

УДК 553.983(571.1)

Геохимия битумоидов баженовской свиты

© 2018 г. | А.Э. Конторович, Е.А. Костырева, С.В. Родякин, И.С. Сотнич, П.А. Ян

ФГБУ «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН», Новосибирск, Россия; KontorovichAE@ipgg.sbras.ru; KostyrevaEA@ipgg.sbras.ru; RodyakinSV@ipgg.sbras.ru; SotnichIS@ipgg.sbras.ru; YanPA@ipgg.sbras.ru

Поступила 12.02.2017 г.

Принята к печати 09.03.2018 г.

Ключевые слова: органическое вещество; битумоиды; баженовская свита; Западная Сибирь.

Изучена геохимия битумоидов баженовской свиты. Предложена методика экстракции аллохтонных, в том числе параавтохтонных и сорбированных автохтонных, битумоидов. Экстракции подвергались образцы цилиндрической (регулярной) формы, раздробленные до кусочков 4–5 мм (грубого дробления) и до 0,25 мм (мелкого дробления) после экстракции образцов грубого дробления. Установлена идентичность экстракции образцов регулярной формы и грубого дробления. Рассмотрены методологические вопросы выделения и диагностики автохтонных и аллохтонных, в том числе параавтохтонных битумоидов. Показано, что на концентрацию битумоидов решающее влияние оказывает уровень катагенеза органического вещества. Максимальные концентрации аллохтонных битумоидов установлены в районах, где свита находится в главной зоне нефтеобразования. Подтверждена обогащенность смолами и асфальтенами автохтонных битумоидов по сравнению с аллохтонными. Изучено распределение углеводородов-биомаркеров (стераны, тритерпаны) в насыщенной фракции аллохтонных и автохтонных битумоидов. Установлено их генетическое единство. Показано, что источником аквагенного органического вещества баженовской свиты были преимущественно липиды архей, бактерий и простейших эукариот.

Для цитирования: Конторович А.Э., Костырева Е.А., Родякин С.В., Сотнич И.С., Ян П.А. Геохимия битумоидов баженовской свиты // Геология нефти и газа. – 2018. – № 2. – С. 79–88. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-2-79-88.

Geochemistry of the Bazhenov Formation bitumoids

© 2018 | A.E. Kontorovich, E.A. Kostyreva, S.V. Rodyakin, I.S. Sotnich, P.A. Yan

Federal State Budgetary Scientific Institution “Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences” (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia; KontorovichAE@ipgg.sbras.ru; KostyrevaEA@ipgg.sbras.ru; RodyakinSV@ipgg.sbras.ru; SotnichIS@ipgg.sbras.ru; YanPA@ipgg.sbras.ru

Received 12.02.2017

Accepted for publication 09.03.2018

Key words: organic matter; bitumoid; Bazhenov Fm; West Siberia.

The organic geochemistry of bitumoid chloroform extracts was studied using a large suite of the Bazhenov rock samples (786) collected from 23 wells. The method of extraction of allochthonous, para-autochthonous and sorbed autochthonous bitumoids was proposed. Cylindrical (regular-shaped) samples, 4–5 mm (coarse) and up to 0.25 mm (fine) crushed fractions of samples were subject to extraction following the extraction of coarse-grained fraction. Identity of extraction of regular shaped and coarse-grained fractions of samples was determined. The methodology of separation and identification of autochthonous and allochthonous (including para-autochthonous) bitumoids was considered. Pyrolysis data and the results of bituminological analysis of organic matter from the Bazhenov Formation revealed a variation in characteristics of organic matter sampled from different sections of the formation, which depends on the level of thermal maturity. To clarify the spatial patterns in these characteristics, the study area was divided into several regions. It is shown that the bitumoid content is a function of thermal maturity of organic matter. The maximum content of allochthonous bitumoids was ascribed to regions where the Bazhenov rocks have entered the oil window. The results also show that autochthonous bitumoids are more enriched in resins and asphaltenes than allochthonous ones. The study of biomarker distribution (steranes, triterpanes) in the saturated fractions of allochthonous and autochthonous bitumoids revealed their genetic affinity. It was shown that lipids in archaea, bacteria and protozoan eukaryotes were the principal source for aquatic organic matter from the Bazhenov Formation.

For citation: Kontorovich A.E., Kostyreva E.A., Rodyakin S.V., Sotnich I.S., Yan P.A. Geochemistry of the Bazhenov Formation bitumoids. *Geologiya nefi i gaza = Oil and gas geology*. 2018;(2):79–88. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-2-79-88.

Некоторые методологические и терминологические вопросы геохимии битумоидов баженовской свиты

При изучении баженовской свиты литологические, петрофизические (пористость, проницаемость), химические (содержание органического угле-

рода ($C_{орг}$), породообразующие, редкие и рассеянные элементы), битуминологические исследования и пироллиз Rock-Eval традиционно выполнялись на раздельно отбираемых коллекциях пород. Более того, экстракция образцов для последующих петрофизических исследований и изучение состава экстрак-

тов для целей органической геохимии выполнялись независимо. По такой методике работали и в большинстве случаев продолжают работать научные коллективы всех ведущих лабораторий СССР и России (ВНИГНИ, ВНИГРИ, МГУ, ЗапСибНИГНИ, ИГГ АН СССР, СНИИГГиМС и др.). Более 5 лет назад в ИНГГ СО РАН отказались от такого подхода. При изучении обогащенных органическим веществом и битумоидами («битуминозных») осадочных пород (баженовская, тутлеймская, доманиковская, куонамская, хадумская и другие свиты) такой подход авторам статьи кажется теперь ошибочным. В рамках современных исследований баженовской свиты в ИНГГ СО РАН проводится единый отбор коллекции образцов для всего спектра исследований.

Заметим также, что обычно при геохимических исследованиях экстракции подвергались раздробленные до 0,25 мм образцы пород, а при петрофизических — выпиливались образцы правильной (регулярной) формы (цилиндры, кубики) — ОРФ, которые затем также подвергались экстракции. Экстракты ОРФ обычно уничтожаются без исследования.

На керне изученных авторами статьи скважин была отработана комплексная методика определения в едином цикле открытой пористости пород баженовской свиты и распределения, состава и генезиса битумоидов, заполняющих открытые и закрытые поры, а также сорбированных на матрице пород.

В связи с тем, что статья посвящена сорбированным битумоидам и битумоидам, находящимся в открытых порах в виде отдельной фазы, напомним некоторые понятия из теории сорбции. Как известно, сорбционные явления делятся на два типа: *адсорбцию* — концентрирование сорбируемого вещества (сорбата) на поверхности раздела фаз или его поглощение поверхностным слоем сорбента и *абсорбцию* — объемное поглощение, при котором сорбат распределяется по всему объему сорбента. Адсорбция обусловлена чисто физическими силами.

Уточним дополнительно некоторые понятия. Н.Б. Вассоевич [1, 2] ввел в научную литературу ряд понятий и терминов, которые необходимы при изучении битумоидов и изложении теории нафтидогенеза. Он предложил различать битумоиды *автохтонные* и *аллохтонные*.

Автохтонный битумоид. Термин «автохтон» образован от греческих слов *autoscam* — сам и *chthōn* — земля. Автохтонный битумоид — это битумоид, возникший на месте современного местонахождения. Обычно он находится в абсорбированном состоянии в минеральной матрице породы и (или) в рассеянном в ней органическом веществе.

Параавтохтонный битумоид (термин предложен Н.Б. Вассоевичем и А.Э. Конторовичем) [3]. Приставка пара образована от греческого слова *para* — возле, мимо, вне, около. *Параавтохтонный битумоид* — это

битумоид, претерпевший незначительное перемещение (миграцию) и находящийся в непосредственной близости от места его образования в горной породе. Важно иметь в виду, что параавтохтонный битумоид — это битумоид, перешедший из сорбированного состояния в самостоятельную фазу, т. е. в фазовообособленное состояние.

Аллохтонный битумоид. Термин «аллохтон» образован от греческих слов *állos* (другой) и *chthōn* (земля). Аллохтонный битумоид — битумоид, находящийся в открытом поровом пространстве горной породы во вторичном залегании в свободной фазе и частично в адсорбированном состоянии на внутренней поверхности пор после процесса миграции.

