

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/29_2015

УДК 550.41:552.578.2(470.41)

Косачев И.П., Каюкова Г.П.Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Казанского научного центра Российской академии наук, Казань, Республика Татарстан, Россия, kosachev@iopc.ru

УГЛЕВОДОРОДНЫЙ СОСТАВ ВОДОРАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПЛАСТОВЫХ ВОД ДЕВОНА В ТЕРМОГРАДИЕНТНОМ ПОЛЕ МАТРОСОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА

На примере образцов пластовых вод бийского горизонта Матросовского месторождения Южно-Татарского свода показано, что в углеводородный состав водорастворенного органического вещества пластовых вод входят алканы нормального и изомерного строения, а также циклические изопреноиды. Полученные биомаркерные параметры указывают на обогащенность пород, вмещающих исходное органическое вещество, карбонатными минералами, морскую восстановительную обстановку осадконакопления с умеренной соленостью и преобладание в исходной биомассе фотосинтетических бактерий (прокариотов) над водорослевыми эукариотами. Для водорастворенного органического вещества пластовых вод характерна невысокая степень катагенного преобразования, на которой не отразилось воздействие термоградиентных полей пород Матросовского месторождения и по своей термической зрелости оно располагается ближе к битумоидам фундамента, чем к вышележающим нефтям девонской толщи.

Ключевые слова: водорастворенное органическое вещество, углеводородный состав нефти, битумоиды, биомаркеры, девон, термоградиентное поле, Матросовское месторождение, Южно-Татарский свод.

Известно, что нефтегазоносные структуры сопровождаются, как правило, локальными возмущениями теплового поля. Так, на продуктивных структурах палеозойских плит превышение теплового потока над средним мировым составляет около 11%, а в кайнозойских миогеосинклинальных прогибах и впадинах - 14%. Поэтому тепловой эффект продуктивных структур может рассматриваться как подтверждение роли термоградиентных потоков в формировании нефтяных залежей [Валуко́нис, Ходьков, 1978]. Перенос органического вещества (ОВ) в породах, как считают большинство исследователей, осуществляется в виде двухфазного водно-органического раствора [Смирнова и др., 2013]. В результате контакта УВ нефтяного ряда с пластовыми минерализованными водными растворами возможно частичное преобразование ОВ в водорастворенную форму. Особенности состава образующегося водорастворенного органического вещества (ВРОВ) в этом случае будут обусловлены комплексом факторов, связанных как с природой самой нефти, так и воздействием на нее окружающей среды, способствующей образованию различных форм трансформаций ее компонентов. Присутствующие в водном растворе ОВ, так же, как и УВ составляющие пород,

могут подвергаться различным физико-химическим воздействиям в процессе формирования залежи, включая и термические. Однако наличие водной фазы может привести к изменению степени воздействия на ВРОВ, проявление которого можно установить путем сопоставительного анализа УВ составов ОБ пород и водной фазы. Полученные результаты позволят более корректно оценивать нефтепоисковые прогнозы с учетом новых данных о фильтрационно-диффузионном массопереносе УВ из залежей в перекрывающие их породы.

Исследовались образцы пластовых вод Матросовского месторождения Южно-Татарского свода (ЮТС), располагающегося непосредственно в зоне Шалтинского грабенообразного прогиба. Выбор этого месторождения определялся его приуроченностью к району сочленения юго-восточного склона ЮТС и северного борта Серноводско-Абдулинского авлакогена, в котором находится зона ярко выраженной температурной аномалии коры выветривания фундамента [Христофорова, Христофоров, Бергман, 2008]. Кроме этого, УВ состав пород этого месторождения, отобранных из живетского яруса среднего девона и лежащих вблизи термоградиентной зоны коры выветривания фундамента, отличается повышенной катагенной преобразованностью [Косачев, Каюкова, Романов, 2015].

Коллекция пластовых вод отбиралась из пород бийского горизонта среднего девона (глубина 2179-2200 м), залегающего трансгрессивно на эродированной поверхности фундамента, в области распространения рифейско-вендского комплекса пород на их размывтой поверхности. В ее состав входили три образца с объемами 240 мл, 260 мл и 275 мл. Каждый из них по три раза обрабатывался хлороформом в суммарном объемном соотношении 1:1. Количество оставшихся после упаривания растворителя экстрактов (хлороформенный битумоид ХБА ВРОВ) было невелико и составляло всего 1,6 мг (6,7 мг/л), 1,6 мг (7,0 мг/л) и 2,2 мг (8,0 мг/л), соответственно. Полученные значения ОБ отражают величину регионального фона. В случае пластовых вод, испытавших влияние рассеивания УВ из залежей, или непосредственно вод залежей, содержание ВРОВ было бы на порядок выше, примерно 30-60 мг/л [Барс, Селезнева, Скульская, 1990]. Присутствие элементной серы в хлороформенных экстрактах ВРОВ не было обнаружено.

