



УДК 550.4:552.578.2(571.1)

ОРГАНИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ АКВАБИТУМОИДОВ ОРЕОЛОВ РАССЕЙВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА

В. П. Данилова

Изложены результаты исследований аквабитумоидов (АБ) в ореолах рассеивания нефтяных компонентов из залежей и геохимических аномалий в путях миграции (АБ второй совокупности). На природных объектах показано, что содержание и состав диссипативных битумоидов не зависит ни от общей минерализации вод, ни от их минерального состава. В значительной мере это контролируется генотипом нефти в залежи, ее размером и термобарическими условиями, а также расстоянием от залежи, литологическими свойствами пород, вмещающих залежь, и др. На молекулярном уровне установлено генетическое единство между семействами АБ второй совокупности и соответствующими семействами нефтей, а следовательно, по составу АБ второй совокупности можно прогнозировать не только возможные залежи нефти, но и их генотип. Изучение содержания диссипативных АБ и их состава позволяет в ряде случаев предполагать наличие разгрузки вод из одних водоносных комплексов в другие, разрушение, а возможно, и переформирование залежей. Проведенные исследования вполне убедительно доказывают реальность и огромные масштабы рассеяния нефтяных компонентов из сформировавшихся залежей. Полученные материалы по геохимии диссипативных АБ позволяют, с одной стороны, использовать их при оценке перспектив нефтегазоносности геологических объектов в бассейне, с другой – решать ряд спорных вопросов в теории происхождения нефти.

Ключевые слова: аквабитумоид, совокупность, семейство, углеводороды, биомаркеры.

ORGANIC GEOCHEMISTRY OF AQUABITUMOIDS OF DISPERSION HALOS OF OIL AND GAS ACCUMULATIONS WITHIN THE WEST SIBERIAN SEDIMENTARY BASIN

V. P. Danilova

Results of aquabitimoid (AB) investigations in scattering ranges of oil components from accumulations and geochemical anomalies in migration paths (AB of second system) are stated. As it is shown in natural objects, the content and composition of dissipative bitumoids depend neither on total water salinity nor on their mineral composition. This is largely controlled by an oil genotype, its size and thermobaric conditions, as well as by the distance from accumulation, lithological character of rocks, enclosing accumulation, etc. The genetic unity between aquabitimoid families of the second system and corresponding oil families is determined at molecular level, and hence the composition of AB of the second system can predict not only possible accumulations, but their genotype. The study of dissipative AB content and their composition, in some cases, allow suggesting the presence of water unloading from some aquifer system to another, destruction, and possibly accumulation re-formation. The findings prove existence and great scale of oil components dispersion from accumulations. Obtained data on geochemistry of dissipative AB can be used, on the one hand, in evaluation of petroleum potential of geological targets in the basin and, on the other hand, in solving of a number of controversial questions in the theory of oil origin.

Keywords: aquabitimoids, system, family, hydrocarbons, biomarkers.

Проблема первичной и вторичной миграции в теории нефтидогенеза до сих пор окончательно не решена. Она активно обсуждалась в 1950–1970-е гг. Наиболее острая дискуссия сосредоточена на вопросе о реальности миграции нефтяных компонентов вместе с водами. В результате, по представлениям большинства исследователей, миграция нефти может осуществляться вместе с водами в виде истинных, коллоидных растворов или в виде эмульсии и в газовой фазе в виде единой ретроградной газонефтяной системы.

Сторонники представлений об абиогенном синтезе нефти отвергают возможность миграции

углеводородов, особенно смол и асфальтенов, вместе с водами, во-первых, из-за малой их растворимости и, во-вторых, потому что реальность миграции доказывается не на природных объектах. Опровергнуть эти возражения можно лишь прямым обнаружением в подземных водах всего комплекса соединений, свойственных нефти, и установлением генетических связей в ряду битумоиды РОВ → аквабитумоиды → нефти. Для решения этой задачи в начале 1970-х гг. в рамках научной школы А. Э. Конторовича начаты исследования по геохимии битумоидов в подземных водах нефтегазоносных бассейнов Сибири – аквабитумоидов (термин предложен А. Э. Конторовичем). В этих исследованиях следует выделить два крупных периода.

ИНГГ СО РАН (Новосибирск)



Изучение аквабитумоидов первого периода (1972–1989 гг.) проводилось в СНИИГГиМС. В это время была разработана методика экстракции аквабитумоидов (АБ), предложена рациональная схема их изучения [8], выполнено несколько циклов исследований по геохимии АБ отдельных регионов и гидрогеологических комплексов Западно-Сибирской и Лено-Тунгусской провинций. Аналитическая техника этого периода позволяла проводить исследования АБ, за исключением УВ алифатического строения, на групповом уровне. Результаты первых исследований опубликованы в работах [2–5, 9–12]. В них принимали участие А. С. Фомичев, В. Г. Иванов, В. И. Вожов и др. Кроме того, были изучены аквабитумоиды из современных водоемов с различной соленостью вод (от пресных до крепких рассолов) [1].

Второй период в исследованиях АБ, продолжающийся и в настоящее время, связан с переходом в 1989 г. автора и инициатора работ академика А. Э. Конторовича в ИГИГ СО АН СССР. К тому времени направленность и методика исследования в области органической геохимии коренным образом изменились. С появлением аналитической техники нового поколения появились большие возможности для геохимических исследований РОВ и нефтей на молекулярном уровне. В результате в нашей стране и за рубежом опубликовано огромное количество работ, посвященных химическим соединениям РОВ и нефтей, наследующих углеродный скелет и стереохимию молекул живого вещества. Наиболее полно современное состояние геохимии реликтовых соединений изложено в монографиях [14, 16]. В России существенный вклад в исследование роли хемофоссилий для органической геохимии внесли сотрудники научных школ Н. Б. Вассоевича, А. Э. Конторовича, С. Г. Неручева, Ал. А. Петрова, В. А. Успенского. Большинство работ по изучению геохимии углеводородов-биомаркеров в нефтях на первых порах имели преимущественно химическую направленность. Затем, по мере коренной реконструкции аналитической базы в органической геохимии, постепенно расширялся стратиграфический диапазон подобных исследований, а полученные результаты тесно увязывались с геологической информацией.

Первые аналитические определения по относительному распределению углеводородов-биомаркеров в *аквабитумоидах* Западно-Сибирского осадочного бассейна выполнялись в сотрудничестве с американской компанией «КОНОКО», так как в то время лаборатория не располагала собственным хромато-масс-спектрометром. Собственное изучение реликтовых углеводородов в аквабитумоидах в ИГИГ СО РАН были организованы в начале 1990-х гг.

Проведенные ранее исследования показали, что по геологическим условиям нахождения пластовых вод, концентрации и составу АБ они делятся на две совокупности [4, 9–12, 14 и др.].

Воды первой совокупности приурочены к непродуктивным площадям, а в случае продуктивных площадей – к непродуктивным горизонтам. Содержание и состав битумоидов в них характеризуют региональный фон в бассейне, создаваемый первичной миграцией рассеянных в породах битумоидов. Их органическая геохимия достаточно подробно изложена в ряде работ [4, 5, 7, 9–12, 13 и др.]. Битумоиды вод второй совокупности связаны с ореолами рассеивания нефтяных компонентов из залежей и геохимических аномалий в путях миграции.

Изучение органической геохимии именно этих диссипативных АБ на молекулярном уровне и является целью данной статьи.

Материал и методика исследования

Аквабитумоиды вод второй совокупности изучены на коллекции из 59 образцов: 29 приурочено к водам нижнемелового гидрогеологического комплекса, 15 – верхнеюрского, 11 – ниже-среднеюрского, по 1 образцу – к водам палеозойского и триасового комплексов. Схема расположения продуктивных площадей, на которых отобраны воды второй совокупности, представлены на рис. 1.

Извлечение аквабитумоидов в количествах, достаточных для углубленного исследования, проводилось из больших (10–20 л) объемов пластовых вод последовательно хлороформом (при pH 7; 8–10; 3–4) и изобутиловым спиртом (при pH 3–4). Детальное (на молекулярном уровне) дальнейшее их исследование выполнялось по схеме, аналогичной таковой для нефтей и битумоидов РОВ. Она предусматривает осаждение из аквабитумоидов асфальтеновых компонентов 40-кратным объемом петролейного эфира. Разделение деасфальтированной части на фракции метанонафтенных и нафтоароматических углеводородов, бензольных и спиртобензольных смол проводилось на хроматографических колонках, заполненных силикагелем АСК. Каждая выделенная фракция изучалась затем широким комплексом современных физико-химических методов анализа.

В насыщенных фракциях АБ методом газожидкостной хроматографии (ГХ) были идентифицированы алканы нормального и изопреноидного строения. Циклановые УВ изучались сочетанием газожидкостной хроматографии и масс-спектрометрии (ГХ-МС).

