

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ
МЕЗОЗОЙСКИХ, ПАЛЕОЗОЙСКИХ И ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
СТЕПНОГО АЛТАЯ И ЕГО ГОРНОГО ОБРАМЛЕНИЯ**

**Н.В. Сенников, А.Н. Фомин, В.П. Данилова, Е.Н. Иванова,
А.Э. Конторович, Е.А. Костырева**

Институт геологии нефти и газа СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия

Рассмотрены геохимические критерии перспектив нефтегазоносности мезозойских, палеозойских и вендских отложений Степного Алтая. Определена степень преобразованности органического вещества, изучено распределение органического углерода, выход битумоидов, их групповой и углеводородный составы. Особое внимание уделено исследованию на молекулярном уровне фракции насыщенных углеводородов битумоидов. Показано, что из-за высокой преобразованности органического вещества (до метаморфизма) в составе палеозойских и вендских битумоидов отсутствуют асфальтены. Установлено наличие всего спектра углеводородов-биомаркеров в палеозойских и вендских битумоидах, характерного для липидов простейших морских организмов — фитопланктона и бактерий. На основе анализа геохимических данных сделан вывод о возможности обнаружения в палеозойских комплексах легких, алифатических, не содержащих асфальтенов сингенетичных нефтей и конденсатов, образующих незначительные по запасам скопления.

Нефтегазоносность, геохимия, органическое вещество, палеозой, мезозой, венд, катагенез, битумоиды, углеводороды-биомаркеры.

**PETROLEUM POTENTIAL OF MESOZOIC, PALEOZOIC, AND VENDIAN DEPOSITS
IN STEPNOY ALTAI AND THE SURROUNDING MOUNTAINS: GEOCHEMICAL EVIDENCE**

N.V. Sennikov, A.N. Fomin, V.P. Danilova, E.N. Ivanova, A.E. Kontorovich, and E.A. Kostyrev

The petroleum potential of Mesozoic, Paleozoic, and Vendian strata in Stepnoy Altai was investigated using geochemical criteria. We studied organic-matter maturity, distribution of organic carbon, and the contents and composition of bitumen with the main focus on the molecular composition of saturated hydrocarbons. Bitumens in Paleozoic and Vendian rocks are free from asphaltenes because of high maturity of organic matter (up to metamorphic grade) but display the full range of biomarker hydrocarbons typical of phytoplanktonic and bacterial lipids. According to the geochemical criteria, Paleozoic formations may store small accumulations of asphaltene-free light aliphatic syngenetic oil and condensate.

Petroleum potential, geochemistry, organic matter, Paleozoic, Mesozoic, Vendian, organic-matter maturity, bitumens, biomarker hydrocarbons

ВВЕДЕНИЕ

Изучение геохимических предпосылок нефтегазоносности любого регионального объекта является обязательным компонентом системного исследования по оценке перспектив нефтегазоносности [1, 2]. Применительно к территории Степного Алтая задача изучения усложнялась. Традиционно с середины пятидесятих годов XX в. принималось, что перспективы нефтегазоносности этой территории близки к нулю, метаморфизм палеозойских осадочных пород исключительно велик, а мезозойских — крайне низок. Между тем с самого начала было очевидно, что такой безапелляционно негативный подход к оценке перспектив нефтегазоносности палеозойских комплексов неконструктивен и ошибочен. При поисках нефти в палеозойском комплексе основания Западно-Сибирской геосинеклизы необходимо искать блоки с пониженным метаморфизмом и на них ориентировать поиски месторождений нефти и газа [3—5 и др.].

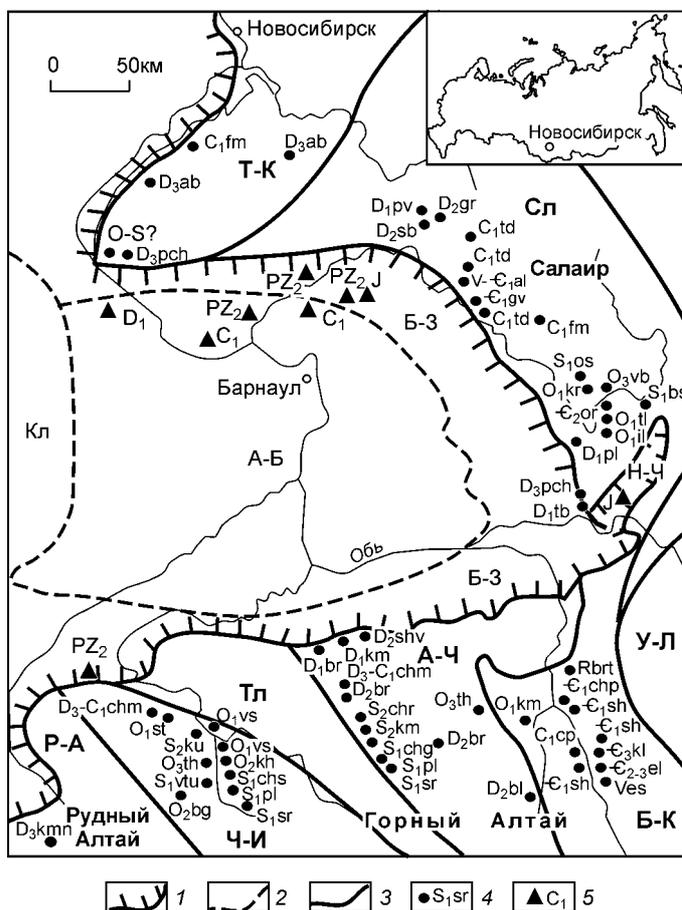
При постановке работы авторы отказались от априорно негативной точки зрения, которая делает нецелесообразным проведение любого исследования. Это потребовало проведения крупномасштабных экспедиционных исследований главным образом на обнажениях в областях обрамления южной оконечности Западно-Сибирской геосинеклизы. В потенциально нефтегазоносных породах было систематически изучено распределение органического углерода и битумоидов, оценена степень катагенетической

Рис. 1. Район исследований и местоположение изученных разрезов.

1 — юго-восточная граница Западно-Сибирской геосинеклизы; 2 — границы между тектоническими структурами в основании мезокайнозойского чехла юго-восточной окраины Западно-Сибирской геосинеклизы; 3 — границы между структурно-фациальными зонами верхнедокембрийско-палеозойских отложений в складчатом юго-восточном обрамлении Западно-Сибирской геосинеклизы; 4 — естественные обнажения и карьеры с индексацией возраста отложений и сокращенными наименованиями свит, представленных на рис. 2; 5 — скважины с индексацией возраста отложений.

Структурно-фациальные зоны: Р-А — Рудно-Алтайская, Ч-И — Чарышско-Инская, Тл — Талицкая, А-Ч — Ануйско-Чуйская, Б-К — Бийско-Катунская, У-Л — Уйменско-Лебедская, Сл — Салаирская, Т-К — Томь-Кольванская.

Тектонические структуры в основании мезокайнозойского чехла юго-восточной окраины Западно-Сибирской геосинеклизы: Кл — Кулундинская мегаседловина, А-Б — Алейско-Барнаульская гемисинеклиза, Б-3 — Бийско-Заринская мегамоноклиза, Н-Ч — Неня-Чумышская мезовпадина.