Из-за малых количеств каждого из изучаемых образцов, не позволяющих проводить корректные исследования, экстракты ВРОВ пластовых вод были объединены. Полученный таким образом образец ХБА ВРОВ анализировался газохроматографическим методом. Исследования индивидуального состава n-алканов и ациклических изопреноидов проводились на хроматографе HP 5890 серии II с использованием пламенно-ионизационного детектора, высокоэффективной кварцевой капиллярной колонки (60 м x 0,32 мм), заполненной неподвижной фазой DB-1. Полученные данные аккумулировались и обрабатывались в

системах Perkin-Elmer/Nelson TurboChrom 4 data system, Turbochrom Navigator и Geochemistry Navigator.

Изучение УВ состава экстракта с помощью хроматографического метода показало (рис. 1, табл. 1) наличие н-алканов, относительное количество которых равно 25,20%. Содержание ациклических изоалканов значительно меньше – 4,54%. Доминирование УВ нормального строения над изопреноидными (отношение изопреноидов к н-алканам = 0,18), указывает на умеренную термическую зрелость рассматриваемого образца.

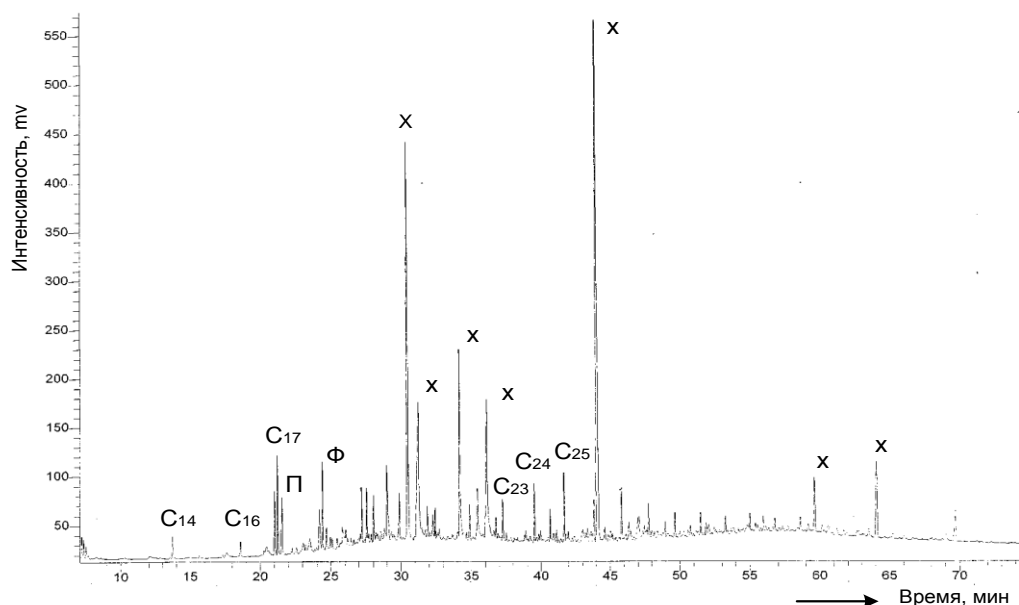


Рис. 1. Хроматограмма хлороформенного экстракта объединенной пробы водорастворенного органического вещества пластовых вод Матросовского месторождения (бийский горизонт)
x – пики, не относящиеся к изучаемому комплексу соединений.

В ряду нормальных алканов состава ХБА ВРОВ идентифицированы соединения с атомами углерода от н-С₁₀ до н-С₃₉, распределение которых представлено следующим образом. Относительное содержание н-алканов состава (н-С₁₀ – н-С₁₉) равно 36%, н-алканов состава (н-С₂₀ - н-С₂₆) - 55%, а н-алканов состава (н-С₂₇ - н-С₃₉) - 9%. Максимум в молекулярно-массовом распределении приходится на УВ с числом атомов н-С₁₇ (см. рис. 1), что может свидетельствовать о присутствии в исходном для ВРОВ сапротелевой органики водорослевого типа. Однако относительно высокие концентрации н-алканов в интервале (н-С₂₀ - н-С₂₆) указывают на значительное влияние при формировании этого же ОВ, органики бактериальной природы. Преобладание концентраций четных н-алканов над нечетными для большинства интервалов коэффициентов нечетности СР1 и ОЕР (< 1) связано, возможно, как с недостаточной зрелостью исходного ОВ, так и с обогащенностью вмещающих материнских пород карбонатными минералами.

