно будет сказано позднее.

При большом увеличении на поверхности кристаллов гидротермального кварца можно наблюдать своеобразную «такыроподобную» микротекстуру, обусловленную присутствием на них очень тонкой пленки метаморфизованного тиобитума (рис. 3е).

Бит также очень хорошо виден в прозрачных петрографических шлифах, где он пропитывает все поровое пространство в радиолярите (рис. 4а), присутствует в виде включений в халцедоновых стяжениях (рис. 4б) или в форме ритмично-зональных включений в агатовидном халцедоне (рис. 4в). В карбонатных разновидностях Бит заполняет трещины (рис. 4г), пропитывает каверны, в которых присутствуют кристаллы гидротермального кварца и каолинита (рис. 4д, е).

Пиролитические исследования подтверждают тот факт, что Бит, содержащийся в поровом пространстве образцов БС и выделившийся в форме свободной фазы, – это одна и та же субстанция, так как их пирогаммы полностью

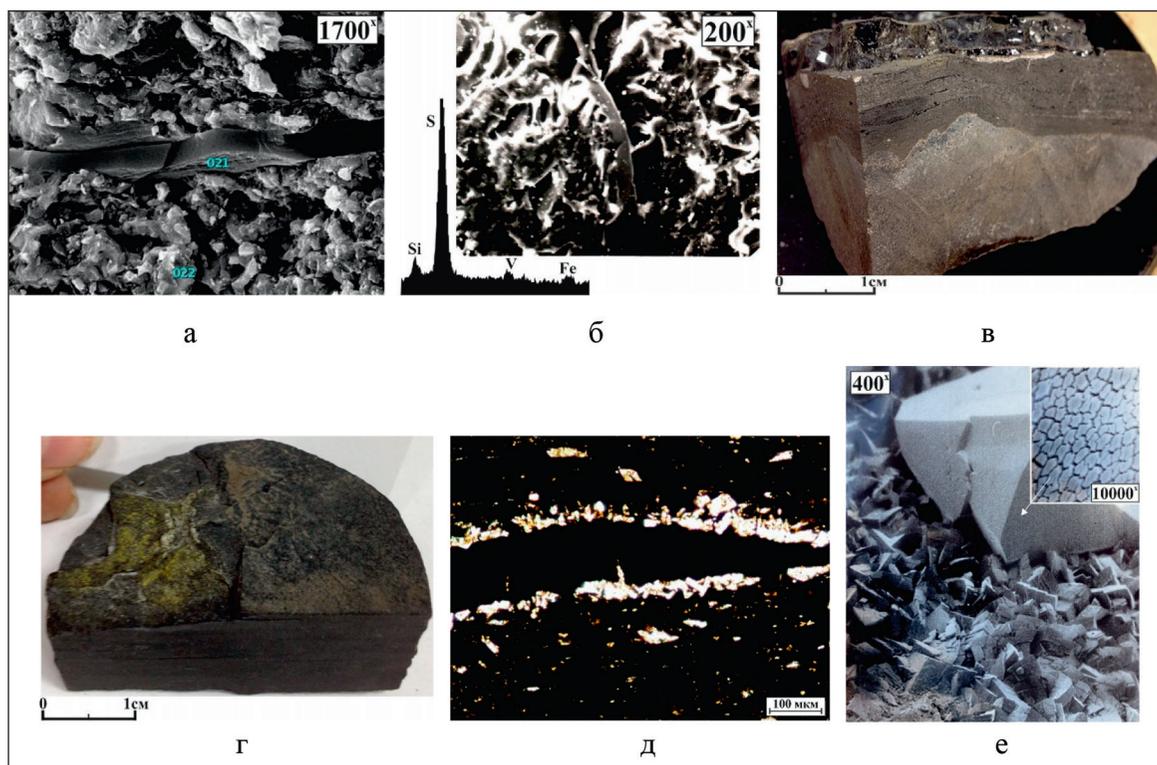


Рис. 3. Выделения тиобитума различного размера и морфологии (а-в) и микрокристаллы самородной серы (г, д), а также агрегаты битума на кристаллах гидротермального магнезиального кальцита и тонкие пленки битума с такыроподобной микротекстурой (см. врезку) на кристалле гидротермального кварца (е)

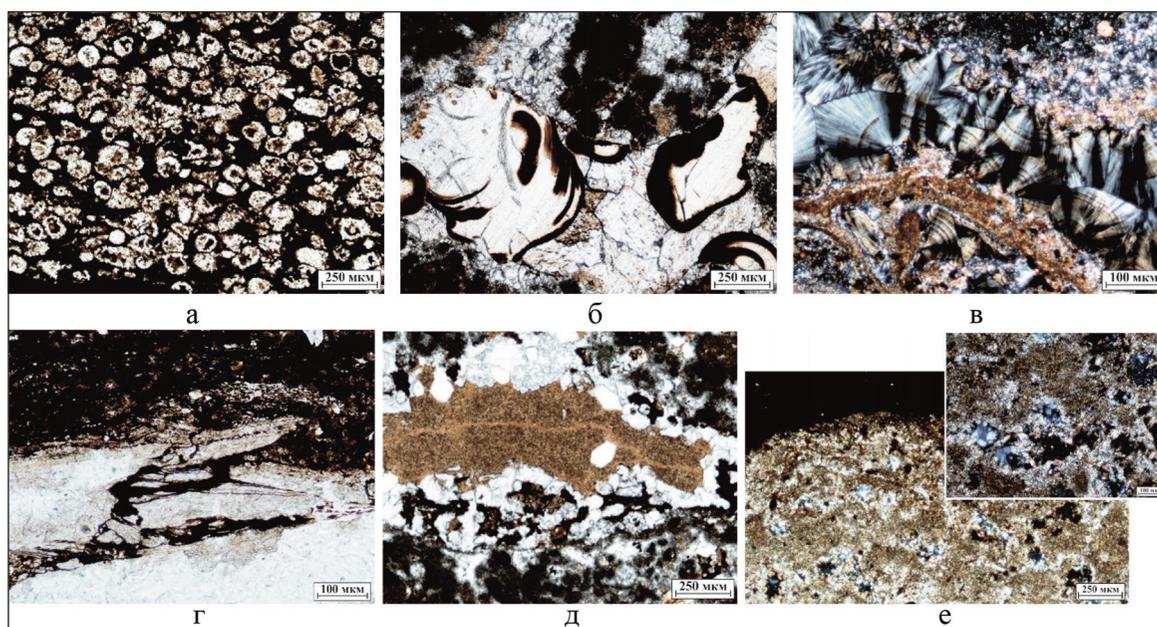


Рис. 4. Фотографии прозрачных петрографических шифов с битумом в кремнистых (а-в) и карбонатных (г-е) породах (на врезке снимка (е) приведен увеличенный фрагмент шифа)

идентичны (рис. 5а). Следует также обратить внимание на очень важный факт, заключающийся в том, что на пирограммах Бит и образца присутствует небольшой пик S_1 , который, по мнению многих специалистов, появляется благодаря присутствию УВ, находящихся в свободном и адсорбированном состояниях [3, 15, 17, 19, 23]. Однако на спектре ЯМР, полученном от Бит, отсутствует сигнал, обусловленный присутствием в Бит свободных УВ. Следовательно, УВ, входящие в состав пика S_1 , находятся в Бит в форме «твердого» раствора [8].

