

ОРГАНИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ СРЕДНЕЮРСКО-НИЖНЕМЕЛОВОГО РАЗРЕЗА ВОСТОЧНОГО БОРТА БОЛЬШЕХЕТСКОЙ ВПАДИНЫ

А.И. Ларичев, Т.А. Рязанова, В.Н. Меленевский, В.И. Сухоручко, Т.Э. Чуйкова, С.В. Видик, Н.С. Соловьева
(СНИИГГyMC)

Комплексом геохимических методов, включающих пиролиз, углепетрографию, хроматографию, хромато-масс-спектрометрию, изучена коллекция пород (738 образцов) среднеюрско-нижнемелового разреза параметрической скв. 320 — Туколандо-Вадинской (2029...4521 м), расположенной на восточном борту Большехетской впадины. Катагенетическая преобразованность рассеянного органического вещества пород разреза соответствует интервалу от перехода бурого угольная-длиннопламенная до коксовой стадии углефикации. Охарактеризованы нефтематеринские свойства изученных свит и рассчитаны удельные объемы генерации углеводородов. Сделано заключение о предполагаемых источниках обнаруженных нафтидопроявлений.

A sample (738) collection from the Middle Jurassic-Lower Cretaceous section of the Tukolando-Vadinskaya development test Well 320 (2029...4521 m) on the eastern slope of the Bolshekhetskaya depression was analyzed by a complex of geochemical methods including pyrolysis, coal petrography, gas chromatography, gas chromatography — mass-spectrometry. Catagenetic transformation of the dispersed organic matter in the section rock corresponds to the 0,56...1,13 % interval of vitrinite ($R^0_{v_1}$) reflectance values. Oil producing strata were characterized. Specific volumes of hydrocarbon generation were estimated. We inferred the supposed sources of naphthyde shows.

В настоящее время северо-восточная часть Западно-Сибирской плиты изучена значительно хуже по сравнению с другими ее районами. При этом особую важность приобретает параметрическое бурение, которое позволяет детально и комплексно изучить геологический разрез и оценить перспективы территории, прилегающей к месту бурения. В связи с этим параметрическая скв. 320 Туколандо-Вадинской площади представляет особый интерес, так как пробурена на достаточном удалении от всех известных месторождений Туруханского района Красноярского края и на большую глубину — 4521 м. Скважина расположена на восточном склоне Большехетской впадины, относящейся к Пур-Тазовской нефтегазоносной области (НГО) Западно-Сибирской плиты. Она вскрыла на полную мощность среднеюрско-нижнемеловой разрез. В составе нижнего мела выделены яковлевская (K_1a-a_2, jak) — 1800...2215 м, малохетская ($K_1h_1-a_1, mch$) — 2215...2589 м, сухоудинская ($K_1v_1-h_1, sd$) — 2589...3374 м, нижнехетская (K_1b-v_1, nch) — 3374...3737 м свиты. Яновстанская ($J_3km_2-K_1b, jan$) — 3737...4135 м свита имеет возраст ранний мел — поздняя юра. Сиговская ($J_3o_1-km_1, sg$) свита позднеюрского возраста выделяется в интервале 4135...4253 м, точинская ($J_2k_2-J_3o_1, tc$) и мальшевская (J_2bt-k_1, ml) свиты — в интервалах 4253...4376 и 4376...4521 м, соответственно.

Уникальность представленного материала состоит в том, что подробнейшим образом отбирался керн —

через 30...50 см и коллекция представлена 738 образцами.

По данным макрофаунистического и фациального анализов установлено, что формирование осадков изученного разреза происходило большей частью в морских условиях мелководья и прибрежной части — мальшевская, сухоудинская, малохетская, яковлевская свиты. Отложения сиговской и яновстанской свит накапливались в спокойных обстановках умеренных глубин. Об этом свидетельствуют повышенные толщины свит — 118 и 398 м, соответственно. Осадконакопление в нижнехетской свите происходило в условиях смены фациальных обстановок от достаточно глубоководных (сублиторали) до прибрежно-лагунных и приливно-отливной зоны с намывными

косами и песчаными валами. О достаточно хорошей аэрированности обстановки свидетельствуют породы, биотурбированные ходами илоедов.

В нижней части нижнехетской свиты из интервала 3635...3656 м отобраны пробы нефти, ее плотность составила 0,824 г/см³.

Из интервала 4482...4509 м изучена проба газоконденсата с плотностью 0,725 г/см³. В углеводородном составе газоконденсата парафины составляют 4,82 %, смолы — 1,25 %, асфальтены отсутствуют.

В современном комплексе исследований по оценке перспектив нефтегазоносности особая роль принадлежит изучению геохимии рассеянного ОВ (РОВ). Комплекс исследований позволяет надежно оценивать как начальный, так и текущий (настоящий) нефтепроизводящий потенциал отложений, объемы генерированных углеводородов (УВ) и устанавливать возможные источники УВ. В данной статье по результатам изучения керна юрско-меловых отложений скв. 320 Туколандо-Вадинской площади приводятся первые детальные данные органической геохимии мезозойских отложений, позволяющие оценить их нефтегенерационные возможности, а также краткая характеристика полученных притоков нефти и конденсата.

Методика исследования. Органический углерод определяли методом сжигания декарбонатизированной породы в токе кислорода на приборе АН-7529. Пиролитический анализ проводили на анализаторе SR Analyzer фирмы Humble Instr. Inc. Битумоиды из

керна выделяли исчерпывающей экстракцией хлороформом при комнатной температуре с последующим хроматографированием. Насыщенную фракцию УВ подвергали детальному газохроматографическому (ГЖХ) и хромато-масс-спектральному (ГЖХ-МС) исследованию. Распределение УВ нормального и изопреноидного строения изучали на хроматографе Hewlett-Packard 5890 с пламенно-ионизационным детектором. Хромато-масс-спектральный анализ циклических УВ биомаркеров осуществляли с помощью системы: хроматограф Auto System (Perkin Elmer), соединенный с масс-спектрометрическим детектором Mass Spectrometer Q-mass 910 (Perkin Elmer) и компьютерной системой регистрации информации (Q-mass 910 Analytical Workstation). Концентрат нерастворимого органического вещества (керогена) выделяли способом кислотного обогащения дебитуминизированной хлороформом породы. Химический анализ керогена включал определение элементного состава (С, Н, N, S, О — по разности) и термических характеристик (выход летучих веществ, показатель термической устойчивости). Отражательную способность витринита в масле (R^0) определяли на микроскопе-спектрофотометре Carl Zeiss, оснащенный фотометрирующим устройством и процессором MSP 21 той же фирмы с помощью программы PHOTAN.

