



ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НИЖНЕРИФЕЙСКОЙ УСТЬ-ИЛЬИНСКОЙ СВИТЫ ЗАПАДНОГО ПРИАНАБАРЬЯ (АНГАРО-КОТУЙСКИЙ РИФЕЙСКИЙ ПАЛЕОПРОГИБ)

О. С. Пономарева, П. Н. Соболев

Приводятся новые данные по геохимии органического вещества усть-ильинской свиты западного склона Анабарской антеклизы, вероятно, одной из древнейших нефтематеринских толщ осадочного чехла Сибирской платформы. Геохимическая характеристика включает пиролитические параметры пород, сведения об ациклических УВ-биомаркерах, данные по изотопному составу углерода органического вещества.

Ключевые слова: Сибирская платформа, рифейские прогибы, концентрации органического вещества, катагенетическое преобразование, изотопный состав органического углерода, границы распространения отложений.

GEOCHEMICAL STUDIES OF ORGANIC MATTER OF THE LOWER RIPHEAN UST-ILYINKA FORMATION, THE WESTERN PRIANABAR REGION (RIPHEAN ANGARA-KOTUI PALEOTROUGH)

O. S. Ponomareva, P. N. Sobolev

New data are given on the organic matter geochemistry of the Ust-Ilya Formation, the western slope of Anabar Antecline, which is possibly the most ancient HC source rock unit within the sedimentary cover of the Siberian Platform. Geochemical description includes pyrolytic parameters of rocks, data on acyclic HC-biomarkers, isotope composition of the organic matter carbon.

Keywords: Siberian Platform, Riphean troughs, organic matter concentrations, catagenetic transformations, isotope composition of organic carbon, distribution limits of deposits.

Породы усть-ильинской свиты (в литературе иногда выделяются под названием «усть-ильинские слои») рассматриваются как наиболее древние в осадочном чехле Сибирской платформы доманикоидные отложения [1]. Абсолютный возраст глауконита из песчаников базальной пачки этой свиты 1480 и 1400 млн лет, из средней части свиты – 1350 млн лет [2]. В настоящее время породы усть-ильинской свиты отнесены к нижнерифейским [4]. В регионе они перекрываются котуйканской свитой и нижней подсвитой юсмастаской, относимой к аимчанскому горизонту среднего рифея. Судя по опубликованным данным, интересная особенность этих отложений – сингенетичное рассеянное органическое вещество (РОВ) в бассейне р. Котуйкан претерпело относительно умеренное катагенетическое преобразование.

Усть-ильинская свита согласно перекрывает песчаники лабызтахской и связана постепенными переходами с перекрывающими доломитами котуйканской. Ее толщина в разрезе бассейна р. Котуйкан 55–60 м. В основании имеется базальная пачка песчаников толщиной 6–7 м, постепенно переходящих в подстилающие пестроцветные песчаники (лабызтахская свита). Основная часть свиты сложена ритмично переслаивающимися аргиллитами и алевролитами, среди которых отмечаются прослои, обогащенные органическим веществом; в верхней части появляются прослои доломитов.