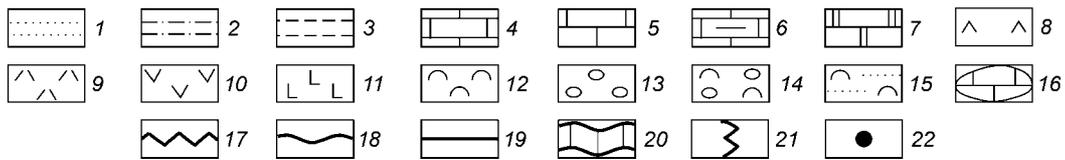
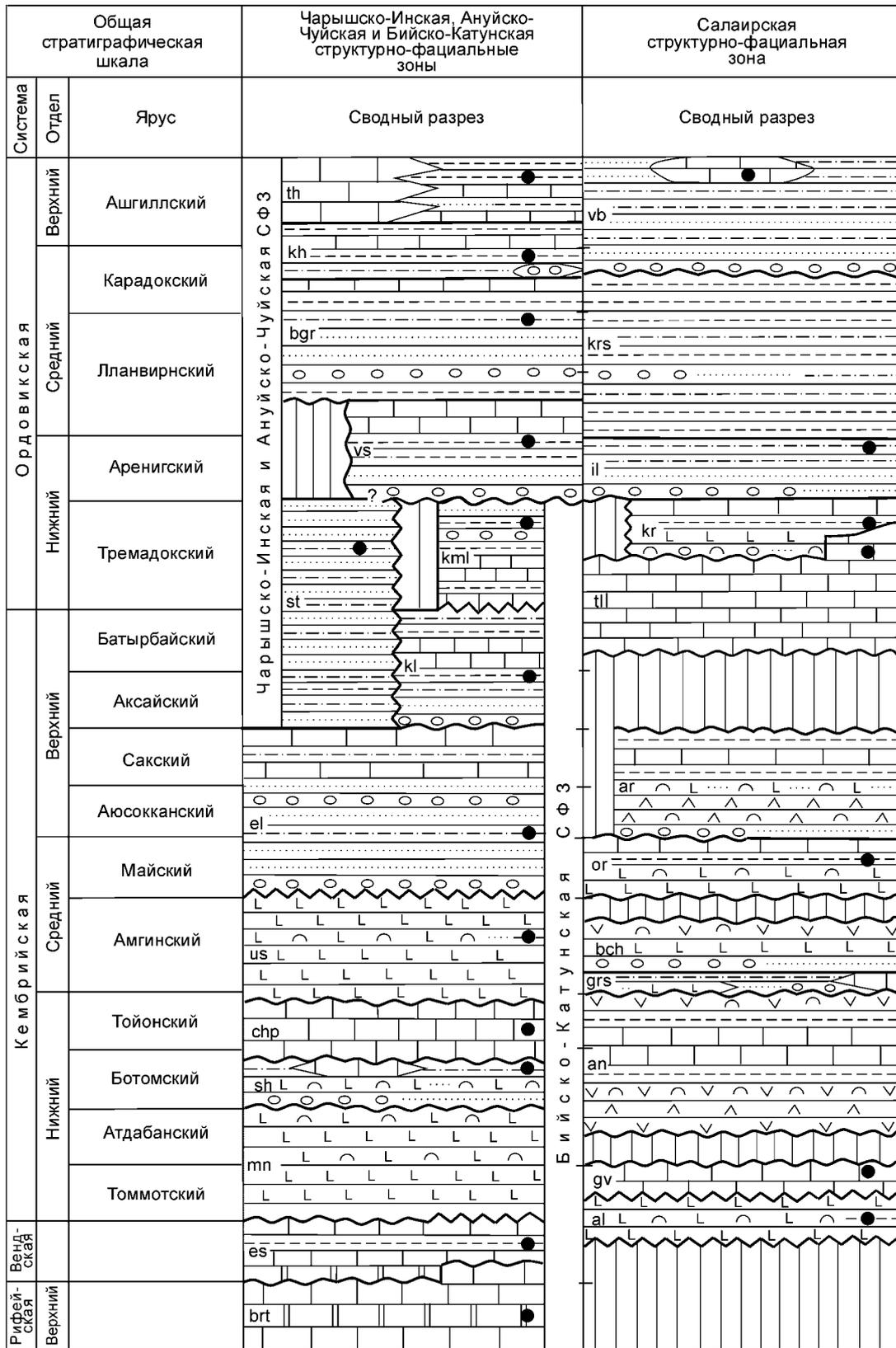


превращенности органического вещества (ОВ). Особое внимание было уделено геохимии углеводородов-биомаркеров как важных индикаторов основных сторон нефтегазообразования [6—17]. Это позволило дать целостную геохимическую оценку потенциальной нефтегазоносности недр рассматриваемой территории.

Объектами геохимических исследований, положенных в основу настоящей статьи, послужили позднедокембрийские и палеозойские осадочные и вулканогенно-осадочные толщи западной части Алтае-Саянской складчатой области. Изученные образования располагаются в геологических структурах Рудного и Горного Алтая, Салаира и Томь-Кольванской складчатой области и сконцентрированы главным образом в районах, соседствующих с областями их погружения под мезозойско-кайнозойский чехол юго-восточного замыкания Западно-Сибирской геосинеклизы (рис. 1).

При специальных полевых исследованиях были собраны образцы из естественных выходов горных пород, из канав и карьеров. Образцы отбирались из стратотипов и опорных разрезов свит, с точно установленным стратиграфическим положением относительно ярусных подразделений Общей стратиграфической шкалы (рис. 2). Сведения по стратиграфии исследованных стратонтов содержатся в многочисленных, в том числе обобщающих публикациях [18, 19]. Специальных работ по органической геохимии осадочных образований исследуемого района ранее не проводилось. Для геохимических исследований рассеянного ОВ (РОВ) в рамках настоящей работы целенаправленно отбирались образцы с предполагаемым повышенным содержанием органического материала, не подвергавшегося при диагенетических и постдиагенетических преобразованиях процессам интенсивного окисления (черные и темноцветные аргиллиты, алевролиты, глинистые известняки, доломиты). Для большинства стратонтов были отобраны образцы из серии разрезов и разного спектра пород. Со временем удалось собрать коллекцию образцов из 44 стратонтов морского (шельфовые бассейны пассивной и активной окраин, вулканические дуги, пред- и задуговые бассейны) генезиса, расположенных в Рудно-Алтайской, Чарышско-Инской, Ануйско-Чуйской, Бийско-Катунской, Салаирской, Томь-Кольванской структурно-фациальных зонах (см. рис. 1, 2). Эти стратонты охватывают стратиграфический интервал от верхнего рифея по нижний карбон (визе) включительно. Из палеозойских образований в настоящие исследования были вовлечены образцы из разрезов отдельных стратонтов (или их частей), относящихся практически ко всем 33 ярусам кембрия, ордовика, силура, девона и нижнего карбона (см. рис. 2). Редкие исключения не опробованных интервалов составили фрагменты стратиграфической последовательности либо представленные вулканогенными образованиями, либо относящиеся к крайне ограниченному по площади выходов стратонтам во всех шести рассматриваемых структурно-фациальных зонах.

Дополнительно к отмеченным многочисленным (более 200) образцам из естественных выходов и карьеров были изучены единичные пробы из керна нескольких скважин, вскрывших палеозойские отло-



Система		Общая стратиграфическая шкала		Чарышско-Инская и Ануиско-Чуйская структурно-фациальные зоны		Салаирская и Томь-Колыванская структурно-фациальные зоны		Рудно-Алтайская структурно-фациальная зона		
Каменно-угольная	Девонская	Силурийская	Отдел	Ярус	Сводный разрез		Сводный разрез		Сводный разрез	
Каменно-угольная	Нижний			Визейский			vd			ul
				Турнейский	chm		fm	td		
Девонская	Верхний			Фаменский			ab	tr		
				Франский			yur	pck		
	Средний		Живетский	ml		bg	dv			zv
				bl		kg	sb			ss
				shv		gr	mn			
	Нижний		Эмский	br		pv	ob			L L L V L V
Пражский				hv	tb					
		Лохковский		km		ok	mch			
					skh					
Силурийская	Верхний			Пржидольский	chr					
				Лудловский	Лудфорд	ku				
	Горсти									
	Нижний		Венлокский	Гомер	chg		pt			
				Шейнвуд	chs					
			Пландоверийский	Телич	pl		bs			
Аэрон		sr		os						
Руддан	vtu									

Рис. 2. Сводные литолого-стратиграфические разрезы верхнего докембрия и палеозоя территории Степного Алтая и смежных районов.

1 — песчаники, 2 — алевролиты, 3 — глины, 4 — известняки, 5 — массивные известняки, 6 — глинистые известняки, 7 — доломиты, 8 — дациты, 9 — липариты, 10 — андезиты, 11 — базальты, 12 — туфы, 13 — конгломераты, 14 — туфоконгломераты, 15 — туфопесчаники, 16 — линзы, 17 — тектонический контакт, 18 — несогласное залегание, 19 — согласное залегание, 20 — стратиграфический перерыв, 21 — фациальное замещение, 22 — стратиграфические уровни отбора проб.