Перемещение битумоида могло происходить как внутри нефтепроизводящей толщи, в которой он образовался (*первичная миграция*), так и из нефтепроизводящей толщи в ближайший проницаемый комплекс (*вторичная миграция*). Этот битумоид, как и параавтохтонный, перешел из сорбированного состояния в самостоятельную фазу, т. е. в фазовообособленное состояние.

Из изложенного следует, что битумоид, названный Н.Б. Вассоевичем и А.Э. Конторовичем параавтохтонным, является частным случаем, начальной стадией образования аллохтонного битумоида [3], когда битумоид из сорбированного состояния перешел в фазовообособленное, но его перемещение произошло на незначительное расстояние внутри нефтепроизводящей толщи, в частном случае — до ближайших открытых или закрытых пор или в образовавшиеся в месте генерации битумоида вторичные поры внутри нефтепроизводящей толщи пород. Поэтому было бы логичнее называть такой битумоид не параавтохтонный, а парааллохтонный.

Предлагается, однако, по праву приоритета и сложившейся в отечественной геохимической литературе традиции сохранить для употребления термин «параавтохтонный» и считать термины «параавтохтонный битумоид» и «парааллохтонный битумоид» синонимами.

По аналогии с термином «парааллохтонный битумоид» следовало бы ввести уточняющий термин для аллохтонного битумоида, находящегося в породах далеко от места его генерации. Для названия такого битумоида предлагается использовать приставку апо- (от древнегреческого *apo* — приставка со значением удаления или превращения). Соответственно аллохтонный битумоид, мигрировавший на значительное расстояние от места генерации, можно было бы называть «апоаллохтонным».

Методика извлечения битумоидов из осадочных пород

При экстракции битумоидов из мелкоизмельченной породы аллохтонный, в частности параав-

тохтонный, битумоид извлекается совместно с автохтонным и количественно разделить их в дальнейшем крайне трудно. В связи с этим была принята более сложная процедура, состоящая из нескольких этапов экстракции образцов керн, позволяющая аналитическим путем разделить битумоиды, находящиеся в открытом поровом пространстве породы, и сорбированные остаточные автохтонные битумоиды.

Для выделения аллохтонных (в том числе параавтохтонных) битумоидов был использован аналитический подход, обычно применяемый при определении нефтенасыщенности керн (ГОСТ 2645.0-85, 1985). Для этой цели были изготовлены ОРФ. Образцы цилиндрической формы имели длину и диаметр, равные 30 мм. Цилиндры выпиливались параллельно напластованию пород. Если не удавалось получить цилиндры, выпиливались кубики.

Предполагалось, что путем экстракции хлороформом из цилиндров будет извлечен находящийся в виде свободной фазы в открытых порах породы аллохтонный битумоид. Экстракция проводилась хлороформом при комнатной температуре. Для полного извлечения свободных битумоидов хлороформ заменялся многократно, при этом каждый раз по люминесценции содержащего экстракт хлороформа контролировалось его содержание (процедура 1) [4]. Экстракция продолжалась до тех пор, пока концентрация извлекаемого битумоида не снижалась как минимум на порядок, чаще — на два порядка.

Для контроля полноты извлечения свободных аллохтонных битумоидов в первых сериях экспериментов после завершения холодной экстракции хлороформом была также осуществлена экстракция спиртобензолом (процедура 2) и затем снова хлороформом (процедура 3), но в аппаратах Сокслета. Результаты экспериментов показали, что при многократной холодной экстракции хлороформом извлекается значительно больше 90 % битумоидов, заполняющих открытое поровое пространство. Поэтому было целесообразно при массовых анализах проводить две последние процедуры.

После завершения экстракции предполагалось определять классическими методами объем открытых пор (ГОСТ 26450.1-85, 1985; Manual Saturator MS-535, 2005).

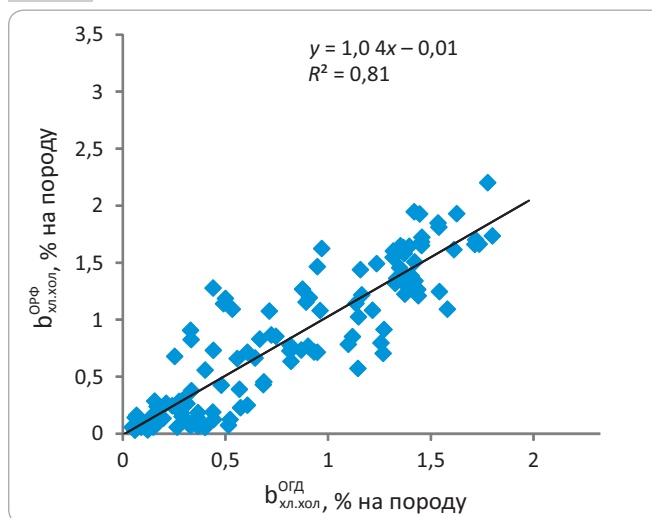
Извлеченный битумоид собирался в растворе в одну пробу и далее исследовался по обычной схеме, принятой в органической геохимии (сушка, выделение асфальтенов, жидкостная хроматография мальтенов и пр.) [5, 6].

Поскольку цилиндры после экстракции и определения пористости желательнее сохранять, при такой схеме невозможно было изучить адсорбированные и абсорбированные битумоиды.

В связи с этим рядом с образцами керн для выпиливания цилиндров отбирались образцы керн для

Рис. 1. Зависимость между содержанием хлороформенного экстракта образцов ОГД и ОРФ (Салымский, Северо-Сургутский и Межовский районы)

Fig. 1. Chlorophorm extracted butumoid content in coarse crushed samples (CCS) vs regular shaped samples (RSS) (Salym, North-Surgut and Mezhovsky regions)



параллельного анализа. Эта серия образцов для экстракции битумоидов была раздроблена до обломков размером не менее 4–5 мм (далее по тексту образцы грубого дробления — ОГД).

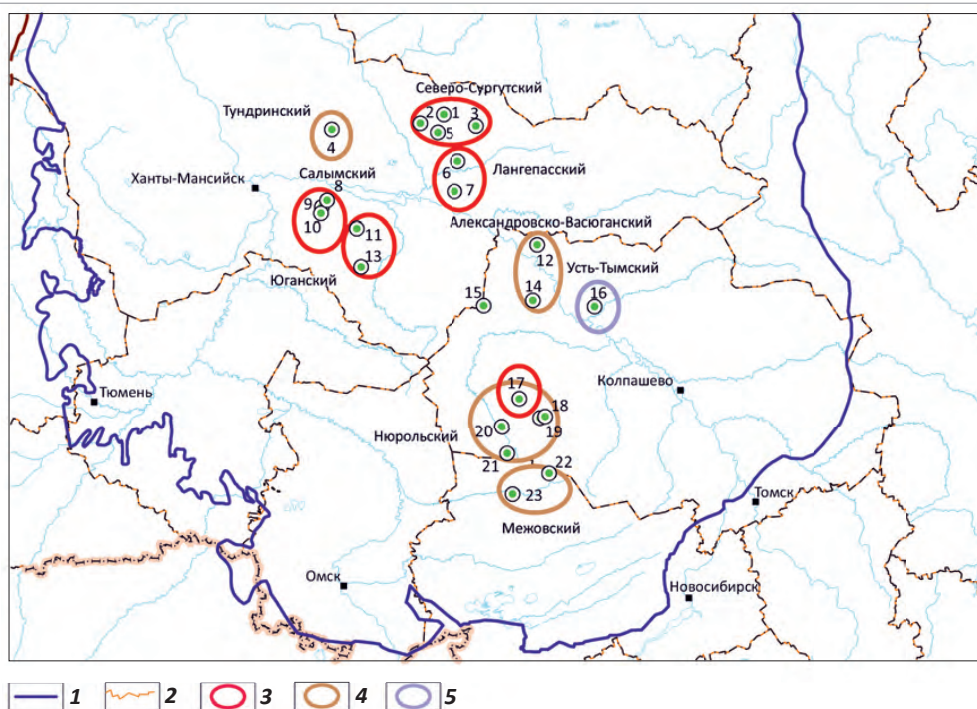
Принималось, что при экстракции как из ОРФ, так и из ОГД будут извлечены битумоиды открытых пор. Идентичность результатов при экстракции ОРФ и ОГД необходимо было проверить.