Таблица 1

**Результаты газохроматографического анализа объединенной пробы
водорастворимого органического вещества пластовых вод Матросовского месторождения**

Глубина залегания, м	Пристан/ Фитан	Пристан/ н-С ₁₇	Фитан / н-С ₁₈	i-Alk / н-Alk	i-Alk* %	н-Alk**, %
1	2	3	4	5	6	7
2179-2200	0,40	0,32	1,23	0,18	4,54	25,20

CPI***	CPI	CPI	CPI	CPI	CPI	ОЕР****
нС ₂₃ -нС ₃₃	нС ₂₅ -нС ₃₅	нС ₂₇ -нС ₃₇	нС ₂₄ -нС ₃₄	нС ₂₃ -нС ₂₉	нС ₂₈ -нС ₃₀	при нС ₁₉
8	9	10	11	12	13	14
0,93	0,95	0,94	0,99	0,95	0,87	1,18

ОЕР****	ОЕР	ОЕР	ОЕР	ОЕР	ОЕР	ОЕР	ОЕР
при нС ₂₁	при нС ₂₃	при нС ₂₅	при нС ₂₇	при нС ₂₉	при нС ₃₁	при нС ₃₃	при нС ₃₅
15	16	15	17	18	19	20	21
1,17	1,06	0,95	0,98	0,92	0,78	1,13	0,74

*i-Alk – ациклические изопреноиды; **н-Alk – нормальные алканы; ***CPI (Carbon Preference Index) – отношение н-алканов с нечетным числом атомов «С» в молекуле к четным в разных диапазонах молекулярных весов; ****ОЕР при н-С₁₉ и т.д. – отношение н-алканов с нечетным и четным числом атомов «С» в молекуле при н-С₁₉, нС₂₁ и т.д.

В составе ациклических изопреноидных УВ преобладает фитан, относительная доля которого равна 46,18%. Соотношение пристана к фитану – генетический признак, позволяющий оценивать особенности химического состава исходного ОВ, составляет 0,40. Полученное значение характеризует ОВ как генерированное в морской восстановительной обстановке. На формирование ОВ оказывала влияние и карбонатная составляющая пород, о чем свидетельствует низкая величина отношения пристан/н-С₁₇ – 0,32 и высокая фитан/н-С₁₈ – 1,23. Последнее значение указывает и на последствия бактериального воздействия на ОВ [Peters, Walters, Moldowan, 2005].

Для выявления особенностей индивидуального состава насыщенных УВ ВРОВ на молекулярном уровне было изучено распределение биомаркерных циклических алканов – стеранов и тритерпанов. Способность этих соединений претерпевать сложное изменение конфигурации нескольких хиральных центров, происходящее под воздействием температурных эманаций, позволяет оценить степень катагенетического созревания биоорганических молекул до нефтяного уровня, и, следовательно, прогнозировать возможность нахождения нефти в конкретных регионах.

К решению этой задачи привлекался квадрупольный хромато-масс-спектрометр AUTOSYSTEM-Q-MASS 910 фирмы Perkin-Elmer, снабженный высокоэффективной кварцевой капиллярной колонкой (60 м x 0,32 мм) с неподвижной фазой DB-1701. Масс-спектральная регистрация проводилась в режиме селективного ионного мониторинга с

записью масс-фрагментограмм по следующим характеристическим ионам: m/z 191,2 (тритерпаны), m/z 217,2 (стераны), m/z 218,2 (изостераны), полученные данные обрабатывались в системах TurboChrom 4 data system, Turbochrom Navigator и Geochemistry Navigator, результаты анализа представлены на рис. 2 и табл. 2.