Свиты: ab — абышевская, al — аламбайская, an — анчешевская (=суенгинская), ar — ариничевская, bch — бачатская (=сафатовская), bg — буготакская, bgr — бутрышихинская, bkh — бухтарминская, bl — бельгешевская, br — барагашская, brt — баратальская, bs — баскусанская, chg — чагырская, chm — черемшанская (=„праволоктевская“), chr — чепошская, chr — черноануйская, chs — чесноковская, dv — давыдовская, el — еландинская, es — эсмонгинская, fm — фоминская, gts — горская, gr — горьевская, gv — гавриловская, hv — хвощевская, il — иловатская (=„изыракская“), kb — корбалихинская толща, kg — куяганская (=куртинская), kh — ханхаринская, kl — кульбичская, km — камышенская, km1 — камлакская, kmn — каменевская, kt — краснянская (=„ельцовская“, чупинская), kgs — карастунская (=„зайчихинская“), ku — кумовская, mch — мочегинская, ml — малофеевская, mln — мельничная (=березовская, +таловская, +шипуневская), mn — манжерокская, ob — обуховская, ok — октябрьская, og — орлиногорская, os — оселкинская (=„чумышская“), pch — пачинская (=укропская, =яя-петропавловская + сергеевская), pkh — пихтовская, pl — полатинская, pt — потаповская, pv — павловская, sb — соболевская (=„хмелевская“), sh — шашкунарская, shv — шивертинская, skh — сухая, sn — снегиревская, sr — сыроватинская, ss — сосновская, st — суеткинская, tb — тельбесская серия, td — тайдонская, th — техтеневская (=„булхтинская“, =„орловская“), tl — толсточишинская, tr — тарханская, ul — ульбинская, us — усть-семиная, vb — веберовская (=„бобровская“, =„зырянская“), vd — выдрихинская (=„верхотомская“), vs — воскресенская, vtu — Вторых Утесов, zv — заводская (=„локтевская“), yug — юргинская.

жения под мезозойско-кайнозойским чехлом в Алейско-Барнаульской гемисинеклизе и в Бийско-Заринской мегамоноклизе (см. рис. 1). В качестве сравнительного материала были проанализированы образцы пород нижнесреднеюрской глушихинской свиты континентального (озерно-болотного и озерно-аллювиального) генезиса из керна скв. Шабуровская-21 в Неня-Чумышской мезовпадине и Первомайская-1 в Бийско-Заринской мегамоноклизе (см. рис. 1).

Аналитические исследования проводились в ИГНГ СО РАН по схеме, разработанной для рассеянного ОВ коллективом битуминологов СНИИГГИМСа и уточненной в ИГНГ СО РАН с учетом новейших достижений аналитической органической геохимии [20, 21].

Геохимия рассеянного органического вещества палеозойских отложений ранее изучалась только во внутренних районах Западной Сибири и в ее предъенисейской части [22—32]. Геохимические исследования РОВ верхнепротерозойско-мезозойских отложений на территории Алтайского края проводятся впервые.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И БИТУМОИДОВ. ГРУППОВОЙ СОСТАВ БИТУМОИДОВ

Венд. В известняках венда содержания органического углерода меняются в широком диапазоне (0,03—1,22 %, среднее 0,47 %) (табл. 1, рис. 3). Выход битумоидов в известняках колеблется в интервале

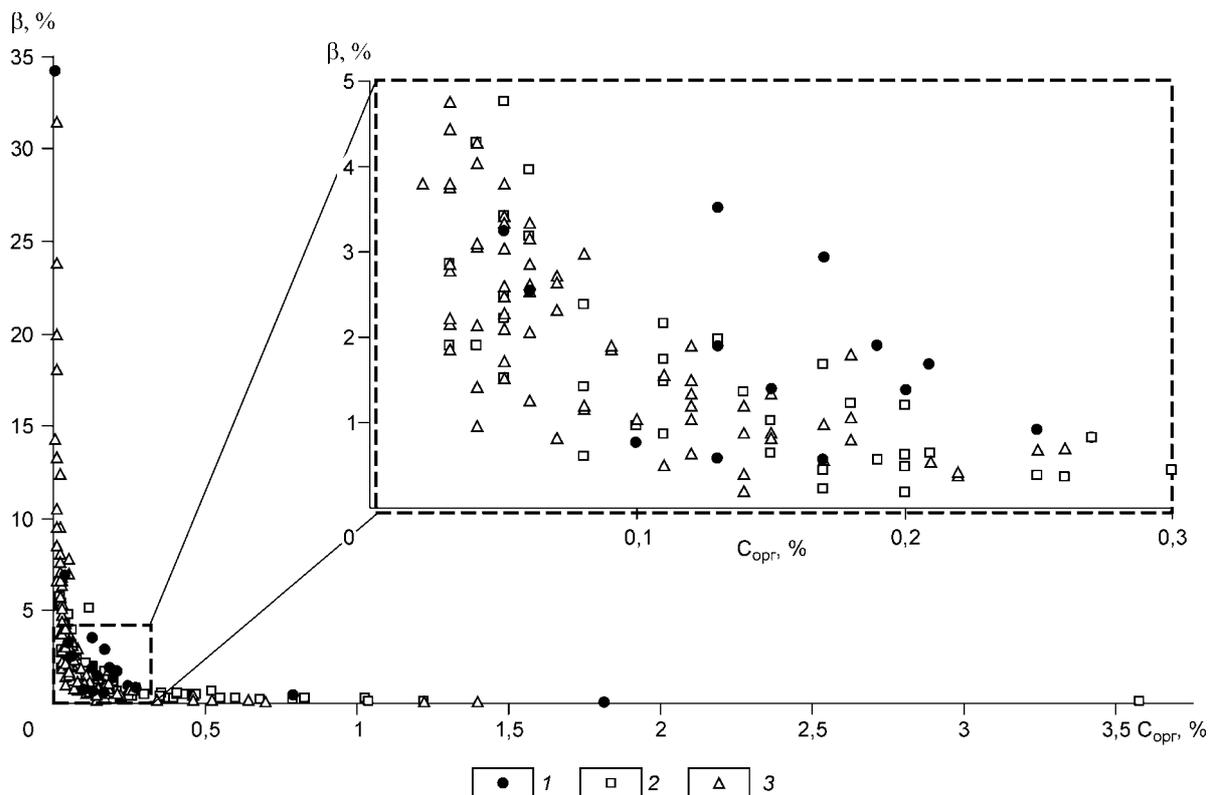


Рис. 3. Зависимость битумоидного коэффициента (β) от содержания органического углерода ($C_{орг}$) в осадочных породах на территории Алтайского края.

1 — алевролиты, 2 — аргиллиты, 3 — известняки.

Таблица 1. Содержание $S_{орг}$, $B_{хл}$ и групповой и углеводородный составы битумидов в осадочных породах на территории Алтайского края

Возраст	Литология	Значение	Количество образцов на		Содержание, % на породу		β , %	Групповой состав, % на битумоид										Смоли/асфальтеновые компоненты	Углеводородный состав, %	
			$S_{орг}$	$B_{хл}$	$S_{орг}$	$B_{хл}$		углеводороды		смолы		асфальтеновые компоненты			Насыщенные/ароматические	насыщенные	ароматические			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				16	17	18
Юра	Алевролиты	Среднее	1	1	3,97	0,0225	0,23	23,70	17,67	41,37	8,84	39,48	48,32	2,17	8,14	10,31	1,34	4,69	57,29	42,71
		Минимальное			1,39	0,0166	0,51	6,85	1,44	8,29	3,14	42,50	54,91	0,25	1,08	1,35	1,80	13,04	64,26	12,55
		Максимальное			14,32	0,3667	1,72	28,14	14,76	42,90	12,41	86,93	90,07	1,42	3,83	4,34	6,97	66,56	87,45	35,74
		Среднее	14	11	7,77	0,1246	1,01	14,94	4,65	19,59	6,66	71,70	78,36	0,51	1,64	2,05	4,41	43,58	79,65	20,35
Карбон	Алевролиты	Минимальное			0,79	0,0016	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Максимальное			1,82	0,0029	0,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Среднее	2	—	1,31	0,0023	0,22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Минимальное			0,44	0,0018	0,24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Максимальное			1,03	0,0026	0,46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Среднее	3	—	0,69	0,0022	0,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Известняки		Минимальное			0,02	0,0006	0,88	20,94	3,38	24,32	—	—	67,15	—	—	—	5,43	—	84,44	13,79
		Максимальное			0,14	0,0022	9,52	27,74	5,11	32,85	—	—	75,68	—	—	—	6,25	—	86,21	15,56
		Среднее	8	4	0,05	0,0015	5,00	24,60	4,20	28,80	—	—	71,20	—	—	—	5,91	—	85,49	14,51
Девон	Алевролиты	Минимальное			0,19	0,0037	1,68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Максимальное			0,21	0,0038	1,90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Среднее	2	1	0,20	0,0038	1,79	15,78	1,32	17,10	—	—	82,90	—	—	—	11,95	—	92,28	7,72
	Минимальное			0,03	0,0004	0,12	18,03	1,05	19,67	—	—	59,26	—	—	—	—	4,33	—	81,25	4,16
	Максимальное			1,22	0,0021	3,43	36,12	7,41	40,74	—	—	80,33	—	—	—	—	23,06	—	95,84	18,75
	Среднее	16	9	0,36	0,0014	1,03	28,15	3,89	32,04	—	—	67,96	—	—	—	—	9,55	—	88,22	11,78
Известняки		Минимальное			0,01	0,0002	0,10	2,40	1,91	6,79	6,37	43,59	49,96	—	—	—	0,55	—	35,35	10,71
		Максимальное			1,40	0,0080	31,48	29,51	6,56	36,07	11,05	60,00	82,17	20,49	22,76	43,25	8,34	36,21	89,29	64,65
		Среднее	50	18	0,13	0,0016	3,67	23,06	4,26	27,32	8,71	51,80	69,57	20,49	22,76	3,12	5,82	4,90	82,51	17,49