Аналитические данные

Пиролиз. Проанализировано 228 образцов из меловых и юрских отложе-

ний: 76 из малохетской, 40 из суходудинской, 27 из нижнехетской, 56 из яновстанской, 8 из сиговской и 21 из малышевской свит. Изучали аргиллиты, алевролиты и песчаники. Графически данные представлены на рис. 1 в виде профилей пиролитических характеристик ОВ (S_1 , S_2 , PI) по разрезу скважины, а также содержания органического углерода, выхода битумоида и битумоидного коэффициента.

Как правило, содержание органического углерода не превышает 2 %. Исключение составляют образцы с угольными включениями (интервал 2000...2100 м), в которых значение $C_{орг.}$ достигает 20...25 %. Средние и интервальные содержания органического углерода, а также пиролитические характеристики по свитам приведены в табл. 1.

Таблица 1

Интервальные и средние содержания органического углерода и пиролитические характеристики свит

Свита	$C_{орг.}$ %	S_1	S_2	PI	T_{max}	HI
		УВ, мг/г породы				
Яковлевская	0,6...5,6	0,1...0,3	0,1...5,9	0,02...0,37	427...444	7...112
	2,1	0,1	1,3	0,13	433	56
Малохетская	0,5...2,0	0,1...0,3	0,3...2,1	0,11...0,38	424...442	25...106
	1,3	0,2	0,8	0,19	436	62
Суходудинская	0,3...1,0	0,1...0,3	0,1...3,6	0,08...0,39	433...442	46...377
	0,6	0,2	1,1	0,19	438	149
Нижнехетская	0,3...7,5	0,0...1,0	0,2...25,3	0,03...0,62	366...446	66...336
	1,1	0,4	2,5	0,25	435	152
Яновстанская	0,6...3,9	0,1...1,7	0,2...5,6	0,06...0,38	430...449	27...202
	1,2	0,3	1,2	0,19	443	98
Сиговская	0,9...5,4	0,3...1,3	0,8...4,2	0,20...0,39	453...466	33...133
	3,2	0,8	2	0,29	460	71
Малышевская	0,2...2,3	0,0...0,7	0,1...1,5	0,31...0,48	453...474	11...68
	0,9	0,3	0,4	0,41	463	40

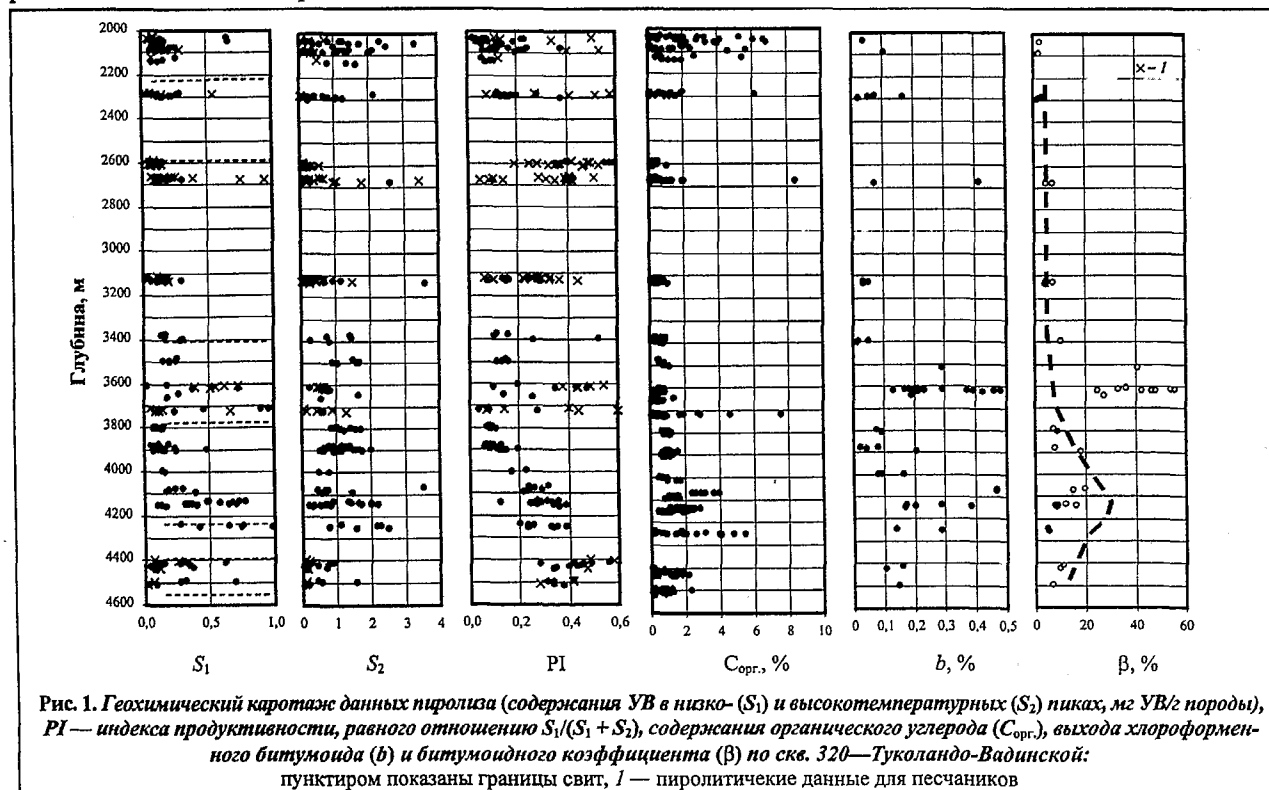


Рис. 1. Геохимический картаж данных пиролиза (содержания УВ в низко- (S_1) и высокотемпературных (S_2) пиках, мг УВ/г породы), PI — индекса продуктивности, равно отношение $S_1/(S_1 + S_2)$, содержания органического углерода ($C_{орг.}$), выхода хлороформенного битумоида (b) и битумоидного коэффициента (β) по скв. 320—Туколандо-Вадинской: пунктиром показаны границы свит, I — пиролитические данные для песчаников

По данным Петерса [1], при невысокой преобразованности ОВ индекс продуктивности обычно не превышает 0,10...0,15. Для большей части исследованных образцов он более высокий и достигает 0,6 (см. рис. 1). Объяснение этого несоответствия заключается в следующем. Как правило, максимальными значениями PI обладают песчаники, которые в принципе не должны давать пиролитического сигнала. Поскольку в действительности он имеется, его наличие обусловлено следами миграции УВ в песчаниках — вторичными битумами.

При детальном рассмотрении пирограмм образцов с повышенными значениями PI (рис. 2) отчетливо видно, что для неэкстрагированных образцов отсутствует четкий высокотемпературный пик S₂, поскольку на его "левое" плечо накладывается пик от смолисто-асфальтеновой части битума (S₂^{*}).

