

Н.С. Шарипова¹, В.М. Смелков¹, Г.П. Каюкова², А.М. Миннегалиева²,
М.В. Дахнова³, Т.Н. Жеглова³

¹Казанский государственный университет, г.Казань, kaf.gng@ksu.ru

²Институт органической и физической химии, Казань

³ВНИГНИ, г.Москва

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАЦИИ И АККУМУЛЯЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЗОНАХ РАЗЛОМОВ (НА ПРИМЕРЕ АЛТУНИНО-ШУНАКСКОГО ПРОГИБА)

Проведена дифференциация по наиболее информативным биомаркерным параметрам битумоидов из пород продуктивных пластов среднего и верхнего девона месторождений Татарстана, расположенных в прибортовых зонах Алтунино-Шунакского прогиба и отдаленных от прогиба площадей. Сделано предположение о наличии в пределах изучаемой территории двух источников генерации углеводородов. Анализ вариаций параметров показал приуроченность наиболее «зрелых» битумоидов к площадям вблизи прогиба.

Введение

Определяющее значение в распределении залежей нефти и газа в продуктивных комплексах нефтегазоносных территорий имеют разломы и зоны трещиноватости пород, возникающие на различных этапах тектогенеза кристаллического фундамента и осадочной толщи (Муслимов, 2000; Христофорова и др., 1999). Для подавляющего большинства нефтяных месторождений существует тесная связь с разрывными нарушениями, однако наличие нарушений не является определяющим и достаточным признаком для поиска нефти. Только определенный тип разрывных нарушений (Трофимов и др., 2002) может рассматриваться как нефтепроводящий. В связи с этим актуальной становится проблема поиска признаков, свидетельствующих о связи нефтеносности с разрывными нарушениями.

Для нефтепоисковых работ заслуживают внимания «активные» разломы, к которым относится Алтунино-Шунакский, отражающийся в терригенной толще девона в виде одноименного грабенообразного прогиба, разделяющего уникальное Ромашкинское и Ново-Елховское месторождения Южно-Татарского свода. Его тектоническая природа, история развития и влияние на нефтеносность осадочного чехла рассматривались в работах А.М. Мельникова, В.И. Троепольского и др. (1973). По данным И.А. Ларочкиной (2004), прогиб субмеридионального простирания был заложен в виде разлома в рифейское время. Основная активизация Алтунино-Шунакского разлома имела место в эйфельско-кыновское время. Позднее прогиб устойчиво продолжал свое развитие, о чем свидетельствуют увеличенные мощности всех горизонтов осадочного чехла в его осевой зоне.

Для выявления особенностей генерации и признаков поступления глубинных углеводородов в отложения девона Южно-Татарского свода проведены геохимические исследования рассеянного органического вещества (ОВ) и хлороформенных битумоидов (ХБА) из образцов керн, отобранных из скважин, расположенных вблизи Алтунино-Шунакского прогиба и отдаленных от прогиба площадей. Использовали как стандартные методы исследований, так и новейшие, среди которых наиболее информативный – компьютеризированная хроматомасс-спектрометрия для определения состава высших полициклических биомаркерных углеводородов (стеранов, три- тетра- и пентациклических терпанов). Согласно современным представлениям (Петров, 1984; Warpe и др., 1990), закономерности распределения биомаркеров в

различных геологических объектах являются характерным для них «отпечатком пальцев» и дают возможность определить первичный генетический тип, природу исходного органического вещества и условия генерации углеводородов.

Образцы для исследований (табл. 1) были подобраны не только с учетом расположения скважин, но и литологического состава пород-коллекторов (песчаники, известняки). Некоторые образцы специально отбирались из одной и той же скважины, как из интервалов песчаных пластов с явными признаками нефтенасыщенности, так и из малопродуктивных аргиллитов доманиковского горизонта – предположительно, нефтематеринских пород.

Результаты и их обсуждение

Результаты изучения наиболее представительных образцов керн методом Rock-Eval (табл. 2) показали, что только в двух из них (Ямашинская площадь, обр. 3 и 4) можно предположить присутствие, в основном, сингенетичного ОВ. Содержание общего органического углерода ($C_{орг}$) в этих образцах превышает 4%, содержание ХБА составляет 0,4 – 0,6%. Судя по максимальной температуре деструкции органического вещества ($T_{max} = 426 – 428$ °C), зрелость пород соответствует концу протокатагенеза.