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Сигур	Алевролиты	Минимальное			0,17	0,0010	0,56	5,26	5,26	10,53	—	—	56,12	—	—	—	1,00	—	50,00	13,95	
		Максимальное			0,25	0,0024	0,91	37,76	6,12	43,88	—	—	—	89,47	—	—	—	6,17	—	86,05	50,00
		Среднее	2		2	0,21	0,0017	0,74	21,51	5,69	27,20	—	—	72,80	—	—	—	3,58	—	68,03	31,97
	Аргиллиты	Минимальное				0,02	0,0004	0,07	12,73	1,12	13,94	3,64	66,15	56,95	—	—	—	4,66	—	82,33	3,33
		Максимальное			11	3,58	0,0030	5,71	36,76	6,94	43,05	7,58	82,42	86,06	—	—	—	29,01	—	96,67	17,67
		Среднее	20			0,32	0,0016	1,93	26,77	2,90	29,68	5,61	74,29	70,32	—	—	—	12,56	—	89,91	10,09
Известняки	Минимальное				0,02	0,0008	2,29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Максимальное				0,06	0,0041	7,81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Среднее	6	1		0,04	0,0020	4,70	18,92	2,70	21,62	—	—	78,38	—	—	—	7,01	—	87,51	12,49	
Ордовик	Алевролиты	Минимальное			0,01	0,0008	0,76	26,74	2,61	30,23	—	—	55,74	—	—	—	7,66	—	88,46	6,67	
		Максимальное			0,27	0,0080	34,26	39,34	4,92	44,26	—	—	—	69,77	—	—	—	13,99	—	93,33	11,54
		Среднее	10	4		0,11	0,0029	5,91	33,81	3,80	37,61	—	—	62,39	—	—	—	9,37	—	89,84	10,16
	Аргиллиты	Минимальное				0,03	0,0008	0,20	15,24	1,66	16,90	—	—	53,00	—	—	—	6,83	—	87,23	5,47
		Максимальное			5	0,68	0,0027	5,40	44,23	6,00	47,00	—	—	83,10	—	—	—	17,28	—	94,53	12,77
		Среднее	16			0,23	0,0018	1,48	35,46	3,44	38,90	—	—	61,10	—	—	—	11,54	—	91,14	8,86
Известняки	Минимальное				0,01	0,0004	0,79	25,00	2,97	29,69	—	—	64,36	—	—	—	5,33	—	84,20	8,33	
	Максимальное				0,18	0,0037	20,00	32,67	4,69	35,64	—	—	70,31	—	—	—	11,00	—	91,67	15,80	
	Среднее	16	2		0,08	0,0018	4,54	28,84	3,83	32,67	—	—	67,34	—	—	—	8,17	—	87,94	12,06	
Кембрий	Алевролиты	Среднее	1	1	0,05	0,0017	3,24	30,38	3,46	33,84	—	—	63,08	—	—	3,08	8,78	20,48	89,78	10,22	
		Минимальное			0,04	0,0010	0,23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Максимальное			0,83	0,0020	4,29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Аргиллиты	Среднее	4	—	0,31	0,0016	1,59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Минимальное			0,01	0,0006	0,41	24,11	2,77	26,88	3,56	69,56	69,56	59,16	—	—	—	5,00	—	83,32	10,31
		Максимальное			0,21	0,0026	18,10	35,21	5,63	40,84	3,56	69,56	69,56	73,12	—	—	—	8,70	—	89,69	16,68
Известняки	Среднее	26	5	0,06	0,0013	4,51	28,38	4,58	32,96	3,56	69,56	69,56	67,04	—	—	—	6,49	—	86,22	13,78	
	Минимальное			0,03	0,0009	0,12	22,93	2,84	28,03	—	—	—	57,44	—	—	—	4,50	—	81,81	6,67	
	Максимальное			1,22	0,0016	5,08	39,72	5,10	42,56	—	—	—	71,97	—	—	—	13,99	—	93,33	18,19	
Венд	Известняки	Среднее	7	2	0,47	0,0013	1,13	31,33	3,97	35,30	—	—	64,71	—	—	—	9,24	—	87,57	12,43	

от 0,0009 до 0,0016 % на породу при среднем 0,0013 %. Главными компонентами битумоидов являются смолы и углеводороды, причем преобладают первые из них (64,71 % против 35,30 % на битумоид) (см. табл. 1). Асфальтены в битумоидах отсутствуют.

Палеозой. Содержания органического углерода в палеозойских породах кембрийско-карбонного возраста варьируют от сотых до 1,8 % на породу (см. табл. 1, рис. 3). В наибольших концентрациях $C_{орг}$ находится в аргиллитах (до 3,5 % на породу). Его средние содержания максимальны в алевролитах и аргиллитах карбона (1,31 и 0,69 % на породу соответственно). С увеличением возраста отмечается тенденция уменьшения средних концентраций органического углерода в алевролитах и аргиллитах (до 0,05 и 0,3 % на породу соответственно). В известняках средние содержания $C_{орг}$ низкие (0,04—0,13 % на породу).

Концентрация битумоидов в породах палеозоя изменяется от 0,0006 до 0,0080 % на породу (см. табл. 1). Наибольший разброс средних значений выхода битумоидов в зависимости от возраста отмечается в алевролитах и составляет от 0,0017 в кембрии и силуре до 0,0038 % на породу в девоне. В аргиллитах и известняках он укладывается в интервал 0,0014—0,0022 и 0,0013—0,0020 % на породу соответственно.

В групповом составе палеозойских битумоидов преобладают смолы (53,0—89,47 % на битумоид) (см. табл. 1). Средние значения смолистых компонентов в алевролитах, аргиллитах и известняках укладываются в интервалы 62—83, 61—70 и 67—78 % на битумоид. Содержание углеводородов изменяется от 10,53 до 47,0 % на битумоид. Их концентрация в среднем колеблется в алевролитах, аргиллитах и известняках от 17,10 до 37,61, от 29,68 до 38,90 и от 21,62 до 32,96 % на битумоид соответственно. Асфальтены в битумоидах, как правило, отсутствуют.

Юра. В изученных разрезах юрские отложения обогащены органическим углеродом (до 14,32 %). Средняя его концентрация в изученной коллекции аргиллитов равна 7,77 % (см. табл. 1, рис. 3). Содержание битумоидов варьирует в широких пределах — от 0,017 до 0,37, в среднем 0,12 %. Главными компонентами битумоидов аргиллитов являются смолы 78,36 %, концентрация углеводородов равна 19,59 %, асфальтенов — 2,05 % в среднем (см. табл. 1).

На рис. 3 показана зависимость содержания битумоидов в органическом веществе так называемого битумоидного коэффициента (β) от концентрации органического углерода. Видно, что с ростом концентрации $C_{орг}$ в породах значения битумоидного коэффициента уменьшаются по гиперболе, т. е. на коллекции палеозойских образцов Алтайского края закономерность Успенского—Вассоевича четко выполняется. Существуют лишь единичные образцы, в которых можно предполагать присутствие аллохтонных битумоидов. Вместе с тем следует иметь в виду, что современное распределение битумоидов искажено вторичными процессами. С одной стороны, концентрация битумоидов в органическом веществе изменена катагенетическим новообразованием летучих продуктов, в первую очередь низкомолекулярных углеводородов C_{5+} и углеводородных газов. Вторым фактором, искажившим первичную картину, является переход в результате катагенеза асфальтенов в нерастворимые формы, т. е. превращение их в кероген, что видно по отсутствию в битумоидах асфальтенов.

РЕЛИКТОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ-БИОМАРКЕРЫ В ОРГАНИЧЕСКОМ ВЕЩЕСТВЕ

Верхний протерозой, палеозой. Анализ состава реликтовых насыщенных углеводородов в венде и палеозое горного обрамления Степного Алтая показывает единую в целом схему их распределения от венда до карбона включительно. Некоторыми особенностями обладают распределения *n*-алканов. На них мы остановимся ниже.

