

УДК [553.98.061.32+551.762](268.45)

Н.М. Кирюхина¹, Т.А. Кирюхина²

НЕФТЕГАЗОГЕНЕРАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА

На основе геохимического изучения образцов из обнажений на архипелагах Шпицберген, Земля Франца Иосифа и из скважин Баренцевоморского бассейна, проведена предварительная оценка нефтегазогенерационных свойств отложений всех отделов юрской системы. Помимо верхнеюрских нефтематеринских пород в разрезе отложений ранне-среднеюрского возраста впервые выделены глинистые прослои, обладающие хорошими нефтегазоматеринскими свойствами. Сделана попытка выявить закономерности изменения типа керогена, генерационного потенциала и зрелости органического вещества юрских отложений.

Ключевые слова: Баренцево море, юрские отложения, нефтематеринская порода, генерационный потенциал, катагенез.

Based on geochemical investigation of outcrop samples from the Svalbard and Franz-Josef Land Archipelagoes and core samples from the Barents Sea the evaluation of oil and gas generation properties of all series of the Jurassic system has been accomplished. Besides the already proven Upper Jurassic source rocks, the shaly interlayers within the Lower-Middle Jurassic strata with good source rock properties have been identified for the first time. The authors tried to determine regularities in changes of kerogen type, generation potential and maturity of organic matter from the Jurassic rocks.

Key words: Barents Sea, Jurassic rocks, source rock, generation potential, catagenesis.

Введение. Баренцевоморский бассейн — один из наиболее перспективных нефтегазоносных бассейнов Российского шельфа. Его активное изучение ведется с 1970-х гг., в результате открыто уникальное Штокмановское газоконденсатное месторождение и ряд крупных газовых месторождений — Лудловское, Ледовое и др. Залежи углеводородов (УВ) открытых месторождений приурочены к мезозойским (триасовым и юрским) отложениям.

Геохимические исследования относятся к наиболее важным в ходе геолого-разведочных работ на нефть и газ, включают выделение нефтематеринских отложений в разрезе и определение их нефтегазогенерационных свойств. В Баренцевоморском бассейне этой проблемой в разное время и с разной степенью детальности занимались Е.Г. Бро, А.И. Данюшевская, В.А. Клубова, Т.Л. Лейт, А. Морк и др. Кроме того, опубликован ряд статей, посвященных изучению битумопроявлений на архипелагах Земля Франца Иосифа (ЗФИ) и Шпицберген (В.М. Безруков, И.Ю. Винокуров, М.Л. Верба, Б.А. Клубов и др.). Основные выводы перечисленных выше исследователей сводятся к тому, что в пределах шельфа можно выделить две основные группы мезозойских нефтегазоматеринских пород (НМП) — отложения среднего триаса и верхней юры. В силу слабой изученности отложения других отделов триасовой и юрской систем не попали в поле зрения указанных исследователей. По мере поступления новых материалов появляется возможность

проанализировать отложения всех отделов юрской системы с целью выявить в них НМП и оценить их вклад в формирование нефтегазоносности шельфа Баренцева моря, чему и посвящена статья.

Материалы и методы исследований. Фактическим материалом для изучения нефтематеринских свойств юрских отложений послужили образцы пород, отобранные в ходе геологических экспедиций сотрудниками и студентами кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова из обнажений на островах архипелагов ЗФИ и Шпицберген. Часть образцов предоставлена специалистами ВСЕГЕИ и норвежской компанией «Statoil». Всего исследовано 24 образца юрских пород из разных районов Баренцева моря (рис. 1). Кроме того, использованы литературные данные, опубликованные в работах [Бро, 1993; Данюшевская, 1995; Leith, 1992].

Методика изучения нефтегазогенерационных свойств юрских отложений включала макро- и микроописание образцов; пиролитический анализ на приборе «Rock-Eval 6» для определения содержания и типа органического вещества (ОВ), оценки степени зрелости и генерационного потенциала отложений. Для более детальной характеристики катагенетической преобразованности ОВ использованы результаты углететрографических исследований. Извлечение битумоида из породы и оценку его содержания проводили путем холодной экстракции образцов

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, аспирантка; *e-mail:* kiryukninan@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, канд. геол.-минерал. н., вед. науч. сот.; *e-mail:* takir@bk.ru

хлороформом. Состав битумоида изучали методом газожидкостной хроматографии на приборе «Perkin-Elmer», условия анализа: газ-носитель — гелий, скорость течения 30 см/с при 100°С, капиллярная кварцевая колонка 60 м x 0,25 мм, скорость программирования температуры термостата 4°С/мин, начальная температура 60°С, конечная — 320°С.

Результаты исследований и их обсуждение. Юрские отложения широко распространены на территории Баренцева моря. Они вскрыты в большинстве пробуренных скважин и выходят на поверхность на архипелагах по периферии бассейна. Для изучения нефтематеринских свойств нами отобраны глинистые отложения всех отделов юрской системы. Микроскопическое исследование показало, что все образцы со значительным содержанием ОВ представлены аргиллитами с примесью кварцевого материала (примесь не превышает 10%). Исключения составляют образец нижнеюрских отложений со Штокмановского месторождения и образец берриасских отложений из обнажения на арх. ЗФИ, оба образца представлены мелкозернистыми алевролитами. В составе глинистого материала преобладает гидрослюда, в меньшей степени присутствует хлорит. Обломочная фракция состоит преимущественно из кварца и полевых шпатов. Породы содержат рассеянное ОВ, распределенное неравномерно.

Геохимические особенности ОВ юрских отложений и смена обстановок осадконакопления позволяют выделить в исследуемой толще три комплекса: нижнеюрско-батский, среднеюрский (келловейский) и верхнеюрский.

Нижнеюрско-батские отложения накапливались в условиях дельтовой равнины, периодически затапливаемой морем [Шипелькевич, 2000]. Отложения представлены в основном песчаниками с маломощными прослоями дельтовых и мелководно-морских глин, невыдержанными по площади и часто обогащенными ОВ.