Хромато-масс-спектральный анализ циклических насыщенных УВ стеранового и терпанового рядов в аквабитумоидах был выполнен на хроматографе «Hewlett Packard 5890» – масс-спектрометре (MSD 5972A) с компьютерной системой (Chem Station) регистрации и обработки информации HP G1034. Для ввода и дозировки пробы применялось автоматическое устройство (автосамплер) AS 7673; ввод проб при ГХ прово-

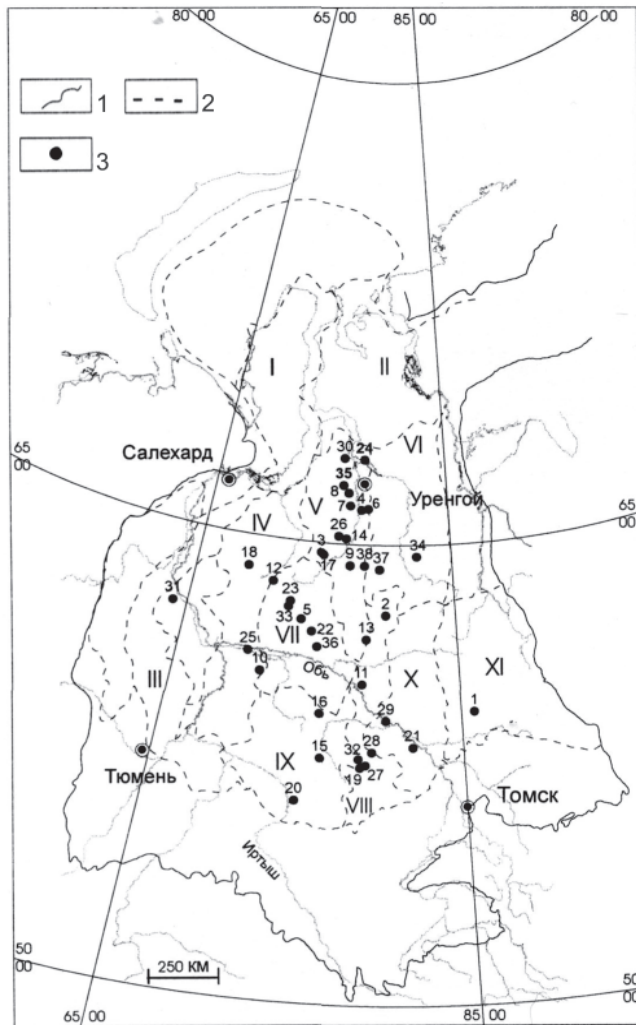


Рис. 1. Карта размещения площадей отбора проб вод второй совокупности Западно-Сибирского нефтегазового мегабассейна

Границы: 1 – Западно-Сибирского мегабассейна, 2 – нефтегазоносных областей (I – Ямальская, II – Гыданская, III – Приуральская, IV – Фроловская, V – Надым-Пуровская, VI – Пур-Тазовская, VII – Среднеобская, VIII – Васюганская, IX – Каймысовская, X – Пайдугинская, XI – Усть-Енисейская); 3 – площади (1 – Вездеходная, 2 – Верхнеколикъеганская, 3 – Верхнепурпейская, 4 – Восточно-Таркосалинская, 5 – Восточно-Ягунская, 6 – Геологическая, 7 – Евояхинская, 8 – Есетинская, 9 – Етыпурская, 10 – Западная, 11 – Западно-Назинская, 12 – Западно-Перевальная, 13 – Западно-Сикторская, 14 – Западно-Таркосалинская, 15 – Игольская, 16 – Катыльгинская, 17 – Комсомольская, 18 – Лунгорская, 19 – Нижнетабаганская, 20 – Никольская, 21 – Овражная, 22 – Покачевская, 23 – Русскинская, 24 – Салекаптская, 25 – Салымская, 26 – Северо-Губкинская, 27 – Северо-Калиновая, 28 – Северо-Останинская, 29 – Северо-Сильгинская, 30 – Северо-Уренгойская, 31 – Талинская, 32 – Тамбаевская, 33 – Тевлинская, 34 – Толькинская, 35 – Уренгойская, 36 – Урьевская, 37 – Харампурская, 38 – Южно-Таркосалинская)

изменяется от 21,34 до 3241,00 мг/л, кислой части $АБ_{\kappa}$ – от 0,8 до 8756,62 мг/л. Среднее содержание аквабитумоидов для всей выборки вод второй совокупности составляет 419,48 мг/л (без учета ураганных содержаний). Из них 139,14 мг/л приходится на хлороформный экстракт и 280,43 мг/л – на изобутиловый (кислый) (табл. 1, рис. 2, а).

Модальные значения в $АБ_{\text{хл+к}}$ всей выборки вод этой совокупности – 50–100 мг/л, реже (в 22 % вод) 30–50 мг/л, в 18 % вод более 300 мг/л (рис. 3).

Лидирующая концентрация для хлороформного аквабитумоида всей выборки вод второй совокупности – также 50–100 мг/л (28 %), затем следуют воды с содержанием 25–30 (23 %) и 30–50 мг/л (в 20 %).

В 67 % вод второй совокупности концентрация кислого экстракта ($АБ_{\kappa}$) составляет 25–30 мг/л, в 22 % вод – 30–50 мг/л. Воды с более высокими концентрациями кислого экстракта встречаются значительно реже (см. рис. 3).

Вариации содержания как аквабитумоидов в целом, так и слагающих их хлороформных и изобутиловых экстрактов в водах каждого из гидрогеологических комплексов весьма велики (см. табл. 1, рис. 4). Наиболее высокие концентрации $АБ_{\text{хл+к}}$ в среднем зафиксированы в верхнеюрских водах второй совокупности (928,87 мг/л). Преобладает (в 40 % вод) в этом комплексе концентрация 50–100 мг/л, в 2 раза реже – 30–50 и более 300 мг/л. Нижнемеловые воды в среднем менее обогащены (206,61 мг/л) аквабитумоидами, но лидируют в них те же концентрации, что и в верхнеюрских (см. рис. 4).

В водах ниже-среднеюрского комплекса $АБ$ присутствуют в среднем в концентрации 372,7 мг/л. При этом в 36,4 % вод преобладают концентрации $АБ_{\text{хл+к}}$ 30–50 и 50–100 мг/л, в 2 раза

дился при делении потока 1:50; при ГХ-МС в режиме split/splitless. Для деления использовались капиллярные кварцевые колонки НР-5 длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм и неподвижной фазой (5 % дифенила + 95 % диметилсилоксана) толщиной 0,25 мкм. Газ-носитель – гелий. Температурная программа предусматривала ввод пробы при 100 °С, далее изотермический нагрев в течение 4 мин с последующим нагревом до 290 °С со скоростью 4 °С/мин и выдержкой при этой температуре 30 мин. Ионизирующее напряжение 70 эВ, температура источника 250 °С.

Газово-хроматографический – масс-спектральный анализ проводился в режиме MID (multiple ion detection) характерных ионов: $m/z = 191$ и 177 для терпанов, 217 – для стеранов, 218 – для изостеранов. Идентификация соединений осуществлялась по времени удерживания путем сравнения полученных масс-фрагментограмм с уже имеющимися спектрами в библиотеке системы, а также с опубликованными данными.

Результаты и обсуждение

Содержание битумоидов в водах второй совокупности колеблется в чрезвычайно широких пределах (от 32,8 до 8777,96 мг/л). При этом концентрация хлороформного экстракта в этих водах



Таблица 1

Распределение АБ в водах второй совокупности Западно-Сибирского осадочного бассейна

Возраст	Содержание, мг/л			АБ _{хл} / АБ _к
	АБ _{хл}	АБ _к	АБ _{хл+к}	
K ₁ g+br	32,2–76,32 55,27	0,8–47,17 22,85	57,35–103,17 78,12	0,68–95,40 21,11
K ₁ v	23,04–659,10 92,32	1,14–2440,00 142,22	32,81–2476,78 234,54	0,02–92,83 12,58
K ₁	23,04–659,10 85,70	0,8–2440,00 120,90	32,81–2476,78 206,61	0,02–95,40 14,11
J ₃	21,34–248,20 75,60	2,33–8756,62 853,27	33,18–8777,96 928,87	0,002–35,76 6,39
J ₁₊₂	25,39–3241,00 349,51	4,50–49,47 23,60	38,90–3266,40 372,67	0,72–127,60 16,02
J	21,34–3241,00 191,49	2,33–8756,62 502,25	33,18–91,00 693,55	0,002–127,60 11,96
PZ	61,58–352,20 193,00	4,65–40,10 24,93	66,23–392,30 217,93	3,58–13,24 8,48
Вторая сово- купность	21,34–3241,00 139,14	0,80–8756,62 280,43	32,81–8777,96 419,48	0,002–127,60 12,58

№ 2с ♦ 2014

Примечание. В числителе – диапазон значений, в знаменателе – среднее.