***n*-алканы.** В распределении *n*-алканов отчетливо фиксируется присутствие в максимальных концентрациях гексадекана (C_{16}) и гептадекана (C_{17}) (рис. 4). Правое высокомолекулярное плечо гистограмм растянуто в длинный ряд, углеводороды (C_{20} — C_{27}) находятся в примерно равных концентрациях, превышающих плавное изменение хода гистограмм. Соотношение *n*- C_{27} к *n*- C_{17} колеблется от 0,09 до 1,40 (табл. 2). Отношение четных к нечетным УВ изменяется от 0,95 до 2,78.

Рис. 4. Типовая хроматограмма насыщенной фракции палеозойских битумоидов осадочных пород Алтайского края (на примере битумоида из известняка обнажения р. Шинок, D_{1e}, барагашская свита, кувашские слои, Ануйско-Чуйская зона).

1 — нормальные алканы, 2 — изопреноиды.

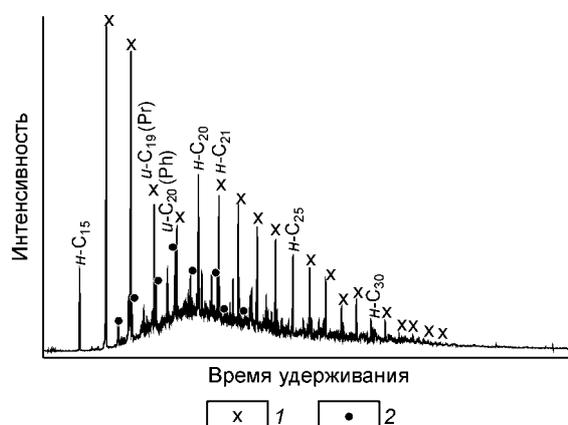


Таблица 2. Биомаркерные параметры в битумолах осадочных пород на территории Алтайского края

Возраст	Литология (количество образцов)	Значение	Н-алканы и изопреноиды			Стераны, % на сумму					Тригерланы, % на сумму				Трицикланы			
			$H-C_{27}/H-C_{17}$	СР1	Рг/Рh	C_{27}	C_{28}	C_{29}	C_{30}	гопаны	моретаны	трицикланы	тетрацикланы	ΣC_{19-20}	ΣC_{23-26}	ΣC_{28-31}	$2 \cdot \Sigma C_{19-20} / \Sigma C_{23-26}$	
Юра	Алевролиты	Среднее	2,27	2,53	3,55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Минимальное	1,16	1,81	0,80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Максимальное	3,64	2,47	1,90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Карбон	Известняки (4)	Среднее	0,30	1,47	0,68	36,31	28,12	29,41	6,16	55,29	4,92	37,49	2,30	13,81	47,41	11,14	0,58	
		Минимальное	0,14	1,11	0,50	34,68	27,54	28,66	5,75	50,37	4,30	30,68	1,88	12,59	45,69	9,41	0,51	
		Максимальное	0,54	1,78	0,83	38,01	28,42	30,10	6,80	61,53	5,91	42,73	2,62	14,93	49,49	12,54	0,65	
Девон	Алевролиты	Среднее	0,24	1,83	0,47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Минимальное	0,17	0,95	0,47	32,73	26,85	28,17	5,36	46,03	2,83	20,19	1,52	8,51	42,62	10,11	0,38	
		Максимальное	0,88	1,36	1,00	37,29	29,43	32,47	7,13	59,27	8,38	45,15	2,71	14,88	50,48	23,04	0,68	
	Известняки (18)	Среднее	0,43	1,13	0,79	35,29	27,79	30,60	6,33	55,86	4,76	36,95	2,43	12,84	44,99	14,67	0,57	
		Минимальное	0,09	0,96	0,42	30,25	26,67	27,26	5,64	48,52	3,74	20,26	1,33	8,07	37,64	8,54	0,36	
		Максимальное	0,68	1,69	1,32	38,87	29,99	37,35	9,69	73,84	6,08	44,64	2,68	20,65	50,84	28,93	0,97	
Силур	Алевролиты (2)	Среднее	0,32	1,33	0,78	34,80	28,62	29,76	6,82	58,28	4,75	34,81	2,16	12,92	45,47	14,57	0,57	
		Минимальное	0,39	1,12	0,46	32,70	27,76	29,96	4,88	63,94	4,26	26,56	2,31	8,47	44,87	15,53	0,38	
		Максимальное	0,50	1,26	0,86	35,17	28,32	32,20	9,03	64,51	6,09	29,50	2,84	11,62	45,15	21,35	0,52	
Аргиллиты (10)	Среднее	0,44	1,19	0,66	33,93	28,04	31,08	6,95	64,23	5,17	28,03	2,57	10,05	45,01	18,44	0,45		
	Минимальное	0,12	1,16	0,58	27,10	24,12	28,45	5,72	49,17	2,91	19,06	1,38	7,42	38,96	9,49	0,35		
	Максимальное	1,40	2,78	1,17	37,86	28,82	40,91	8,44	72,51	26,18	43,93	3,44	18,81	49,30	25,40	0,94		
Известняки	Известняки	Среднее	0,43	1,83	0,92	34,22	27,77	31,19	6,83	56,33	6,65	34,71	2,30	14,61	43,02	14,58	0,68	
		Среднее	0,44	1,31	0,68	35,11	27,74	30,88	6,27	58,58	4,18	35,05	2,20	10,94	47,60	15,26	0,46	

Ордовик	Алевролиты (4)	Минимальное	0,12	1,27	0,57	35,65	25,93	26,81	6,71	43,83	3,60	43,66	2,53	13,95	42,00	9,18	0,57	
		Максимальное	0,44	1,95	0,85	36,71	29,33	28,45	11,13	50,21	4,59	48,79	2,79	17,67	49,02	10,82	0,84	
		Среднее	0,25	1,55	0,71	36,17	27,80	27,66	8,38	47,83	4,14	45,37	2,65	16,41	44,71	10,26	0,74	
	Аргиллиты (5)	Минимальное	0,12	0,99	0,59	36,58	23,52	25,92	5,22	41,84	2,81	37,80	2,34	13,59	42,69	8,08	0,60	
		Максимальное	0,74	2,11	1,10	37,90	28,83	30,29	13,97	54,77	4,71	50,28	3,51	18,71	46,58	13,47	0,88	
		Среднее	0,31	1,43	0,82	37,23	27,41	28,26	7,10	47,17	4,02	46,03	2,77	15,66	45,46	10,57	0,69	
	Известняки (2)	Минимальное	0,13	1,00	0,65	33,95	27,50	28,71	6,42	41,07	2,85	35,44	1,97	9,55	43,21	10,06	0,36	
		Максимальное	0,84	1,18	1,32	36,28	28,59	31,93	6,62	58,03	4,56	53,31	2,77	17,50	52,98	11,02	0,81	
		Среднее	0,33	1,06	0,99	35,11	28,04	30,32	6,52	49,55	3,71	44,37	2,37	13,52	48,09	10,54	0,59	
Кембрия	Алевролиты	Среднее	0,29	1,16	0,98	34,16	28,56	23,96	13,31	60,86	4,31	33,15	1,68	17,26	39,47	14,78	0,87	
		Минимальное	0,14	1,05	0,45	31,51	25,51	28,17	5,36	45,81	2,52	25,86	1,67	11,34	38,28	12,24	0,49	
		Максимальное	0,68	1,30	1,17	37,02	29,96	30,17	12,93	68,16	5,98	49,00	2,66	15,59	47,23	22,22	0,78	
Венд	Известняки (2)	Среднее	0,28	1,18	0,94	33,84	28,68	29,30	8,19	61,20	4,22	32,57	2,01	13,05	42,47	17,48	0,62	
		Минимальное	0,28	1,10	0,85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Максимальное	1,20	1,55	1,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Среднее	0,74	1,32	1,02	34,89	26,08	33,32	5,72	65,04	2,98	29,99	2,00	10,70	44,54	20,58	0,48	

Изопреноидные алканы. Их распределение в битумоидах венда и палеозоя достаточно однотипно. Во всех стратиграфических комплексах в наибольшей концентрации обычно находится 2,6,10,14-тетраметилгептадекан (C_{21}) (см. рис. 4). В несколько меньших концентрациях находятся 2,6,10,14-тетраметилпентадекан (пристан — Pr) — C_{19} и 2,6, 10,14-тетраметилгексадекан (фитан — Ph) — C_{20} . Отношение концентраций Pr/Ph в подавляющем количестве изученных образцов меньше 1 и лишь в единичных образцах достигает значений 1,20—1,30 (см. табл. 2).