Содержание органического углерода (ТОС) в восточной части Баренцева моря составляет 1,3–3,08% (табл. 1). Значения водородного индекса (НІ) в целом низкие, на Штокмановском месторождении они колеблются от 108 до 272 мгУВ/гТОС, что характеризует тип ОВ как III и II–III (гумусовый и сапропелево-гумусовый) (рис. 2). Минимальные значения НІ отмечены в образце из обнажения на арх. ЗФИ — 51 мгУВ/гТОС, что соответствует IV типу керогена — сильноокисленное, возможно, переотложенное ОВ с низким газогенерационным потенциалом. Генерационный потенциал (S_1+S_2) нижнеюрско-батских отложений Штокмановского месторождения низкий и умеренный [Тиссо, 1981], в среднем составляет 1,54–3,57 мгУВ/г породы, а на арх. ЗФИ он ниже — 0,89 мгУВ/г породы.

Образец, отобранный на арх. Шпицберген, содержит 2,65% ТОС, НІ = 8 мгУВ/гТОС. Генерационный потенциал очень низкий — 0,21 мгУВ/г породы.

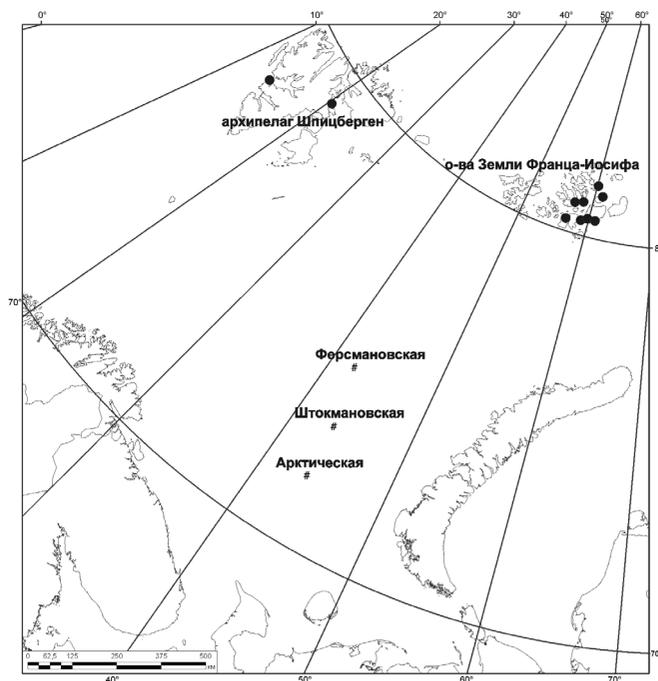


Рис. 1. Обзорная карта шельфа Баренцева моря: места отбора образцов: треугольники — скважины, кружки — обнажения

Отложения содержат рассеянное ОВ IV типа и не относятся к НМП.

Степень преобразования отложений по T_{max} различна — на арх. ЗФИ они не достигли главной зоны нефтеобразования (ГЗН), $T_{max} = 420^{\circ}C$, в то время как на Штокмановском месторождении наблюдаются значительные колебания T_{max} (431–443°С), что свидетельствует о широком диапазоне катагенетической преобразованности ОВ этих пород [Peters, 1994]. Нижнеюрско-батские отложения с арх. Шпицберген находятся на начальной стадии ГЗН ($T_{max} = 434^{\circ}C$).

Согласно замерам показателя отражения витринита (ПОВ), нижнеюрско-батские отложения в центральной части Южно-Баренцевской впадины (Арктическая площадь) достигли степени преобразования МК₂ ($R^{\circ} = 0,68 \pm 0,78$). На Штокмановском месторождении ПОВ ниже — $0,59 \pm 0,7$, что соответствует грациям катагенеза МК₁–МК₂. На Ферсмановской площади породы находятся в начале ГЗН ($R^{\circ} = 0,5 \pm 0,55$).

Содержание битумоидов в нижнеюрско-батских отложениях Штокмановского месторождения составляет 0,024–0,071% (табл. 2). В групповом составе битумоида наблюдается преобладание масел и смол над асфальтенами. Значения коэффициента битуминозности (β^{xb}) изменяются от 1,81 до 3,36%, что наряду с низкой степенью преобразованности ОВ характеризует битумоид как автохтонный.

В составе алкановых УВ в битумоидах из пород раннеюрско-батского возраста Штокмановского месторождения присутствуют н-алканы C_{14-17} – C_{35-36} (рис. 3). По характеру распределения н-алканов битумоиды подразделяются на две группы. В первую

Таблица 1

Результаты пиролиза Rock Eval юрских пород из обнажений островов архипелагов ЗФИ и Шпицберген, из Штокмановского месторождения, Арктической и Ферсмановской площадей