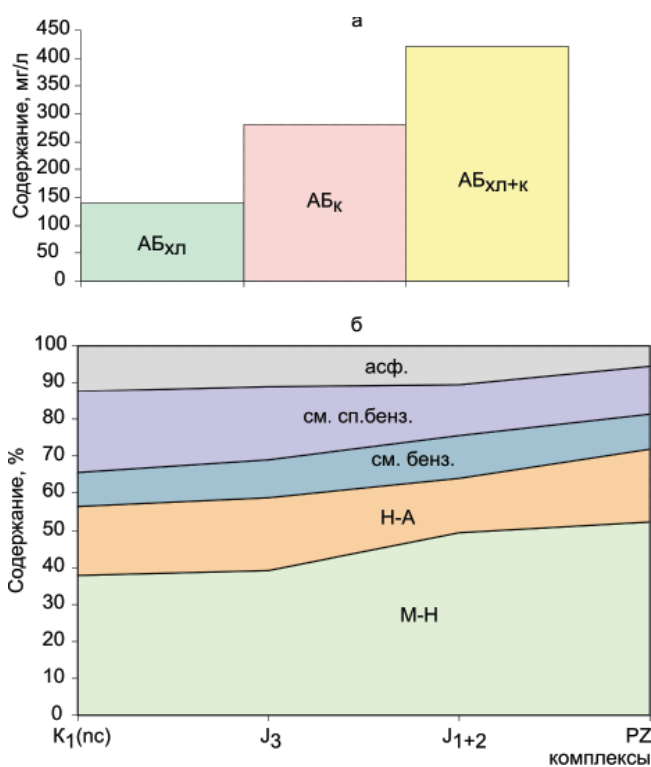


Рис. 2. Содержание (а) и групповой состав (б) аквабитумоидов второй совокупности Западно-Сибирского осадочного бассейна (средние значения)

Экстракты: АБ_{хл} – хлороформный, АБ_к – изобутиловый (кислый), АБ_{хл+к} – сумма экстрактов; М-Н – метанонафтенновые УВ, Н-А – нафтоароматические УВ; смолы: бензольные (бенз.), спиртобензольные (сп.бенз.); асфальтеновые компоненты (асф.)

реже – 150–200 мг/л, в 4 раза – более 300 мг/л (см. рис. 4).

Палеозойские воды содержат в среднем 217,93 мг/л аквабитумоидов, при этом с равной частотой (50 %) встречаются воды с концентрацией 50–100 и более 300 мг/л.

Содержание хлороформных битумоидов в водах каждого гидрогеологического комплекса при чрезвычайно широком разбросе изменяется

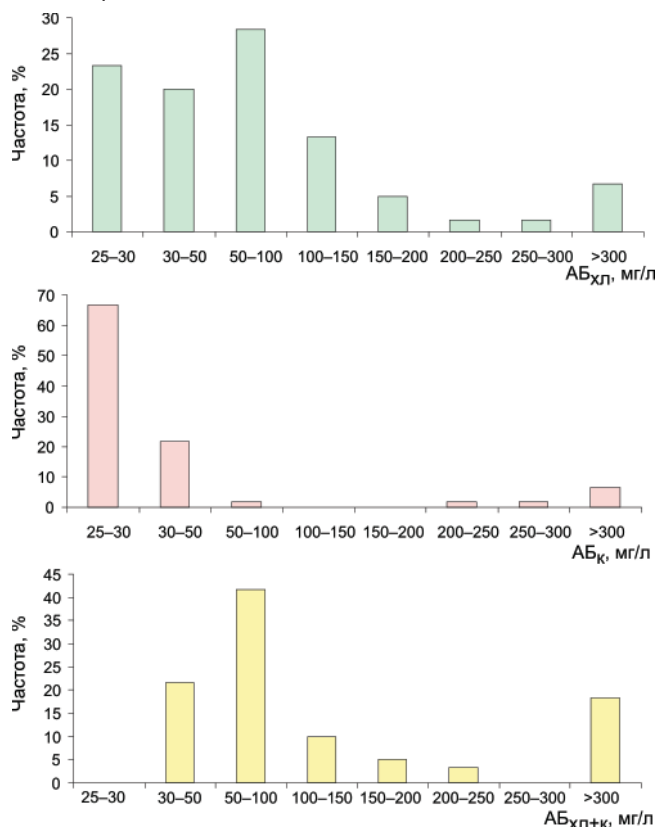


Рис. 3. Гистограммы распределения концентрации аквабитумоидов второй совокупности в Западно-Сибирском осадочном бассейне (для всей выборки)

крайне неравномерно (см. табл. 1, рис. 4). Лидируют в неоккомском гидрогеологическом комплексе концентрации АБ_{хл} 50–100 мг/л (в 27,6 % вод). В верхне- и ниже-среднеюрском комплексах чаще встречаются воды с содержанием хлороформного экстракта 30–50 и 25–30 мг/л соответственно, в палеозойском – 50–100 мг/л.

Хлороформным экстрактом в среднем богаче воды ниже-среднеюрского комплекса (349,5 мг/л). Значительно меньше (193,0 мг/л) в среднем их обнаружено в палеозойских во-

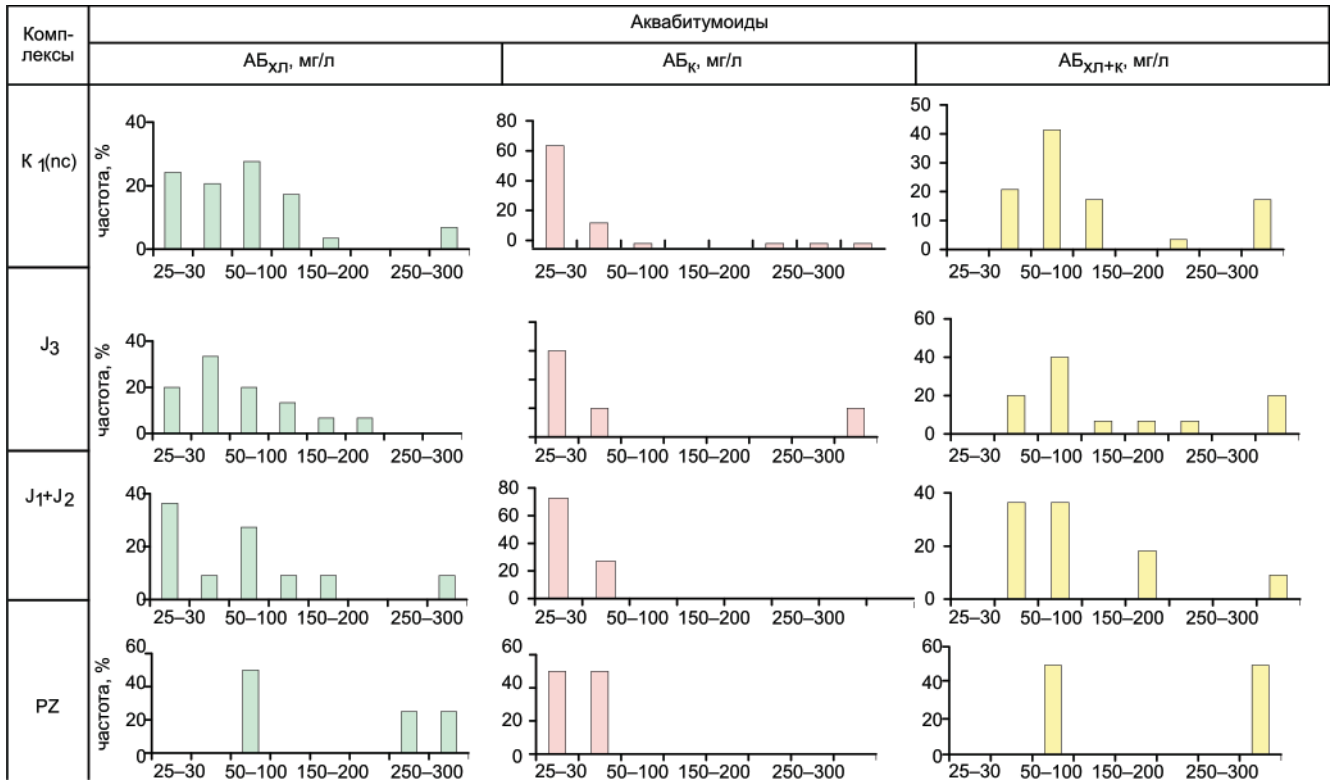


Рис. 4. Гистограммы распределения концентрации аквабитумоидов второй совокупности в Западно-Сибирском осадочном бассейне по стратиграфическим комплексам

дах, а в верхнеюрских и нижнемеловых в среднем на уровне 75,6 и 85,7 мг/л соответственно (см. табл. 1).