Холодная экстракция хлороформом ОГД осуществлялась от 2 до 6–8 недель. Хлороформ заменялся при густой окраске растворителя, но не реже чем один раз в сутки. Окончание экстракции контролировалось под люминесцентной лампой до снижения концентрации экстракта не менее чем на порядок [4]. Для ускорения анализа разделение экстракта и образца ОГД осуществлялось методом центрифугирования [4]. Была отработана процедура анализа, позволяющая получать близкие значения концентрации битумоида при экстракции ОРФ и ОГД.

После экстракции ОГД образцы до 20 г высушивались при 35 °С до постоянной массы с погрешностью до 0,01 г, более 20 г — с погрешностью до 0,05 г, затем дробились до размерности 0,25 мм (далее по тексту образцы мелкого дробления — ОМД). Предполагалось, что из ОГД извлекаются битумоиды открытых, а из ОМД — закрытых пор, а также адсорбированные и абсорбированные битумоиды. Исследование показало, что из баженовской свиты Салымского, Северо-Сургутского и Межовского районов на этапе экстракции ОГД оставалось 84–85 % битумоидов. Битумоид, извлеченный из ОМД, составлял 15–16 % общей массы экстрактов (ОГД + ОМД). Сравнение показало наличие линейной зависимости между содержанием битумоидов в открытых порах ОРФ и

HC HARD-TO-RECOVER RESERVES AND UNCONVENTIONAL SOURCES

Рис. 2. Районы изучения пиролитических и битуминологических особенностей ОВ баженовской свиты
Fig. 2. Areas of studies of pyrolysis and bitumenological features in Bazhenov Fm OM



Границы (1, 2): 1 — отложений баженовского горизонта, 2 — административные; **типы районов обобщения информации по изученным скважинам (3–5):** 3 — Салымский, 4 — Западно-Томский, 5 — Усть-Тымский.

Скважины (1–23): 1 — Новоортьягунская-187, 2 — Южно-Ягунская-306, 3 — Повховская-70, 4 — Ай-Пимская-4008, 5 — Дружная-322, 6 — Северо-Покачевская-2368, 7 — Урьевская-7016, 8 — Северо-Салымская-1183, 9 — Салымская-2802, 10 — Салымская-2OMP, 11 — Малобалыкская-901, 12 — Горстовая-91, 13 — Чупальская-67, 14 — Полонская-1, 15 — Ледовая-8, 16 — Толпаровская-2, 17 — Западно-Квензерская-4, 18 — Пельгинская-2, 19 — Арчинская-47, 20 — Южно-Майская-413, 21 — Средне-Юлжавская-10, 22 — Ракитинская-4, 23 — Межовская-11

Boundaries (1, 2): 1 — Bazhenov Fm deposits, 2 — administrative; **types of areas of information generalization over the studied wells (3–5):** 3 — Salymsky, 4 — West-Tomsky, 5 — Ust-Tymsky.

Wells (1–23): 1 — Novoortjagunsky-187, 2 — South-Jagunsky-306, 3 — Povkhovsky-70, 4 — Ai-Pimsky-4008, 5 — Druzhny-322, 6 — North-Pokachevsky-2368, 7 — Urievsky-7016, 8 — North-Salymsky-1183, 9 — Salymsky-2802, 10 — Salymsky-2OMP, 11 — Malobalykky-901, 12 — Gorstovy-91, 13 — Chupalsky-67, 14 — Polonsky-1, 15 — Ledovy-8, 16 — Tolparovsky-2, 17 — West-Kvenzersky-4, 18 — Pel'ginsky-2, 19 — Archinsky-47, 20 — South-Maisky-413, 21 — Sredne-Yulzhavsky-10, 22 — Rakitinsky-4, 23 — Mezhovsky-11

ОГД (рис. 1).

При изучении пиролитических и битуминологических характеристик органического вещества баженовской свиты было установлено, что в разных районах развития этой свиты они ведут себя по-разному, в зависимости от градации катагенеза органического вещества. Для выяснения пространственных закономерностей поведения этих характеристик территория, на которой керн скважин был детально исследован методами пиролиза Rock Eval и битуминологии, была разделена на районы (рис. 2). Большинство изученных районов удалось разделить на три группы. Назовем их условно районы Салымского, Западно-Томского типов и Усть-Тымский (см. рис. 2).

В районах Салымского типа катагенез органического вещества достигает следующих градаций: конец $МК_1^1$; $МК_2^2$; $МК_2$, т. е. находится в главной зоне нефтеобразования [7].

В районах Западно-Томского типа катагенез органического вещества достигает следующих градаций: градация $МК_1^1$, редко — начало градации $МК_2^2$, т. е. находится в начале главной зоны нефтеобразования. В Усть-Тымском районе катагенез органического вещества соответствует началу градации $МК_1^1$ [7].

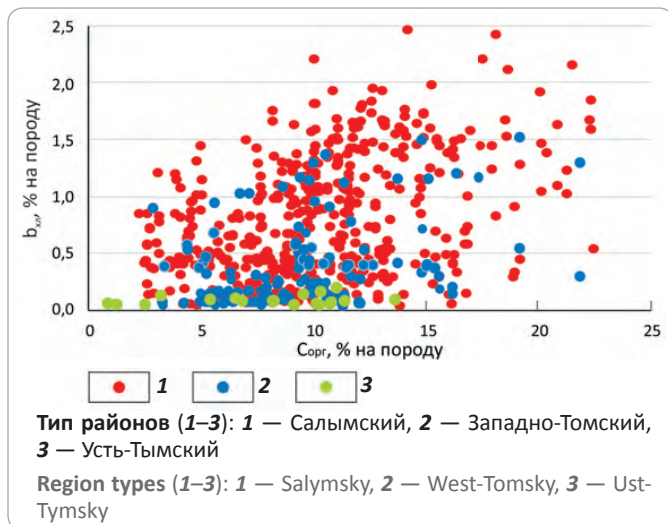
Важные черты геохимии битумоидов баженовской свиты

Рассмотрим геохимию битумоидов баженовской свиты, находящихся в открытом поровом пространстве, а также в запечатанных порах и сорбированном состоянии. Как было показано, принятая методика исследований позволяет это сделать.

На диаграмме распределения битумоидов для районов Салымского типа при одних и тех же содержаниях $C_{орг}$ разброс значений содержаний аллотонных битумоидов в породах баженовской свиты в районах Салымского типа очень велик: при $C_{орг}$ 2,5–

Рис. 3. Содержание битумоидов в открытом поровом пространстве пород баженовской свиты в зависимости от содержания $C_{орг}$ в районах Западной Сибири (по данным экстракции ОРФ и ОГД)

Fig. 3. Bitumoids content in the open pore volume of the Bazhenov rocks as a function of TOC content in the West Siberian regions (according to RSS and CCS extraction)



7,5 % концентрация аллохтонных битумоидов варьирует от сотых долей процента (единичные образцы) до 1,5 %, при $C_{орг}$ от 7,5 до 20 % и более — меняется от сотых долей процента (единичные образцы) до 2,0–2,5 % (рис. 3). При том же интервале содержаний $C_{орг}$ разброс значений содержания аллохтонных битумоидов в районах Западно-Томского типа значительно меньше: при значениях $C_{орг}$ 5,0–20,0 % концентрация аллохтонных битумоидов варьирует от сотых долей процента (достаточно много образцов) до 1,0 %, максимум 1,5 % (см. рис. 3).