Место отбора	Литологический состав	Возраст	Rock Eval							
			T_{max}	S_1	S_2	S_1+S_2	PI	ТОС	HI	OI
Штокмановское	Алевролит	J_1^3	431	0,58	8,38	8,96	0,07	3,08	272	14
арх. Шпицберген	Аргиллит	$J_{1p}-J_2a$	434	0,01	0,2	0,21	0,05	2,65	8	0
Штокмановское	то же	J_2a^1	443	0,1	1,14	1,54	0,07	1,33	108	89
Штокмановское	— " —	J_2a^1	441	0,18	3,29	3,47	0,05	2,11	156	45
арх. ЗФИ	— " —	J_2a	420	0,05	0,84	0,89	0,06	1,62	51	95
Штокмановское	— " —	J_2a-bj	432	0,25	2,49	2,74	0,09	1,5	166	36
Штокмановское	— " —	J_2	432	0,18	1,90	2,08	0,08	1,16	165	294
арх. Шпицберген	— " —	J_2bt-cl	434	0,04	2	2,04	0,02	5,91	34	25
Штокмановское	— " —	J_2cl	435	0,08	2,02	2,1	0,04	1,33	152	29
Арктическое	— " —	J_2cl	433	0,35	1,55	1,9	0,18	0,83	187	—
Арктическое	— " —	J_2cl	433	0,32	1,93	2,25	0,14	1,15	168	—
Арктическое	— " —	J_2cl	432	0,28	1,84	2,12	0,13	1,29	142	—
арх. ЗФИ	— " —	J_{2-3}	408	0,31	2,85	3,16	0,1	4,34	65	84
арх. Шпицберген	— " —	J_3	446	0,51	3,91	3,45	0,26	2,48	158	40
Штокмановское	— " —	J_3	417	1,59	30,1	31,67	0,05	8,31	362	12
арх. ЗФИ	— " —	$J_{3ox}-km$	409	0,35	4,57	0,79	0,07	5,48	83	105
арх. ЗФИ	— " —	$J_{3ox}-km$	412	0,34	5,04	5,38	0,06	7,41	68	135
Штокмановское	— " —	$J_{3ox}-km$	414	1,98	34,6	36,59	0,05	9,41	368	13
арх. ЗФИ	— " —	J_3km	410	0,36	11,6	2,86	0,03	6,41	180	62
арх. ЗФИ	— " —	J_3km	409	0,29	11,7	3,11	0,02	6,1	192	61
арх. ЗФИ	— " —	J_3km	411	0,7	6,72	2,41	0,09	5,18	129	53
арх. ЗФИ	— " —	J_3km_2	407	0,28	6,83	1,55	0,04	5,77	118	76
Арктическая	— " —	J_3km	427	5,22	68,3	73,48	0,07	14,3	476	
Арктическая	— " —	J_3km	422	5,8	61,6	67,42	0,08	15,2	404	
Арктическая	— " —	J_3km	423	8	63,2	71,15	0,11	16,7	423	
Арктическая	— " —	J_3km	422	8,34	63,5	71,8	0,12	15	423	
Арктическая	— " —	J_3km	425	6,14	45,7	51,8	0,12	12,5	367	
Арктическая	— " —	J_3km	430	2,37	29,3	31,7	0,07	8,2	357	
арх. ЗФИ	— " —	J_3km-tt	419	0,08	5,76	5,84	0,01	4,33	133	62
арх. ЗФИ	— " —	J_3tt	411	0,31	16	3,07	0,02	7,71	207	67
Арктическая	— " —	J_3tt	428	1,34	22,1	23,48	0,06	6,33	349	
Арктическая	— " —	J_3tt	428	0,76	15,7	16,5	0,05	5,06	311	
Арктическая	— " —	J_3tt	434	0,27	4,72	4,99	0,05	2,68	176	
Арктическая	— " —	J_3tt	435	0,04	0,37	0,41	0,1	2,14	178	
Ферсмановская	— " —	J_3tt	411	2,13	40	42,13	0,05	9,91	404	
арх. ЗФИ	— " —	$J_3tt-K_1b_1$	429	0,03	1,47	1,5	0,02	0,83	177	48
арх. ЗФИ	— " —	$J_3tt-K_1b_1$	408	0,43	22,9	7,11	0,02	8,21	279	39
арх. ЗФИ	Алевролит	K_1b_1	416	0,11	3,61	1,91	0,03	3,2	112	59

группу входят битумоиды с выраженным максимумом в низкомолекулярной области — $C_{17}-C_{18}$. Такое распределение n-алканов свидетельствует о смешанном типе ОВ с преобладанием сапропелевой составляющей. Значения отношения пристана к фитану ($PI/\Phi = 0,87 \div 1,78$) показывают мелководно-морские условия осадконакопления и изменение среды от окислительной до восстановительной.

Ко второй группе относятся битумоиды, в которых максимум распределения приходится на $C_{23}-C_{25}$, что свидетельствует о преимущественно гумусовой

природе исходного ОВ. Континентальные условия накопления подтверждаются резким преобладанием нечетных n-алканов в высокомолекулярной области.

Геохимическое изучение ОВ нижнеюрско-батских отложений показало, что, несмотря на увеличение содержания ТОС в глинистых прослоях с юга на север, качество ОВ значительно ухудшается. В исследованных образцах из обнажений на островах арх. ЗФИ и Шпицберген выявлен кероген IV типа с низким генерационным потенциалом. Такие отложения нельзя рассматривать в качестве НМП.