№	Площадь, № скв./№ обр.	Возраст	Глубина, м	Литология
1	Уральминская, 792/3	D ₃ dm	1626,0 – 1627,5	Известняк
2	Уральминская, 792/5	D ₃ dm	1638,0 – 1641,0	Аргиллит
3	Ямашинская, 554/2	D ₃ dm	1731,0 – 1735,5	Известняк
4	Ямашинская, 554/6	D ₃ sr	1734,5 – 1788,5	Аргиллит
5	Березовская, 32875/6	D ₃ pš	1766,8 – 1770,0	Аргиллит
6	Березовская, 21567/31	D ₂ st	1869,0 – 1876,0	Песчаник
7	Альметьевская, 21186/1	D ₂ st	1817,0 – 1826,0	Песчаник
8	Абдрахмановская, 23513/1	D ₃ pš	1814,0 – 1816,0	Аргиллит
9	Абдрахмановская, 23513/2	D ₃ pš	1809,0 – 1810,0	Песчаник
10	Павловская, 19417/10	D ₂ st	1844,0 – 1850,0	Песчаник
11	Кармалинская, 19077/3	D ₃ dm	1755,0 – 1756,0	Известняк
12	Тлячи-Тамакская, 523/188	D ₃ pš	1622,5 – 1629,5	Песчаник
13	Тлячи-Тамакская, 531/119	D ₃ pš	1740,0 – 1742,0	Песчаник
14	Березовская, 21534/11, 12	D ₃ dm	1805,0 – 1808,0	Известняк
15	Березовская, 13478/5	D ₃ dm	1759,0 – 1760,5	Мергель
16	Акташская, 3286 /1	D ₃ pš	1852,0 – 1857,0	Песчаник
17	Акташская, 2438 /17	D ₃ pš	1762,0 – 1772,0	Песчаник
18	Ромашкинская, 14897 /2	D ₃ pš	1755,0 – 1755,6	Песчаник
19	Зай-Каратайская, 12883/25	D ₃ pš	1816,0 – 1822,0	Песчаник

Таблица 1. Общая характеристика исследованных объектов.

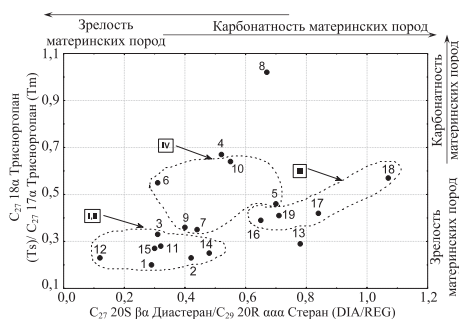


Рис. 1. Корреляция битумоидов ЮТС по DIA/REG и Ts/Tm параметрам. I, II, III, IV – группы битумов.

В образцах Березовской (6), Альметьевской (7), Абдрахмановской (9) и Павловской (10) площадей ОБ преимущественно эпигенетическими битумоидами. На это указывает значительное превышение свободного нефтесодержания в породе (величина пика S_1) над количеством углеводородов, образовавшихся в ходе деструкции керогена (величина пика S_2). Некоторые из битумоидов, вероятно, являются так называемыми остаточными нефтями. Групповой состав битумоидов сильно варьирует. В сингенетических битумоидах доля углеводородов составляет 25–30%, а 70–75% приходится на смолисто-асфальтеновые компоненты. В эпигенетических битумоидах содержание углеводородов заметно выше (до 58%) и, следовательно, ниже содержание смолисто-асфальтеновых компонентов.