Действительно, если сравнить ЯМР спектры радиоляритов и силицитов, отобранных в разрезе одной и той же скважины, то они резко отличаются друг от друга (рис. 6). Во-первых, радиоляриты, в отличие от силицитов, хорошо выделяются по интенсивной люминесценции в ультрафиолетовом свете, что свидетельствует о наличии в их поровом пространстве свободных УВ. Во-вторых, их пористость по данным ЯМР почти в три раза больше, чем у силицитов, а сами поры в радиоляритах также гораздо крупнее, чем в силицитах (см. рис. 6).

Но здесь следует остановиться и обратить внимание на очень важный факт, который заключается в том, что если определить площадь пор в прозрачных

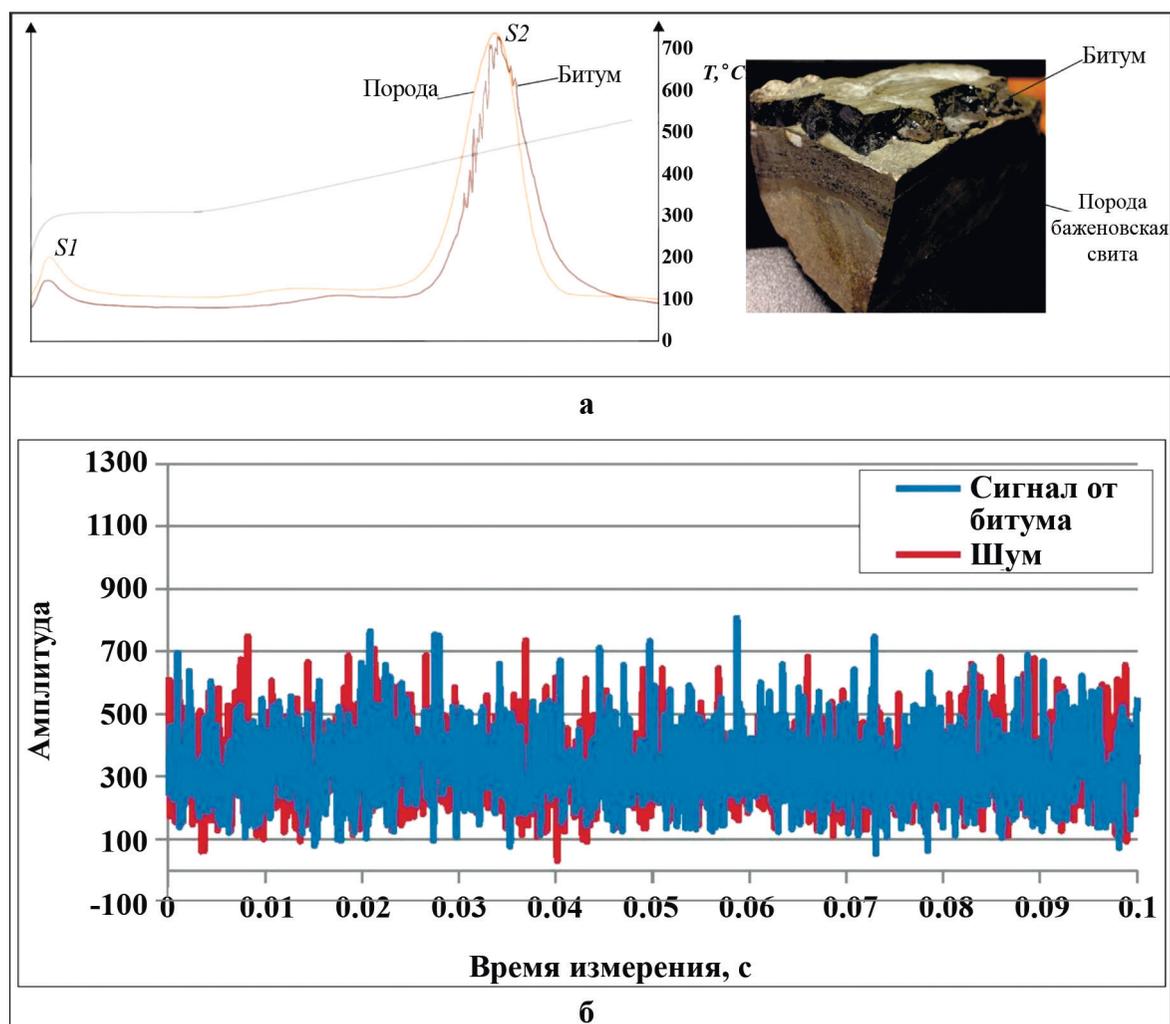


Рис. 5. Пирограммы битума и породы баженновской свиты, а также их фотография (а) и сигналы ЯМР от битума и шума (б)