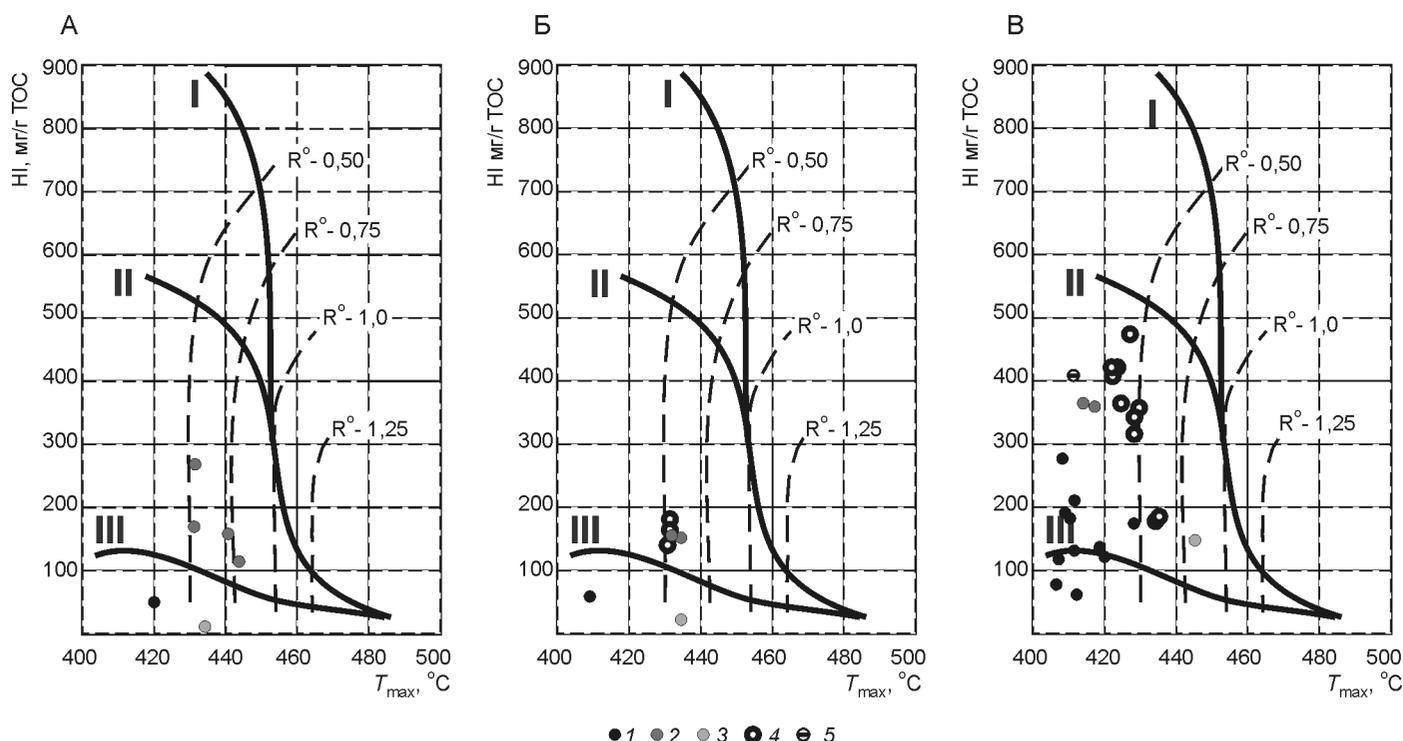


Рис. 2. Тип и степень катагенетического преобразования ОВ юрских отложений Баренцева моря (модифицированная диаграмма Ван-Кревелена): А — нижнеюрско-батских; Б — келловейских; В — верхнеюрских. Места отбора образцов: 1 — арх. ЗФИ, 2 — Штокмановское месторождение, 3 — арх. Шпицберген, 4 — Арктическая площадь, 5 — Ферсмановская площадь

Прослой аргиллитов нижнеюрско-батских отложений Штокмановского месторождения — хорошая НМП с умеренным, иногда высоким генерационным потенциалом.

Основываясь на изучении ОВ и условий осадконакопления нижнеюрско-батских пород, можно предположить, что аргиллиты, обогащенные ОВ, в составе которого преобладает гумусовый тип, накапливались в периоды отступления моря, возможно, в дельтовых условиях. Отложения с повышенной концентрацией ТОС, в которых установлено преобладание сапропелевого ОВ, накапливались в мелководно-морских условиях в периоды кратковременного затопления дельтовой равнины.

Келловейские отложения накапливались в морских условиях и представлены алевро-глинистыми, реже песчаными породами [Шипелькевич, 2000]. Они более выдержаны по площади, чем нижнеюрско-батские отложения.

Концентрация ОВ в келловейских отложениях варьирует в широких пределах. Наиболее высокие значения содержания ТОС зафиксированы на севере Баренцева моря. ТОС в породах с арх. Шпицберген составляет 5,91%, на арх. ЗФИ оно несколько ниже (4,34%), а для скважин на юго-востоке Баренцева моря характерны еще более низкие значения концентрации (0,8–1,33%) (табл. 1).

Значения НИ в отложениях арх. Шпицберген и ЗФИ крайне низкие — 34 и 65 мгУВ/гТОС соответственно, что характерно для IV типа ОВ [Peters, 1994]. В совокупности с относительно высоким содержи-

ем ТОС и умеренным генерационным потенциалом на арх. ЗФИ он составляет 3,16 мгУВ/г породы, на арх. Шпицберген — 2,04 мгУВ/г породы, отложения можно отнести к газоматеринским с умеренным генерационным потенциалом.

Таблица 2

Результаты хлороформенной экстракции и жидкостно-адсорбционной хроматографии образцов со Штокмановской площади и с островов арх. ЗФИ

Место отбора	Литологический состав	Возраст	Битумоиды, %	β_{xb} , %	Асфальтены, %	Масла и смолы, %
Штокмановское	Алевролит	J ₁ ³	0,066	2,16	0,7	99,3
— " —	Аргиллит	J _{2a} ¹	0,071	3,36	34,5	65,5
— " —	То же	J _{2a} ¹	0,024	1,81		100
— " —	— " —	J _{2a-bj}	0,043	2,88	9,1	90,9
— " —	— " —	J _{2cl}	0,044	3,29	35,7	64,3
арх. ЗФИ	— " —	J _{3ox-km}	0,063	1,15	38,7	61,3
— " —	— " —	J _{3km}	0,088	1,37	23,6	76,4
— " —	— " —	J _{3km}	0,051	0,84	45,4	54,6
— " —	— " —	J _{3km}	0,171	3,3	18,8	81,3
— " —	— " —	J _{3km₂}	0,082	1,42	—	—
— " —	— " —	J _{3tt}	0,194	2,52	25,1	74,9
— " —	— " —	J _{3tt-K_{1b1}}	0,305	3,71	10,7	89,3
— " —	— " —	K _{1b1}	0,064	2	28,1	71,9