По данным Петерса [1], это служит явным признаком миграционного битума. После экстракции, как видно из рис. 2, "битумные" пики S₁ и S₂^{*} уменьшаются, и пик S₂ от автохтонной составляющей неразстворимой части РОВ проявляется в чистом виде. Таким образом, в исследованном интервале разреза

скв. 320—Туколандо-Вадинской имели место процессы миграции и перераспределения УВ.

Керогены. В табл. 2 приведены данные элементного анализа керогенов. Для образцов верхней части разреза отмечены невысокое содержание водорода (H < 6 %) и соответственно низкое отношение (H/C), что указывает на большой вклад террагенной составляющей в ОВ. Вариабельность параметров элементного состава свидетельствует об изменчивости фациальных условий седиментации даже в пределах одной свиты.

Реликтовые ациклические УВ. ГЖХ и ГЖХ-МС методами проанализированы 52 насыщенные фракции битумоидов. Распределение УВ биомаркеров ациклического строения по разрезу мезозойских отложений скважины проиллюстрировано на примере 10 типичных образцов, геохимическая характеристика которых приведена в табл. 3, а хроматограммы — на рис. 3.

Как видно из представленных данных, в битумоидах яковлевской, малохетской и нижнехетской свит вплоть до глубины 3000 м наблюдается бимодальное распределение n-алканов с преобладанием высокомолекулярных гомологов (C₂₃₊) с резко выраженной нечетностью при C₂₅, C₂₇, C₂₉, C₃₁. Далее с увеличением глубины распределение трансформируется в мономодальное с максимумом при C₁₇—C₁₉. Основные геохимические параметры, рассчитанные из распределения n-алканов и изопреноидов, приведены в табл. 3.

Реликтовые циклические УВ. На рис. 4 приведены масс-фрагментограммы тритерпанов и стеранов некоторых проб, хроматограммы которых рассмотрены выше (см. рис. 3). Распределение тритерпанов в верхней части разреза (пробы 1 и 3) соответствует незрелому ОВ. Это подтверждается соотношением изомеров гомогепана C₃₁ 22S/22R (см. врезку а на рис. 4), а также присутствием гепанов предположительно с "биологической" (17β, 21β, 22R) конфигурацией — Г₂₉, Г₃₀, Г₃₁ (см. рис. 4, обр. 1). Начиная с глубины 3124 м пробы характеризуются "зрелым" распределением тритерпанов, причем до глубины приблизительно 4000 м в них практически отсутствуют трицикланы хейлантанового ряда.

Таблица 2

Элементный состав керогенов

Номер образца	Глубина отбора, м	Порода	Свита	C _{орг.} , % на породе	Элементный состав, %							Градация катагенеза
					C	H	N	S	O	H/C	O/C	
1	2059,3	Алевролит	Яковлевская	3,73	76,6	4,8	1,6	0,2	16,8	0,75	0,16	Б-Д
2	2291,8	Аргиллит	Малохетская	1,38	76,3	5,8	1,9	0,1	15,9	0,91	0,16	Б-Д
3	2676,2	Алевролит	Суходудинская	1,00	74,5	6,0	1,0	0,0	18,5	0,97	0,19	Б-Д
4	3130,9	Алевролит	Суходудинская	0,62	75,4	8,6	3,0	0,0	13,0	1,37	0,13	Б-Д
5	3389,7	Аргиллит	Нижнехетская	0,50	81,1	5,4	1,9	0,0	11,6	0,80	0,11	Д-Г
6	3496	Аргиллит	Нижнехетская	0,81	79,0	8,0	1,4	0,0	11,6	1,22	0,11	Д-Г
7	3798,5	Алевролит	Яновстанская	1,14	80,4	7,6	2,5	0,0	9,5	1,13	0,09	Г
8	4009,8	Алевролит	Яновстанская	1,86	83,3	6,3	2,1	0,0	8,3	0,91	0,07	Ж
9	4133	Аргиллит	Яновстанская	2,49	84,0	5,0	1,9	0,0	9,1	0,71	0,08	Ж

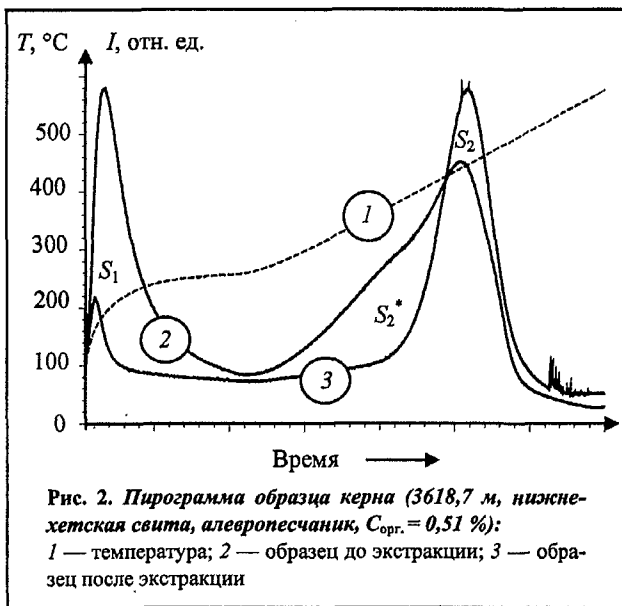


Рис. 2. Пирограмма образца керна (3618,7 м, нижнехетская свита, алевропесчаник, C_{орг.} = 0,51 %): 1 — температура; 2 — образец до экстракции; 3 — образец после экстракции

Таблица 3

Групповой состав и данные ГЖХ анализа битумоидов из пород Туколандо-Вадинской площади, скв. 320