Стераны также распределены во всех образцах изученной коллекции однообразно (см. табл. 2, рис. 5). Во всех изученных образцах стераны C_{27} , C_{28} , C_{29} имеют близкие концентрации. В наибольшей концентрации всегда находятся холестераны (C_{27}), затем следуют этилхолестераны (C_{29}) и метилхолестераны (C_{28}). Единая схема распределения стеранов в венде и палеозойских комплексах особенно четко видна на тригонограммах (рис. 6). Отношение концентраций стеранов C_{29} к C_{27} в среднем в битумоидах из алевролитов, аргиллитов и известняков изменяется от 0,70 до 0,92, от 0,76 до 0,93 и от 0,86 до 0,96 соответственно (см. табл. 2). Отмечается наличие прегнанов состава C_{21} — C_{22} .

Тритерпаны. В их составе повсеместно доминируют гопаны (до 73,84 %), затем идут трицикланы (до 53,31 %) (см. табл. 2, рис. 7). Концентрации моретанов и тетрацикланов невелики (на уровне 2—5 %). Несколько более высокая доля трицикланов в составе тритерпанов, которая сопоставима с содержанием гопанов, имеет место в битумоидах ордовика (в среднем на уровне 44—46 % против 47—50 % от суммы терпанов).

Гопаны, моретаны, три- и тетрацикланы распределены в битумоидах венда и палеозоя совершенно аналогично. Среди гопанов и моретанов в максимальной концентрации находятся гопан (C_{30}) и моретан с такой же молекулярной массой. В составе гомогопанов с ростом молекулярной массы их концентрация монотонно снижается. Среди трицикланов в повышенных концентрациях (до 50,84 % от суммы трицикланов) находятся УВ со средней длиной цепи — C_{23} — C_{26} (см. табл. 2, рис. 7). Доля низкомолекулярных УВ (C_{19} — C_{20}) варьирует от 7,42 до 18,81 % от суммы трицикланов. Трициклановый индекс $(2(C_{19} + C_{20})/\Sigma C_I; I = 23, 24, 25, 26)$ во всех образцах меньше 1 (см. табл. 2). Содержание высокомолекулярных хейлантанов (C_{28} — C_{31}) изменяется от 8,54 до 28,93 % от суммы трицикланов (см. табл. 2).

Состав углеводородов-биомаркеров в осадочных породах верхнего протерозоя и палеозоя Степного Алтая однозначно указывает, что их источником были липиды простейших морских организмов — фитопланктона и бактерий. Тождественность их состава на протяжении столь дли-

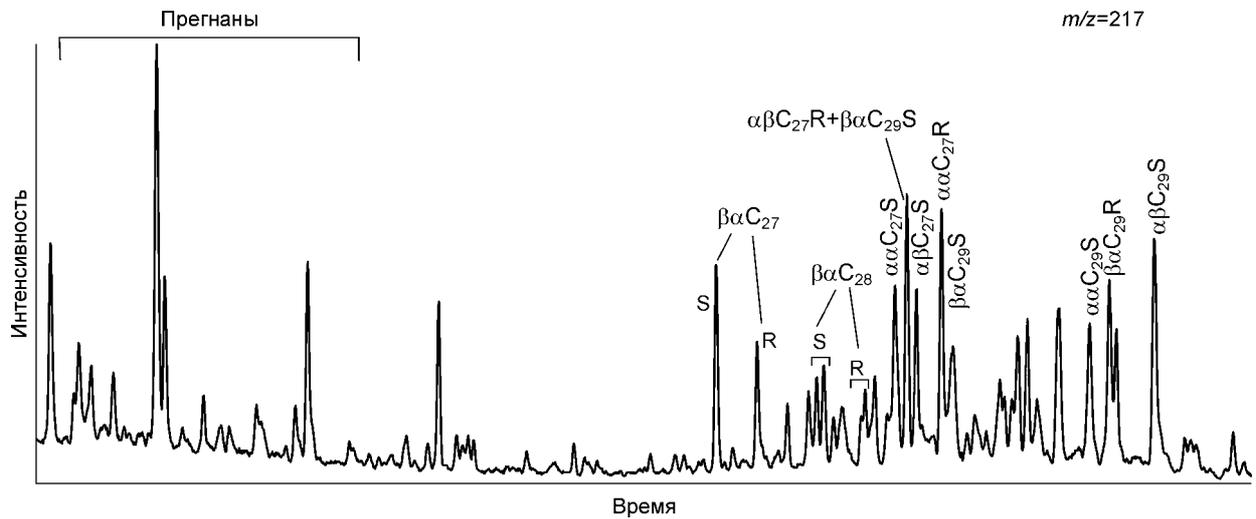


Рис. 5. Типовая масс-хроматограмма УВ стеранового ряда ($m/z = 217$) насыщенной фракции палеозойских битумоидов осадочных пород Алтайского края (на примере битумоида из известняка обнажения р. Шинюк, D₁e, барагашская свита, кувашские слои, Ануйско-Чуйская зона).

тельного времени указывает на то, что биохимия этих организмов в течение позднего протерозоя и палеозоя в этой части Палеоазиатского океана практически не эволюционировала. Сохранность этих углеводородов в осадочных породах изучаемых комплексов показывает, что высокий метаморфизм осадочных пород не приводил к полной деструкции углеводородов и по этой причине возможности сохранения в палеозойских комплексах скоплений легких, конденсатных, безасфальтовых нефтей исключать нельзя.

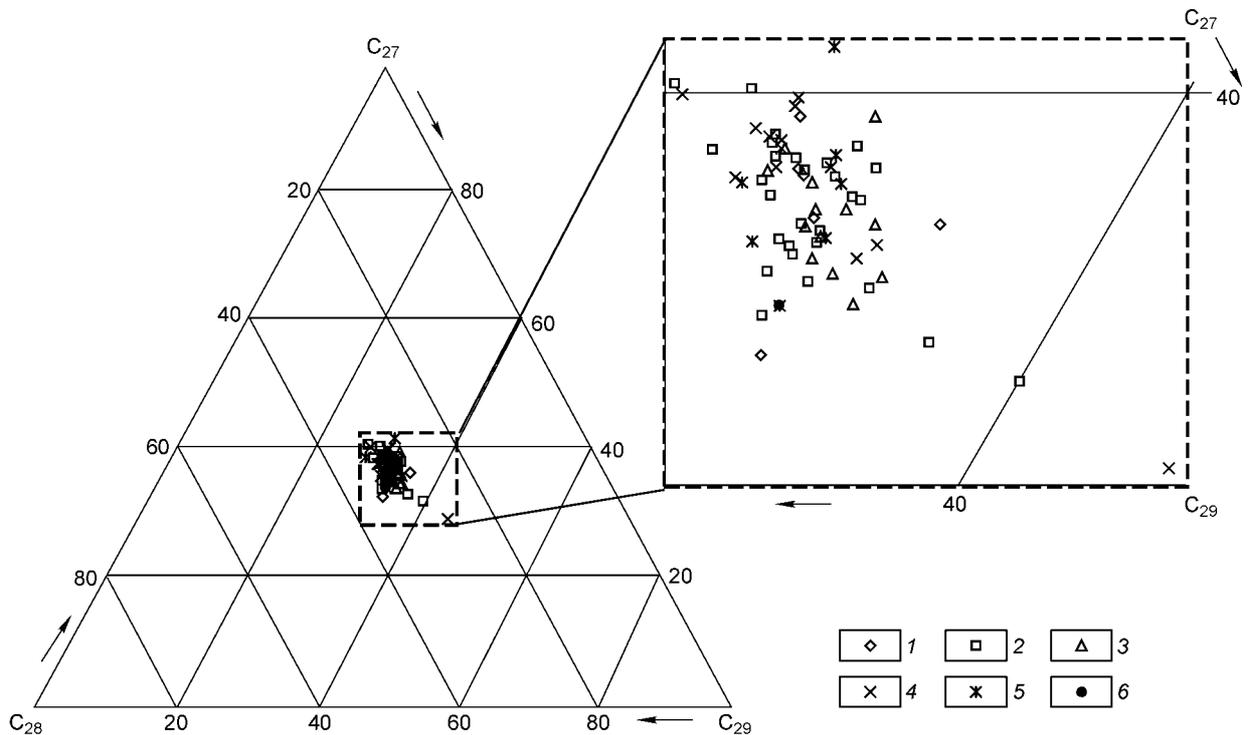


Рис. 6. Тригонограмма распределения стеранов в битумоидах осадочных пород на территории Алтайского края (средние значения).

1 — карбон, 2 — девон, 3 — силур, 4 — ордовик, 5 — кембрий, 6 — венд.