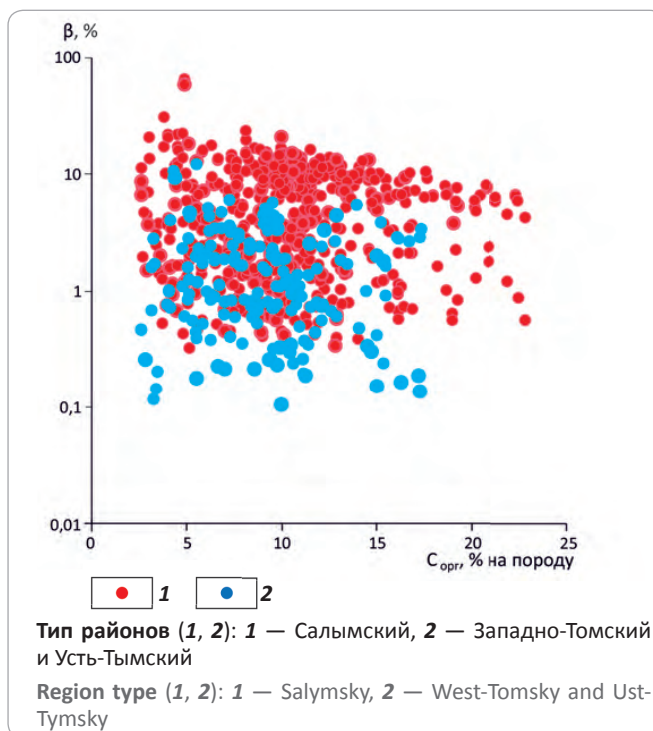
В Усть-Тымском районе при содержании $C_{орг}$ от 2–3 до 15 % содержание аллохтонных битумоидов не превышает 0,2 %.

Распределение значений битумоидного коэффициента, как и концентраций аллохтонных хлороформенных битумоидов в баженовской свите, в районах с разным уровнем катагенеза ОВ разное (рис. 4).

В районах Салымского типа с высоким уровнем катагенеза ОВ ($МК_1^2$ – $МК_2$ — главная зона нефтеобразования) битумоидный коэффициент, рассчитанный для аллохтонных битумоидов, практически не зависит от содержания $C_{орг}$. Он варьирует от 0,3 до 25–30 % в интервале концентраций $C_{орг}$ от 2–3 до 20 %. По такой же схеме этот показатель изменяется в районах Западно-Томского типа с более низкими грациями катагенеза ($МК_1^1$ — зона начала и прогрессивного развития процессов нефтеобразования). Интервал возможных значений битумоидного коэффициента не зависит от концентрации $C_{орг}$, однако его значения существенно ниже. Битумоидный коэффициент варьирует от 0,1 до 8–10 % в интервале концентраций $C_{орг}$ от 2–3 до 20 %.

Рис. 4. Связь между значениями битумоидного коэффициента для битумоидов открытых пор (аллохтонных) из пород баженовской свиты и концентрацией $C_{орг}$ в районах Западной Сибири

Fig. 4. Relationship between the bitumoid coefficient value for bitumoids from open pores (allochthonous) of the Bazhenov rocks and TOC concentration in the West Siberian regions



Эти данные показывают, что в районах с более высоким уровнем катагенеза (главная зона нефтеобразования), как это и следует из осадочно-миграционной теории нафтидогенеза, концентрация аллохтонных битумоидов в баженовской свите выше и масштабы их миграции интенсивнее.

Оценим роль битумоидов открытых пор (аллохтонных) в общей массе битумоидов баженовской свиты. В районах Салымского типа в 38 % образцов концентрация битумоидов открытых пор составляет от 25 до 50 %. В 37 % образцов она более 50 %, причем в 26 % — выше 75 % (рис. 5 А). В районах Западно-Томского типа концентрация битумоидов открытых пор в интервале от 25 до 50 % наблюдается в 48 % образцов и в интервале более 50 % — 28 % (см. рис. 5 В). Причем в последней группе образцов 24 % всей выборки попадает в интервал 50–75 %. Таким образом, роль аллохтонных битумоидов открытых пор в Салымском типе районов существенно выше. Ниже дана характеристика группового и УВ-составов аллохтонных (открытых пор) и остаточных автохтонных (закрытых пор и сорбированных) битумоидов. Поскольку в этой работе битумоиды открытых пор определялись на ОРФ и ОГД, необходимо было проверить, насколько сходятся результаты из коллекций этих двух разным образом подготовленных типов проб.

HC HARD-TO-RECOVER RESERVES AND UNCONVENTIONAL SOURCES

Рис. 5. Гистограммы концентраций аллохтонных битумоидов (ОГД), % общей массы битумоидов (ОГД + ОМД) в районах Западной Сибири

Fig. 5. Histogram of allochthonous bitumoids concentration (CCS), % from total bitumoids mass (CCS + FCS) in the West Siberian regions

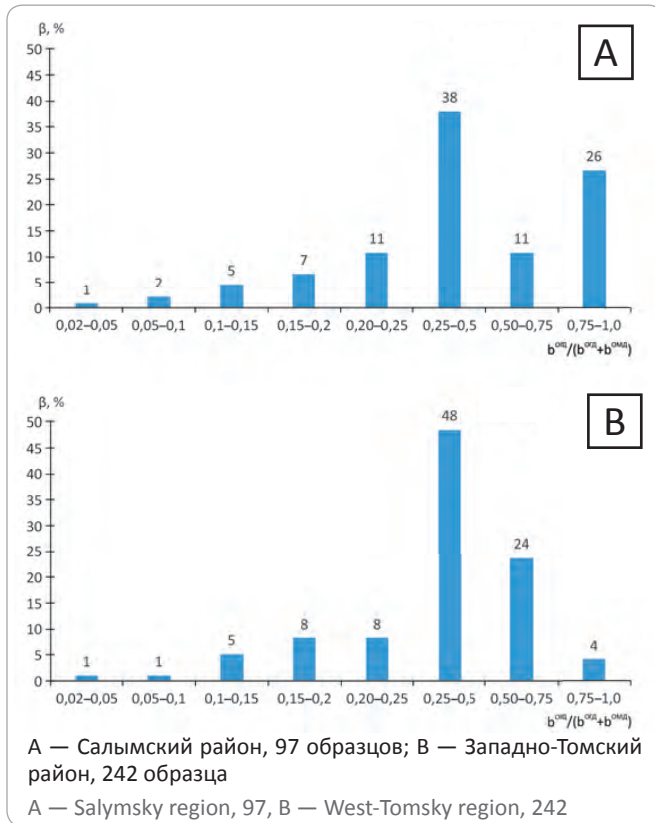


Рис. 6. Тригонограмма группового состава битумоидов в открытых порах (аллохтонных), извлеченных из ОРФ (1) и ОГД (2) пород баженовской свиты

Fig. 6. Triangular diagram of group compositions for open pore bitumoids (allochthonous) extracted from RSS (1) and CCS (2) of the Bazhenov Fm rocks

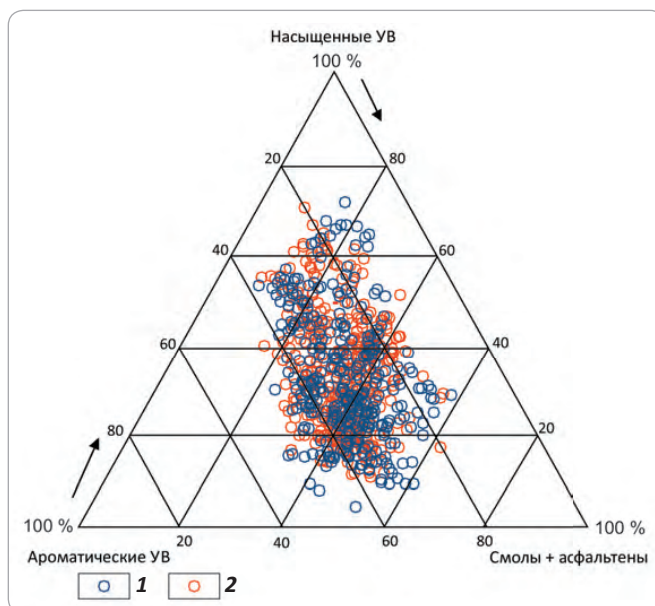
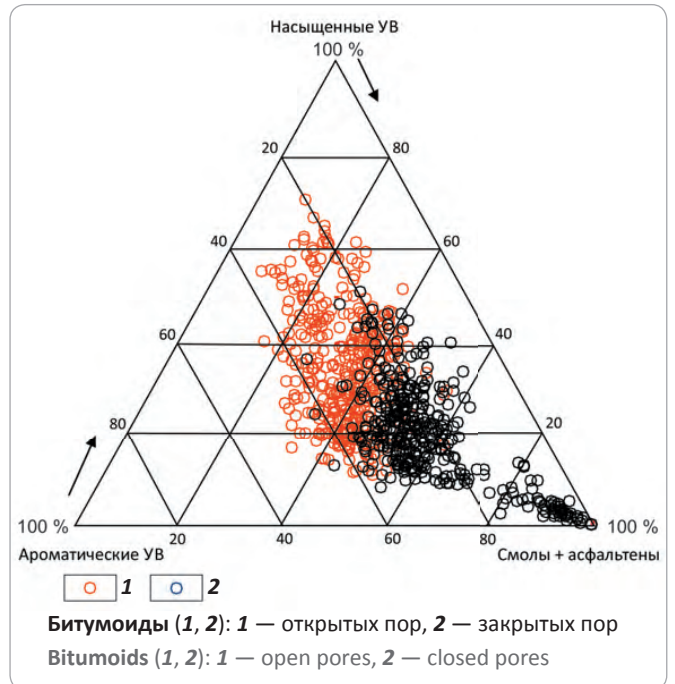