Сингенетические битумоиды

Из исследованных образцов сингенетических битумоидов Ямашинской площади один (4) – приурочен к аргиллитам саргаевского горизонта верхнего девона, а другой (3) – к карбонатным отложениям доманиковского горизонта (табл. 1). В распределении биомаркеров этих битумоидов наблюдаются специфические различия, характерные для разнотипных по минералогическому составу материнских пород – преимущественно, глинистых и карбонатных. В аргиллитах, по сравнению с карбонатными породами, увеличивается содержание диастеранов (перегруппированных стеранов) относительно стеранов регулярного строения (DIA/REG = 0,52 против 0,32), а также C_{27} 18α(H) трисноргопана (Ts) относительно C_{27} 17α(H) трисноргопана (Tm) (Ts/Tm = 0,67 против 0,33) (Рис. 1). Повышенные значения этих параметров, согласно современным представлениям, обусловлены образованием диастеранов и Ts в результате скелетных перегруппировок регулярных стеранов и Tm, протекающих в диагенезе и катализируемых глинистыми минералами. В карбонатных породах эти процессы чаще всего незначительны. Однако известно, что увеличение их значений может быть обусловлено не только литологическим составом генерирующих пород, но и более высокими стадиями катагенеза исходного ОБ. Исследования керна по методу Rock-Eval свидетельствуют о незрелости обоих образцов, что следует из значений (T_{max}) пиролиза (табл. 2).

Величины стерановых параметров термической зрелости для эпимеров стеранов C_{29} : $5\alpha(20S)/5\alpha(20R)$ и $14\beta/17\beta(20R)/5\alpha(20R)$ (Рис. 2) ниже равновесных значений,

№ обр.	НОП, %	$C_{орг.г}$, %	ХБА, %	Параметры пиролиза		
				S_1 , мг/г	S_2 , мг/г	T_{max} , °C
3	31.0	4.52	0.6291	1.75	29.17	425.9
4	68.0	3.87	0.4403	1.16	17.74	428.2
6	96.0	0.04	1.3058	7.94	3.98	401.9
7	100.0	0.01	1.9141	16.34	4.87	395.9
9	100.0	1.08	1.2985	6.54	3.44	413.7
10	98.0	0.06	0.9910	5.76	2.34	376.0

Табл. 2. Результаты исследований методом Rock-Eval.

что подтверждает данные пиролиза о незрелости этих образцов. Различия этих значений свидетельствуют о более низкой зрелости битумоида из терригенных пород по сравнению с битумоидом из карбонатных. Так, в распределении стеранов образца 3 преобладают ααα-изомеры стеранов над αββ-изомерами (изостеранами), тогда как в образце 4, наоборот, изостераны доминируют над ααα-стеранами. Это говорит о том, что в материнском ОБ битума из карбонатных пород не закончилась реакция эпимеризации 17-го и 20-го атомов углерода в исходных ααα-стероидах, поэтому конверсия их в изостераны невелика. Значение отношения изостеранов к ααα-стеранам C_{29} ($\alpha\beta\beta(20R)/\alpha\beta\beta(20R) + \alpha\alpha\alpha(20R)$) для последнего составляет 0,40 против 0,62 – для образца 3 из карбонатных пород.

Таким образом, менее зрелый битумоид из терригенных отложений характеризуется более высокими значениями биомаркерных параметров DIA/REG и Ts/Tm, чем более зрелый образец из карбонатных. Следовательно, возрастание этих значений, в первую очередь, связано с литологическим составом материнской породы, а не с возрастанием катагенеза исходного ОБ.

В целом, битумоиды саргаевского и доманиковского горизонтов имеют схожие молекулярные характеристики, указывающие на их связь с близким по типу ОБ. Небольшое преобладание в распределении биологических (20R) эпимеров ααα-стеранов C_{27} гомолога для терригенного образца и почти равные концентрации C_{27} и C_{29} стеранов в карбонатном; присутствие, наряду с регулярными C_{27} - C_{29} стеранами, C_{30} стеранов; низкое содержание трициклических терпанов относительно пентациклических (Рис. 3 и 4); высокое содержание гомогпанов состава C_{31} - C_{35} относительно C_{30} гопана, свидетельствуют о морском генезисе этих битумов. Низкие значения отношения пристан/фитан (< 1) подтверждают сделанный вывод.

Отмеченные различия в значениях отдельных биомаркерных параметров битумоида из терригенных и карбонатных отложений могут свидетельствовать о наличии направленных изменений фациально-генетического типа материнского ОБ по разрезу отложений верхнего девона.