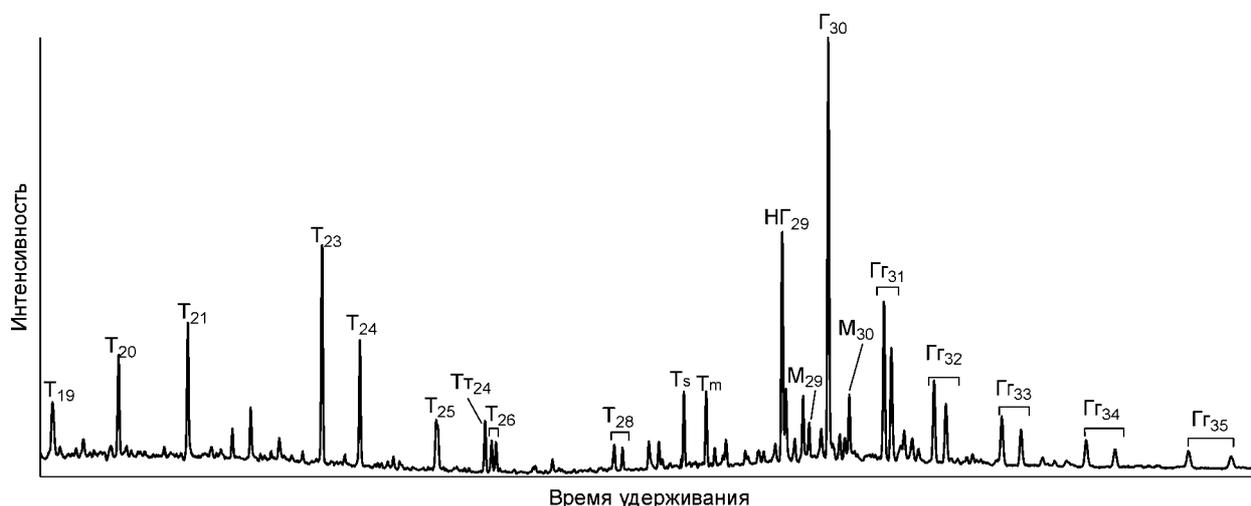


Рис. 7. Типовая масс-хроматограмма УВ терпанового ряда ($m/z = 191$) насыщенных фракций палеозойских битумоидов осадочных пород Алтайского края (на примере битумоида из известняка обнажения р. Шинок, D, e, барагашская свита, кувашские слои, Ануйско-Чуйская зона).

Углеводороды: T_n — трицикланы, M_n — моретаны, Tt_n — тетрацикланы, G_n — гопаны, G_n — гомогопаны, НГ — норгопаны, Tm — трисноргопан, Ts — триснорнеогопан. n — количество атомов углерода.

Повышенные концентрации n -алканов C_{16} — C_{17} в битумоидах позволяют рассматривать их как результат достаточно поздней (мезозойской? альпийской?) фазы деструкции n -алканов с образованием низкомолекулярных алифатических углеводородов. При такой трактовке вторая высокомолекулярная генерация n -алканов представляет собой остаточные продукты их новейшей фазы превращений.

Мезозой. Юра. n -алканы. Во фракции насыщенных УВ битумоидов идентифицированы n -алканы состава C_{12} — C_{37} . Кривые среднего распределения нормальных алканов в битумоидах двумодальные, при этом отмечается их „пилообразный“ характер в области C_{18} — C_{37} . Содержание УВ C_{16} (первый пик) находится на уровне 6—7 % от суммы нормальных алканов. Второй пик приходится на n - C_{23} в битумоидах из аргиллитов (13,44 % от суммы нормальных алканов) и на n - C_{27} в битумоидах из алевролитов (12,20 % от суммы нормальных алканов). Соотношение n -алканов C_{27}/C_{17} в битумоидах в среднем больше 2. Отношение четных к нечетным УВ очень высокое (от 1,81 до 2,47) (см. табл. 2).

Изопреноидные алканы. Среди алифатических УВ изопреноидного строения в битумоидах из алевролитов, так и из аргиллитов в наибольшей концентрации находится пристан — C_{19} (в среднем 44,60 и 33,06 % на сумму изопреноидных алканов соответственно). В значительных концентрациях фиксируются 2,6,10-триметилтридекан (C_{16} — до 16,55 %), 2,6,10-триметилпентадекан (C_{18} — до 18,82 %), фитан (C_{20} — до 33,03 %). Отношение пристана к фитану (Pr/Ph) в битумоидах из аргиллитов и алевролитов в среднем равно 1,51 и 3,55 соответственно. Соотношение суммы концентраций нормальных и изопреноидных алканов варьирует в широких пределах от 14,74 до 151,93 (см. табл. 2).

Циклические УВ-биомаркеры в юрских битумоидах находятся в следовых количествах.

Генезис мезозойских битумоидов. Значения биомаркерных показателей (отношения n - C_{27}/n - C_{17} и Pr/Ph) позволяют предположить, что их источником были липиды высшей наземной растительности.

Судя по слабой преобразованности юрских отложений (градация ПК₃), а также по высокому соотношению нечетных и четных n -алканов, органическое вещество юрских комплексов в главную зону нефтеобразования не погружалось и в генерации промышленных скоплений нефти и газа не участвовало.

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОЙ СИНГЕНЕТИЧНОЙ НЕФТЕНОСНОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Для оценки перспектив нефтегазоносности осадочных отложений широко используется катагенез органического вещества. Он позволяет судить о том, были ли в этих отложениях реализованы термобарические условия, обеспечившие генерацию нефти и газа и отвечающие главной фазе нефтеобразования и зонам интенсивного нефте- и газообразования. Поэтому уровень зрелости ОВ интенсивно изучается практически во всех седиментационных бассейнах, представляющих интерес для поисков залежей углеводородов. На территории Алтайского края такие исследования ранее вообще не проводились.

Полученные углепетрографические материалы свидетельствуют о том, что отложения палеозоя испытали существенные термобарические изменения и преобразованность ОВ в них варьирует от апока-

тагенеза до метаморфизма. Это связано с тем, что их формирование происходило в сложных тектонических обстановках: переходных от платформенных к геосинклинальным и собственно геосинклинальным. На изученной территории Алтайского края определенный интерес представляют районы распространения осадочных толщ среднего палеозоя (девон—карбон) с уровнем зрелости ОВ в пределах апокатагенеза (градации АК₁₋₂). Здесь отложения уже прошли главную фазу нефтеобразования и возможные нефтяные залежи, вероятнее всего, в дальнейшем могли быть разрушены. Однако эти толщи находились или в настоящее время находятся в зоне активной газогенерации и образовавшиеся газовые залежи при прочих благоприятных условиях вполне могли сохраниться. Такие обстановки выявлены около бывшего п. Раздольное Змеиногорского района Рудно-Алтайской зоны, где в терригенно-карбонатных толщах среднего—верхнего девона ОВ преобразовано в пределах градаций МК₃¹—АК₂. Определенный интерес представляют карбонатные отложения нижнего—среднего девона в районе п. Курья Чарышско-Инской зоны и поселков Камышенка и Соловьяха Петропавловского района Ануйско-Чуйской зоны (градации АК₂₋₃). С той же интенсивностью изменено ОВ в известняках нижнего девона Целинного района (п. Чесноково) и нижнего карбона Тогульского (п. Верхний Тогул) и Заринского (п. Афоново) районов Бердско-Ельцовской зоны. Близкий уровень зрелости ОВ установлен в терригенных отложениях нижнего карбона в ряде скважин Томь-Кольванской зоны (скв. 418 около г. Барнаул, скв. 13 около п. Тальменка, скв. 22 около п. Шипицино Тальменского района). Именно с этими районами могут быть связаны определенные перспективы газоносности осадочных отложений палеозоя. В предгорных и горных районах Алтая и Салаира осадочные толщи палеозоя претерпели метагенетические и метаморфические преобразования, вследствие чего в них исключается возможность сохранения сингенетических залежей углеводородов.