Рис. 7. Тригонограмма группового состава битумоидов открытых пор (аллохтонных) и битумоидов закрытых пор (сорбированных, автохтонных) пород баженовской свиты

Fig. 7. Triangular diagram of group compositions for open pore bitumoids (allochthonous) and close pore bitumoids (occluded, autochthonous) of the Bazhenov Fm rocks



На тригонограмме (рис. 6) показан идентичный групповой состав аллохтонных битумоидов таких проб.

Еще в 1960-е гг. теоретически было предсказано, что при эмиграции аллохтонные и параавтохтонные (парааллохтонные) битумоиды должны обогащаться, по сравнению с остаточными, автохтонными углеводородами и другими подвижными компонентами (смолы относительно асфальтенов). Этот хроматографический эффект первичной миграции был предсказан более полувека назад А.Э. Конторовичем, И.С. Ковачевой, С.Г. Неручевым и А.А. Трофимукон [8–10].

На тригонограмме группового состава аллохтонных и автохтонных битумоидов отчетливо видно, что остаточные автохтонные битумоиды обогащены смолами и асфальтенами (рис. 7). На гистограммах значений концентраций углеводородов (рис. 8 А, В) и концентраций суммы смол и асфальтенов (рис. 8 С) также видно проявление хроматографического эффекта при первичной миграции.

Может возникнуть часто задаваемый со времени Н.А. Кудрявцева вопрос: «А связаны ли битумоиды открытых пор в баженовской свите с органическим веществом, рассеянным в породах этой свиты?» Высказывались даже «смелые» идеи, что нефти в баженовскую свиту мигрировали из фундамента и имеют abiогенную природу.

Этот вопрос был изучен на примере углеводород-биомаркеров. Была показана полная идентич-

Рис. 8. Гистограммы содержаний углеводородов (А, В) и асфальто-смолистых компонентов (С) из битумоидов открытых пор (аллохтонных) и битумоидов закрытых пор (сорбированных, автохтонных) пород баженовской свиты Западной Сибири

Fig. 8. Histograms of hydrocarbons (A, B) and asphaltene-resine components (C) content in open pore bitumoids (allochthonous) and close pore bitumoids (occluded, autochthonous) of the West Siberian Bazhenov Fm rocks

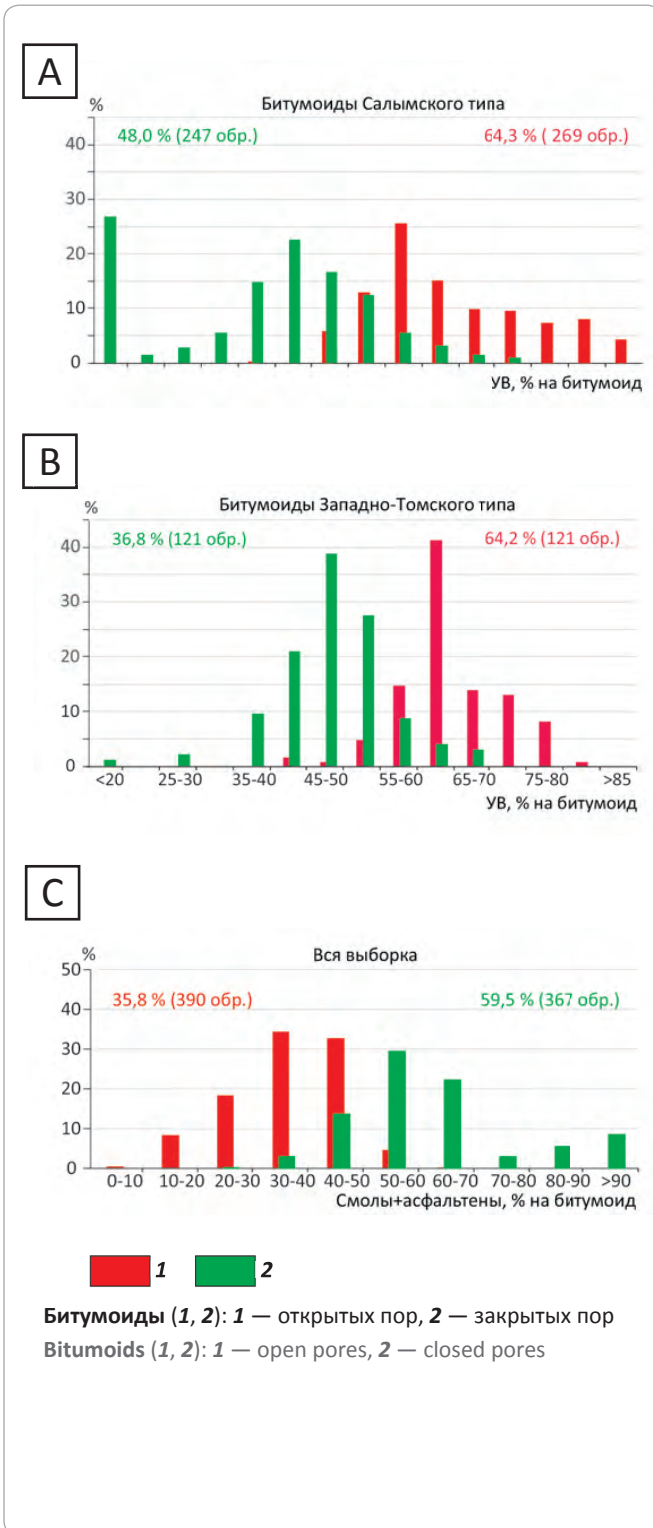
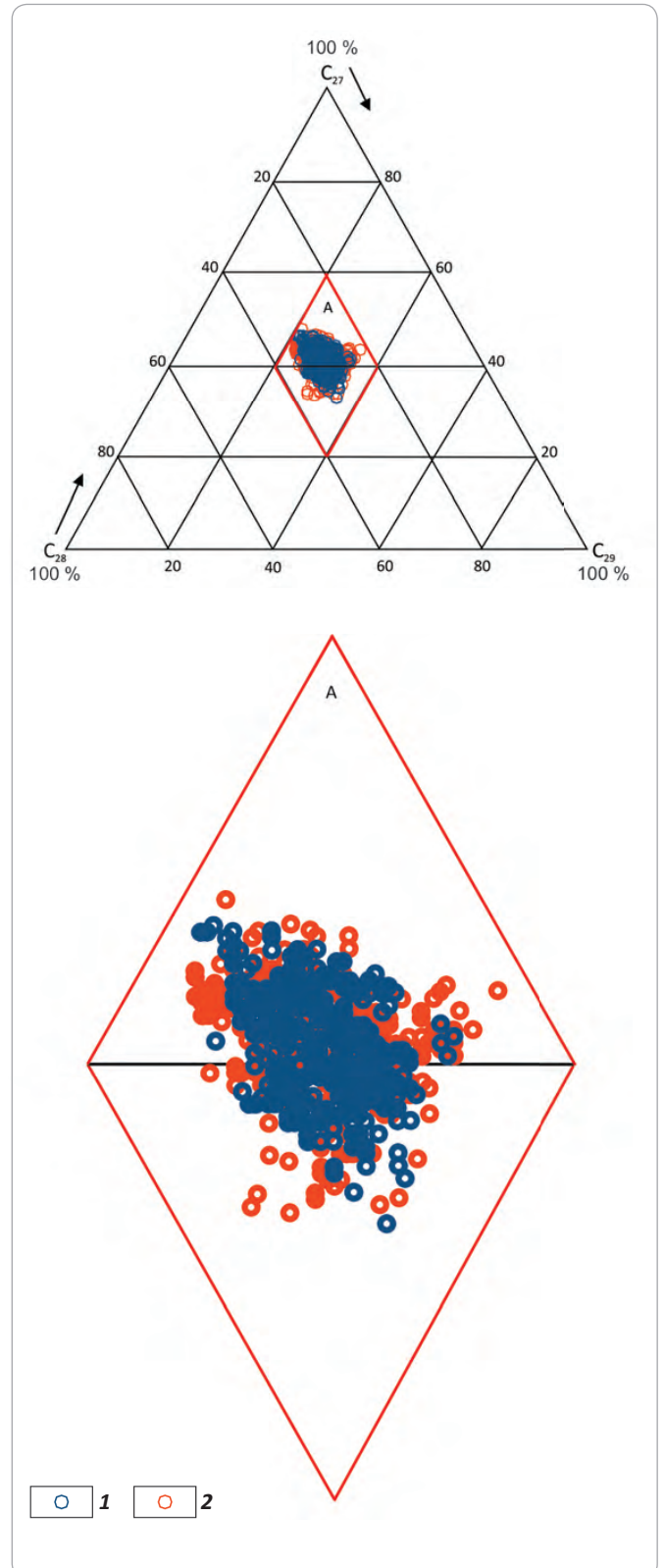