Номер пробы	Глубина, м	Порода	Свита	Содержание, % на породе		β, %	Групповой состав, %						Пристан фитан	Пристан n-пристан	Пристан n-C ₁₇	Фитан n-C ₁₈	К _i	Изоалканы n-алканы	n-C ₁₇ n-C ₂₇	КНЧ	
				С _{орг.}	Б _{зд.}		УВ		Смолы		Асфальтены	Σ УВ									Σ смол н асфальтенов
							Me—Np	Nn—Ar	бензольные	спиртобензольные											
1	2088,05	Алевролит	Яковлевская	5,62	0,10	1,9	10,6	19,6	55,3		14,4	30,3	69,8	1,5	3,8	0,7	0,9	0,76	0,15	0,9	1,78
2	2285,9	Алевролит	Малохетская	1,30	0,06	4,2	15,6		63,8		20,7	15,6	84,5	1,4	1,2	0,4	0,5	0,45	0,11	0,9	1,74
3	2293,1	Аргиллит	Малохетская	1,30	0,02	1,5	14,1	7,6	6,7	53,7	17,8	21,7	78,3	1,2	2,8	0,4	0,50	0,44	0,09	0,7	1,53
4	3131,5	Алевролит	Сухолудинская	0,73	0,05	6,9	18,1	11,4	2,5	49,6	18,5	29,4	29,4	2,3	4,9	0,4	0,2	0,30	0,07	1,6	1,51
5	3399,4	Аргиллит	Нижнехетская	6,17	0,0130	0,2	72,7	12,5	14,9		0,0	85,1	14,9	0,5	0,5	0,51	0,28	14,0	1,20	14	1,02
6	3608,8	Песчаник	Нижнехетская	0,50	0,18	36,0	65,2	13,3	4,2	16,6	0,7	78,5	21,5	2,0	1,0	0,4	0,3	0,33	0,20	9,9	1,01
7	3876,2	Алевролит	Яновстанская	0,99	0,0223	2,3	41,5	26,9	9,9	12,8	8,9	68,5	31,5	2,9	2,3	0,5	0,2	0,34	0,09	2,0	1,05
8	4139	Аргиллит, алевролит	Яновстанская	2,42	0,38	15,7	57,6	12,0	5,5	20,9	4,0	69,6	30,4	2,0	0,9	0,14	0,07	0,1	0,05	2,8	1,02
9	4251,5	Аргиллит	Сиговская	5,44	0,29	5,3	11,7	15,1	12,8	21,0	39,4	26,8	73,2	2,9	1,9	0,5	0,22	0,4	0,15	4,1	1,01
10	4411	Алевролит	Малышевская	1,50	0,16	10,7	15,8	10,1	11,5	24,6	38,0	26,9	74,1	3,6	1,8	0,3	0,1	0,21	0,09	8,5	1,01

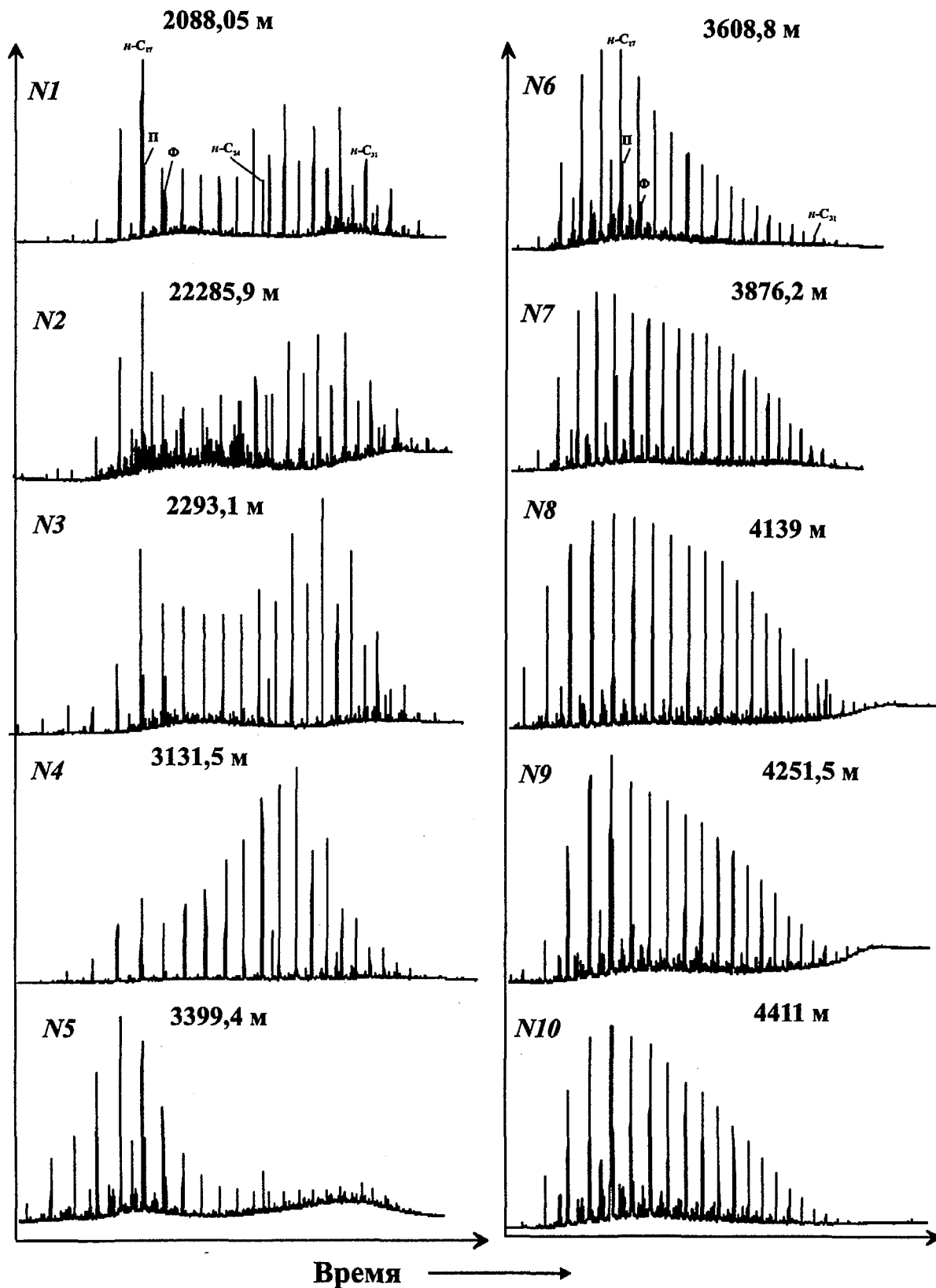


Рис. 3. Хроматограммы насыщенных фракций битумоидов ядра скв. 320—Туколандо-Вадинской: П — пристан, Ф — фитан, $n-C_{17}$ и $n-C_{31}$ — n -алканы состава $n-C_{17}$ и $n-C_{31}$, $n-C_{24}$ — внутренний эталон (дейтерированный тетракозан), номера на хроматограммах соответствуют номерам проб в табл. 3, в ней же приведена геохимическая характеристика проб