Дифференциация битумоидов по группам

Анализ геохимических данных по распределению n-алканов, ациклических изопреноидов и полициклических биомаркерных углеводородов в хлороформенных экстрактах из пород позволил объединить с помощью кластерного анализа исследованные образцы битумоидов в четыре группы (Рис. 5). В качестве исходных использовались 16 наиболее информативных параметров, характеризующих тип материнского ОБ и условия его диагенеза: GAM/HOP, DIA/REG, PREG/ C_{27} , TRI/HOP, TET/TRI, Ts/Tm, NOR/HOP, NEO/NOR, hC_{35}/hC_{34} , STER/PENT, HC_{30}/SC_{29} , пристан/фитан, пристан/н- C_{17} , фитан/н- C_{18} , ацикл. изопр/н-алканы, ОЕР при C_{19} .

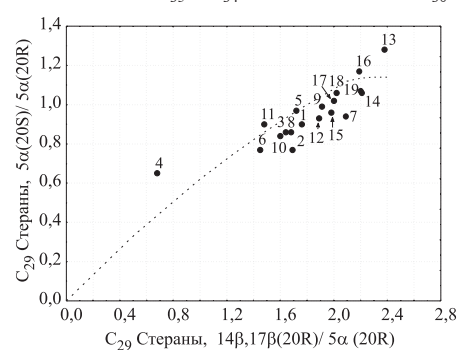


Рис. 2. «Биомаркерный индекс зрелости» битумоидов ЮТС.

Рис. 2. «Биомаркерный индекс зрелости» битумоидов ЮТС.

Рис. 3. Корреляция битумоидов ЮТС по STER/PENT и TRI/HOP параметрам.

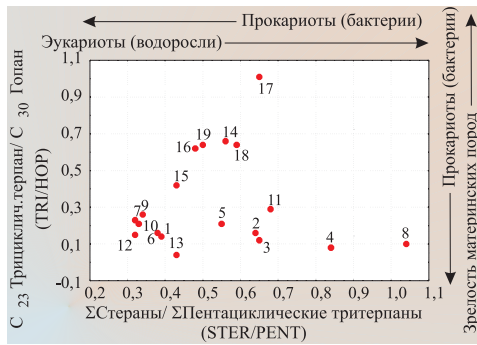
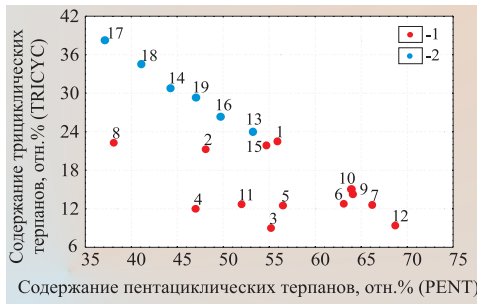


Рис. 4. Корреляция битумоидов ЮТС по содержанию пента- и трициклических тритерпанов. Зрелость образцов: 1 – зрелые, 2 – незрелые.



Первая группа. На дендрограмме (Рис. 5), видно, что первую группу образуют образцы 1, 2 и 11 из доманиковых отложений Уратьминской и Кармалинской площадей. Для этих битумоидов наблюдаются идентичные кривые распределения n-алканов – преобладание относительно низкомолекулярных гомологов с максимумом n-C₁₆ – n-C₁₇. Специфической особенностью является преобладание во всех интервалах молекулярно-массового распределения четных n-алканов (n-C₁₂ – n-C₃₁). В этих образцах значения параметров нечетности (СР1 и ОЕР) существенно меньше единицы для всех диапазонов распределений n-алканов. Подобные значения могут отражать резко восстановительные условия накопления исходного органического материала и незрелость битумоидов. Первое подтверждается низкими значениями отношений пристан/фитан (~0,6); второе – стерановыми параметрами термической зрелости (Рис. 2). Значения пристан/n-C₁₇ < 0,6, фитан/n-C₁₈ < 0,25. При близкой зрелости битумоидов величина отношения DIA/REG повышается для образца 2 из терригенных отложений (Рис. 1).