Рис. 9. Тригонограмма распределения стеранов в насыщенной фракции битумоидов открытых пор (аллохтонных), извлеченных из ОРФ (1) и ОГД (2) пород баженовской свиты

Fig. 9. Triangular diagram of steranes distribution in saturated bitumoid fraction in open pores (allochthonous) extracted from RSS (1) and CCS (2) of the Bazhenov Fm rocks



HC HARD-TO-RECOVER RESERVES AND UNCONVENTIONAL SOURCES

Рис. 10. Зависимость трициклового индекса (ТЦИ) от стеранового в насыщенной фракции битумоидов в открытых порах (аллохтонных), извлеченных из ОРФ (1) и ОГД (2) пород баженовской свиты

Fig. 10. Tricyclane index (TCI) vs sterane index in saturated bitumoid fraction of open pore bitumoids (allochthonous) extracted from RSS (1) and CCS (2) of the Bazhenov Fm rocks

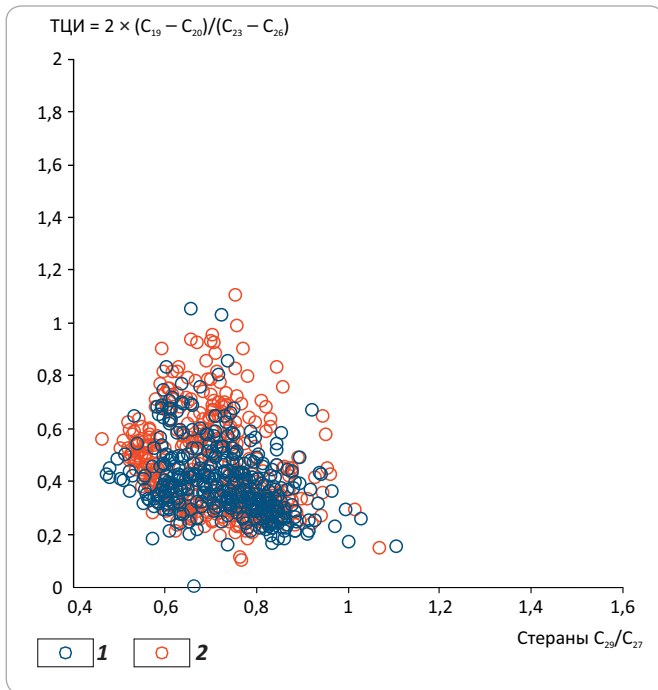


Рис. 11. Зависимость трициклового индекса (ТЦИ) от стеранового в насыщенной фракции битумоидов открытых пор (аллохтонных) и битумоидов закрытых пор (сорбированных, автохтонных) пород баженовской свиты

Fig. 11. Tricyclane index (TCI) vs sterane index in saturated bitumoid fraction of open pore bitumoids (allochthonous) and close pore bitumoids (occluded, autochthonous) of the Bazhenov Fm rocks

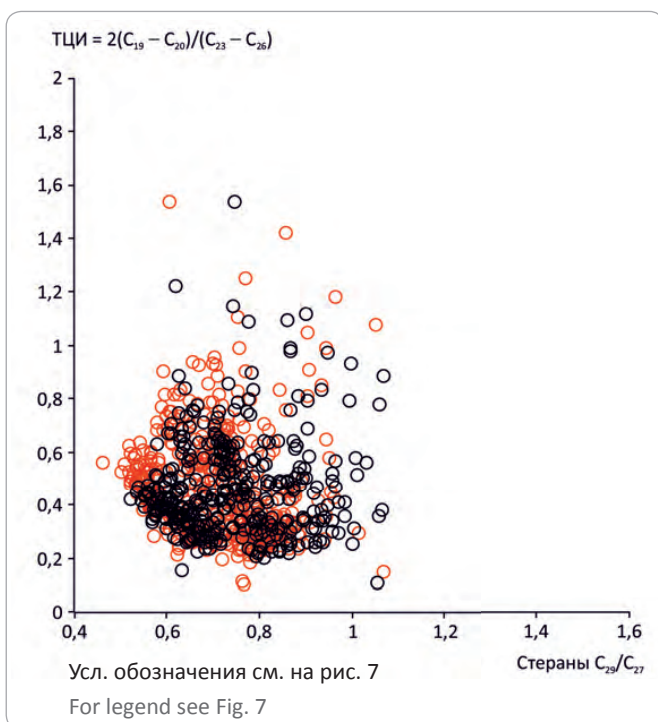


Рис. 12. Тригонограмма распределения стеранов в насыщенной фракции битумоидов открытых пор (аллохтонных) и битумоидов закрытых пор (сорбированных, автохтонных) пород баженовской свиты

Fig. 12. Triangular diagram of steranes distribution in saturated bitumoid fraction of open pore bitumoids (allochthonous) and close pore bitumoids (occluded, autochthonous) of the Bazhenov Fm rocks