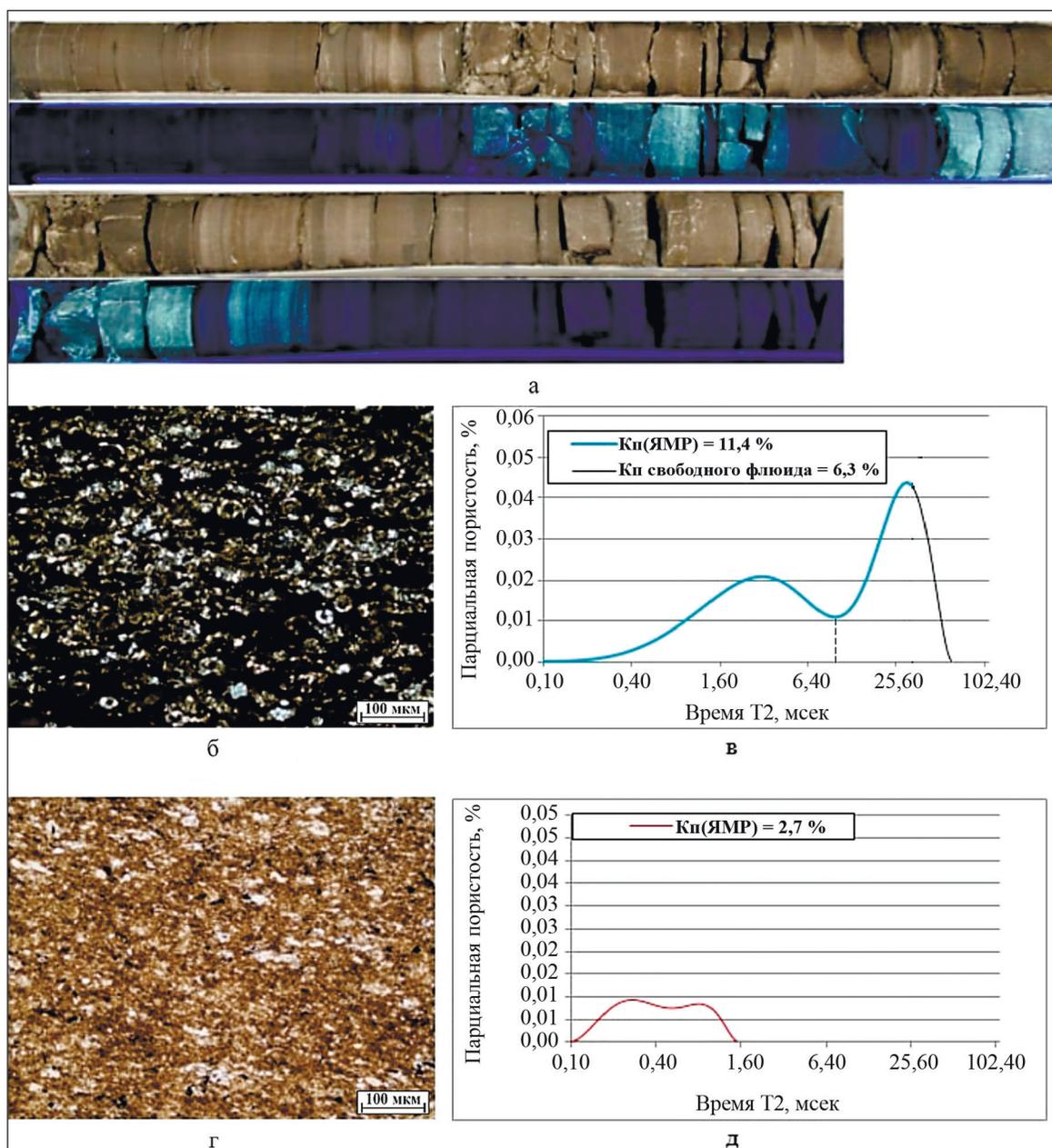


Рис. 6. Силициты и радиоляриты (Тортасинский ЛУ): а – фотографии полноразмерного керна, снятые в «белом» и ультрафиолетовом свете; фотографии прозрачных петрографических шлифов: б – радиолярита, г – силицита; спектры ЯМР: в – радиолярита, д – силицита

петрографических шлифах с использованием специальной программы анализа видеозображений, то окажется, что величина пористости в радиоляритах может достигать 28-30 % (рис. 4а). Однако по данным ЯМР объем свободных УВ в поровом пространстве радиолярита составляет всего 11,4 %, что в 2.6 раза меньше его пористости, занятой бурым Бит (рис. 6в). Следовательно, эти УВ присутствуют в поровом пространстве радиолярита в составе Бит в форме истинного раствора, занимая лишь третью часть от объема его порового пространства. Благодаря присутствию УВ в составе Бит в форме истинного раствора этот Бит

имеет вязко-пластичную консистенцию и его можно назвать «нефтебитумом» (рис. 1в, г, рис. 2в, г, рис. 4а, г-е). Бит, в составе которого УВ присутствуют в форме «твердого» раствора или полностью отсутствуют, имеет твердо-хрупкую консистенцию (см. рис. 1а, б, рис. 2а, б, рис. 3в).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в составе рассмотренных образцов, отобранных в пределах Салымского, Маслиховского, Приобского, Тортасинского месторождений, а также Пальяновской, Ем-Еговской, Каменной площадей, Средне-Назымского ЛУ и Баженовского полигона присутствует только Бит и УВ, которые находятся в различных соотношениях друг с другом. Причем совершенно очевидно, что все литологические типы пород, входящие в состав БС, можно условно разделить на два типа. Первый – это породы, богатые $ОВ_{исх}$, которые в результате воздействия на них гидротермальных флюидов (ГФ) генерировали большое количество Бит и УВ, а потому их условно можно назвать генераторами.

Однако из-за высокого содержания в них ОВ и глинистых минералов они обладали слабыми прочностными свойствами, а потому легко уплотнялись под действием литостатического давления и теряли образовавшиеся в них жидкие и газообразные нефти, которые энергично эмигрировали из них в породы-коллекторы. В результате этого возникавшая в них вторичная пористость за счет превращения $ОВ_{исх}$ в нефти уменьшалась, а оставшаяся её часть оказывалась заполненной образовавшимися Бит, имевшими, как уже отмечалось ранее, различную консистенцию – от вязко-пластичной до твердо-хрупкой, обусловленной присутствием или, напротив, отсутствием в их составе УВ.

Пирограмма типичной породы-генератора представлена на рис. 7а. Для этих пород характерным является присутствие на их пирограммах небольшого пика S_1 и, напротив, высокоамплитудного пика S_2 . Вполне вероятно, что УВ, присутствующие в этом образце, находятся в форме «твердого» раствора в составе Бит (см. рис. 7а). Для этого типа пород характерным является небольшая величина отношения $S_1/S_2 \cdot 10^{-2}$, которая для рассматриваемого образца равна 11.4.

По мере повышения содержания УВ в составе Бит отмечается рост пика S_1 и, соответственно, увеличение величины отношения $S_1/S_2 \cdot 10^{-2}$ (рис. 7б-г). Кремнистый известняк является коллектором, в микрокавернах которого присутствует дегазированная нефть с небольшой примесью в её составе Бит, состоящего скорее всего из асфальто-смолистых компонентов (рис. 7г). В этом образце отношение $S_1/S_2 \cdot 10^{-2}$ равно 238,9!

Оценить величины температур гидротермальных флюидов, действовавших на породы БС, позволяют данные по определению температур гомогенизации газовой-жидких включений, присутствующих в кристаллах гидротермального кварца, отобранных из пласта $КС_1$ Салымского месторождения, которые составляют не менее 330 °С (рис. 8а) [9, 10].

С целью проверки возможности образования Бит из $ОВ_{исх}$ были проведены эксперименты с гидротермальными растворами, имевшими температуру от 275 до 390 °С (рис. 8б-е) [11]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что $ОВ_{исх}$ генерирует Бит уже как минимум при 275 °С (рис. 8б). Причем в зависимости от мацерального состава $ОВ_{исх}$ и температуры гидротермального флюида образуются жидко-пластичные или твердо-хрупкие Бит (рис. 8 б-е). Результаты определения элементного состава образующихся из $ОВ_{исх}$ Бит показали, что они