Кислыми компонентами обеднены в среднем ниже-среднеюрские (23,6 мг/л) и палеозойские (24,9 мг/л) воды. Максимальное (853,3 мг/л) их содержание при крайне широком (2,33–8756,6 мг/л) разбросе приурочено в среднем к верхнеюрским водам. Изобутиловых экстрактов в водах неокома 0,8–2440,0 мг/л, в среднем 120,9 мг/л. Модальные концентрации АБ_к в каждом комплексе – 25–30 мг/л (см. рис. 4).

Какой-либо связи между содержанием хлороформного и изобутилового экстрактов в процессе исследований не зафиксировано. В водах второй совокупности повышенные концентрации АБ_{хл} встречаются при любых возможных значениях АБ_к и не зависят ни от типа вод, ни от их стратиграфической или территориальной приуроченности. В них не установлено также линейной зависимости как между содержанием битумоидов в целом, так и составляющих его нейтральной и кислой частей ни с общей минерализацией, ни с основными макро- и микрокомпонентами. Содержание аквабитумоидов в водах второй совокупности контролируется, вероятно, в значительной мере давлением, температурой в нефтяной залежи, ее размером, составом нефти, рассеиваемой из залежи, а также литологией и проницаемостью пород в пределах ореолов диссипации нефтяных компонентов.

Элементный состав основной массы АБ_{хл+к} второй совокупности близок к нефтяному: со-

держание углерода в среднем 76,38 %, водорода 11,80 %, серы 1,47 %, кислых гетероэлементов (O+N) 10,30 %. Среднее отношение (H/C)_{ат} равно 1,85, C/H – 6,74.

Групповой состав АБ второй совокупности в каждом комплексе изменяется весьма хаотично, но в среднем с возрастом отложений увеличивается содержание УВ, особенно насыщенных, и уменьшается – гетерокомпонентов (см. рис. 2, б). Для УВ лидируют концентрации 70–80 %, для спиртобензольных смол – 0–10 %, в меньшей мере 10–20 %, для асфальтенов – 0–10 %.

В последнее время проанализирован также характер распределения в аквабитумоидах второй совокупности УВ-биомаркеров (n-алканов, алифатических изопреноидов и цикланов стеранового и терпанового рядов). Для этого проведена генетическая классификация АБ второй совокупности методом кластерного анализа. Кластерный анализ выполнен на коллекции, состоящей из 22 аквабитумоидов (табл. 2). При этом набор параметров для кластеризации диссипативных АБ был таким же, как и для АБ первой совокупности [6], а также для битумоидов РОВ и нефтей. В результате по выбранному набору биомаркерных параметров АБ второй совокупности разделились на три семейства (рис. 5), для которых определены биомаркерная индивидуальность и стратиграфическая приуроченность (табл. 3–5, рис. 6–8).

Первое семейство состоит из шести АБ, четыре из которых приурочены к водам селькупской и тогурской свит (Западно-Перевальная площадь) нижней юры и по одному – к нижнему триасу



Таблица 2

Геологическая характеристика аквабитумоидов второй совокупности Западно-Сибирского осадочного бассейна, используемых в кластерном анализе

№ в дендр.	НГО	Площадь	№ скв.	Интервал отбора, м	Возраст	Свита
Первое семейство						
127	Среднеобская	Урьевская	314	3008–3014	T ₁	Туринская
123	«	Западно-Перевальная	11 ^a	3545–3565	J ₁	Селькупская
125	«	«	11 ^a	3740–3760	J ₁	Подтогурская
124	«	«	11 ^a	3700–3740	J ₁	Низы тогура
122	«	«	11 ^a	3520–3530	J ₁	Перевальная+селькупская
75	Пур-Тазовская	Геологическая	9	3402–3410	K _{1v}	Мегионская
Второе семейство						
65	Пур-Тазовская	Геологическая	1	3055–3067	K _{1v}	Сортымская
53	Среднеобская	Северо-Именная	27	2788–2796	K _{1v}	Куломзинская
37	«	Восточно-Ягунская	258	2397–2408	K _{1v}	Сортымская
21	Надым-Пурская	Уренгойская	851	2755–2760	K _{1g+br}	Тангаловская
136	Пайдугинская	Вездеходная	4	3442–3564	D ₃	Вездеходная
59	Надым-Пурская	Восточно-Таркосалинская	20	2894–2912	K _{1v}	Сортымская
95	Пур-Тазовская	Южно-Харампурская	307	2871–2875	J ₃	Васюганская
93	Среднеобская	Рускинская	220	2799–2802	J ₃	«
118	Фроловская	Талинская	137	2466–2475	J ₁	Шеркалинская
41	Среднеобская	Тевлинская	10	2528–2532	K _{1v}	Сортымская
121	Фроловская	Лунгорская	31	3279–3312	J ₁	Шеркалинская
71	Пур-Тазовская	Саликаптская	4	3150–3160	K _{1v}	Сортымская
Третье семейство						
108	Пайдугинская	Овражная	16	2396–2401	J ₂	Тюменская
99	Пур-Тазовская	Харампурская	309	2925–2930	J ₃	Васюганская
126	Надым-Пурская	Евояхинская	350	3834–3888	J ₁	Береговая
94	Васюганская	Западно-Сикторская	1	2820–2877	J ₃	Васюганская

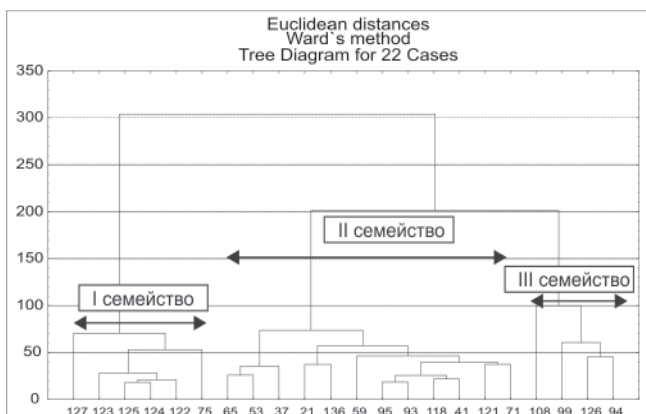


Рис. 5. Дендрограмма кластерного анализа аквабитумоидов второй совокупности Западно-Сибирского осадочного бассейна (номера образцов в дендрограмме см. в табл. 2)

(Урьевская площадь) и нижнему мелу (мегионская свита, Геологическая площадь) (см. табл. 2).

Второе семейство АБ более многочисленно – 12 образцов. Из них семь из неокомского гидрогеологического комплекса, по два – из нижне- и верхнеюрского и один – из верхнедевонского.

Третье семейство включает четыре АБ, два из которых выделены из нижнеюрских вод и два из верхнеюрских.

Выполненные на молекулярном уровне исследования показали, что во всех семействах аквабитумоидов второй совокупности присутству-

ют *n*-алканы от C₁₁ до C₃₉ (см. рис. 6). Кривые молекулярно-массового распределения *n*-алканов первого семейства мономодальны и с широкими вершинами (см. рис. 6). Мономодальна и усредненная их кривая с максимумом в области *n*-C_{21–25}. Отношение *n*-C₂₇/C₁₇ изменяется от 0,37 до 3,32, в среднем 1,45 (см. табл. 4). Среди высокомолекулярных *n*-алканов преобладают «нечетные». Коэффициент CPI укладывается в интервал 0,93–1,27 при среднем 1,18 (см. табл. 4).

Во втором и третьем семействах АБ кривые распределения *n*-алканов по массам в среднем близки, хотя внутри каждого семейства распределены исключительно разнообразно (см. рис. 6). Среди них встречаются и бимодальные, и мономодальные кривые. На усредненных кривых распределения *n*-алканов по массам в АБ второго и третьего семейств в повышенных, мало отличающихся концентрациях, присутствует широкий спектр УВ – от C_{17–18} до C_{25–26} (см. рис. 6).

Отношение *n*-C₂₇/C₁₇ от второго семейства к третьему в среднем снижается от 2,96 до 2,60. Коэффициент CPI, характеризующий «нечетность», во втором семействе колеблется от 0,95 до 1,12, в третьем – от 1,00 до 1,25, в среднем 1,04 и 1,10 соответственно (см. табл. 4).