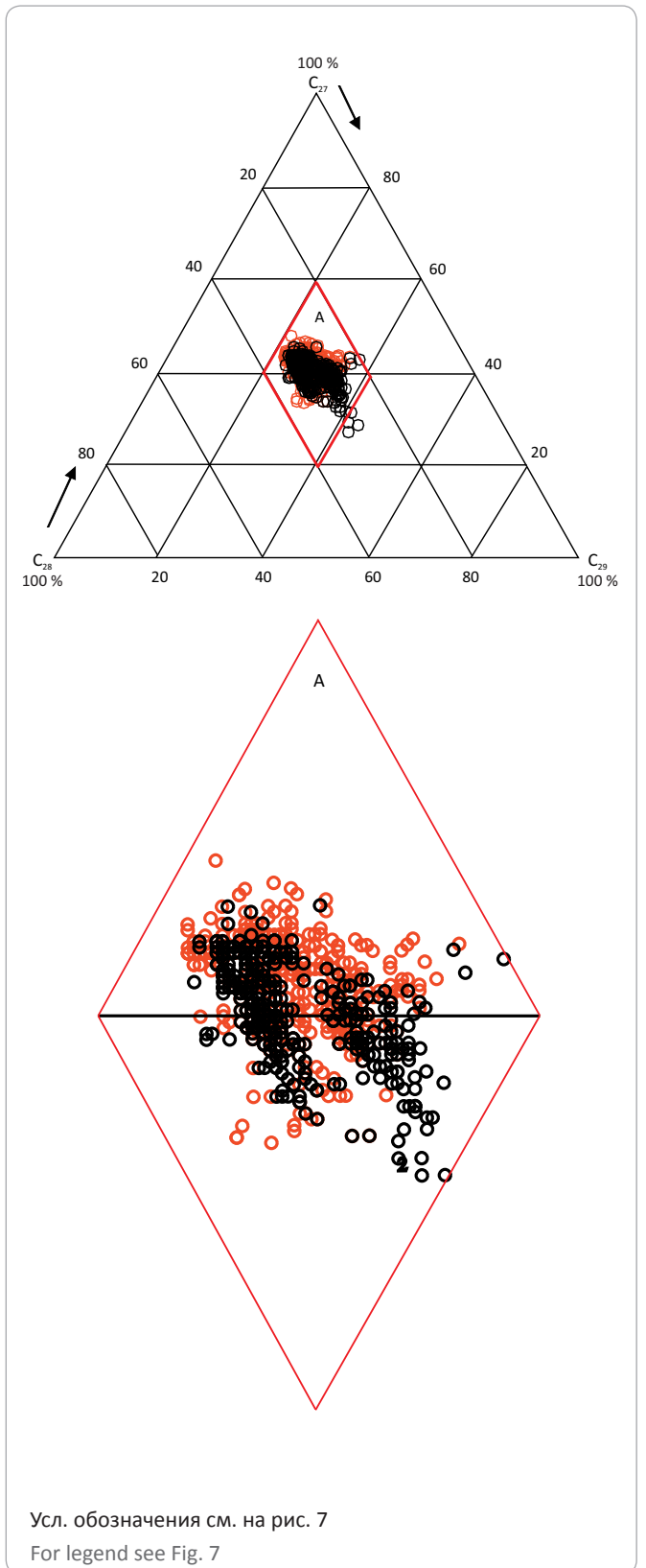
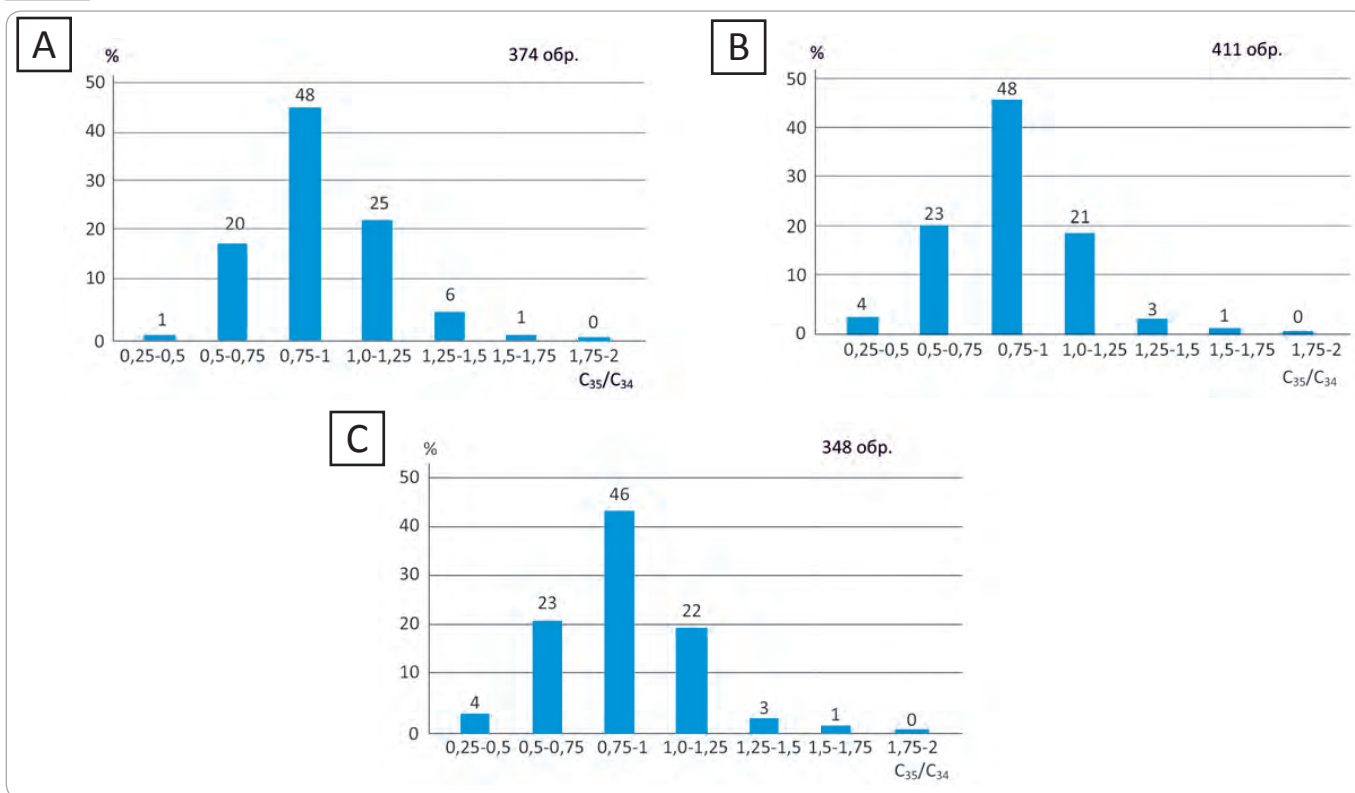


Рис. 13. Гистограммы распределения значений соотношения гомогопанов C_{35}/C_{34} в насыщенной фракции битумоидов в открытых порах (аллохтонных), извлеченных из ОРФ (А), ОГД (В) и битумоидов закрытых пор (сорбированных, автохтонных (ОМД) (С) пород баженовской свиты Западной Сибири

Fig. 13. Histograms of homogopanes C_{35}/C_{34} values distribution in saturated fraction of open pore bitumoids (allochthonous) extracted from RSS (A) and CCS (B) and close pore bitumoids (occluded, autochthonous (FCS) (C) of the West Siberian Bazhenov Fm rocks



ность, генетическое единство битумоидов открытых пор и сорбированных, остаточных автохтонных битумоидов. Первоначально, при изучении аллохтонных битумоидов, извлеченных из ОРФ и ОГД, был решен методический вопрос. На рис. 9 представлена тригограмма стеранов $C_{27}-C_{29}$, извлеченных из ОРФ и ОГД. На рис. 10 показано единство состава аллохтонных битумоидов баженовской свиты из ОРФ и ОГД, и на диаграмме трицикловый индекс — отношение концентраций стеранов C_{29}/C_{27} [11].

После этих замечаний методического плана перейдем к результатам исследований, доказывающих идентичность состава, а значит и источника аллохтонных (ОРФ, ОГД) и автохтонных (ОМД) битумоидов. Из рис. 11–13 видно, что источником ОВ по составу углеводородов-биомаркеров и битумоидов

баженовской свиты были археи, бактерии и простейшие эукариоты. Известно, что липиды архей (изопреноидные структуры в составе фосфолипидов), бактерий (жирные кислоты в составе фосфолипидов, гопаноиды) и простейших эукариот (жирные кислоты в составе фосфолипидов, стероиды) имеют присущие только им особенности. В аллохтонных и автохтонных битумоидах присутствуют все эти структуры (см. рис. 11–13) [12–18]. Поскольку археи, бактерии и эукариоты как самостоятельные домены (надцарства) живых организмов выделены К. Вёзе только в 1990 г. [19] и, в это же время было начато изучение биохимии липидов живого вещества простейших организмов, то ранее эту специфику установить было невозможно.

Литература

1. *Вассоевич Н.Б.* Микронепть // Исследования ВНИГРИ в области нефтяной геологии. Тр. ВНИГРИ. Вып. 132. – Л.: Гостоптехиздат, 1959. – С. 131–162.
2. *Вассоевич Н.Б.* Образование нефти в терригенных отложениях (на примере чокракско-караганских слоев Терского передового прогиба) // Вопросы образования нефти. Тр. ВНИГРИ. Вып. 128. – Л.: Гостоптехиздат, 1958. – С. 9–220.
3. *Вассоевич Н.Б.* Исходное вещество для нефти и газа // Происхождение нефти и газа и формирование их месторождений. – М.: Недра, 1972. – С. 39–70.
4. *Конторович А.Э., Винокур Б.Г.* Холодная и ультразвуковая экстракция битумоидов из пород // Вопросы литологии и геохимии Сибири. Тр. СНИИГГиМС. – Вып. 46. – Л.: Недра, 1967. – С. 195–207.
5. *Методы битуминологических исследований. Задачи исследований и пути их разработки / Под ред. В.А. Успенского.* – Л.: Недра, 1975. – 319 с.
6. *Современные методы анализа в органической геохимии // Под ред. А.Э. Конторовича / Тр. СНИИГГиМС. Вып. 166.* – Новосибирск, 1973. – 100 с.