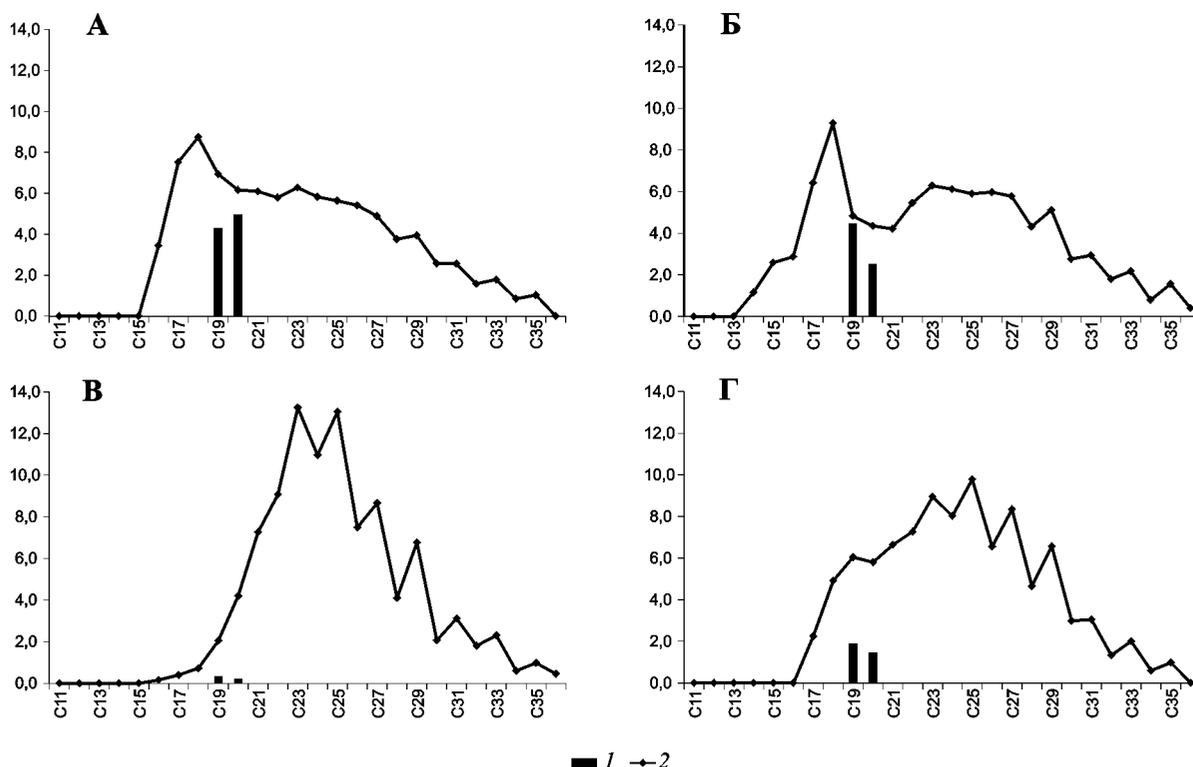


Рис. 3. Распределение алканов в хлороформных битумоидах нижнеюрско-батских пород: 1 — изоалканы, 2 — н-алканы. Места отбора и возраст образцов: А — Штокмановское месторождение, скв. 6, J_2a-b ; Б — Штокмановское месторождение, скв. 6, J_2a ; В — Штокмановское месторождение, скв. 5, J_2a ; Г — Штокмановское месторождение, скв. 5, J_2a

Келловейские отложения из юго-восточной части Баренцева моря отличаются более высокими показателями НИ (142–187 мгУВ/гТОС), что позволяет говорить о смешанной природе ОВ с преобладанием гумусовой составляющей (рис. 2). Генерационный потенциал в изученных образцах изменяется от низкого до умеренного: в отложениях Штокмановского месторождения — 2,08–2,1 мгУВ/г породы, на Арктической площади — 1,9–2,25 мгУВ/г породы.

По значениям T_{max} все породы незрелые или находятся в начале ГЗН (стадии ПК или начало МК₁). Самые низкие значения T_{max} наблюдаются на арх. ЗФИ — 408°C. Однако данные замеров ПОВ из скважин на юго-востоке баренцевоморского шельфа свидетельствуют о более высокой степени зрелости келловейских отложений: на Штокмановском месторождении $R^o = 0,54 \pm 0,59$, что соответствует грации катагенеза МК₁; на Арктической площади — $0,58 \pm 0,7$ (стадии МК₁–МК₂).

Содержание битумоидов в келловейских отложениях Штокмановского месторождения составляет 0,044% (табл. 2). Масла и смолы преобладают, β^{xb} невысокий — 3,29%. В составе битумоидов из скважины Штокмановская-7 присутствуют н-алканы от C₁₆ до C₃₄. Максимум распределения приходится на C₂₁ (рис. 4).

Битумоид из келловейских отложений скважины Штокмановская-5 содержит н-алканы C₁₈–C₃₅ (рис. 4). Максимум в их распределении приходится на C₂₃–C₂₅. Изопреноиды отсутствуют, определить

значение П/Ф не удалось. Преобладание нечетных алканов в высокомолекулярной области подтверждает предположение о низкой степени катагенетической преобразованности и значительной доле гумусового вещества в составе исходного ОВ. Условия осадконакопления, определенные по составу алкановых УВ, — прибрежно-морские.

В хлороформных экстрактах из келловейских пород арх. Шпицберген присутствуют н-алканы от C₁₇ до C₃₅ (рис. 4). Максимум их распределения приходится на C₂₆–C₂₇. Отношение нечетных н-алканов к четным (НЧ/Ч) составляет 1,05, что говорит о небольшой степени преобразования и смешанной природе исходного ОВ.

Исследования келловейских отложений показали, что отложения, несмотря на накопление в период трансгрессии в условиях мелководно-морского бассейна, характеризуются высокой долей содержания гумусового ОВ. Повышение концентрации ТОС на севере Баренцева моря сопровождается ухудшением качества НМП. Исследованные образцы келловейских отложений из обнажений на островах арх. ЗФИ и Шпицберген содержат кероген IV типа с умеренным генерационным потенциалом. Возможно, они могут генерировать небольшое количество газовых УВ.