Приведенные выше данные по органической геохимии палеозойских осадочных комплексов складчатого обрамления крайнего юга Западно-Сибирской геосинеклизы (Степной Алтай) и их анализ позволяют выполнить предварительную оценку их вероятной сингенетичной нефтегазоносности. Из огромного и возросшего особенно в последние годы статистического материала достоверно установлено, что при катагенезе ОВ выше градации МК₃¹ сингенетичная нефтеносность наблюдается крайне редко [6—8, 12, 13, 33—39]. С этой точки зрения, в изученных областях складчатого палеозойского обрамления Степного Алтая катагенез ОВ исключительно высокий. Но при этом следует заметить, что по аналогии с внутренними районами Западно-Сибирской геосинеклизы нельзя исключать, что на перекрытых мезозойско-кайнозойскими отложениями территориях катагенез и метаморфизм органического вещества, по крайней мере на отдельных участках, значительно ниже. Геохимические исследования битумоидов рассеянного органического вещества показали, что в результате высоких катагенетических преобразований они полностью утратили асфальтены. Последние подверглись деструкции и частично превратились в углеводороды, а большая их часть за счет полимеризации перешла в нерастворимые формы и вошла в состав керогена. Вместе с тем в битумоидах, несмотря на высокий катагенез, повсеместно присутствуют углеводороды. Это означает, что палеотермодинамические условия катагенеза не вели к полной деструкции углеводородов. Значит, с учетом выявленных палеотермодинамических (*P*, *T*) условий нельзя исключать вероятное обнаружение в палеозойских комплексах Степного Алтая легких, алифатических, не содержащих асфальтенов сингенетичных нефтей и конденсатов. Однако, судя по мировой статистике, вряд ли эти скопления УВ могут быть значительными по запасам.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Конторович А.Э.** Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности. М., Недра, 1976, 250 с.
2. **Kontorovich A.E.** Geochemical methods for the quantitative evaluation of the petroleum potential of sedimentary basins // Petroleum geochemistry and basin evaluation / G. Demation, R.J. Murriss (eds.). AAPG Memoir 35, Tulsa, Oklahoma, USA, 1984, p. 79—109.
3. **Геологическое строение** и перспективы нефтегазоносности Западно-Сибирской низменности / Ред. Н.Н. Ростовцев. М., Госгеолтехиздат, 1958, 391 с.
4. **Трофимук А.А.** Нефть и природный газ Сибири // Вестн. АН СССР, 1964, № 6, с. 37—44.
5. **Геология** нефти и газа Западной Сибири / А.Э. Конторович, И.И. Нестеров, Ф.К. Салманов и др. М., Недра, 1975, 680 с.
6. **Вассоевич Н.Б.** Основные стадии развития нефтематеринских отложений: Спутник полевого геолога-нефтяника. М., Гостоптехиздат, 1954, с. 414—422.
7. **Вассоевич Н.Б.** Избранные труды. Геохимия органического вещества и происхождение нефти. М., Наука, 1986, 368 с.
8. **Вышемирский В.С.** Геологические условия метаморфизма углей и нефтей. Саратов, Изд-во Саратов. ун-та, 1963, 378 с.

9. **Петров Ал.А.** Химия нафтенев. М., Наука, 1971, 388 с.
10. **Петров Ал.А.** Химия алканов. М., Наука, 1974, 243 с.
11. **Петров Ал.А.** Углеводороды нефти. М., Наука, 1984, 263 с.
12. **Будников В.И., Конторович А.Э.** Зависимость состава нефтей от степени постдиагенетического изменения пород и метаморфизма углей // Геология нефти и газа, 1965, № 8, с. 22—25.
13. **Нефтепроизводящие толщи** и условия образования нефти в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности / А.Э. Конторович, Н.М. Бабина, Л.И. Богородская и др. Л., Недра, 1967, 224 с.
14. **Конторович А.Э.** Эволюция нафтидогенеза в истории Земли // Геология и геофизика, 2004, т. 45, № 7, с. 784—802.
15. **Конторович А.Э., Петерс К.Е., Молдаван Д.М. и др.** Углеводороды-биомаркеры в нефтях Среднего Приобья (Западная Сибирь) // Геология и геофизика, 1991, № 10, с. 3—34.
16. **Peters K.E., Moldowan J.M.** The biomarker guide. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey, 1993, 353 p.
17. **Каширцев В.А.** Органическая геохимия нафтидов востока Сибирской платформы. Якутск, СО РАН, ЯФ, 2003, 160 с.
18. **Решения** Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири (Новосибирск, 1979). Ч. I. Верхний протерозой и нижний палеозой. Новосибирск, 1983, 215 с.
19. **Решения** Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири (Новосибирск, 1979). Ч. II. Средний и верхний палеозой. Новосибирск, 1982, 128 с.
20. **Современные методы** анализа в органической геохимии / Ред. А.Э. Конторович // Тр. СНИИГГиМСа, Вып. 166. Новосибирск, 1973, 100 с.
21. **Конторович А.Э., Изосимова А.Н., Конторович А.А. и др.** Геологическое строение и условия формирования гигантской Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазонакопления в верхнем протерозое Сибирской платформы // Геология и геофизика, 1996, т. 37, № 8, с. 166—195.
22. **Проблема** нефтегазоносности палеозоя на юго-востоке Западно-Сибирской низменности / М.А. Алексеева, О.И. Богуш, В.С. Вышемирский и др. Новосибирск, Наука, 1976, 237 с.
23. **Трушков П.А., Фомичев А.С.** Катагенез органического доюрского комплекса юго-восточной части Западно-Сибирской плиты // Тр. СНИИГГиМСа, Вып. 231. Новосибирск, 1976, с. 107—110.
24. **Конторович А.Э., Олли И.А., Биджаков В.И. и др.** Геохимические критерии прогноза нефтегазоносности палеозойских отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты // Тр. СНИИГГиМСа, Вып. 275. Новосибирск, 1980, с. 4—24.
25. **Олли И.А.** Распределение и состав битуминозных компонентов органического вещества в палеозойских отложениях юго-востока Западно-Сибирской плиты // Тр. СНИИГГиМСа, Вып. 288. Новосибирск, 1981, с. 45—49.
26. **Вышемирский В.С., Запывалов Н.П., Бадмаева Ж.О. и др.** Органическая геохимия палеозойских отложений юга Западно-Сибирской плиты // Тр. ИГиГ СО АН СССР, Вып. 589. Новосибирск, 1984, 192 с.
27. **Конторович А.Э., Иванов И.А., Ковешников А.Е. и др.** Геологические условия нефтегазоносности верхней части палеозойского разреза Западной Сибири (на примере Межовского срединного массива) // Теоретические и региональные проблемы геологии нефти и газа. Новосибирск, Наука, 1991, с. 152—171.
28. **Каштанов В.А., Варламов А.И., Данилова В.П. и др.** Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности палеозойских отложений левобережья Енисея (Тыйская параметрическая скважина). Новосибирск, 1995, 53 с. (Препр. / ОИГГМ СО РАН; № 1).
29. **Конторович А.Э., Кринин В.А., Хоменко А.В. и др.** Первые проявления докембрийских нефтей в Западно-Сибирском нефтегазоносном бассейне // Тез. докл. научного совещания „Органическая геохимия нефтепроизводящих пород Западной Сибири“. Новосибирск, 1999, с. 180—182.
30. **Костырева Е.А., Данилова В.П., Меленевский В.Н. и др.** Геохимия органического вещества палеозойских отложений востока Томской области (на примере разреза скв. Вездеходная-4) // Геология и геофизика, 1999, т. 40, № 7, с. 1086—1091.
31. **Конторович А.Э., Ефимов А.С., Кринин В.А. и др.** Геолого-геохимические предпосылки нефтегазоносности кембрия и верхнего протерозоя юго-востока Западной Сибири // Геология и геофизика, 2000, т. 41, № 12, с. 1615—1636.
32. **Костырева Е.А.** Геохимия и генезис палеозойских нефтей на юго-востоке Западной Сибири // Геология и геофизика, 2004, т. 45, № 7, с. 843—853.
33. **Вышемирский В.С.** Применение метода углеродного коэффициента при прогнозах нефтеносности // Геология нефти и газа, 1958, № 6, с. 46—50.

34. **Вассоевич Н.Б.** Теория осадочно-миграционного происхождения нефти // Изв. АН СССР, Сер. геол., 1967, № 11, с. 137—142.
35. **Конторович А.Э., Данилова В.П., Диндойн В.М.** Изменение химического состава гумусового органического вещества и его парамагнитных свойств в зоне катагенеза // Докл. АН СССР, 1973, т. 209, № 6, с. 1431—1434.
36. **Неручев С.Г.** К изучению главной фазы нефтеобразования // Современные проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых. М., Наука, 1973, с. 43—48.
37. **Катагенез** и нефтегазоносность / Г.М. Парпарова, С.Г. Неручев, А.В. Жукова и др. Л., Недра, 1981, 240 с.
38. **Справочник** по геохимии нефти и газа / С.Г. Неручев, Е.А. Рогозина, В.К. Шиманский и др. СПб., Недра, 1998, 576 с.
39. **Фомин А.Н.** Катагенетические условия нефтегазообразования в палеозойских отложениях Западно-Сибирского мегабассейна // Геология и геофизика, 2004, т. 45, № 7, с. 833—842.

*Рекомендована к печати 22 сентября 2004 г.
А.В. Каныгиным*

*Поступила в редакцию
18 июня 2004 г.*