Среди алифатических изопреноидов ряда C₁₃–C₂₅ (кроме *i*-C₁₇) в первом семействе по концентрации лидирует пристан, концентрация которого внутри выборки изменяется от 23,81–52,75 %



Таблица 3

Распределение алифатических углеводородов-биомаркеров в аквабитумоидах второй совокупности Западно-Сибирского осадочного бассейна (средние значения)

C _n	Семейства АБ		
	I	II	III
	н-Алканы, % на сумму		
C ₁₁	0,03	0,01	0,00
C ₁₂	0,28	0,08	0,00
C ₁₃	0,67	1,02	0,75
C ₁₄	1,37	3,47	1,53
C ₁₅	2,20	4,76	3,07
C ₁₆	3,20	5,36	4,28
C ₁₇	4,85	5,78	5,49
C ₁₈	6,45	5,88	5,99
C ₁₉	7,46	5,76	5,96
C ₂₀	7,96	5,63	6,95
C ₂₁	8,72	5,64	5,71
C ₂₂	8,34	5,83	5,92
C ₂₃	9,03	6,09	6,21
C ₂₄	7,44	6,69	6,89
C ₂₅	7,43	6,56	8,23
C ₂₆	5,33	6,72	6,53
C ₂₇	5,11	5,31	5,25
C ₂₈	3,51	4,65	4,65
C ₂₉	3,49	4,18	4,19
C ₃₀	2,24	3,43	3,49
C ₃₁	1,82	2,64	2,94
C ₃₂	1,20	1,78	1,85
C ₃₃	1,05	1,25	1,15
C ₃₄	0,48	0,85	1,69
C ₃₅	0,36	0,50	1,06
C ₃₆	0,00	0,07	0,17
C ₃₇	0,00	0,05	0,04
C ₃₈	0,00	0,03	0,03
C ₃₉	0,00	0,02	0,00
	Изопреноны, % на сумму		
C ₁₃	0,00	0,06	0,00
C ₁₄	0,15	0,93	0,39
C ₁₅	1,73	2,51	2,21
C ₁₆	3,09	8,58	13,44
C ₁₇	0,00	0,00	0,00
C ₁₈	8,47	9,06	9,04
C ₁₉	37,41	26,13	29,18
C ₂₀	15,45	22,24	20,73
C ₂₁	8,40	7,82	5,06
C ₂₂	8,71	9,20	4,05
C ₂₃	11,68	5,79	4,94
C ₂₄	2,59	3,73	7,61
C ₂₅	2,36	3,93	3,60

при среднем 37,41 % (см. рис. 6). Отношение Pr/Ph в АБ этого семейства колеблется от 1,25 до 4,70, в среднем 2,52 (см. табл. 4).

Изопреноиды третьего семейства аквабитумоидов также представлены в основном пристаном и фитаном, но содержание последнего в массе изопреноидов в среднем выше, чем в первом семействе (20,73 против 15,45 %); соответственно, ниже и отношение Pr/Ph (1,43).

По ряду характеристик изопреноны второго семейства занимают промежуточное положение между первым и третьим, но в среднем их состав

Таблица 4

Основные биомаркерные параметры аквабитумоидов второй совокупности Западно-Сибирского осадочного бассейна (средние значения)

УВ	Параметры	Семейство		
		I	II	III
н-Алканы, изопреноны	n-C ₂₇ /n-C ₁₇	1,45	2,96	2,60
	CPI	1,18	1,04	1,10
	Pr/Ph	2,52	1,53	1,43
	Pr/n-C ₁₇	1,34	0,34	0,34
	Ph/n-C ₁₈	0,30	0,28	0,23
Стераны	C ₂₉ /C ₂₇	3,18	1,02	0,64
	C ₂₉ /C ₂₈	2,55	1,12	0,74
	C ₂₇ /C ₂₈	0,82	1,07	1,20
	C ₃₀ /C ₂₇ -C ₃₀	0,06	0,07	0,11
	K ₁	0,92	0,64	4,67
	K ₂	3,20	2,27	7,80
	βα/αα+ββ	0,70	0,48	1,08
Гопаны	Ts/Tm	1,92	0,92	1,32
	Г ₃₅ /Г ₃₄	0,45	0,73	0,59
	Гопан/гомгопаны	1,84	1,31	2,33
	Моретаны/гопаны	0,05	0,09	0,10
	Трицикланы/гопаны	0,17	0,27	0,62
	Тетрацикланы/гопаны	0,04	0,03	0,08
Трицикланы	Гаммацеран/гопаны	0,03	0,02	0,01
	T ₁₉₊₂₀	28,27	4,38	13,82
	T ₂₃ -T ₂₆	14,79	41,92	40,31
	T ₂₈ -T ₃₁	39,17	40,00	20,83
	ТЦИ	5,45	0,22	0,90
	T ₂₃₋₂₆ /T ₂₈₋₃₁	0,39	1,07	2,10

Примечание. Pr/Ph – пристан/фитан; K₁ = αα20S/αα20R для C₂₉; K₂ = ββ(20S+20R)/αα20R для стерана C₂₉; Ts/Tm – 17α(H)22,29,30-трисноргопан/18α(H)22,29,30-триснорнеогопан; βα/αα+ββ для суммы стеранов; ТЦИ = 2(T₁₉+T₂₀)/(T₂₃+T₂₄+T₂₅+T₂₆); CPI – 0,5{(C₂₅+C₂₇+C₂₉+C₃₁+C₃₃)/(C₂₆+C₂₈+C₃₀+C₃₂+C₃₄)+(C₂₅+C₂₇+C₂₉+C₃₁+C₃₃)/(C₂₄+C₂₆+C₂₈+C₃₀+C₃₂)}

ближе к ацикланам третьего (см. рис. 6). Отношение Pr/Ph при переходе от второго семейства АБ к третьему в среднем снижается от 1,53 до 1,43 (см. табл. 4).

В составе *стеранов* C₂₇-C₃₀ первого семейства в среднем доминируют этилхолестаны (54,45 %) (табл. 5, рис. 7, а), разброс внутри выборки от 49,32 до 61,93 %. Метилхолестанов в массе стеранов C₂₇-C₃₀ при разбросе 19,73–24,07 %, в среднем 21,67 %, холестанов – 12,54–21,43 %, в среднем 17,92 %.

Во втором семействе аквабитумоидов содержание холестанов, метил- и этилхолестанов в среднем близко (31,49, 29,41 и 31,91 % соответственно), хотя флуктуации каждого из указанных гомологов в выборке весьма значительны (28,51–33,79 % для холестанов, 21,69–32,77 % для метилхолестанов, 26,57–43,64 % для этилхолестанов).

В третьем семействе в массе стеранов преобладают холестаны (27,59–40,80 %, среднее 36 %) (см. табл. 5, рис. 7, а). Затем в порядке убывания концентраций следуют метилхолестаны (27,36–35,10, в среднем 31,06 %), этилхолестаны (15,48–27,80, в среднем 22,35 %). Концентрация пропилхолестанов в общей массе стеранов от



Таблица 5

Распределение цикланов (% на сумму) в аквабитумоидах второй совокупности Западно-Сибирского осадочного бассейна (средние значения)

УВ	C _n	Семейство АБ		
		I	II	III
Стераны	C ₂₇	17,92	31,49	36,00
	C ₂₈	21,67	29,41	31,06
	C ₂₉	54,45	31,91	22,35
	C ₃₀	5,95	7,40	10,59
Группы терпанов	Σ норгопанов+гопан C ₃₀	51,57	40,30	41,75
	Σ гомогопанов	28,65	32,37	14,77
	Σ гопанов	80,22	72,67	56,52
	Σ моретанов	3,80	5,97	6,42
	Σ трицикланов	12,81	19,05	32,72
	Σ тетрацикланов	3,18	2,31	4,34
	Гаммацеран	2,07	1,10	0,38
Гопаны	C ₂₇	12,03	9,42	17,36
	C ₂₈	1,20	1,40	0,96
	C ₂₉	18,15	20,68	21,63
	C ₃₀	35,68	25,56	28,06
	C ₃₁	14,14	18,61	12,83
	C ₃₂	10,24	10,74	10,70
	C ₃₃	5,03	7,03	4,52
	C ₃₄	2,45	3,74	2,30
	C ₃₅	1,11	2,80	1,68
Моретаны	C ₂₉	18,00	26,21	31,88
	C ₃₀	41,67	37,67	63,03
	C ₃₁	18,11	20,38	3,58
	C ₃₂	22,22	15,74	1,50
Трицикланы	C ₁₉	15,56	2,03	6,82
	C ₂₀	12,31	2,35	6,99
	C ₂₁	14,93	7,88	16,86
	C ₂₂	1,67	3,02	6,31
	C ₂₃	5,44	14,36	15,28
	C ₂₄	3,15	8,80	11,20
	C ₂₅	3,65	11,57	7,14
	C ₂₆	2,56	7,20	6,69
	C ₂₇	1,17	2,80	1,88
	C ₂₈	3,76	9,42	4,73
	C ₂₉	12,63	13,30	7,99
	C ₃₀	4,49	8,06	4,49
	C ₃₁	18,30	9,22	3,63
Тетрацикланы	C ₂₄	87,62	75,96	75,83
	C ₂₅	1,58	2,30	5,66
	C ₂₆	5,12	11,32	2,62
	C ₂₇	5,68	10,41	15,89

первого семейства к третьему в среднем увеличивается от 5,95 до 10,59 %.