Содержания трициклических терпанов и их распределение с преобладанием C₂₃ гомолога – обычное для битумоидов и нефтей морского генезиса. Значения отношения C₂₃

№*	Площадь	Скв.	Возраст	Глубина, м
1	Уратьминская	792/3	D ₃ dm	1626-1627,5
2	Уратьминская	792/5	D ₃ dm	1638-1641
11	Кармалинская	19077/3	D ₃ dm	1755-1756
16	Акташская	3286/1	D ₃ pš	1852-1857
19	Зай-Каратайская	12883/25	D ₃ pš	1816-1822
17	Акташская	2438/17	D ₃ pš	1762-1772
18	Ромашкинская	14897/2	D ₃ pš	1755,0-1755,6
3	Ямашинская	554/2	D ₃ dm	1731-1735,5
12	Тлянчи-Тамакская	523/188	D ₃ pš	1622,5-1629,5
14	Березовская	21534/11,12	D ₃ dm	1805-1808
15	Березовская	13478/5	D ₃ dm	1759-1760,5
5	Березовская	32875/6	D ₃ pš	1766,8-1770
7	Альметьевская	21186/1	D ₂ st	1817-1826
9	Абдрахмановская	23513/2	D ₃ pš	1809-1810
6	Березовская	21567/31	D ₂ st	1869-1876
10	Павловская	19417/10	D ₂ st	1844-1850
13	Тлянчи-Тамакская	531/119	D ₃ pš	1740-1742
4	Ямашинская	554/6	D ₃ sr	1788,5-1734,5
8	Абдрахмановская	23513/1	D ₃ pš	1814-1816

№* номер образца в тексте и на рисунке

Рис. 5. «Дерево объединения» битумоидов ЮТС в кластер методом полной связи.

трициклический терпан/C₃₀гопан – низкие (TRI/HOP = 0,14 – 0,29). В составе битумоидов первой группы преобладают пентациклические тритерпаны. Значения отношения STER/PENT для образцов 1 и 11 – 0,32–0,39, в то время как для образца 2 из глинистых отложений оно выше (0,64) (Рис. 3).

На основании приведенных результатов можно заключить, что битумоиды генерированы органическим веществом морского происхождения. Материнское ОВ в значительной степени представлено бактериальным материалом. Об этом свидетельствуют низкое содержание стеранов, низкие значения отношения стераны/пентациклические тритерпаны и возможное присутствие 2- и 3-алкилстеранов состава C₃₀. Органическое вещество накапливалось в резко восстановительных условиях при повышенной солености вод, на что указывают низкие значения отношения пристан/фитан, преобладание четных гомологов во всех интервалах молекулярно-массового распределения n-алканов, высокие значения гаммацеранового индекса (GAM/HOP), высокие значения (> 1) гомогопанового индекса (C₃₅/C₃₄).

Характер распределения биомаркеров (низкие значения DIA/REG и Ts/Tm) свидетельствует о том, что битумоиды первой группы генерированы преимущественно карбонатными породами (Рис. 1). Величины стерановых параметров термической зрелости не достигли равновесных значений: C₂₉20S/(20S+20R) = 0,44 и 0,47; C₂₉αββ(20R)/αββ(20R) + ααα(20R) = 0,63 и 0,64. Невысокую зрелость битумоидов подтверждает относительная обогащенность моретанами, низкие значения отношения неоноргопан/норгопан, а также преобладание четных n-алканов над нечетными.

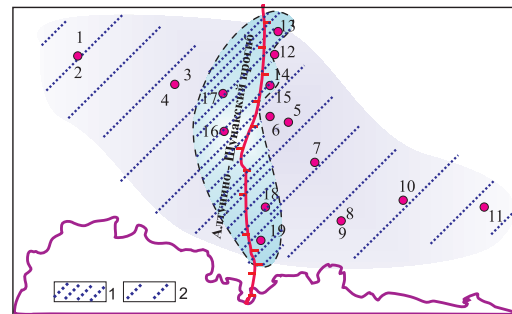


Рис. 6. Зоны распространения битумоидов разной зрелости. 1 – зрелые; 2 – незрелые.