В юго-восточной части Баренцевоморского бассейна аргиллиты келловейского возраста — хорошие нефтематеринские породы с низким и умеренным генерационным потенциалом.

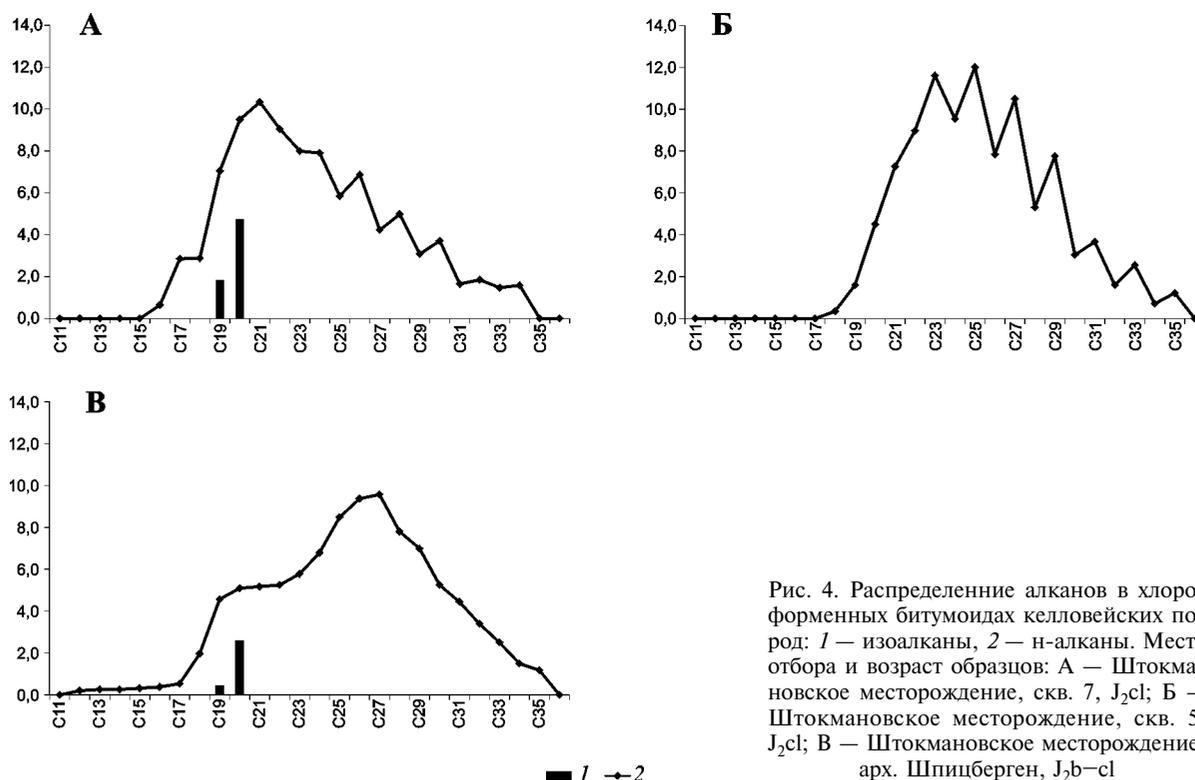


Рис. 4. Распределение алканов в хлороформных битумоидах келловейских пород: 1 — изоалканы, 2 — н-алканы. Места отбора и возраст образцов: А — Штокмановское месторождение, скв. 7, J₂cl; Б — Штокмановское месторождение, скв. 5, J₂cl; В — Штокмановское месторождение, арх. Шпицберген, J₂b-cl

Верхнеюрские отложения накапливались в период трансгрессии в морских условиях и широко распространены на шельфе Баренцева моря. Они представлены темноокрашенными глинистыми, реже кремнисто-глинистыми и карбонатно-глинистыми породами, обогащенными ОВ. Эти отложения условно объединены под названием черные глины [Бро, 1993; Данюшевская, 1995].

Верхнеюрские отложения Штокмановского месторождения содержат высокую концентрацию ТОС — 8,31±9,41% (табл. 1). Тип ОВ по НИ (362–368 мгУВ/гТОС) соответствует смешанному с большой долей сапропелевого материала (II тип) (рис. 2). Породы обладают высоким генерационным потенциалом (31,67–36,59 мгУВ/г породы).

На Арктической площади наблюдается значительная разница между геохимическими параметрами кимериджских и титонских отложений. Содержание ТОС в кимериджских породах составляет 8,2–16,7%, НИ изменяется от 357 до 423 мгУВ/гТОС. Эти отложения представляют собой очень хорошие и превосходные НМП с сапропелевым типом керогена (II). Титонские отложения отличаются более низким содержанием ТОС (2,14–6,33%) и пониженным НИ (176–349 мгУВ/гТОС), что свидетельствует о смешанном гумусово-сапропелевом типе керогена. Генерационный потенциал кимериджских и титонских отложений составляет 31,70–73,48 и 0,41–23,48 мгУВ/г породы соответственно.

Титонские отложения на Ферсмановской площади имеют высокую концентрацию ОВ (9,91%), II тип керогена (НИ = 404 мгУВ/гТОС). Породы

обладают высоким генерационным потенциалом — 42,13 мгУВ/г породы.

По значениям T_{max} (411–435°C) степень зрелости верхнеюрских отложений из скважин в юго-восточной части Баренцева моря изменяется от незрелой до зрелой (стадии ПК–МК₁). Данные пиролиза хорошо согласуются с замерами ПОВ, согласно которым степень преобразования верхнеюрских отложений на Штокмановском месторождении соответствует градации катагенеза ПК₃ ($R^0 = 0,4±0,5$), а отложения на Арктической площади находятся на стадии преобразования МК₁ (0,55±0,64).

Содержание битумоида в верхнеюрских породах на Штокмановском месторождении колеблется от 0,57 до 0,75% [Большакова, 2008].