Отношение C₂₉/C₂₇ от первого семейства к третьему снижается в среднем от 3,18 до 0,64, отношение C₂₉/C₂₈ – от 2,55 до 0,74 (см. табл. 4).

Как известно, стераны в природе различаются по стереохимии. Анализ распределения изомеров по концентрациям показал, что в холестеранах первого семейства АБ второй совокупности и метилхолестеранах второго семейства изомеры по концентрации располагаются в ряд ββ ≥ βα > αα.

Для пропилхолестанов первого семейства и этилхолестанов второго характерен концентрационный ряд αα > ββ > βα. В каждом из остальных гомологов стеранов первого и второго семейств аквабитумоидов в среднем имеет место свой концентрационный ряд. В третьем семействе АБ в холестеранах, метил- и этилхолестеранах отмечается один и тот же изомерный ряд: βα > ββ > αα. В стеранах C₃₀ среди изомеров также преобладают перегруппированные структуры, но на втором месте по концентрации присутствуют αα-стераны (βα > αα > ββ).

Среди αα-изомеров аквабитумоидов первого и второго семейств в среднем преобладают этилхолестаны, затем следуют холестераны, метил- и пропилхолестаны. В изо- и перегруппированных стеранах первого семейства в гомологических рядах также преобладают этилхолестаны, но на втором месте по концентрации – метилхолестаны (C₂₉>C₂₈>C₂₇>C₃₀). В ββ- и βα-стеранах аквабитумоидов второго семейства на первом месте по концентрации находятся метилхолестаны, но в изостеранах на втором – этилхолестаны (C₂₈>C₂₉>C₂₇>C₃₀), а в перегруппированных структурах – холестераны (C₂₈>C₂₇>C₂₉>C₃₀). Во всех изомерах третьего семейства в среднем по концентрации лидируют холестераны, но в изо- и перегруппированных стеранах по мере уменьшения концентраций следуют метил-, этил- и пропилхолестаны (C₂₇>C₂₈>C₂₉>C₃₀). В αα-изомерах этого семейства гомологический ряд иной и имеет вид: C₂₇> C₂₉> C₂₈> C₃₀.

Среди *терпанов* АБ второй совокупности основную массу занимают гопаны (норгопаны+гопан C₃₀+гомогопаны). Их концентрация на сумму терпанов в среднем снижается при переходе от первого семейства АБ ко второму от 80,22 до 72,67 % и до 56,52 % – к третьему (см. табл. 5, рис. 7, г). При этом отношение гопанов C₂₇–C₃₀ к гомогопанам от первого семейства к третьему увеличивается в среднем от 1,84 до 2,33 (см. табл. 4).

Гопаны по молекулярным массам в АБ всех трех семейств в среднем распределены по классической схеме (см. табл. 5, рис. 7, б). Максимум на кривых фиксируется на гопане C₃₀, при этом более значительный из максимумов принадлежит аквабитумоидам первого семейства. Влево и вправо от него концентрация как гомо-, так и норгопанов снижается. Левое «плечо» кривых осложнено минимумом в области бисноргопана C₂₈.

Второе место по концентрации среди терпанов принадлежит трицикланам, их концентрация от первого семейства к третьему увеличивается в среднем от 12,81 до 32,72 % (см. табл. 5, рис. 7, г).

В составе *трицикланов* АБ первого семейства второй совокупности в среднем лидируют высокомолекулярные хейлантаны группы C_{28–31} (39,17 %). На низкомолекулярные хейлантаны C₁₉–C₂₀ приходится в среднем 28,27 %. Вклад УВ группы C_{23–26}

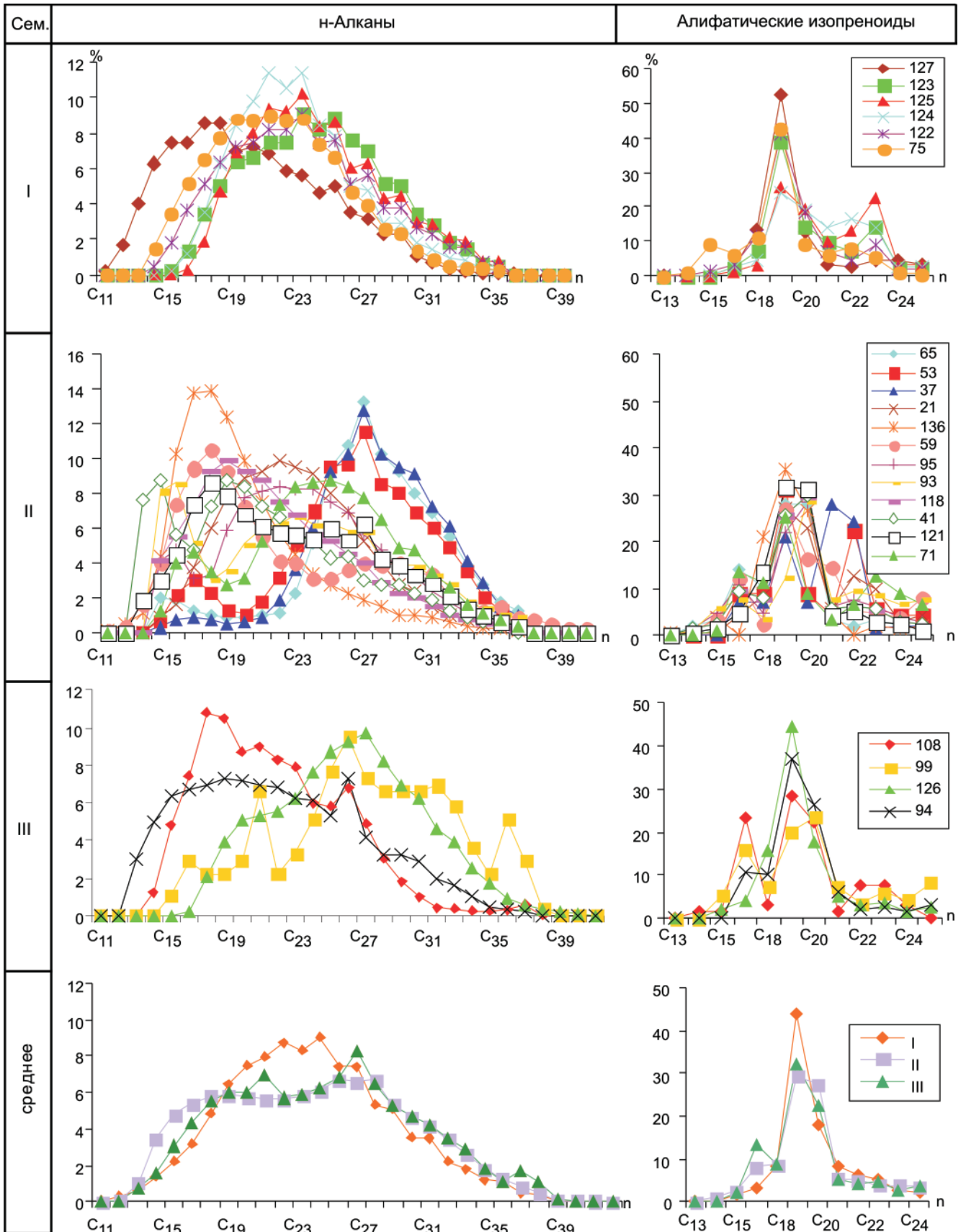


Рис. 6. Распределение н-алканов и алифатических изопреноидов в семействах аквабитумоидов второй совокупности Западно-Сибирского осадочного бассейна (геологическую характеристику и номера проб аквабитумоидов см. в табл. 2; n – количество атомов углерода в молекуле)

в общую массу трицикланов в среднем незначительный (14,8 %). Распределение трицикланов во втором и третьем семействах АБ в среднем близ-

ко (см. табл. 5, рис. 7, д). В них основу составляют хейлантаны группы C_{23-26} и C_{28-31} . Роль низкомолекулярных ($C_{19}-C_{20}$) гомологов в массе трицикланов