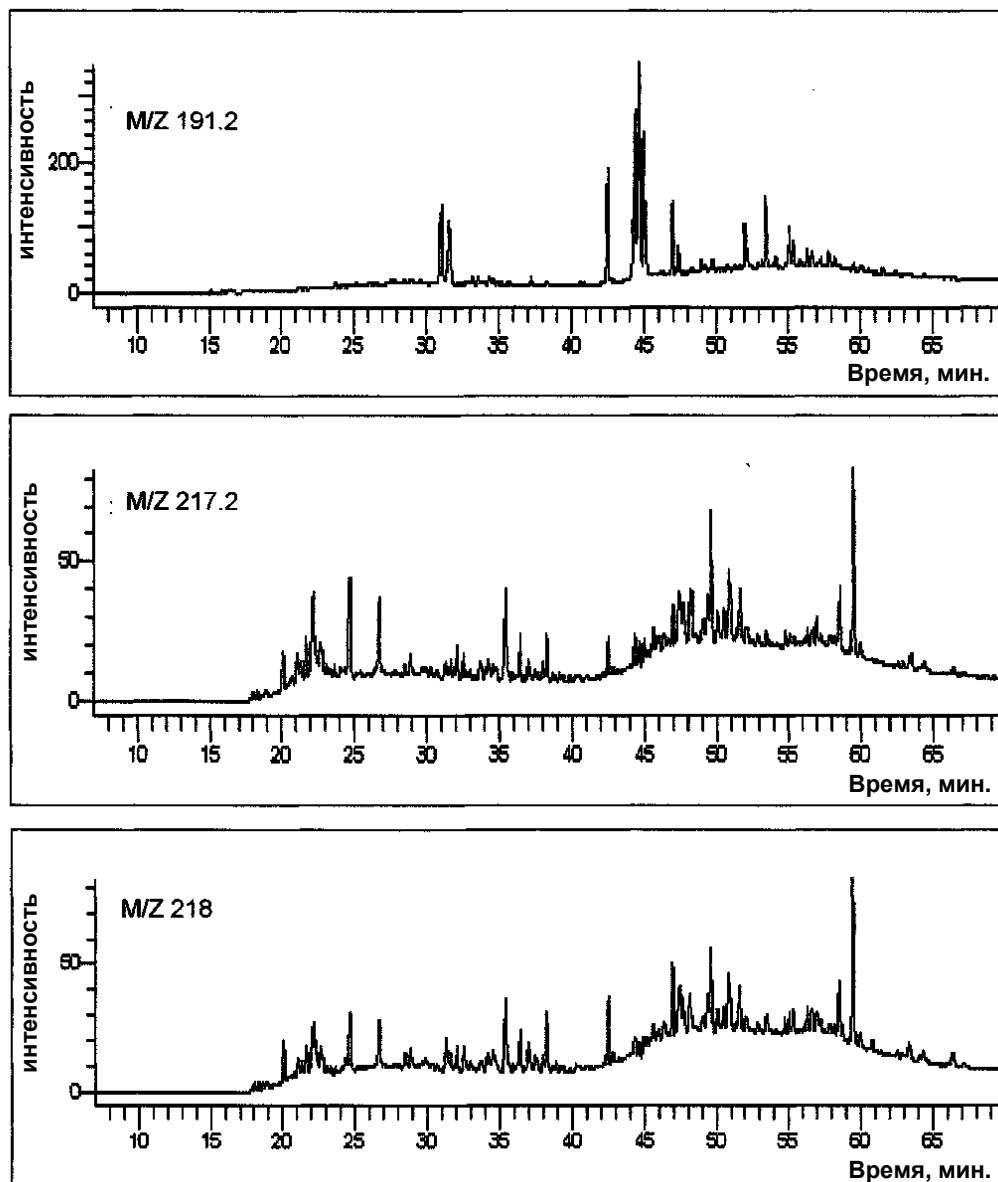


Рис. 2. Масс-фрагментограммы терпанов (m/z 191,2), стеранов (m/z 217,2) и изостеранов (m/z 218,2), хлороформного экстракта объединенной пробы водорастворенного органического вещества пластовых вод Матросовского месторождения (бийский горизонт)

В результате обработки масс-фрагментограмм хлороформного экстракта ВРОВ было установлено (см. табл. 2), что в составе объединенной пробы преобладают полициклические изопреноиды, среди которых значительную долю занимают пентациклические тритерпаны

(гопаны). Распределение относительного содержания биомаркеров в насыщенной фракции представлено следующим образом: трициклические тритерпаны – 25,1%, пентациклические тритерпаны – 48,5% и стераны – 26,3%. Наличие в нефти терпанов обусловлено, в основном, липидами мембран бактерий (prokaryotic) [Peters, Walters, Moldowan, 2005]. Это подтверждает предположение о значительном вкладе в исходное ОБ материала бактериального происхождения, высказанное выше по результатам газохроматографического анализа.

Таблица 2

**Биомаркерные параметры* водорастворенного органического вещества
пластовых вод Матросовского месторождения**

TRICYC	PENT	STER	C31HSR	C29SSR	C29BBAA	C27STER	C28STER	C29STER
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
25,1	48,5	26,3	0,55	0,43	0,58	0,46	0,2	0,34

C27BBST	C28BBST	C29BBST	C29S/ R	C29BB/ AA	GAM /HOP	BIS/ HOP	DIA/ REG	PREG/ C27
<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>
0,31	0,33	0,36	0,75	1,4	0,07	0,11	0,59	0,24

TRI/ HOP	Ts/Tm	NOR/ HOP	NEO/ NOR	MOR/ HOP	C32HSR	C35/ C34	hC35/ hC34	STER/ PENT
<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>
0,13	1,00	0,58	0,35	0,17	0,55	0,07	0,91	0,54

*обозначения биомаркерных параметров соответствуют [Каюкова и др., 2009].