Образцы, отобранные на островах арх. ЗФИ, содержат 4,33–8,21% ТОС. В отложениях титон-берриаского возраста отмечено более низкое содержание ТОС — 0,83% (табл. 1). По водородному индексу (НИ = 68±279 мгУВ/гТОС) ОВ относится к гумусовому и сапропелево-гумусовому типам (III и II–III) (рис. 2). Генерационный потенциал пород изменяется от 0,79 до 7,11 мгУВ/г породы. Согласно значениям T_{max} отложения незрелые (407–429°C) [Reifers, 1994]. Содержание битумоида в них колеблется от 0,051 до 0,194%, масла и смолы преобладают над асфальтенами, по значениям $\beta^{xb} = 0,84–3,1\%$ это сингенетичный битумоид (табл. 2).

Содержание ТОС в верхнеюрских породах из обнажений на островах арх. Шпицберген составляет 2,48%, НИ — 158 мгУВ/гТОС. ОВ гумусового типа (III). Породы обладают умеренным генерационным

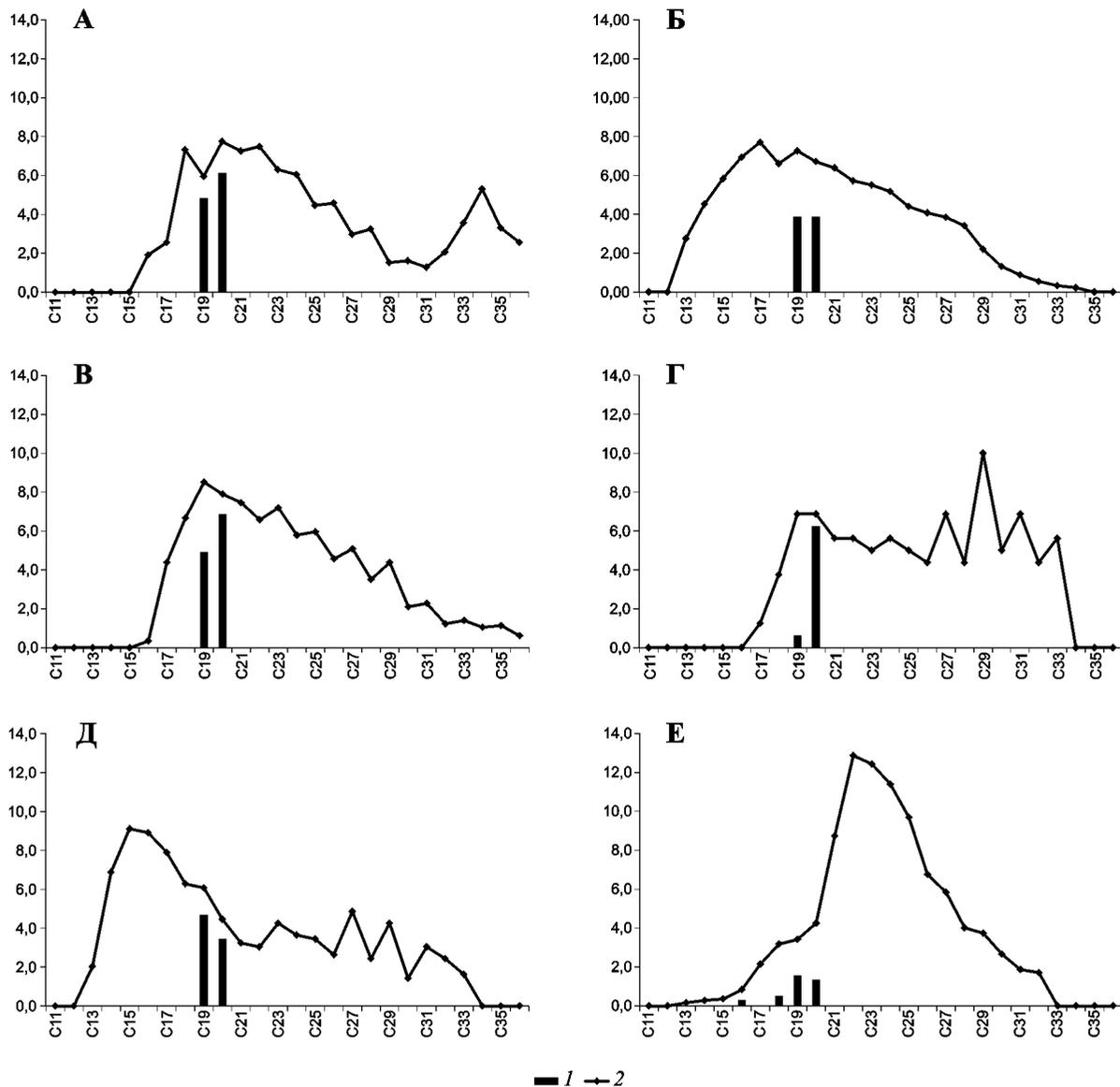


Рис. 5. Распределение алканов в хлороформных битумоидах верхнеюрских пород: 1 — изоалканы, 2 — н-алканы. Места отбора и возраст образцов: А — Штокмановское месторождение, скв. 7, J_3 ок-км; Б — Арктическая площадь, скв. 1, J_3 км; В — Штокмановское месторождение, скв. 7, J_3 t; Г — арх. ЗФИ, J_3 км; Д — арх. ЗФИ, J_3 ок-км; Е — арх. Шпицберген, J_3

потенциалом (3,45 мгУВ/г породы). По T_{\max} зрелость отложений соответствует стадии МК₂. Содержание хлороформного битумоида колеблется от 0,1 до 0,4% [Большакова, 2008].