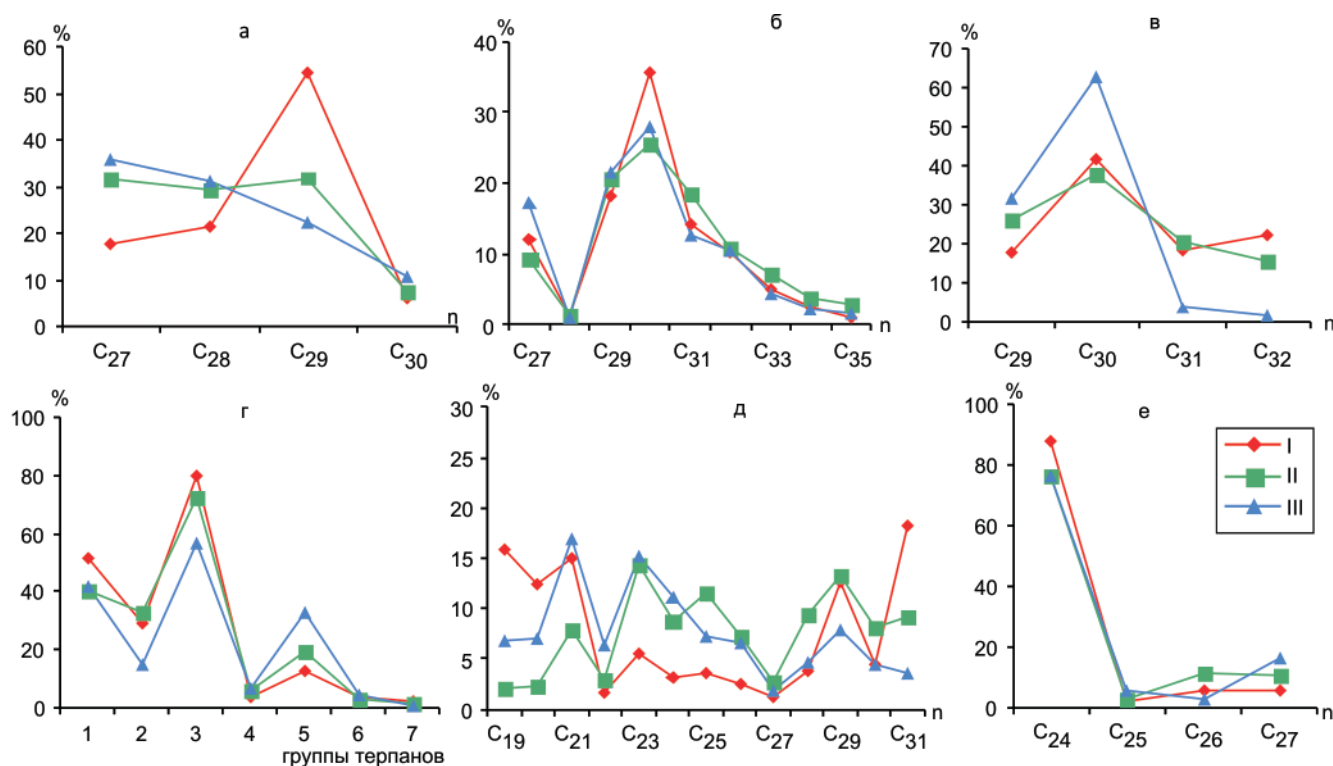


Рис. 7. Распределение цикланов в семействах аквабитумоидов (I–III) второй совокупности Западно-Сибирского осадочного бассейна.

Распределение: а – стеранов, б – гопанов, в – моретанов, г – групп терпанов, д – трицикланов, е – тетрацикланов. Терпаны: 1 – гопан C_{30} +норгопаны, 2 – гомогопаны, 3 – сумма гопанов, 4 – моретаны, 5 – трицикланы, 6 – тетрацикланы, 7 – гаммацеран

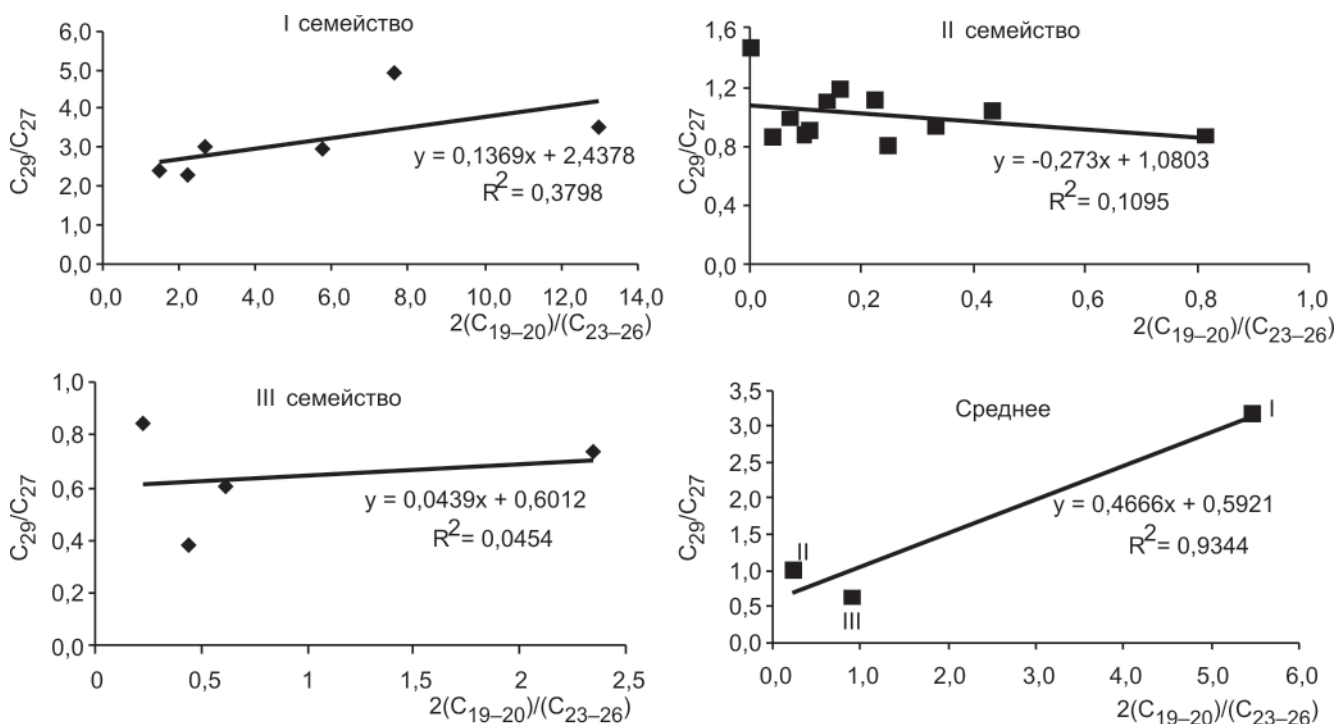


Рис. 8. Зависимость стеранового и трицикланового индексов в семействах аквабитумоидов второй совокупности Западно-Сибирского осадочного бассейна

незначительна (в среднем 4,38 и 13,82 % соответственно). При этом от первого семейства к третьему снижается значение трицикланового индекса от 5,45 до 0,90 и увеличивается отношение трицикланов C_{23-26}/C_{28-31} от 0,39 до 2,10 (см. табл. 4).

На долю *моретанов*, представленных рядом $C_{29}-C_{32}$, от массы терпанов приходится в среднем 3,80 % в первом семействе, 5,97 % во втором и 6,42 % в третьем. Во всех трех семействах АБ второй совокупности они распре-



делены в среднем по единой схеме (см. табл. 5, рис. 7, в), при этом усредненные кривые распределения моретанов по массам во втором и третьем семействах АБ этой совокупности в среднем близки. Среди моретанов третьего семейства основную массу занимают моретан C_{30} и норморетан, остальных гомологов 2–3 % (см. табл. 5, рис. 7, в).

Тетрацикланы в изученной выборке аквабитумоидов второй совокупности представлены углеводородами C_{24} – C_{27} . Их концентрация в массе терпанов невелика. Во всех трех семействах они представлены в основном тетрацикланом C_{24} (см. табл. 5, рис. 7, е), содержание которого в среднем снижается от первого семейства к третьему с 87,62 до 75,83 %. Остальные гомологи чаще располагаются в ряд $C_{27} > C_{26} > C_{25}$.