В составе биомаркеров изучаемого экстракта стерановые УВ присутствуют в значительно меньших концентрациях, чем тритерпановые. Происхождение стеранов связывают с сине-зелеными планктонными водорослями (эукариоты), являющимися одним из основных биопродукторов сапропелевого ОБ в морских осадках в течение всего геологического времени. Поэтому распределение регулярных стеранов - 5 α , 14 α , 17 α 20S и 20R и 5 α , 14 β , 17 β , 20S и 20R (C27STER:C28STER:C29STER = 0,46:0,20:0,34 и C27BBST:C28BBST:C29BBST = 0,31:0,33:0,36, см. табл. 2) используется для диагностики состава исходной биомассы, а также обстановки осадконакопления [Peters, Walters, Moldowan, 2005]. Так, на присутствие морских водорослей в исходном ОБ указывает небольшое преобладание C27-стеранов, а наличие регулярных C29-стеранов связывают с континентальной растительностью, которые встречаются в значительных концентрациях в породах и нефтях более древних, чем девонские.

Формирование исходного для ВРОВО, несмотря на присутствие ОБ морской водорослевой органики, происходило под доминирующим влиянием активных бактериальных процессов при отложении осадочного материала. Об этом свидетельствует величина отношения стераны/пентациклические тритерпаны (STER/PENT), равная 0,54. На морской тип

обстановки осадконакопления указывают значительные концентрации регулярных С28-стеранов. Особенностью распределения стеранов в исследуемом экстракте ВРОВ является присутствие С₃₀ стеранов - 24-н-пропилхолестанов и 2- и 3-алкилстеранов (см. рис. 2, m/z 217,2; 218,2), наличие которых служит подтверждением преимущественно бактериального происхождения исходного для изучаемого ВРОВ. Содержание перегруппированных стеранов (диастеранов) невелико: отношение DIA/REG составляет 0,59. Присутствие достаточно высоких концентраций гомогопанов (С₃₁ - С₃₅) относительно гопана С₃₀, приблизительно равные концентрации гомогопанов С₃₀ и С₃₅ (0,91), низкое содержание трициклических терпанов (TRI/HOP), а также значения гаммацеранового индекса (GAM/HOP) – все это характерно для морских обстановок осадконакопления с умеренной соленостью. Значения гопановых и стерановых параметров термической зрелости (С₂₉SSR, С₂₉ВВ/АА, С₂₉С/Р, С₂₉ВВ/АА; С₃₁HSR, С₃₂HSR) ниже равновесных. А невысокие значения отношения моретаны/гопан (MOR/HOP), неоноргопан/норгопан (NEO/NOR) свидетельствуют об относительно низкой степени катагенетической преобразованности.

Следовательно, анализ распределения n-алканов, ациклических изопреноидов и молекулярных биомаркерных параметров в составе ХБА ВРОВ выявил обогащенность пород, вмещающих исходное ОВ, карбонатными минералами, морскую восстановительную обстановку осадконакопления с умеренной соленостью и преобладание в исходной биомассе фотосинтетических бактерий (прокариотов) над водорослевыми эукариотами.

В то же время, принимая во внимание, что формирование залежи нефти осуществляется путем миграции УВ за счет подземных вод [Смирнова и др., 2013], образцы ОВ пластовых вод можно представить в виде некоего интермедиата, располагающегося между источником генерации и нефтяной залежью. Поэтому сопоставление УВ состава ВРОВ с составами органических составляющих как выше, так и ниже залегающих пород представляет определенный интерес с точки зрения выявления возможной между ними связи. Следует отметить, что отложения бийского горизонта эйфельского яруса среднего девона залегают трансгрессивно на эродированной поверхности фундамента, в области распространения рифейско-вендского комплекса пород на их размытой поверхности. Поэтому для дальнейшего анализа привлекались как геохимические данные нефтей живетского яруса среднего девона Матросовского месторождения, так и битумоидов рифей-венда (скв. 3915, глубина 2213-2219 м) и фундамента (скв. 2011, глубина 2482- 2496 м) Бавлинского месторождения, также располагающегося на юго-восточном склоне Южно-Татарского свода [Косачев, Каюкова, Романов, 2015; Каюкова и др., 2009].

Проведенное сопоставление количественного распределения УВ, рассмотренной коллекции пород и выше изученного ВРОВ, показало следующее (рис. 3). Все

рассматриваемые образцы генерированы из одного исходного ОБ морского типа, о чем свидетельствуют их величины отношений пристан/фитан, находящиеся в интервале от 0,4 до 0,8. Наиболее термически зрелыми, как и следовало ожидать, предстают нефти живетского яруса, на что указывают низкие значения отношений пристан/н-С17 и фитан/н-С18 (0,27 и 0,45, соответственно), а также преобладание в их составе алканов нормального строения над изопреноидными: $i\text{-Alk}/n\text{-Alk} = 0,14$. Менее катагенно зрелыми, судя по величинам геохимических коэффициентов, являются экстракты ВРОВ, пород фундамента и рифей-венда, при этом по степени преобразованности ВРОВ располагается ближе к ОБ пород фундамента, а ОБ рифей-венда - к нефтям девона (см. рис. 3).