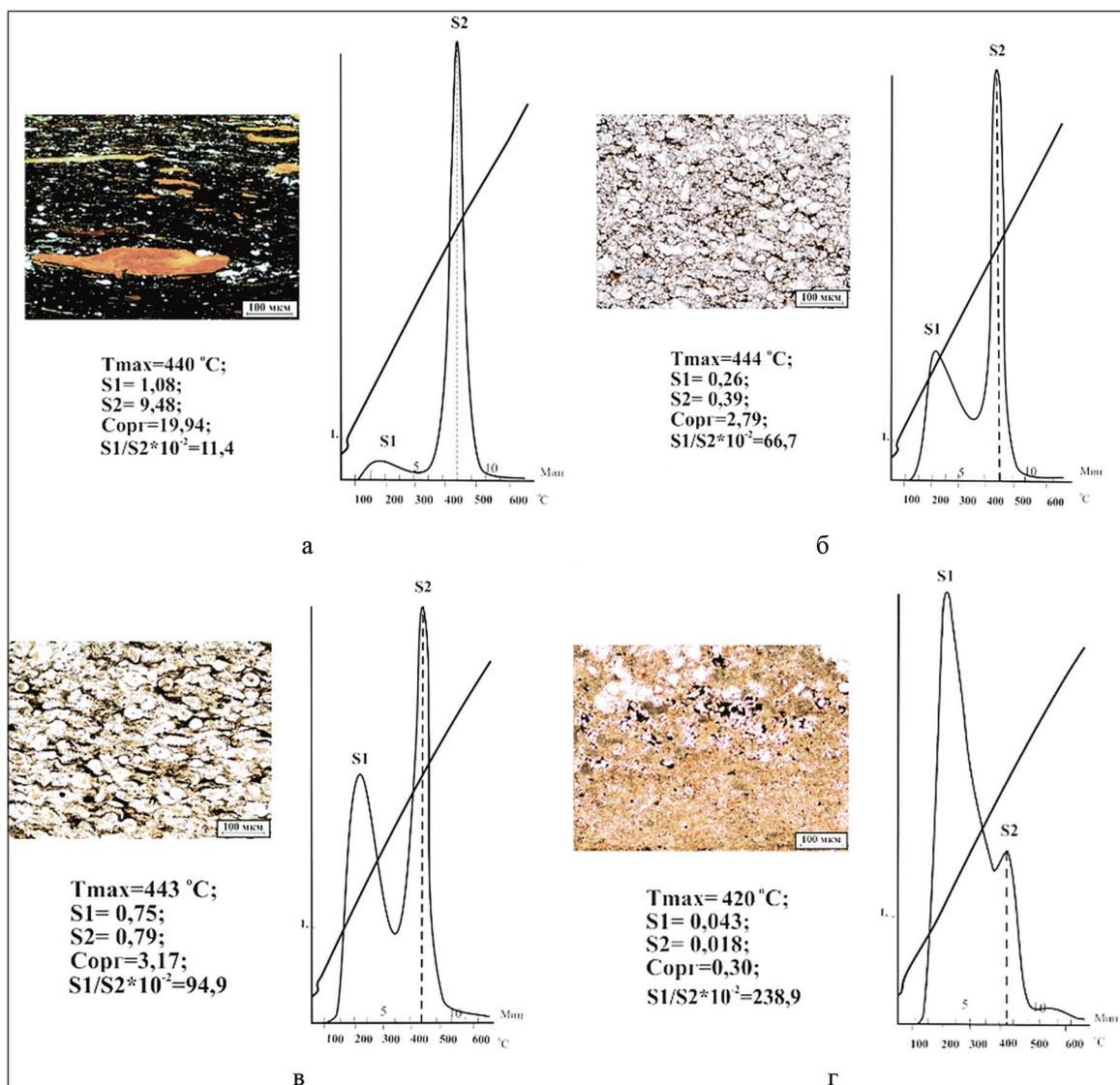


Рис. 7. Литолого-пиролитические характеристики различных типов пород в составе баженовской свиты (Маслиховское месторождение): а – битуминозный кремнистый аргиллит с ихтиодетритом; б – карбонатный радиоларит; в – радиоларит; г – кремнистый известняк

также относятся к классу тиобитумов, как и рассмотренные ранее (рис. 2в, 3б, 8г) [11].

В результате гидротермального воздействия на $ОВ_{исх}$ образуется большое количество газообразных УВ, о чем свидетельствуют многочисленные микропустоты в Бит, оставшиеся от выделившихся из них летучих продуктов (см. рис. 8д, е). Следует обратить внимание на тот факт, что в составе газообразной фазы преобладает не метан, а более тяжелые УВ, включая C_5 и близкие к нему по времени удержания УВ (рис. 9) [11].

С целью уточнения температурного интервала, в котором происходит формирование «твердых» растворов УВ в Бит, проведены эксперименты с битумоидами, извлеченными из пород-коллекторов [8]. Эксперименты проводились

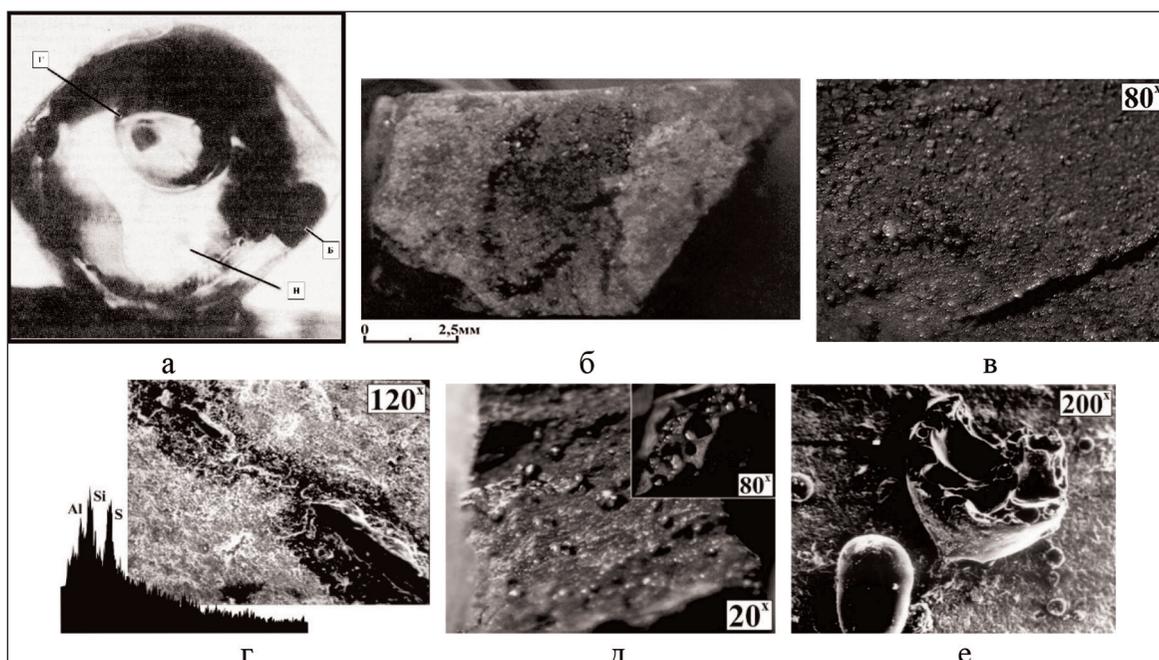


Рис. 8. Трехфазное включение в кристалле гидротермального кварца (а), фотографии поверхности образцов с битумом, образовавшимся из исходного органического вещества в гидротермальных условиях при различных температурах (б – 275 °С); (в – 290 °С); (г – 360 °С); (д и е – 390 °С) и давлении 70 МПа. Условные обозначения: г – газ; н – нефть; б – битум

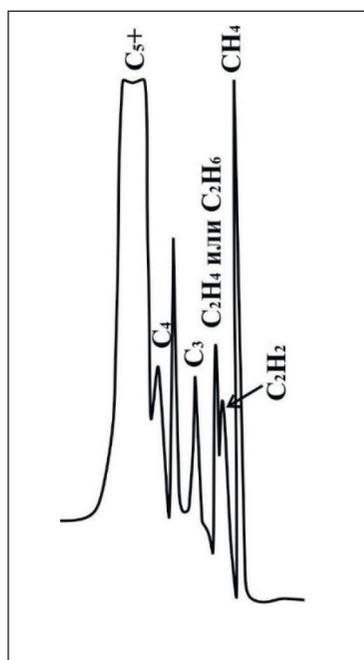


Рис. 9. Хроматограмма газовой фазы, отобранной после завершения гидротермального эксперимента (T = 300 °С, P = 70 МПа)

следующим образом. Спирто-бензольный экстракт битумоидов последовательно нагревался от 87 до 350 °С, при этом через определенные промежутки времени производилось его взвешивание и определение водородосодержания методом ЯМР (рис. 10). Первоначально исходный битумоид представлял собой жидкую (нефтеподобную) фазу (рис. 10а), а в конце эксперимента он превратился в твердо-хрупкий Бит (рис. 10б).

На полученной кинетической кривой можно выделить несколько участков по мере роста температуры нагрева битумоида.