Более высокая степень зрелости верхнеюрских пород на арх. Шпицберген, чем у ниже-среднеюрских отложений, обусловлена тем, что они отобраны из тектонически активной зоны (западная часть архипелага), а образцы ниже-среднеюрских отложений — из восточной части архипелага, которая относится к Северо-Баренцевской зоне поднятий, жесткому платформенному массиву [Ступакова, 2011].

В хлороформных битумоидах из верхнеюрских отложений на Штокмановском месторождении содержатся н-алканы C_{16} – C_{36} . В экстракте из оксфорд-кимериджских пород наблюдается бимодальное распределение н-алканов с максимумами на четных гомологах C_{18} , C_{20} , C_{22} и C_{34} (рис. 5). Такое

распределение н-алканов соответствует смешанному гумусово-сапропелевому типу ОВ. Для битумоидов из пород титонского возраста характерно одномодальное распределение н-алканов с максимумом на C_{19} . Значение Π/Φ для всех исследованных образцов близкое, изменяется от 0,72 до 0,79, что свидетельствует о восстановительных условиях осадконакопления. Тип ОВ сапропелевый.

В составе алкановых УВ в битумоидах из пород титонского возраста на Арктической площади присутствуют н-алканы C_{13} – C_{34} (рис. 5). Максимум их распределения приходится на C_{17} . Значение $\Pi/\Phi = 1$, что свидетельствует о морских условиях осадконакопления.

Битумоиды из верхнеюрских пород на арх. ЗФИ содержат н-алканы от C_{13-17} до C_{33} . Распределение бимодальное, максимумы приходятся на нечетные н-алканы C_{15} – C_{19} и C_{27} – C_{31} (рис. 5). Высокомоле-

кулярные области хроматограмм характеризуются преобладанием нечетных гомологов над четными, что свидетельствует о низкой степени преобразования ОВ и значительном привносе континентальной органики.

В хлороформном экстракте из пород в западной части арх. Шпицберген присутствуют алканы от C_{13} до C_{32} , максимум распределения *n*-алканов приходится на C_{22} – C_{23} (рис. 5). Полученное значение П/Ф составляет 1,2, однако, по литературным данным, оно выше (2–5) [Leith, 1992], что свидетельствует о мелководно-морских условиях осадконакопления и преобладании гумусового вещества.

В целом верхнеюрские отложения являются хорошими и отличными НМП. Максимальные значения концентрации ОВ в исследованных образцах приурочены к юго-восточной и центральной частям Баренцева моря (Штокмановское месторождение, Арктическая и Ферсмановская площади). Генерационный потенциал изменяется от умеренного до высокого, встречаются единичные образцы с низким потенциалом. Тип керогена изменяется от преимущественно сапропелевого (скважины в юго-восточной части Баренцева моря) до гумусово-сапропелевого (арх. ЗФИ) и гумусового (арх. ЗФИ и Шпицберген). Изменение типа ОВ, вероятно, связано с тем, что арх. ЗФИ и Шпицберген находились вблизи от источника сноса, а юго-восточная и центральная области баренцевоморского шельфа были расположены в наиболее прогнутах части

юрского бассейна, что способствовало накоплению сапропелевого типа ОВ.

Выводы. 1. Верхнеюрские черные глины — основные НМП юрского разреза Баренцева моря. Они широко распространены и в основном обладают высоким генерационным потенциалом. Тип керогена изменяется от преимущественно сапропелевого (скважины в юго-восточной части Баренцева моря) до гумусово-сапропелевого и гумусового (арх. ЗФИ и Шпицберген).

2. Кимериджские и титонские отложения значительно отличаются по геохимическим параметрам (Арктическая площадь). Кимериджские отложения обладают более высоким генерационным потенциалом, чем титонские.

3. Помимо доказанных верхнеюрских НМП в разрезе отложений раннеюрско-батского возраста установлены глинистые прослои, обогащенные ОВ. Они обладают хорошими нефтегазоматеринскими свойствами в юго-восточной части Баренцева моря; в северной части Баренцевоморского бассейна (арх. ЗФИ и Шпицберген) геохимические параметры керогена в совокупности с низким генерационным потенциалом не позволяют рассматривать их как НМП.

4. Отложения келловейского возраста характеризуются высокой концентрацией ТОС и обладают умеренным генерационным потенциалом. В составе ОВ преобладает гумусовый тип керогена. В составе УВ, генерируемых этими отложениями, будут преобладать газовые компоненты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Большакова М.А. Геолого-геохимические условия формирования нефтегазоносности Штокмановско-Лунинской мегаседловины: Автореф. канд. дисс. М., 2008.

Бро Е.Г., Устинов Ю.В., Устрицкий В.И. Геологическое строение и нефтегазоносность Баренцевоморского шельфа. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1993. С. 17–37.

Данюшевская А.И. Нефтегазопроизводящие толщи фанерозойских отложений арктических островов // *Геохимия*. 1995. № 10. С. 1495–1505.

Клубов Б.А., Винокуров И.Ю., Гарибьян Е.В. Битумопроявления на о-ве Хейса // *Геология нефти и газа*. 1997. № 2. С. 10–13.

Ступакова А.В. Структура и нефтегазоносность Баренцево-Карского шельфа и прилегающих территорий // *Геология нефти и газа*. 2011. № 6. С. 99–115.

Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. М.: Мир, 1981. 497 с.

Шипелькевич Ю.В. Региональные условия формирования коллекторов а покрышек в юрских продуктивных отложениях на Баренцевоморском шельфе // *Геология нефти и газа*. 2000. № 6. С. 22–26.

Leith T.L., Weiss H.M., Mork A. et al. Mesozoic hydrocarbon source-rocks of the Arctic region // *Arctic Geology and Petroleum Potential*. Amsterdam: Elsevier, Norwegian Petroleum Soc., 1992. P. 1–25.

Peters K.E., Cassa M.R. Applied source rock geochemistry // *The petroleum systems — From source to trap* // *AAPG Mem.* 1994. Vol. 60. P. 93–120.

Поступила в редакцию
12.05.2012