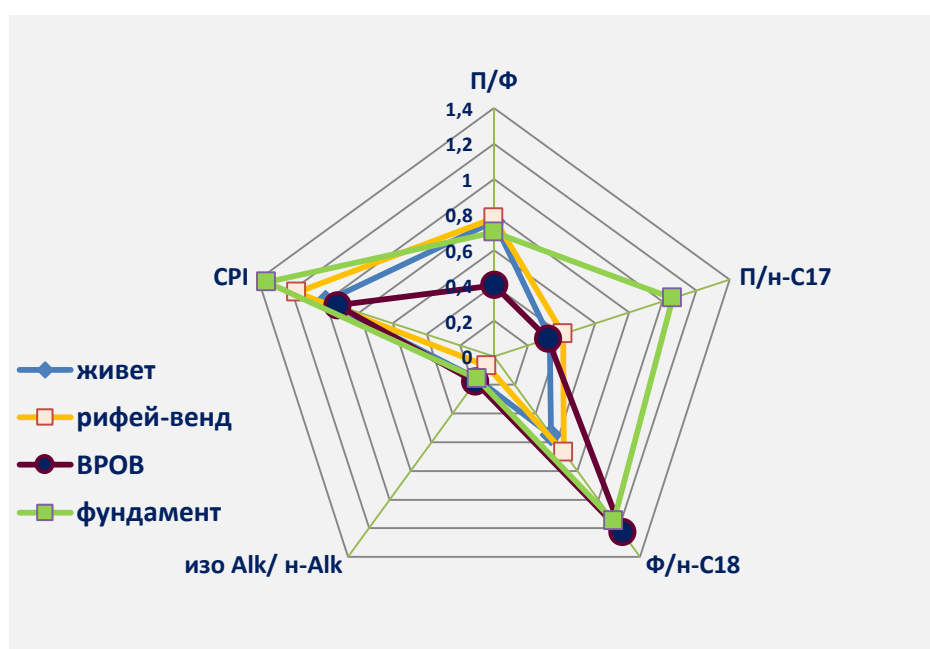


Рис. 3. Лепестковая диаграмма распределения ряда геохимических параметров органического вещества пород Матросовского и Бавлинского месторождений и водорастворенного органического вещества пластовых вод Матросовского месторождения

При сопоставлении количественного распределения высокомолекулярных циклических биомаркеров-УВ, выше рассматриваемых образцов пород, способных более «тонко» выявлять степень термической зрелости ОБ, было установлено, что катагенная зрелость ВРОВ располагается между величинами катагенной зрелости ОБ живетского яруса среднего девона и фундамента, что наглядно продемонстрировано на графиках рис. 4.

Степень воздействия термоградиентных полей на ВРОВ пластовых вод Матросовского месторождения в этом случае оказалась менее значительной, чем для ОБ пород среднего девона этого же месторождения, выявленной ранее [Косачев, Каюкова, Романов, 2015]. Вероятно, это связано со смягчением термической нагрузки за счет водной среды, исполняющей роль своеобразного буфера, поддерживающего температуру на одном уровне.

Более высокая зрелость ОВ пород фундамента по сравнению с ОВ пород рифей-венда может быть обусловлена прохождением пластовых вод через эродированную поверхность фундамента [Яковлев, 1999] с последующей адсорбцией на ней ОВ этих вод, которое в этом случае будет подвержено значительному термическому воздействию. Косвенным подтверждением этого может служить близость значений биомаркерных параметров ВРОВ и ОВ фундамента (см. рис. 4).