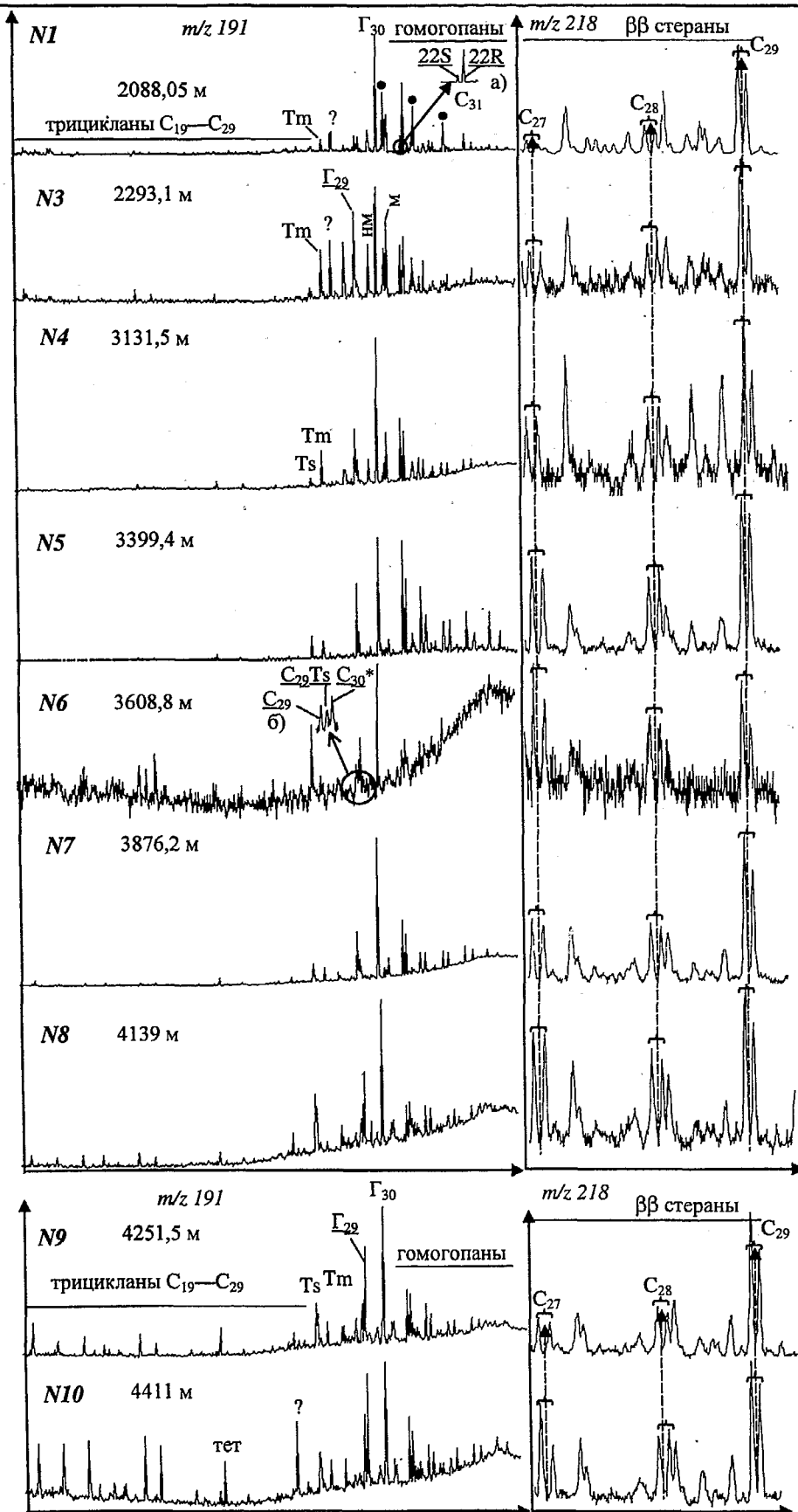


Рис. 4. Масс-фрагментограммы насыщенных фракций битумоидов:

m/z 191, Ts и Tm — триоргананы, Γ_{29} и Γ_{30} — норгопан и гопан, соответственно, ? — неидентифицированные пики, • — предположительно пики биогопанов (17β , 21β , $22R$) с числом атомов углерода C_{29} , C_{30} , C_{31} соответственно (h_{29} , h_{30} , h_{31}), тет — тетрациклан C_{24} ; m/z 218 — масс-фрагментограммы изостеранов; остальные обозначения см. в тексте, нумерация образцов соответствует табл. 3

Ранее отмечалась литологическая и органогеохимическая (по данным пиролиза) неоднородность пород даже в пределах отдельных свит. Это нашло подтверждение и в распределении реликтовых УВ. Так, образцы 8 и 9 из сиговской свиты существенно отличаются. В образце 8 имеется примерно равновеликое содержание стеранов C_{27} , C_{28} и C_{29} , а в образце 9 явно превалирует стеран C_{29} , в то же время для него характерно преобладание трициклов C_{19} — C_{26} (см. рис. 4). Наиболее высокая концентрация хейлантанов отмечена в малышевской свите.

Интересной особенностью изученной коллекции является распределение норгопана (C_{29}), неоноргопана ($C_{29}Ts$) и диагопана (C_{30}^*) в триплете на масс-фрагментограммах тритерпанов (см. врезку б на рис. 4). Для битумоидов сиговской, малышевской свит и образца 6 (экстракт из песчаника) пик диагопана C_{30}^* в триплете является доминирующим, для остальных образцов характерно обратное соотношение — C_{29} (норгопан) > $C_{29}Ts$ (неоноргопан) > C_{30}^* (диагопан). В работе Филипа [2] отмечено, что диагопан C_{30}^* может использоваться для маркировки наземного ОВ. Однако Петерсом и Молдованом [3] на основании данных об изотопном составе углерода высказано предположение, что источником диагопана C_{30}^* являются те же организмы, из которых образуются гопаны C_{27} — C_{30} , а также триноргопаны Ts и Tm . Там же отмечается, что диагопан C_{30}^* наряду с неоноргопаном $C_{29}Ts$ может эффективно использоваться для специализации нефтематеринских толщ.