Первый участок отражает процесс испарения спирто-бензола при температуре 87 °С (рис. 10в). Следующий участок (160-250 °С) представляет собой обычный или истинный раствор УВ в Бит, на котором наблюдается испарение УВ, сопровождающееся одновременным уменьшением массы экстракта и его водородосодержания (рис. 10в). На следующем участке (300 °С) начинается образование «твердых» растворов УВ в Бит, что проявляется в опережающем снижении значений водородосодержания по

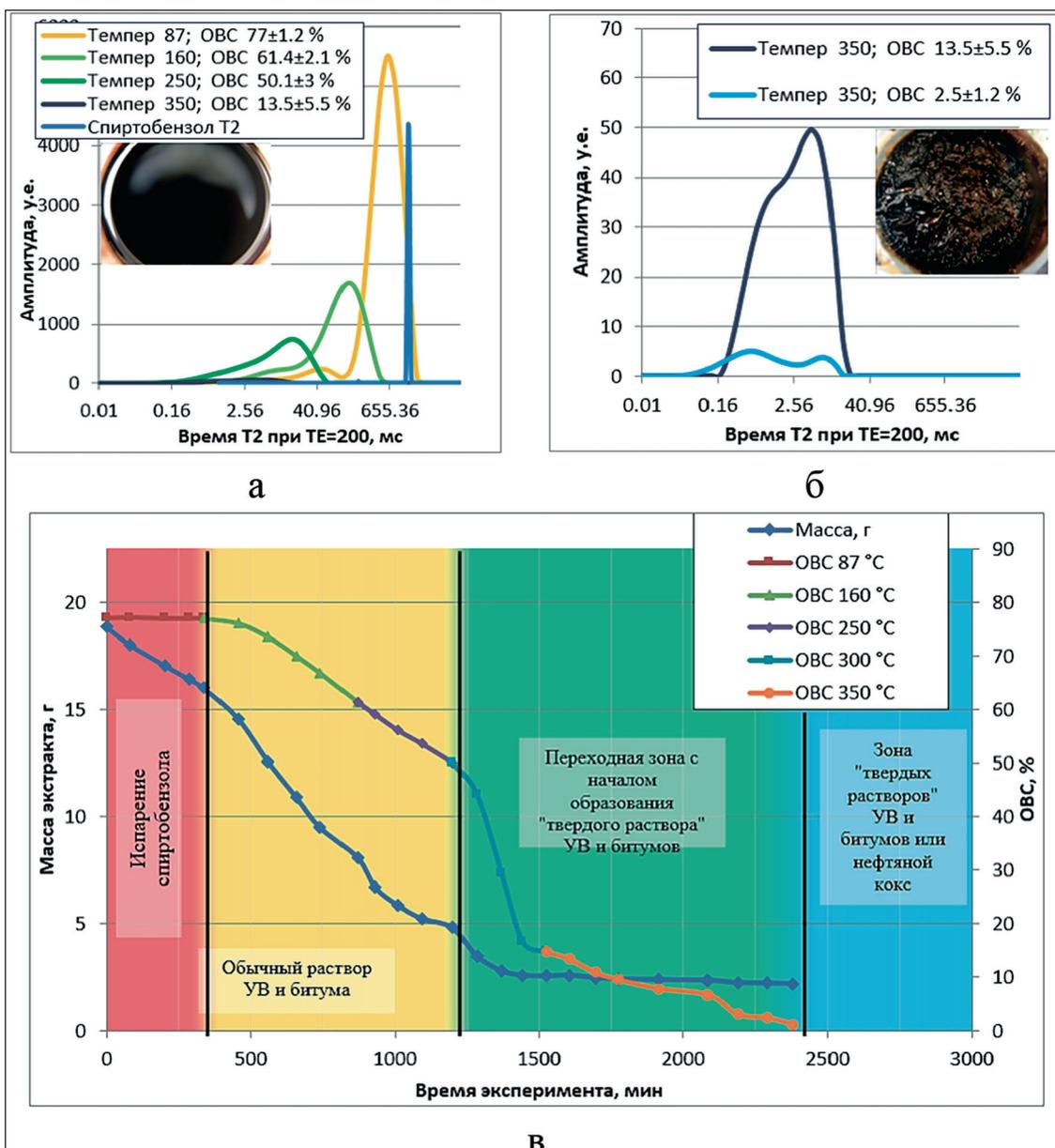


Рис. 10. Спектры времени релаксации T_2 (а, б) спиртобензольного экстракта и изменение его объемного водородосодержания (ОВС) и массы по мере его термодистилляции от 87 до 350 °C (в); на врезках показаны фотографии исходного экстракта (а) и твердого битума (б)

сравнению с уменьшением массы образца (рис. 10в). При дальнейшем увеличении температуры (до 350 °C) масса образца практически перестала изменяться, а водородосодержание продолжало уменьшаться вплоть до нулевого значения (рис. 10в).

Наблюдаемый феномен объясняется образованием «твердых» растворов УВ в Бит, которые продолжают оставаться в Бит, так как масса образца не изменяется, однако УВ перестают быть подвижными, что сопровождается уменьшением сигнала ЯМР вплоть до полного его отсутствия. Поэтому данный участок

называется зоной образования «твердых» растворов (рис. 10а-в). В конце эксперимента образуется нефтяной кокс, представляющий собой твердо-хрупкую консистенцию, состоящую из асфальто-смолистых компонентов (Бит) с небольшой примесью УВ, находящихся в форме «твердого» раствора (рис. 10б, в).

Приведенные в настоящей работе данные убедительно свидетельствуют о том, что породы БС подвергались интенсивному воздействию высокотемпературных гидротермальных флюидов, однако из свиты получены притоки безводной нефти. Поэтому возникает законный вопрос – а куда делась вода, входившая в состав этих флюидов?

Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим результаты комплексных исследований четырех образцов, два из которых были отобраны из баженовской и два из абалакской свит с использованием пиролитического и ЯМР методов, а также реторты для удаления воды и УВ из образцов и сбора их в мерной пробирке [7].

Оба образца, отобранные из БС, представляют собой генераторы нафтидов, характеризующиеся высоким содержанием в них ОВ ($C_{орг}$ равно 6,6 и 16,9 %) и гораздо более высокой амплитудой пика S_2 по сравнению с пиком S_1 (рис. 11а, б, г, д).

Комплексирование данных пиролиза и метода ЯМР позволило определить содержание в рассматриваемых образцах УВ и воды (рис. 11в, е).

Аналогичные исследования образцов, отобранных из отложений абалакской свиты с низкой концентрацией в них ОВ ($C_{орг}$ равно 2,3 и 2,1 %), также позволили определить содержание в образцах УВ и воды (рис. 12).

В таблице 1 приведены полученные данные, из которых следует, что при использовании результатов определения содержания УВ в образцах с помощью реторты и данных ЯМР в образцах БС воды больше, чем УВ в 1,8-4 раза. А если содержание УВ оценивать по данным пиролиза (по величине пика S_1), то содержание воды в тех же образцах почти равно концентрации УВ или больше последних в 3,25 раза (табл. 1).

В образцах, отобранных из абалакской свиты, те же параметры имеют следующие значения. По результатам ретортирования воды в этих образцах больше, чем УВ в 5-30 раз, а при использовании пиролитических данных (содержание УВ определено по значению S_1) воды в них больше, чем УВ в 7,9-17,2 раза (табл. 1).

Комплексирование данных, полученных с помощью пиролиза и ЯМР, позволяет также определять суммарную пористость образцов и отдельное содержание в них УВ и воды (табл. 1).