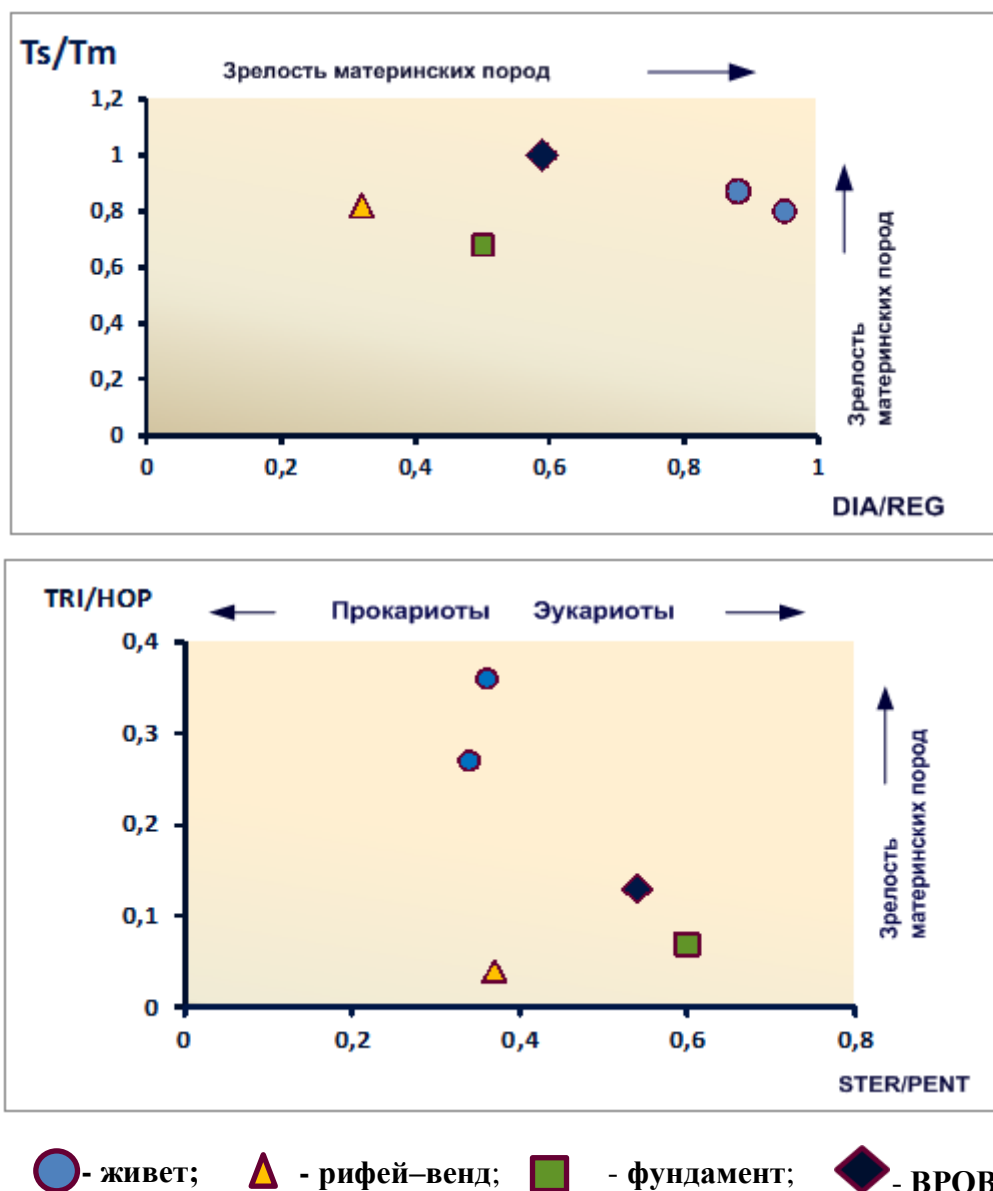


Рис. 4. Распределение параметров высокомолекулярных биомаркеров органического вещества пород

Таким образом, УВ состав ВРОВ пластовых вод Матросовского месторождения представлен алканами как нормального, так и изомерного строения, количественные соотношения которых (биомаркерные параметры) позволили установить обогащенность

пород, вмещающих исходное для ВРОВ, карбонатными минералами, морскую восстановительную обстановку осадконакопления с умеренной соленостью и преобладание в исходной биомассе фотосинтетических бактерий (прокариотов) над водорослевыми эукариотами. Для ВРОВ пластовых вод характерна относительно невысокая степень катагенного преобразования, на которой не отразилось воздействие термоградиентных полей Матросовского месторождения. По своей термической зрелости оно располагается ближе к битумоидам фундамента, чем к вышелегающим нефтям девонской толщи.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-45-02367 р_поволжье_a).

Литература

Барс Е.А., Селезнева Л.И., Скульская Л.И. Водорастворимые органические вещества осадочной толщи. – М.: Недра, 1990. - 244 с.

Валуконис Г.Ю., Ходьков А.Я. Роль подземных вод в формировании месторождений полезных ископаемых. - М.: Недра, 1978. - 296 с.

Каюкова Г.П., Романов Г.В., Лукьянова Р.Г., Шарипова Н.С. Органическая геохимия осадочной толщи и фундамента территории Татарстана. – М.: ГЕОС. - 2009. - 487 с.