HC HARD-TO-RECOVER RESERVES AND UNCONVENTIONAL SOURCES

7. *Конторович А.Э., Фомин А.Н., Красавчиков В.О., Истомин А.В.* Катагенез органического вещества в кровле и подошве юрского комплекса Западно-Сибирского мегабассейна // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50. – № 11. – С. 1191–1200.
8. *Неручев С.Г.* Нефтепроизводящие свиты и миграция нефти (результаты изучения органического вещества осадочных пород). – М. : Гостоптехиздат, 1962. – 224 с.
9. *Неручев С.Г., Ковачева Й.С.* О влиянии геологических условий на величину нефтеотдачи материнских пород // Докл. АН СССР. – 1965. – Т. 162. – № 4. – С. 913–917.
10. *Трофимук А.А., Конторович А.Э.* Некоторые вопросы теории органического происхождения нефти и проблема диагностики нефтепроизводящих толщ // Геология и геофизика. – 1965. – Т. 6. – № 12. – С. 3–11.
11. *Конторович А.Э., Бахтуров С.Ф., Башарин А.К., Беляев С.Ю., Бурштейн Л.М., Конторович А.А., Кринин В.А., Ларичев А.И., Году Л., Меленевский В.Н., Тимошина И.Д., Фрадкин Г.С., Хоменко А.В.* Разновозрастные очаги нафтидообразования и нафтидонакопления на Северо-Азиатском кратоне // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. – № 11. – С. 1676–1693.
12. *Гордадзе Г.Н.* Углеводороды в нефтяной геохимии. Теория и практика. – М. : Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, 2015. – 559 с.
13. *Конторович А.Э., Петерс К.Е., Молдован Дж.М., Андруевич В.Е., Демейсон Д.Дж., Стасова О.Ф., Хьюзинге Б.Дж.* Углеводороды-биомаркеры в нефтях Среднего Приобья (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. – 1991. – Т. 32. – № 10. – С. 3–34.
14. *Конторович А.Э., Каширцев В.А., Данилова В.П., Костырева Е.А., Ким Н.С., Меленевский В.Н., Москвин В.И., Парфенова Т.М., Тимошина И.Д., Фомин А.Н., Фурсенко Е.А.* Молекулы-биомаркеры в ископаемом органическом веществе и нафтидах докембрийских и фанерозойских пород Сибири. – СПб. : ВНИГРИ, 2009. – 108 с.
15. *Петров Ал.А.* Углеводороды нефти. – М. : Наука, 1984. – 263 с.
16. *Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M.* The biomarker guide. – Cambridge, Univ. Press, 2007. – 471p.
17. *Peters K.E., Kontorovich A.E., Huizinga B.J., Moldowan J.M., Lee C.Y.* Multiple oil families in the West Siberian basin // AAPG Bulletin. – 1994. – Vol. 78. – № 6. – P. 893–909.
18. *Peters K.E., Kontorovich A.E., Moldowan J.M., Andrusevich V.E., Huizinga B.J., Demaison G.J., Stasova O.F.* Geochemistry of Selected Oils and Rocks from the Central Portion of the West Siberian Basin, Russia // AAPG Bulletin. – 1993. – Vol. 77. – № 5. – P. 863–887.
19. *Woese C.R., Kandler O., Wheelis M.L.* Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eucarya // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1990. – Vol. 87. – P. 4576–4579.

References

1. *Vassoevich N.B.* Micro-oil. *Issledovaniya VNIGRI v oblasti neftyanoi geologii. Tr. VNIGRI. Vyp. 132.* – Leningrad: Gostoptekhizdat, 1959. P. 131–162.
2. *Vassoevich N.B.* Oil generation in terrigenous deposits (by the example of Chokraksky-Karagansky layers of the Tersky Foredeep). *Voprosy obrazovaniya nefi. Tr. VNIGRI. Vyp. 128.* Leningrad: Gostoptekhizdat, 1958. P. 9–220.
3. *Vassoevich N.B.* Initial substance for oil and gas. *Proiskhozhdienie nefi i gaza i formirovanie ikh mestorozhdenii.* Moscow: Nedra, 1972. P. 39–70.
4. *Kontorovich A.E., Vinokur B.G.* Cold and ultrasound-assisted extraction of bitumoids from the rocks. *Voprosy litologii i geokhimii Sibiri. Tr. SNIIGGiMS. Vyp. 46.* Leningrad: Nedra, 1967. P. 195–207.
5. *Methods of bitumenological studies. Research objectives and ways of their development.* In: V.A. Uspensky ed. Leningrad: Nedra, 1975. 319 p.
6. *Modern methods of analysis in the organic geochemistry.* In: A.E. Kontorovich ed. *Tr. SNIIGGiMS. Vyp. 166.* Novosibirsk, 1973. 100 p.
7. *Kontorovich A.E., Fomin A.N., Krasavchikov V.O., Istomin A.V.* Catagenesis of organic matter at the top and base of the Jurassic complex in the oil of West Siberian megabasin. *Russian Geology and Geophysics.* 2009;50(11):1191–1200.
8. *Neruchev S.G.* Oil-generating formations and oil migration (the results of studies of organic matter in sedimentary rocks). Moscow: Gostoptekhizdat, 1962. 224 p.
9. *Neruchev S.G., Kovacheva I.S.* On the geological conditions influence on oil generation in source rocks. *Dokl. AN SSSR.* 1965;162(4):913–917.
10. *Trofimuk A.A., Kontorovich A.E.* Some theory questions of oil organic origin and the problem of diagnosing petroleum-producing sequences. *Russian Geology and Geophysics.* 1965;6(12):3–11.
11. *Kontorovich A.E., Bakhturov S.F., Basharin A.K., Belyaev S.Yu., Burshtein L.M., Kontorovich A.A., Krinin V.A., Larichev A.I., Guodu L., Melenevskii V.N., Timoshina I.D., Fradkin G.S., Khomenko A.V.* Heterochronous centers of naphthide formation and accumulation in the North-Asian craton. *Russian Geology and Geophysics.* 1999;40(11):1676–1693.
12. *Gordadze G.N.* Hydrocarbons in petroleum geochemistry. Theory and practice. Moscow: Rossiiskii gosudarstvennyi universitet nefi i gaza (natsional'nyi issledovatel'skii universitet) imeni I.M. Gubkina, 2015. 559 p.
13. *Kontorovich A.E., Peters K.E., Moldovan Dzh.M., Andrusevich V.E., Demaison D.Dzh., Stasova O.F., Kh'yuzinge B.Dzh.* HC-biomarkers in the Middle Ob (West Siberia). *Russian Geology and Geophysics.* 1991;32(10):3–34
14. *Kontorovich A.E., Kashirtsev V.A., Danilova V.P., Kostyrev E.A., Kim N.S., Melenevskii V.N., Moskvin V.I., Parfenova T.M., Timoshina I.D., Fomin A.N., Fursenko E.A.* Molecules-biomarkers in fossil organic matter and naphthides of the Siberian Precambrian and Phanerozoic rocks. St. Petersburg: VNIGRI, 2009. 108 p.
15. *Petrov Al.A.* Hydrocarbons of the oil series. Moscow: Nauka, 1984. 263 p.
16. *Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M.* The biomarker guide. Cambridge, Univ. Press, 2007. 471 p.
17. *Peters K.E., Kontorovich A.E., Huizinga B.J., Moldowan J.M., Lee C.Y.* Multiple oil families in the West Siberian basin. *AAPG Bulletin.* 1994;78(6):893–909.
18. *Peters K.E., Kontorovich A.E., Moldowan J.M., Andrusevich V.E., Huizinga B.J., Demaison G.J., Stasova O.F.* Geochemistry of Selected Oils and Rocks from the Central Portion of the West Siberian Basin, Russia. *AAPG Bulletin.* 1993;77(5):863–887.
19. *Woese C.R., Kandler O., Wheelis M.L.* Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 1990;87:4576–4579.