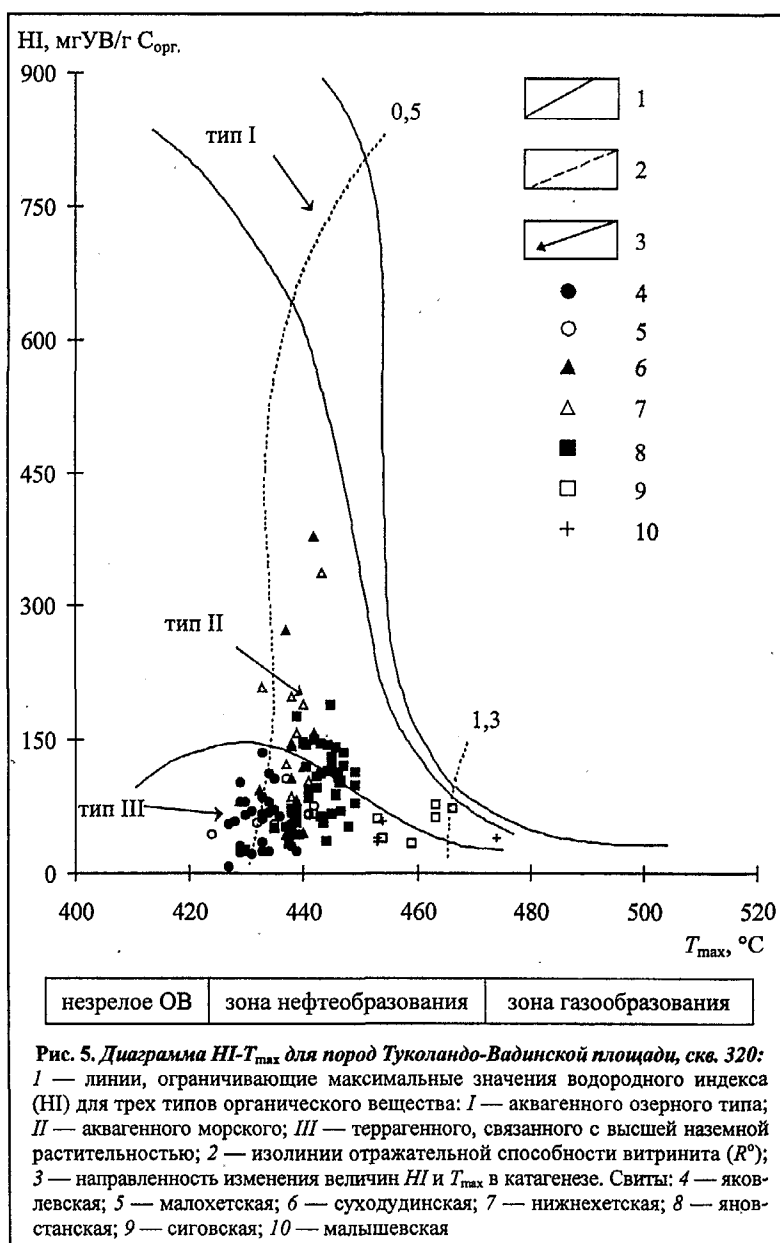
По распределению циклических биомаркеров среди изученных экстрактов выделяются битумы из песчаников в интервале 3600...3640 м. Их отличительными чертами являются малая концентрация тритерпанов и стеранов — в несколько раз меньше, чем для остальных образцов, и распределение тритерпанов, среди которых преобладают гопан C_{30} , триноргопан Ts , диагопан C_{30}^* и трицикланы C_{23} , C_{24} (см. рис. 4, обр. 6). Распределение изостеранов в образце 6 отличается примерно одинаковым содержанием стеранов C_{27} и C_{29} , а стеран C_{28} находится в подчиненном количестве. В остальных образцах преобладает гомолог C_{29} .

Циклические УВ биомаркеры отражают бактериопланктоногенную природу исходного ОВ нефтематеринских толщ. Для ОВ преимущественно террагенного типа, в составе которого доминирует вклад от высшей растительности и продуктов ее бактериальной переработки, среди циклических УВ биомаркеров тритерпаны преобладают над

стеранами, а в последних, как правило, наибольшая концентрация стерана C_{29} . В ОВ морского типа содержание стеранов существенно выше, а концентрации гомологов C_{28} и C_{29} примерно равновелики. Как было показано выше на примере ГЖХ анализа ациклических УВ, показателями террагенности ОВ служат нечуждость в распределении n -алканов, а также доля высокомолекулярных n -алканов (C_{23+}) в общем их количестве. По этим показателям наиболее обогащенными террагенной компонентой являются пробы 1—4 (см. рис. 3), в то же время этим пробам отвечает наиболее высокая концентрация стерана C_{29} (см. рис. 4).

Обсуждение результатов

Общая характеристика разреза по типу РОВ и его катагенетической преобразованности приведена на рис. 5 в виде диаграммы зависимости HI от T_{max} . Видно, что преобладающая часть разреза представ-



лена ОВ с низкими значениями водородного индекса, что обусловлено значительным вкладом terrigenous составляющей и окислительными условиями в диагенетической стадии седиментогенеза. Об этом свидетельствовали также данные об элементном составе керогенов и распределении УВ биомаркеров в битумоидах. Лишь небольшая часть образцов находится в области, отвечающей второму типу ОВ.

По данным пиролиза (см. рис. 5), катагенетическая преобразованность ОВ разреза ориентировочно охватывает интервал от перехода бурогоугольная → длиннопламенная стадия углефикации (Д) (яковлевская свита) до перехода жирная → коксовая (К) стадия (малышевская свита). Прямые определения отражательной способности витринита в масле (R^o) подтвердили эту оценку — для яковлевской свиты (2044,2 м) получены значения $R^o = 0,57...0,56\%$, для малышевской (4497,3 м) величина R^o равна 1,13%. Суммируя эти данные, можно заключить, что отложения суходудинской, яновстанской и сиговской свит находятся в главной фазе нефтеобразования (ГФН), а ОВ малышевской свиты уже вступило в фазу газообразования (ГФГ). Особенно наглядно это проявилось на глубинных профилях изменения величин S_1 , выхода битумоида и битумоидного коэффициента (см. рис. 1). Таким образом, если текущие значения водородного индекса (см. табл. 1, рис. 5) для нижнехетской, суходудинской, малохетской и яковлевской свит уменьшились от их начальных значений за счет катагенетических процессов генерации УВ не более чем на 20%, то для яновстанской, сиговской и особенно малышевской свит эти изменения могли быть более существенными.

Реконструкция геологической истории осадочно-го бассейна и реализации исходного углеводородного потенциала керогена в этом процессе была выполнена с использованием версии компьютерных программ моделирования осадочных бассейнов Basin-Mod 1-D [6]. Устойчивое погружение происходило в геохронологическом интервале 150...25 млн лет. В неогене отмечается перерыв в осадконакоплении, и только в четвертичное время продолжилось незначительное (80 м) погружение.

Палеоуровни (линии равных значений R^o) рассчитывали для интервалов 0,5...0,7% — 1(Д-Г), 0,7...1,0% — 2(Г-Ж) и 1,0...1,3% — 3(Ж-К) (рис. 6).