Косачев И.П., Каюкова Г.П., Романов Г.В. Влияние температурных аномалий коры выветривания фундамента на состав биомаркеров девонских пород Матросовского месторождения Южно-Татарского свода // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2015. - Т.10. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/1/3_2015.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/3_2015

Смирнова Т.С., Тулегенов А.Р., Долгова Е.Ю., Меркитанов Н.А. Влияние гидродинамических условий на формирование нефтегазовых залежей // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. - 2013. - № 6. – С. 15-22.

Христофорова Н.Н., Христофоров А.В., Бергман М.А. Анализ геотермических карт и перспективы нефтегазоносности глубинных отложений (на примере Республики Татарстан) // Георесурсы. - 2008. - №3(26). - С. 10-12.

Яковлев Л.Е. Инфильтрация воды в базальтовый слой земной коры. – М.: Наука, 1999. – 200 с.

Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. The Biomarker Guide: Biomarkers and isotopes in petroleum systems and Earth History. – Cambridge: University Press, 2005. – V.2. – 1155 p.

Kosachev I.P., Kayukova G.P.

A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry Kazan Scientific Centre Russian Academy of Sciences (IOPC KSC RAS), Kazan, Russia, kosachev@iopc.ru

HYDROCARBON COMPOSITION OF WATER-SOLUBLE ORGANIC MATTER OF THE DEVONIAN FORMATION WATERS IN THE THERMAL GRADIENT FIELD OF MATROSOVSKY OIL FIELD OF SOUTH-TATAR ARCH

It is shown that the hydrocarbon composition of formation waters from Biysk layer of Matrosovsky oil field of South-Tatar arch include alkanes of normal and isomeric structure. Obtained biomarker factors point to the enrichment of rocks, enclosing the original organic matter, by carbonate minerals, marine depositional environment with moderate salinity and prevalence of photosynthetic bacteria (prokaryotes) above algal eukaryotes in the initial biomass. The water-soluble organic matter of formation waters has a low degree of catagen conversion that was not affected by thermo-gradients fields of rocks from Matrosovsky oil field. In terms of thermal maturity, organic matter is closer to the bitumens of basement than oils of overlying Devonian strata.

Keywords: water-soluble organic matter, hydrocarbon composition, oil, bitumens, biomarkers, Devonian, thermal gradient field, Matrosovsky oil field, South-Tatar arch.

References

Bars E.A., Selezneva L.I., Skul'skaya L.I. *Vodorastvorimye organicheskie veshchestva osadochnoy tolshchi* [Water-soluble organic matter of sedimentary strata]. Moscow: Nedra, 1990, 244 p.

Kayukova G.P., Romanov G.V., Luk'yanova R.G., Sharipova N.S. *Organicheskaya geokhimiya osadochnoy tolshchi i fundamenta territorii Tatarstana* [Organic geochemistry of sedimentary strata and the basement of the territory of Tatarstan]. Moscow: GEOS, 2009, 487 p.

Khriforova N.N., Khriforov A.V., Bergman M.A. *Analiz geotermicheskikh kart i perspektivy neftegazonosnosti glubinykh otlozheniy (na primere Respubliki Tatarstan)* [Analysis of geothermal maps and petroleum potential of the deep deposits (on the Republic Tatarstan example)]. *Georesursy*, 2008, no. 3(26), p. 10-12.

Kosachev I.P., Kayukova G.P., Romanov G.V. *Vliyanie temperaturnykh anomalii kory vyvetrivaniya fundamenta na sostav biomarkerov v devonskikh porodakh Matrosovskogo mestorozhdeniya Yuzhno-Tatarskogo svoda* [Influence of temperature anomalies in the basement weathering crust on the Matrosov oil field (South-Tatar Arch) Devonian biomarkers]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2015, vol. 10, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/1/3_2015.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/3_2015

Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. *The Biomarker Guide: Biomarkers and isotopes in petroleum systems and Earth History*. Cambridge: University Press, 2005, vol. 2, 1155 p.

Smirnova T.S., Tulegenov A.R., Dolgova E.Yu., Merkitanov N.A. *Vliyanie gidrodinamicheskikh usloviy na formirovanie neftegazovykh zalezhey* [Influence of hydrodynamic conditions on the formation of oil and gas deposits]. *Vestnik PNIPU. Geologiya. Neftgazovoe i gornoe delo*, 2013, no. 6, p. 15-22.

Valukonis G.Yu., Khod'kov A.Ya. *Rol' podzemnykh vod v formirovanii mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh* [The role of groundwater in the formation of mineral deposits]. Moscow: Nedra, 1978, 296 p.

Yakovlev L.E. *Infil'tratsiya vody v bazal'tovyy sloy zemnoy kory* [The infiltration of water into the basalt layer of the crust]. Moscow: Nauka, 1999, 200 p.

© Косачев И.П., Каюкова Г.П., 2015