Вторая группа. Вторая группа, как и первая, включает, в основном, образцы битумоидов из доманиковых отложений Ямашинской (3), и Березовской (14, 15) площадей. В эту группу попадает образец (12) из пашийских отложений Тлянчи-Тамакской площади. При значительных различиях отдельных биомаркерных параметров в образцах битумоидов этой группы отмечены низкие значения DIA/REG и Ts/Tm (Рис. 1), что характерно для углеводородов, генетически связанных с ОВ карбонатных материнских пород. В то же время битумоиды сильно различаются по содержанию три- и пентациклических тритерпанов (Рис. 3 и 4). Так, в образцах Березовской пл. – TRI/HOP=0,62 и 0,66, а в Ямашинской и Тлянчи-Тамакской – 0,12 и 0,15. В достаточно широких пределах изменяются значения: hC₃₅/hC₃₄ (0,89 – 1,33), HC₃₀/SC₂₉ (0,75 – 1,23), STER/PENT (0,32 – 0,65) и C₂₈/C₂₉ регулярных стеранов (0,33–0,61). Образцы 12, 14, 15, приуроченные к площадям, расположенным вблизи Алтунино-Шунакского прогиба, более зрелые по сравнению с образцом 3.

Характер распределения n-алканов различен для всех четырех образцов. Наблюдаемые различия могут отражать как площадные фациальные изменения материнских по-

род, так и влияние процессов миграции и смешивания разнотипных битумоидов. При этом основным источником углеводородов этой группы, по-видимому, все-таки являются карбонатные материнские породы.

Третья группа. Третью группу составляют 4 образца битумоидов пашийского горизонта верхнего девона с Акташской (16, 17), Ромашкинской (18) и Зай-Каратайской (19) площадей. В битумоидах этой группы содержание стеранов относительно пентациклических тритерпанов – невысокое (0,48 – 0,65). Величины соотношения C_{28}/C_{29} регулярных стеранов составляют 0,53 – 0,62. Все образцы содержат C_{30} стераны в заметных концентрациях. Содержание TRI/HOP относительно высокое (0,62 – 1,01). В их распределении преобладает C_{23} гомолог, что характерно для нефтей и битумоидов морского генезиса.

Все битумоиды этой группы характеризуются похожими распределениями *n*-алканов – преобладают гомологи среднего молекулярного веса (максимум – $n-C_{20}$). В образце (18) максимум сдвинут в более высокомолекулярную область ($n-C_{26}$). Значения отношений пристан/фитан < 0,6, пристан/ $n-C_{17}$ ~ 0,5, фитан/ $n-C_{18}$ – 0,79 – 1,14.

Гопановые и стерановые параметры зрелости этих битумоидов соответствуют равновесным значениям. Они являются наиболее зрелыми из исследованных образцов, несмотря на то, что залегают примерно в том же интервале глубин, что и битумоиды других групп (Рис. 2).

Исследования показывают, что битумоиды третьей группы генерированы ОБ морского происхождения, накапливавшимся в восстановительных условиях, и, в отличие от битумоидов первой и второй групп, генетически связаны преимущественно с глинистыми материнскими породами.

Четвертая группа. В четвертую группу условно объединены образцы битумоидов старооскольских и пашийских отложений Березовской (5 и 6), Альметьевской (7), Абдрахмановской (9) и Павловской (10) площадей.

В битумоидах этой группы содержание стеранов относительно пентациклических тритерпанов – низкое (STER/PENT = 0,32 – 0,55). В распределении 20R эпимеров $\alpha\alpha\alpha$ -стеранов ($C_{27}:C_{28}:C_{29}$) преобладает C_{27} гомолог. Все образцы содержат C_{30} стераны в заметных концентрациях.

Большая часть битумоидов четвертой группы характеризуется однотипным распределением *n*-алканов: преобладают гомологи среднего молекулярного веса. Значения CPI и OEP близки к 1. Исключение составляет образец (10), специфической особенностью которого является преобладание четных *n*-алканов в диапазоне низкого и среднего молекулярного веса ($C_{12}-C_{24}$) при том же положении максимума ($n-C_{20}$). Значения отношений пристан/фитан < 0,6; пристан/ $n-C_{17}$ < 0,5; фитан/ $n-C_{18}$ – 0,42 – 0,79.