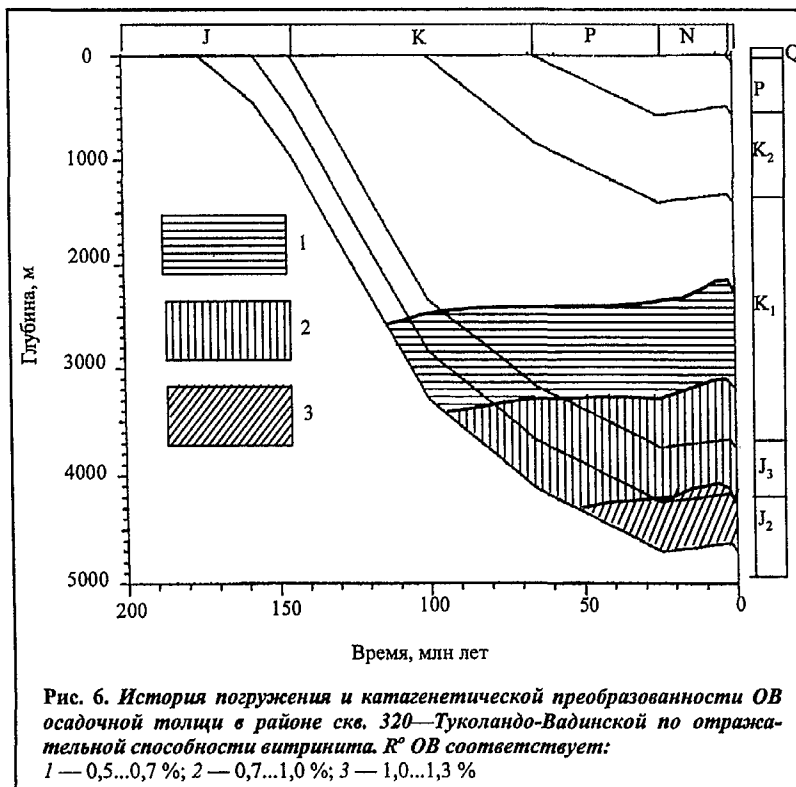
С учетом количественных и качественных характеристик (содержания $C_{орг.}$, данных пиролиза, результатов биомаркерного анализа флюидов) нефтематеринские породы (НФП) большей части изученного юрско-мелового разреза, согласно классификационной схеме, предложенной в работе Петерса [1], обладают невысоким нефтегенерационным потенциалом. Для НФП меньшей части разреза характерен умеренный неф-

тегенерационный потенциал. По этой схеме баженовская свита обладает богатым ($C_{орг.} = 2...5\%$) и очень богатым ($C_{орг.} = 5...10\%$) нефтегенерационным потенциалом.

Согласно методике, изложенной в работе [4], по средним значениям HI , $C_{орг.}$ и T_{max} проведен ориентировочный расчет удельного объема генерации УВ (в кг УВ/ m^3 породы) отдельными свитами. Получены следующие результаты: яковлевская свита — 0,3, малохетская — 0,3, суходудинская — 0,5, нижнехетская — 1,0, яновстанская — 1,8, сиговская — 9,0, малышевская — 0,9 кг УВ/ m^3 породы, причем последняя в настоящее время генерирует жирные газы. В баженовской свите удельный объем генерации УВ при средних значениях $HI = 370$ мг УВ/г $C_{орг.}$, $C_{орг.} = 8,5\%$ и $T_{max} = 438$ °C равен 38,5 кг УВ/ m^3 породы [5]. С учетом того, что получены удельные значения генерации УВ в расчете на 1 m^3 породы, при переходе к суммарному объему генерации необходимо учитывать толщину свит. Тогда, принимая среднюю толщину баженовской свиты равной 60 м, можно ожидать, что суммарный объем генерации УВ яновстанской и сиговской свитами (толщина соответственно 398 и 118 м) приблизится к объему генерации баженовской свитой.

Таким образом, основными генераторами УВ в изученном разрезе являются нижнехетская, яновстанская, сиговская и малышевская свиты. Вклад же яковлевской, малохетской и суходудинской свит в общую генерацию УВ меловыми отложениями можно считать незначительным, т. е. они не могут рассматриваться в качестве самостоятельных источников УВ для меловых коллекторов.

В настоящей статье рассмотрены вопросы нефтегенерационного потенциала свит, катагенеза ОВ и



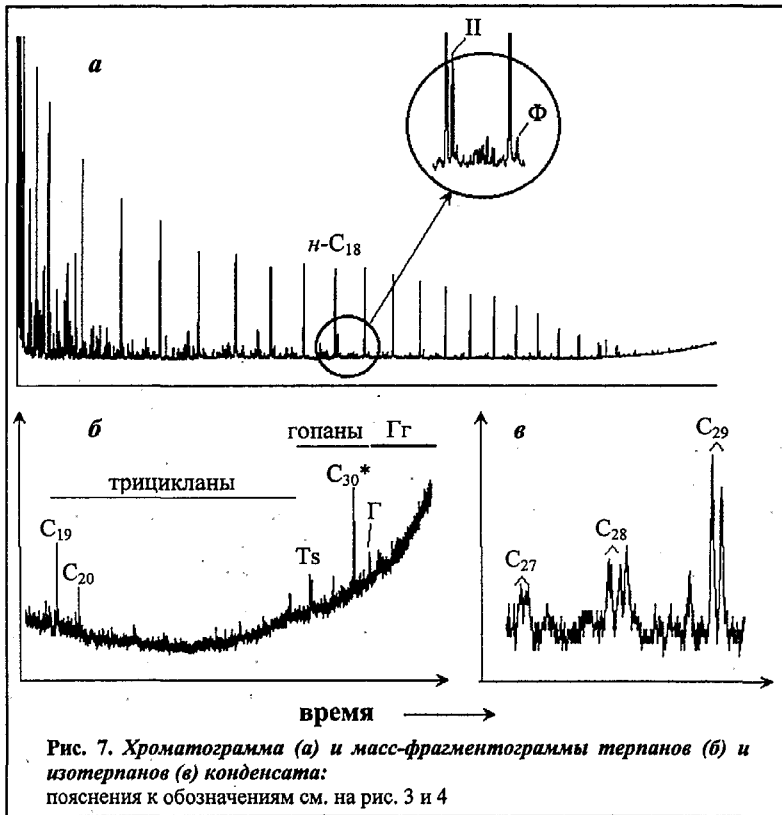


Рис. 7. Хроматограмма (а) и масс-фрагментограммы терпанов (б) и изотерпанов (в) конденсата: пояснения к обозначениям см. на рис. 3 и 4

объема генерированных УВ в изученном разрезе. Макроскопические дисперсные битумопроявления в песчаниках интервала 3608...3640 м подтверждены наблюдениями хлороформенной молочно-голубой вытяжки под люминесцентной лампой и результатами геохимических исследований, что свидетельствует о нефтидопроявлениях в песчаниках. Впоследствии при испытании скважины это предположение подтвердилось — был получен приток нефти (интервал 3635...3653 м) и, кроме того, с глубин 4482...4509 м получен конденсат (рис. 7). В связи с этим возникла задача проведения корреляции нефть — конденсат и определения источника этих флюидов.

Сравнительный анализ распределения УВ биомаркеров в этих двух образцах (см. рис. 3 и 4, обр. 6; рис. 7) выявил следующие различия между ними: образец конденсата имеет распределение стеранов, характерное для наземного ОВ — существенное преобладание стерана C₂₉, в то время как для нефти наблюдаются примерно равнозначные концентрации стеранов C₂₇ и C₂₈; среди тритерпанов в конденсате идентифицированы только трицикланы C₁₉—C₂₁ и диагопан C₃₀^{*}, концентрация циклических биомаркеров в этом образце меньше, чем в нефтяном (экспертная оценка). Отличаются эти образцы и параметрами, рассчитанными из распределения ациклических биомаркеров. Так, изопреноидный коэффициент и отношение пристан/фитан в нефти и конденсате равны соответственно 0,33/2,0 и 0,14/5,0. Из анализа представленных данных вытекает однозначный вывод о том, что эти два флюида были генерированы источниками различного генезиса — для конденсата это ОВ с преобладанием наземной компоненты

(высокое отношение пристана к фитану, преобладание стерана C₂₉), причем катагенетическая преобразованность его выше катагенеза отложений, вмещающих данный флюид.