Обсуждение полученных результатов

Результаты проведенных исследований доказывают участие в преобразовании $ОВ_{исх}$, входящего в состав БС, гидротермальных флюидов, в результате воздействия которых оно превращается в газообразные и жидкие УВ и Бит, имеющие различную консистенцию – от вязко-пластичной до твердо-хрупкой. Физическое состояние Бит обусловлено количеством УВ в его составе, а также формой его присутствия – в виде истинного или «твердого раствора».

Следует также обратить внимание на тот факт, что чем выше была температура гидротермального флюида, тем сильнее катагенетическое преобразование Бит, образовавшегося из $ОВ_{исх}$ и тем выше величина T_{max} на его пирограмме. В наиболее термически преобразованном типе Бит УВ полностью отсутствуют,

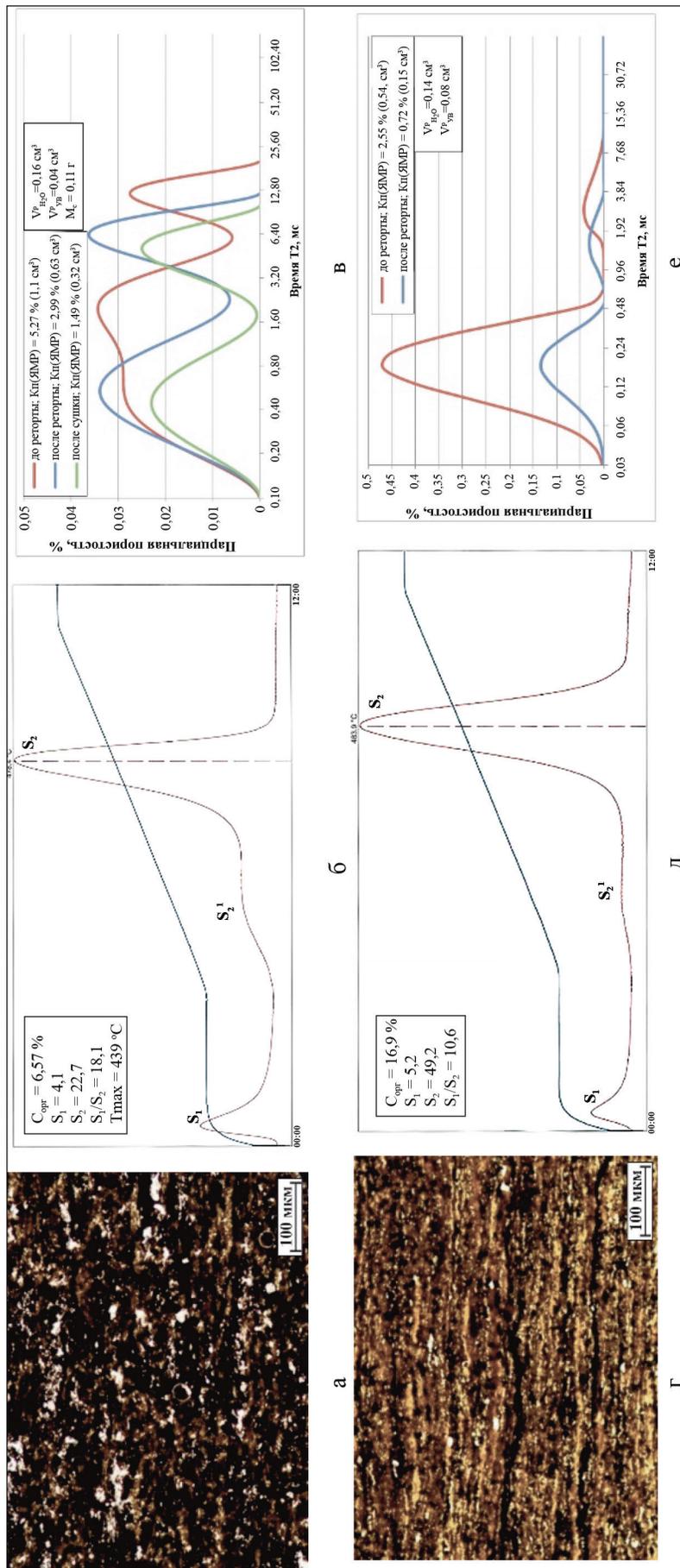


Рис. 11. Фотографии шифов (а, е), пирограммы (б, д) и спектры ЯМР (в, е) битуминозных глинистых силицистых свита (баженовская свита)

Таблица 1

Свита	C _{опт} , %	S ₁ , %	Kп _{ЯМР}		ΔV _{ЯМР} после рег., см ³	Σ _{УВ+H2O} после рег., см ³	ΔV _{ЯМР} после рег. / V _{ΣУВ+H2O} после рег., %	V _{H2O} / V _{УВ} после рег.	V ^{S1} _{УВ} , %	V _{H2O} , %	V _{H2O} / V ^{S1} _{УВ}
			%	см ³							
Баженовская	6,57	0,41	5,27	1,1	0,47	0,20	0,27	4	1,24	4,03	3,25
Баженовская	16,9	0,52	2,55	0,54	0,39	0,22	0,17	1,8	1,37	1,18	0,86
Абалакская	2,3	0,14	3,57	0,50	0,18	0,12	0,06	5	0,4	3,17	7,9
Абалакская	2,1	0,04	2,18	0,46	0,35	0,33	0,02	30	0,12	2,06	17,2