Для всех битумоидов четвертой группы величины отношения (20S)/(20S+20R) эпимеров C_{29} $\alpha\alpha\alpha$ -стеранов существенно ниже равновесных значений, тогда как величины отношения $\alpha\beta\beta(20R)/\alpha\beta\beta(20R)+\alpha\alpha\alpha(20R)$ изомеров C_{29} стеранов близки к равновесным (Рис. 2). Такое несоответствие может быть обусловлено смешением углеводородов из разных источников, претерпевших различные миграционные преобразования. Известно, что на соотношение био- и геоэпимеров стеранов влияет не только катагенез, но и миграция. В ряде работ замечено, что при миграции нефти через породы наблюдается большая адсорбция биостеранов, т.е. 20R $\alpha\alpha\alpha$ -эпимеров, чем изостеранов. Поэтому уменьшение концентраций этого эпимера может быть след-

ствием не только процесса катагенного созревания, но и хроматографического эффекта (адсорбции) в результате миграции. Все это говорит о том, что битумоиды четвертой группы содержат смесь углеводородов, генерированных разнотипными материнскими породами.

Три образца не отнесены ни к одной из описанных групп. Один – из пашийских отложений Тлянчи-Тамакской пл. (13), характеризуется элементами сходства с битумоидами четвертой группы (Рис. 5). Другой (4) – сингенетичный битумоид Ямашинской пл. Третий (8) с Абдрахмановской пл. отличается от всех изученных образцов по аномально высоким значениям параметров DIA/REG (0,67) и Ts/Tm (1,02), и можно полагать – генетически связан с глинистыми материнскими породами (Рис. 1). Тип исходного ОБ для этого битумоида – преимущественно водородослевый, что следует из высоких (> 1) значений STER/PENT (1,04) и низких значений (< 1) отношения C_{30} гопана к C_{29} стеранам (HC_{30}/SC_{29}).

Распространение в пределах изучаемой территории битумоидов разных групп и не отнесенных ни к одной группе в зависимости от степени их зрелости показано на рис. 6.

Заключение

Результаты проведенных исследований указывают на наличие, по крайней мере, двух разных источников генерации углеводородов, распространенных в пределах изучаемой территории. Одним из них являются карбонатные отложения доманика, другим – терригенные материнские породы в поддоманиковой части разреза.

Анализ данных по распределению *n*-алканов, ациклических изопреноидов, стеранов и терпанов позволил выявить закономерности в изменении биомаркерных параметров в связи со стратиграфической приуроченностью и пространственным положением объектов относительно Алтунино-Шунакского прогиба: при примерно одинаковых глубинах залегания наиболее «зрелые» битумоиды приурочены к площадям, расположенным вблизи прогиба. По мере удаления от него как к западу, так и к востоку зрелость образцов уменьшается. Наблюдаемые изменения характера распределения биомаркеров могут обуславливаться подтоком углеводородов из прогиба.

Можно полагать, что аналогичная закономерность будет наблюдаться и в зонах других разломов как вследствие подтока глубинных углеводородов, так и в результате влияния катагенных процессов, связанных с глубинным тепловым потоком, исходящим из прогиба.

Литература

- Ларочкина И.А. Роль Алтунино-Шунакского прогиба в формировании Ромашкинского и Ново-Елховского месторождений нефти. *Тр. V Конгресса нефтегазопром. России*, Казань. 2004. 68.
- Муслимов Р.Х. Стратегия и тактика освоения нефтяных ресурсов на поздней стадии разведки и разработки. *Георесурсы*. 3. 2000. 2-10.
- Петров Ал.А. *Углеводороды нефти*. Москва: Наука. 1984.
- Трофимов В.А., Корчагин В.И. Нефтеподводящие каналы: пространственное положение, методы обнаружения и способы их активизации. *Георесурсы*. № 1. 2002.
- Тропольский В.И. и др. Поиски залежей нефти, связанных с девонскими грабенообразными прогибами в отложениях терригенной толщи девона на территории Татарии. *Битуминозные толщи востока Русской платформы*. Сб. Тр. Казань: КГУ. 1973. 22-31.
- Христофорова Н.Н., Христофоров А.В., Муслимов Р.Х. Разуплотненные зоны в кристаллическом фундаменте. *Георесурсы*. 1. 1999. 4-15.
- Waple D.W., Machinara T. Application of sterane and triterpane biomarkers in petroleum exploration. *Bulletin of Canadian petroleum geology*. 3. 1990. 357-380.