Имеющийся геохимический материал по распределению УВ биомаркеров в нефти и битумоидах позволяет предположить, что источником нефти (глубина отбора 3635...3656 м) являются нефтематеринские отложения яновстанской свиты. Вероятным источником генерации конденсата (глубина 4482...4509 м) являются нижележащие отложения, не вскрытые скважиной.

Выводы

- ОВ меловой части разреза скв. 320 — Туколандо-Вадиной характеризуется низкими значениями водородного индекса (HI < 150 мг УВ/г C_{орг.}), обусловленными значительным вкладом терригенной составляющей и неблагоприятными (окислительными) условиями в диагенетической стадии седиментогенеза ОВ.

- ОВ яковлевской и верхней части малохетской свит преобразовано до длиннопламенной стадии углефикации, а преобразованность ОВ малышевской свиты соответствует коксовой стадии.

- По данным пиролиза в исследованном разрезе повсеместно зафиксированы следы процессов миграции УВ.

- По данным пиролиза наиболее перспективными для генерации УВ являются отложения нижнехетской, яновстанской, сиговской и малышевской свит.

- Источником нефти являются отложения яновстанской свиты.

- Вероятным источником генерации конденсата являются нижележащие отложения, не вскрытые скважиной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Peters K. Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis // AAPG Bull., — 1986. — Vol. 70, N 3. — P. 318—329.
2. Philip R.P., Gilbert T.D. Biomarkers distributions in oils predominantly derived from terrigenous material? as determined by tandem mass spectrometry // Advances in Organic Geochemistry 1985 (D. Leythaeuser and Rullkotter, eds.). — Pergamon Press, 1986. — P. 73—84.
3. Peters K.E., Moldowan J.M. The biomarker guide. Interpreting molecular fossils in Petroleum and ancient sediments. — Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993. — 363 p.
4. Меленевский В.Н., Ларичев А.И., Сухоручко В.И., Фомичев А.С. Оценка генерационно-аккумуляционных свойств нефтематеринских отложений с помощью данных пиролиза (тез. докл.) // Новые идеи в геологии и геохимии неф-

ти и газа (материалы Пятой международной конференции). — М.: МГУ, 2001. — Ч. II. — С. 306—308.

5. Нефтематеринские свойства меловых отложений Заледно-Сибирской плиты по данным пиролиза (тез. докл.) / Фомичев А.С., Богородская Л.И., Ларичев А.И., Меленевский В.Н., Сухоручко В.И. // *Геохимия в практике*

поисково-разведочных работ на нефть и газ (Науч.-практ. конф. 30.09—01.10.01). — М.: ВНИГНИ, 2001. — С. 37—38.

6. BasinMod 1-D for Windows — Basin Modeling System, Document Version: 5.0, Platte River Associates, Inc., Denver, USA, 1995.

УДК 551.1/4

ЭТАПНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

А.Л. Назарова, Н.К. Назаров
(ИПНГ РАН)

Ноосфера, по В.И. Вернадскому, — это космическое царство разума, выделившееся в биосфере. Возникнув на планете, ноосфера постоянно расширяется, превращаясь в самостоятельный элемент окружающей природы.

Законы, управляющие развитием природы, обеспечивают связь Земли с окружающим пространством. Вращательные, вихревые, спиральные процессы, давно наблюдаемые в гидросфере и атмосфере Земли, в последние годы стали довольно часто фиксироваться и в литосфере, что свидетельствует о единстве основополагающих принципов развития Земли и окружающего пространства. Это уже само по себе подтверждает проявление сущности материи, заключающейся в спиралевидном движении.

Для осуществления движения, развития необходимы постоянное преодоление, борьба. Источники движения должны иметь противоположный характер, они и являются необходимыми импульсами для возникновения движения. На каждой ступени, на каждом круге (витке) эволюции находятся своя форма движения материи и свой импульс, необходимый для дальнейшего восхождения.

Если главным принципом любых процессов и явлений является движение, то главным принципом стройного движения является ритм. Во многих геологических процессах четко прослеживаются периодичность определенных признаков, стройная повторяемость одинаковых движений.

То, что облик одного и того же ритма не сохраняется постоянным, подчеркивает беспредельное разнообразие природы, в чем, видимо, и заключается ее величие. Это единство в многообразии и составляет, собственно, сущность Бытия.

Универсальность ритмичности позволяет проводить многостороннее исследование понятий и противоречий, а также делать определенные выводы по аналогии с другими научными направлениями.

Важным объединяющим фактором во всем многообразии окружающего мира является материя. Видов материи — бесконечное множество. Каждому виду материи присущи своя форма или вид движе-

Исследования показывают, что геологическое развитие идет необратимо и имеет спиралевидный характер.

Сознание формирует новый этап (виток) геологического развития Земли и приводит к образованию новой сферы (ноосферы).

Выявление важнейших аспектов рационализма в геологическом развитии является актуальной проблемой.

The researches carried out show that geological development is irreversible and it has a spiral character.

The consciousness forms a new stage (a spiral) of the earth geological development and results in the formation of the new sphere (noosphere).

Finding out the most important aspects of rationalism in geological development is an urgent problem at the present time.

ния, так как без движения не может существовать ни одна форма материи. Любой вид материи и соответствующая ему форма движения имеют свое назначение и выполняют положенную им роль в единой системе.

Существование единства мира в его многообразии позволяет использовать системные представления. Первые системные исследования в геологии выполнены В.И. Вернадским. Системные идеи в геологии освещены в работах Н.Б. Воссоевича, В.Г. Горшкова, А.Н. Дмитриевского, И.Ф. Зубкова, Б.М. Кедрова, Н.М. Страхова, В.Е. Хаина, Э.М. Халимова, А.Л. Яншина и других исследователей.

Обоснованность применения системного анализа геологического развития заключается, прежде всего, в упорядоченности геологических процессов во времени и в пространстве, в прямых и обратных связях между ними, а также в их качественных и количественных изменениях во времени.

Рассматривая историю геологического развития земной коры, можно отметить, что закономерные и последовательные процессы, обеспечивающие это развитие, характеризуются определенными основополагающими принципами развития природы и связаны между собой не только прямыми причинными отношениями, но и обратным влиянием следствия на причины [3].

Под обратимостью понимается повторение главного, существенного. Необратимость характеризуется отсутствием повторяемости существенных элементов в определенном круге взаимосвязанных явлений.

Наличие прямых и обратных связей между эндогенными и экзогенными процессами обуславливает