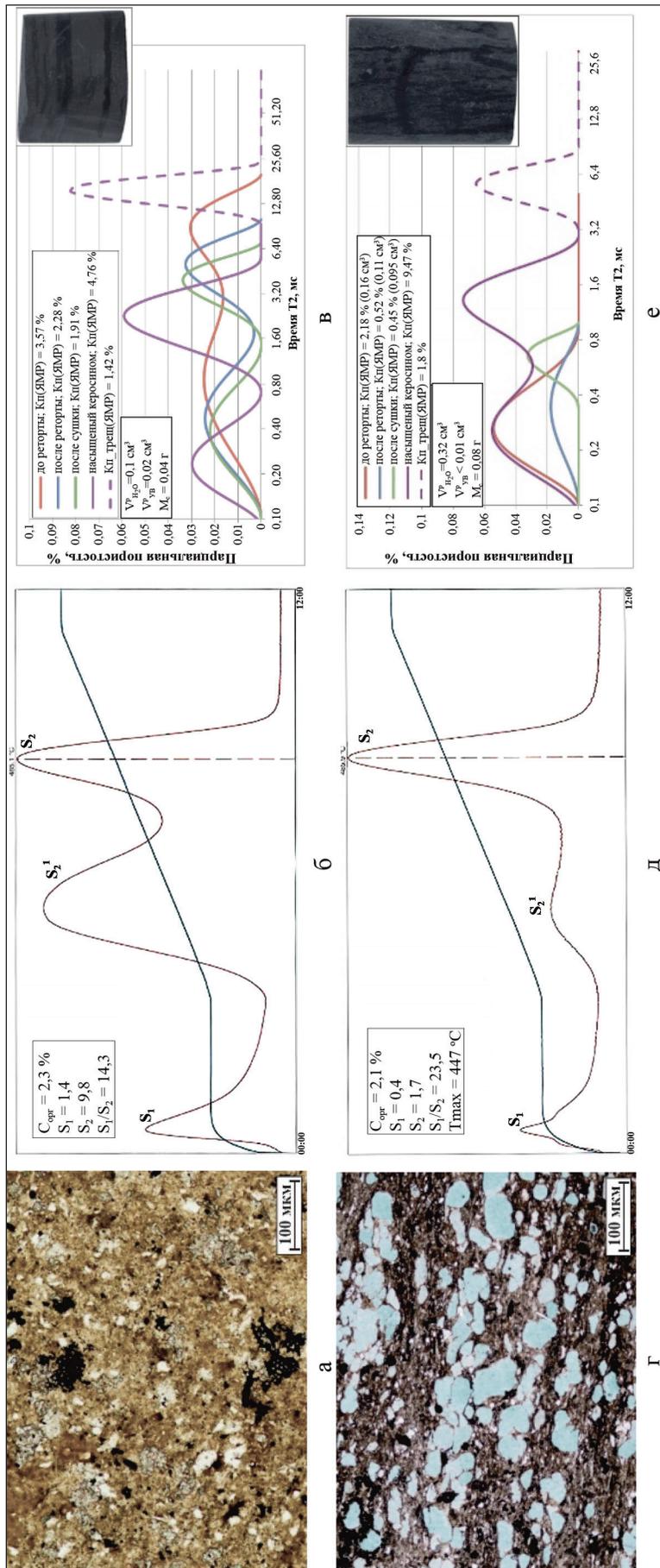


Рис. 12. Фотографии шлифов (а, г), пирограммы (б, д) и спектры ЯМР (в, е) карбонатно-алевритового аргиллита (а-в) и алеврит-гладуконитового аргиллита (г-е)

даже в форме «твердого» раствора, а сам Бит сложен асфальто-смолистыми компонентами и, вероятно, углеродистыми соединениями с низким содержанием водорода.

Полученные данные позволяют более достоверно расшифровать пирогаммы, сделанные на разных типах образцов, имевших различную термическую историю, тип и концентрацию ОВ, к какой разновидности пород (генераторам или коллекторам) относится тот или иной образец. Рассмотрим более подробно это утверждение.

Поскольку температуры, при которых в гидротермальных условиях происходило образование Бит из $ОВ_{исх}$ совпадают с интервалом температур, в пределах которого на пирогаммах однотипных образцов присутствует пик S_1 , то можно утверждать, что в случае пиролиза слабо катагенетически преобразованного $ОВ_{исх}$ пик S_1 соответствует процессу превращения этого ОВ в Бит с одновременным выделением летучих продуктов УВ-состава, причём последние входят в состав упомянутого пика S_1 .

Пик S_2 на пирогаммах тех же образцов является отражением процесса термодеструкции уже образовавшегося к этому моменту Бит.

Поскольку палеотемпературы, существовавшие в отложениях БС в пределах Салымского месторождения, определённые методом гомогенизации газовой-жидких включений, перекрывают интервал температур при которых в гидротермальных условиях происходит образование Бит, то можно смело утверждать, что всё $ОВ_{исх}$ в составе пород, слагающих БС, по крайней мере в высокотемпературных зонах, подвергшихся гидротермальному воздействию, представлено Бит.

Пик S_1 , присутствующий на пирогаммах различных типов образцов, несёт неодинаковую информацию:

- в слабо катагенетически преобразованных нефтематеринских породах его появление совпадает с трансформацией $ОВ_{исх}$ в Бит;
- в гидротермально преобразованных материнских отложениях он состоит из УВ, находящихся в форме истинных и «твёрдых» растворов в Бит;
- в породах-коллекторах, входящих в состав БС, он представлен УВ, находящимися в поровом пространстве этих пород, которые обычно сложены карбонатным и/или кремнистым аутигенным материалом; на пирогаммах этих же типов пород-коллекторов появляется хорошо выраженный пик S_2^o , возникновение которого обусловлено испарением, а возможно и термолизом более высокомолекулярных УВ (масляная фракция) и, вероятно, «лёгких» смол типа бензольных [9, 10].

Пик S_2 , присутствующий на пирогаммах любых образцов, всегда состоит из УВ, выделяющихся при пиролизе или исходного (нативного) или образовавшегося в процессе самого пиролиза («техногенного») Бит.

Чем выше температура гидротермальных флюидов, воздействующих на породы БС, тем больше (при прочих равных условиях) образуется газообразных и жидких УВ и тем значительнее происходит метаморфизм и обуглероживание остающегося битумного вещества, что выражается в уменьшении величин пиков S_2 и особенно S_1 (последний может вовсе отсутствовать) на пирогаммах таких образцов, а также в резком снижении их растворимости в хлороформе и, напротив, увеличении значений T_{max} .

Полученные результаты позволяют предложить следующий механизм возникновения тектоно-гидротермальных процессов и их воздействия на породы БС, и не только на них.

Поднимающиеся из астеносферы магматические тела воздействуют на перекрывающие их породы земной коры, вызывая рост напряжений и преодолевая значения этих напряжений прочности перекрывающих толщ, вызывают их дробление. По возникшим зонам деструкции они поднимаются выше, проникая в фундамент. В результате поднятия этих магматических тел и дробления вмещающих их пород происходит резкое снижение давления, вследствие чего из этих тел выделяются высокоэнтальпийные надкритические флюиды, имеющие температуру 1200-1300 °С и выше [1, 12, 13, 18, 20, 22].

Таким образом, тектонические силы, вызывающие формирование субвертикальных зон дробления, по которым вверх устремляются образующиеся высокоэнтальпийные флюиды, имеют общее и практически одновременное происхождение, обусловленное подъемом из астеносферы магматических тел различной формы и размеров. Поэтому их можно объединить одним термином — тектоно-гидротермальные процессы.

Образовавшиеся высокоэнтальпийные флюиды мобилизуют различные типы воды сначала в породах фундамента, а затем и в поровом пространстве осадочной толщи, включая отложения БС. В результате взаимодействия высокоэнтальпийных флюидов с водой, находящейся в породах фундамента и осадочного чехла формируются надкритические гидротермальные флюиды, также обладающие высокой температурой (вероятно, 500-600 °С, а может быть и выше) [2, 12, 13, 20, 22]. Здесь следует отметить, что собственно самой ювенильной воды в образующихся гидротермальных флюидах очень мало — не более 2-3 % [12]. Подавляющая её часть является мобилизованной высокоэнтальпийными флюидами из пород фундамента (малая её доля) и осадочного чехла (основная её часть).

Мобилизуемая мощным тепловым потоком от магматического тела поровая (связанная и прочая) вода вызывает флюидоразрыв пород, в которых она содержится, и они на короткое время становятся проницаемыми независимо от их литологического состава. В отложениях БС происходят те же процессы, но к ним добавляются флюидоразрывы, вызванные превращением $ОВ_{исх}$ в жидкие и газообразные УВ и Бит [9, 10]. Основная часть нефтидов, образовавшихся в результате этих процессов, эмигрирует из БС в ближайшие породы-коллекторы, представленные в самой свите кремнистыми, карбонатными и переходными между ними (кремнисто-карбонатными) типами пород, названными автором потенциально-продуктивными (ППП) [9]. В составе БС остается лишь вязкий и твердый Бит, благодаря присутствию которого породы свиты становятся **битуминозными**.

Гидротермальные флюиды, образовавшиеся за счет мобилизованной из пород фундамента и осадочного чехла воды, постепенно остывают и становятся пересыщенными растворенными в них компонентами, поэтому из них выделяются ассоциации гидротермальных минералов, представленных кварцем, различными типами карбонатов, каолинитом (диккитом), сульфатами, фосфатами и, наконец, сульфидами [9, 10].