Следовательно, первое семейство АБ второй совокупности по распределению УВ-биомаркеров относится к террагенному типу. Для них, как и для нефтей континентального генезиса, характерны (см. табл. 3–5, рис. 6–8): повышенные содержания *n*-алканов C_{21} – C_{26} ; повышенные отношения Pr/Ph; повышенные содержания этилхолестанов (C_{29}) и пониженные холестанов (C_{27}), пониженные концентрации стеранов C_{30} , в % на фракцию стеранов C_{27} – C_{30} ; повышенные содержания гопанов и пониженные моретанов; повышенные содержания низкомолекулярных хейлантанов C_{19} + C_{20} и низкие концентрации гомологов C_{23} – C_{26} в массе трицикланов; высокие значения трицикланового индекса $2(C_{19}-C_{20})/C_{23-26}$; повышенные содержания тетрациклана C_{24} , типичного для болотных фаций.

Источником АБ этого семейства, вероятнее всего, были нефти континентального генезиса, а их источником, в свою очередь, – ОВ пресных озер, возможно временами солоноватых, а также озерно-болотных, озерно-аллювиальных фаций и ОВ мелководно-морских отложений нижней – средней юры. Кроме этого, источником этих нефтей могло быть ОВ прибрежных зон, зон мелководья и этапов усиления терригенного осадконакопления баженовского моря, в составе которого наряду с планктоногенной и бактериогенной составляющей основная доля принадлежит высшей наземной растительности.

По распределению УВ-биомаркеров третье семейство АБ второй совокупности относится к аквагенному типу. Для них, как и для нефтей морского генезиса, характерно (см. табл. 3–5, рис. 6–8): отношения Pr/Ph < 1; повышенные концентрации холестанов и стеранов C_{30} (в % на фракцию стеранов C_{27} – C_{30}); пониженные концентрации гопанов и гомогопанов; повышенные содержания трицикланов в массе терпанов, низкие содержания трицикланов C_{19} + C_{20} и повышенные C_{23} – C_{26} в общей массе хейлантанов; низкие значения трицикланового индекса; пониженные значения тетрациклана C_{24} .

Источник АБ аквагенного типа – нефти морского генезиса, а их источник – планктоно-бентос-

ное и бактериальное ОВ, захоронявшееся в глубоководных морских условиях.

Второе семейство АБ занимает промежуточное положение, но по большинству биомаркерных характеристик оно ближе к морскому семейству аквабитумоидов. Их источником были нефти смешанного типа, источником которых было смешанное ОВ с преимущественной долей аквагенной составляющей, захоронявшееся в морских мелководных отложениях и в больших озерах.

Террагенная природа первого семейства аквабитумоидов второй совокупности и аквагенная второго и третьего семейств хорошо подтверждается графиком зависимости трицикланового индекса от отношения стеранов C_{29}/C_{27} (см. рис. 8).

По совокупности биомаркерных характеристик в аквабитумоидах второй совокупности, значение которых зависит от уровня катагенетической преобразованности ОВ, таких как отношение Ts ($18\alpha 21\beta$ 22,29,30 – триснорнеогпан) к Tm ($17\alpha 21\beta$ 22,29,30 – трисноргопан), по стерановым коэффициентам K_1 и K_2 , по отношению перегруппированных стеранов к регулярным зрелость первого семейства аквабитумоидов соответствует стадии МК₂–МК₃¹. Уровень превращенности аквабитумоидов второго и третьего семейств отвечает главной зоне нефтеобразования, а в некоторых случаях нижней ее части.

Выводы

Проведенные на природных объектах исследования доказывают реальность и огромные масштабы рассеивания нефтяных компонентов из сформировавшихся залежей.

Содержание и состав диссипативных аквабитумоидов напрямую не зависит ни от общей минерализации вод, ни от их минерального состава. В значительной мере это контролируется, вероятнее всего, большим количеством факторов: генотипом нефти в залежи, ее размером и термобарическими условиями, а также расстоянием от залежи, литологией и сорбционными свойствами пород, вмещающих залежь.

На молекулярном уровне установлено генетическое единство между семействами диссипативных аквабитумоидов и соответствующими семействами нефтей, а следовательно, по составу АБ второй совокупности можно прогнозировать не только возможные залежи нефти, но и их генотип.

Изучение содержания АБ и их состава позволяет в ряде случаев предполагать наличие разгрузки вод из одних водоносных комплексов в другие, разрушение, а возможно, и переформирование залежей. Так, на некоторых площадях в отложениях неокомского гидрогеологического комплекса зафиксированы умеренно зрелые аквабитумоиды террагенного генезиса. Показательно, что на всех этих площадях имеются залежи в юрских отложениях и фиксируются нарушения в осадочном чехле, по которым, вероятно, происходила



вертикальная разгрузка вод из юрских отложений в меловые. Факт перетоков должен учитываться при оценке перспектив нефтегазоносности ниже-среднеюрских и юрских резервуаров.

Полученные материалы по геохимии диссипативных АБ позволяют, с одной стороны, использовать их при оценке перспектив нефтегазоносности геологических объектов в бассейне, с другой – решать ряд спорных вопросов теории нефтегазообразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Битумоиды** солеродных бассейнов (на примере современных Кулундинских озер) [Текст] / В. П. Данилова, А. Э. Конторович, Р. Г. Матухин, П. Н. Соколов // Литолого-фациальные и геохимические проблемы соленакопления. – М.: Наука, 1985. – С. 97–110.
2. **Вожов, В. И.** Битумоиды рассолов месторождений нефти и газа Непско-Ботуобинской антеклизы [Текст] / В. И. Вожов, В. П. Данилова, А. Э. Конторович // Геология нефти и газа. – 1989. – № 4. – С. 47–51.
3. **Вожов, В. И.** Особенности распределения и состав аквабитумоидов в отложениях верхнего протерозоя и палеозоя западной части Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции [Текст] / В. И. Вожов, В. П. Данилова, А. Э. Конторович // Геология и геофизика. – 1987. – № 7. – С. 17–24.
4. **Данилова, В. П.** Аквабитумоиды валланжинских вод Уренгойского района [Текст] / В. П. Данилова, А. Н. Кудимов, А. С. Фомичев // Органическая геохимия мезозойских и палеозойских отложений Сибири. – Новосибирск, 1981. – С. 79–84.
5. **Данилова, В. П.** Аквабитумоиды палеозойских и юрских отложений Нюрольской впадины в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности [Текст] / В. П. Данилова, В. Г. Иванов, А. С. Фомичев // Геохимия нефтегазоносных отложений Сибири. – Новосибирск, 1991. – С. 98–109.
6. **Данилова, В. П.** Геохимия аквабитумоидов [Текст] / В. П. Данилова // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45, № 7. – С. 803–814.
7. **Данилова, В. П.** Методические рекомендации по схеме изучения аквабитумоидов для целей локального прогноза нефтегазоносности [Текст] / В. П. Данилова, А. Э. Конторович, Л. Ф. Липницкая. – Новосибирск, 1991. – 31 с.
8. **Данилова, В. П.** Рациональный комплекс методов анализа водорастворенного органического вещества [Текст] / В. П. Данилова, А. Э. Конторович // Рассеянное органическое вещество горных пород и методы его изучения. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 108–119.
9. **Конторович, А. Э.** Аквабитумоиды [Текст] / А. Э. Конторович // Научное наследие академика И. М. Губкина в нефтяной геологии Сибири. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 73–85.
10. **Конторович, А. Э.** Геохимия битумоидов в подземных водах Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна [Текст] / А. Э. Конторович, В. П. Данилова, А. С. Фомичев // Геохимические критерии перспектив нефтегазоносности мезозойских и палеозойских отложений Сибири. – Новосибирск, 1976. – С. 3–25. – (Тр. СНИИГГиМС, вып. 231).
11. **Конторович, А. Э.** Геохимия битумоидов подземных вод Западно-Сибирского бассейна [Текст] / А. Э. Конторович, В. П. Данилова // Исследования в области органической гидрогеохимии нефтегазоносных бассейнов. – М.: Наука, 1982. – С. 18–21.
12. **Распределение** и состав аквабитумоидов в отложениях Тымско-Кетского доюрского осадочного бассейна [Текст] / А. Э. Конторович, В. П. Данилова, В. Г. Иванов, Г. П. Худорожков // Проблемы геологии и нефтегазоносности доюрских отложений Западно-Сибирской плиты. – Новосибирск, 1977. – С. 63–70. – (Тр. СНИИГГиМС, вып. 255).
13. **Углеводороды-биомаркеры** в водах нефтегазоносных отложений Западно-Сибирского бассейна [Текст] / А. Э. Конторович, В. П. Данилова, А. С. Фомичев, Е. А. Костырева // Геология и геофизика. – 1994. – Т. 35, № 4. – С. 3–18.
14. **Peters, K. E.** The biomarker guide. Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments [Text] / K. E. Peters, J. M. Moldowan. – Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993. – 363 p.
15. **Peters, K. E.** The biomarker guide. 2nd ed. [Text] / K. E. Peters, C. C. Walters J. M. Moldowan. – New York: Cambridge University Press, 2005. – Vol. 2, 1155 p.