Вода, входившая в состав гидротермальных флюидов, постепенно по мере их охлаждения, возвращается в поровое пространство пород, из которых она была мобилизована. Действительно, как было показано ранее, содержание воды даже в битуминозных породах БС в среднем больше концентрации в них УВ в 2.5-3 раза, а в абалакской свите – в 14-16 раз (см. рис. 11, 12, табл. 1). Кроме того, не следует забывать, что генерируемые $ОВ_{исх}$ нефти активно вытесняли поровую воду, присутствовавшую в породах БС.

Выводы

1. В продуктивных участках практически все $ОВ_{исх}$, входящее в состав БС, в результате тектоно-гидротермального воздействия превратилось в жидкие и газообразные УВ, а также Бит.

2. В зависимости от мацерального состава $ОВ_{исх}$ и температуры гидротермальных флюидов, действовавших на него, образующийся Бит имеет консистенцию от жидко-вязкой до твердо-хрупкой.

3. Пирограммы позволяют оперативно оценить к какому типу относится тот или иной образец – к генератору нефтяных или коллектору, вмещающему в своем поровом пространстве образовавшиеся в первом типе нефтебитумы.

4. На основе комплексирования пиролитического и ЯМР методов удалось доказать реальность существования обычных (истинных) и «твердых» растворов УВ с Бит, а также механизм образования последних.

5. Благодаря различной миграционной способности УВ и Бит – первые перемещаются в породы-коллекторы (преимущественно кремнистого и карбонатного состава), а последний остается в основной массе пород-генераторов, превращая отложения БС в битуминозную толщу.

6. Часть УВ, образовавшихся из $ОВ_{исх}$, входящего в состав БС (в результате тектоно-гидротермального воздействия), находится в форме истинного раствора в Бит, как, например, в радиоляритах, что подтверждается наличием от них сигнала на спектре ЯМР.

7. Используя данные ЯМР и пиролиза можно определить пористость образцов БС, а также содержание в них нефти и воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бескровный, Н. С.** О нефтеносности гидротермальных систем, связанных с вулканизмом / Н.С. Бескровный, С.И. Набоко, С.Ф. Главатских, В.И. Ермакова, Б.А. Лебедев, С.Д. Талиев // Геология и геофизика. – 1971. – № 2. – С. 3-13.

2. **Борисов, М. В.** Геохимические и термодинамические модели жильного гидротермального рудообразования. / М.В. Борисов. – М.: Научный Мир, 2000. 360 с.

3. **Волков, В. А.** К вопросу о типе органического вещества пород баженовской свиты / В.А. Волков, Е.В. Олейник, Е.Е. Оксенойд, Л.А. Солопахина // Вестник недропользователя. – 2016. – № 28. – С. 3-18.

4. Геологический словарь. – М.: Недра, 1973. – Т. 1. – 486 с.

5. **Гурари, Ф. Г.** Условия формирования и методика поисков нефти в аргиллитах баженовской свиты / Ф.Г. Гурари, Э.Я. Вайц, В.Н. Меленевский, В.И. Москвин, Г.Н. Перозио, Е.А. Предтечинская, Д.И. Рудницкая, О.Ф. Стасова, В.Х. Фролов, Л.А. Фролова. – М.: Недра, 1988. – 200 с.
6. **Дорофеева, Т. В.** Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири / Т.В. Дорофеева, С.Г. Краснов, Б.А. Лебедев, Г.В. Петрова, Б.В. Позиненко. – Л.: Недра, 1983. – 131 с.
7. **Зубков, М. Ю.** Спектры ЯМР пород бажено-абалакского комплекса Западной Сибири / М.Ю. Зубков, А.Г. Потапов // «Каротажник». НТВ АИС. – 2014. – Вып. 8 (242). – С. 3-32.
8. **Зубков, М. Ю.** «Твёрдые растворы» углеводородов в составе битумов баженовской свиты и экстрактов, установленные по данным ядерно-магнитного резонанса / М.Ю. Зубков, А.Г. Потапов // «Каротажник». НТВ АИС. – 2015. – Вып. 9 (255). – С. 3-13.
9. **Зубков, М. Ю.** Коллекторы в бажено-абалакском комплексе Западной Сибири и способы их прогноза / М.Ю. Зубков // Геология нефти и газа. – 2014. – № 5. – С. 58-72.
10. **Зубков, М. Ю.** Битумы в составе верхнеюрских отложений Западной Сибири и их связь с гидротермальными процессами / М.Ю. Зубков // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2019. – №1 (37). – С. 9-24.
11. **Зубков, М. Ю.** Экспериментальное моделирование процесса взаимодействия гидротермальных флюидов с юрскими отложениями Западно-Сибирского бассейна (система H_2O-CO_2) / М.Ю. Зубков // Геология нефти и газа. – 2020. – № 5. – С. 95-112.
12. **Карпов, Г. А.** Современные гидротермы и ртутно-сурмяно-мышьяковое оруденение / Г.А. Карпов. – М.: Наука, 1988. – 183 с.
13. **Киреева, Т. А.** К методике оценки эндогенной составляющей глубоких подземных вод / Т.А. Киреева // Вестник МГУ. Сер.4. Геология. – 2009. – № 1. – С. 54-57.
14. Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири / Под ред. Т.В. Дорофеевой. – Л.: Недра, 1983. – 132 с.
15. **Конторович, А. Э.** Пиролиз как метод изучения нефтегазогенерационного потенциала материнских пород / А.Э. Конторович, В.Н. Меленевский, А.С. Фомичев, Г.Ю. Шведенков // Геология нефти и газа. – 1986. – № 12. – С. 36-41.
16. **Краснов, С. Г.** Геологические условия нефтеносности и природа емкости коллекторов баженовской свиты Западной Сибири / С.Г. Краснов, Т.В. Дорофеева, Б.А. Лебедев // В кн.: Условия нефтегазоносности и особенности формирования месторождений нефти и газа на Западно-Сибирской плите. – Л.: Недра, 1980. – С. 115-127.
17. **Лопатин, Н. В.** Пиролиз в нефтегазовой геохимии / Н.В. Лопатин, Т.П. Емец. – М.: Наука, 1987. – 144 с.
18. **Мархинин, Е. К.** Вулканы и жизнь / Е.К. Мархинин. – М.: Мысль, 1980. – 198 с.
19. Методические рекомендации по применению пиролитического метода в органической геохимии / Сост. В.Н. Меленевский.; Научн. ред. А.Э. Конторович. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1985. – 42 с.

20. **Набоко, С. И.** Формирование современных гидротерм и метаморфизм растворов и пород / С.И. Набоко // Вопросы вулканизма. – М.: Изд. АН СССР, 1962. – С. 52-62.
21. **Нестеров, И. И.** Нефтеносность битуминозных глин баженовской свиты Западной Сибири / И.И. Нестеров // Советская геология. – 1980. – № 11. – С. 3-10.
22. **Соколов, В. А.** Геохимия природных газов / В.А. Соколов. – М.: Недра, 1971. – 334 с.
23. **Тиссо, Б.** Образование и распространение нефти / Б. Тиссо, Д. Вельте. – М.: Мир, 1981. – 502 с.
24. **Щепеткин, Ю. В.** Реконструкция энергетических преобразований природной геохимической системы порода-ОВ-вода-нефть (газ) на основе детальных исследований скоплений углеводородов / Ю.В. Щепеткин, А.В. Рыльков // Энергия и механизм первичной миграции углеводородов. – М.: Наука, 1988. – С. 66-72.