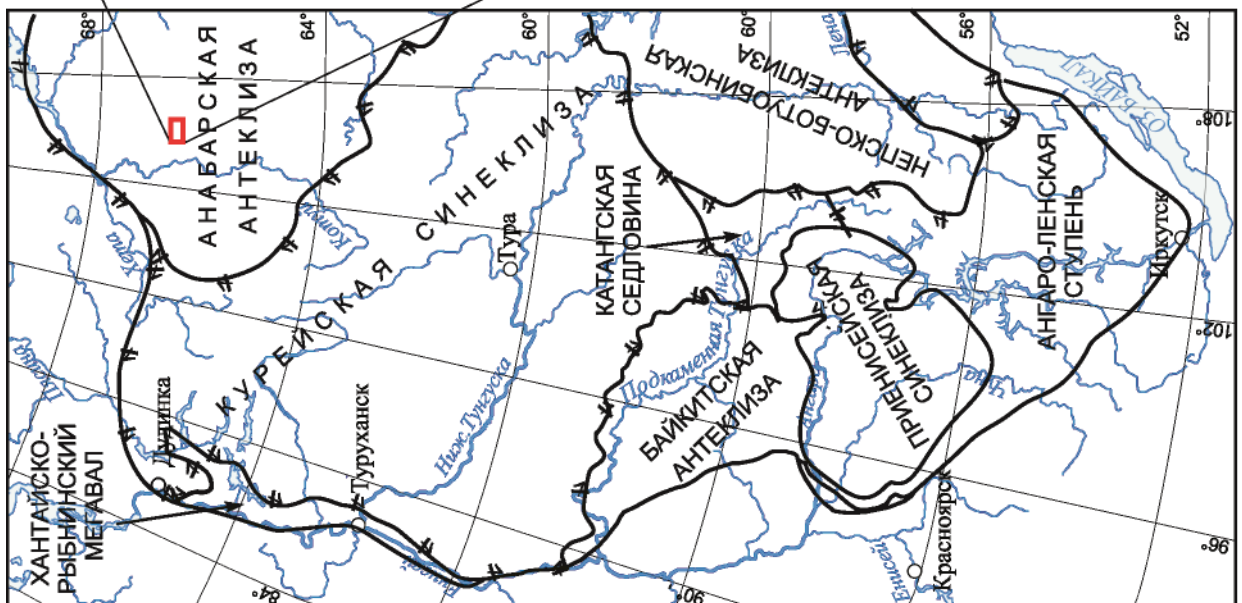
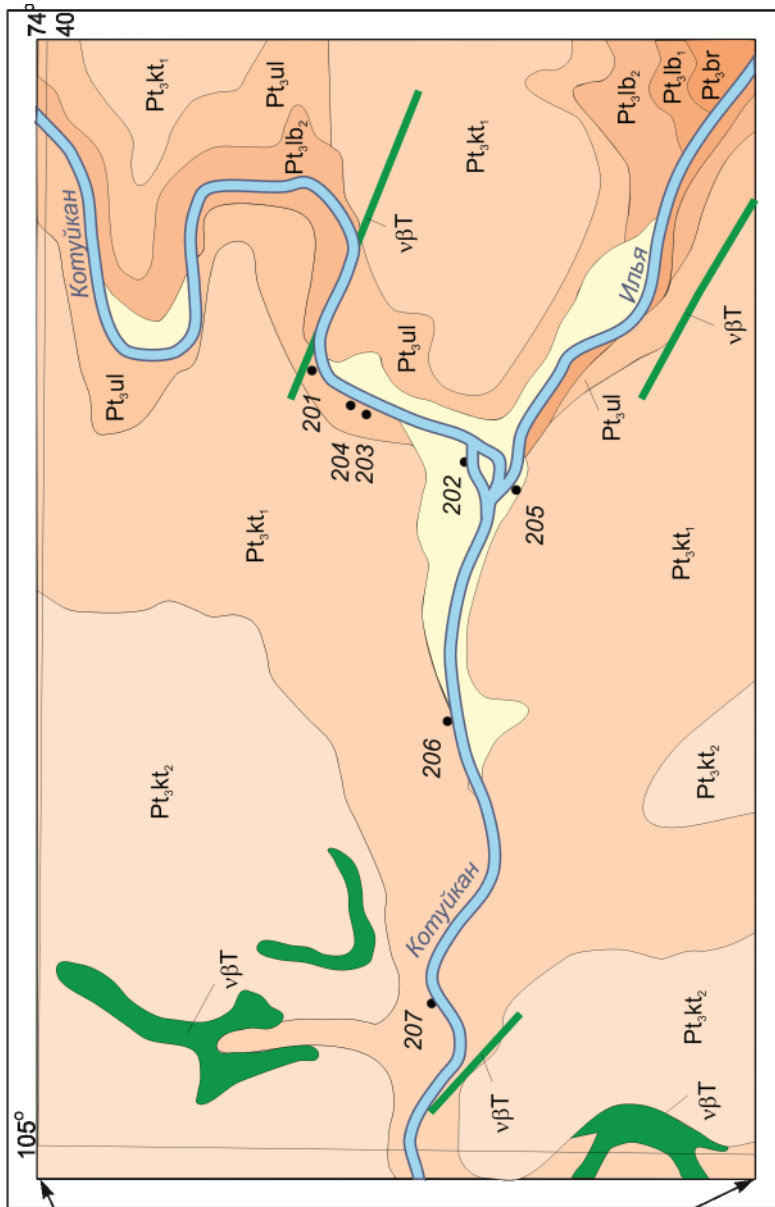
ФГУП «СНИИГГиМС» (Новосибирск)

Распределение изученных обнажений пород усть-ильинской свиты представлено на обзорной карте (см. рисунок).

Основная задача проведенного исследования – изучение характеристик РОВ пород усть-ильинской свиты с использованием современных аналитических методов, включая пиролитические исследования и изучение УВ-биомаркеров. Несмотря на то что эти отложения давно известны как древнейшая толща, обогащенная органическим веществом, подобных исследований не проводилось. Кроме того, рифейские отложения Сибирской платформы рассматриваются в качестве основного комплекса, содержащего нефтематеринские породы (НМП) и питавшего известные на территории Лено-Тунгусской НГП месторождения УВ. Поскольку последние сейсмические данные свидетельствуют об их широком распространении на северо-западе провинции [3], новая геохимическая информация по рифейским толщам региона представляет научный и практический интерес.

Аналитические исследования выполнены в лаборатории инструментальных методов исследования ФГУП «СНИИГГиМС», определения изотопного состава углерода органического вещества – в лаборатории изотопных методов ТО ФГУП «СНИИГГиМС».

Всего из пород усть-ильинской свиты отобрано и изучено 50 образцов. Базальные песчаники низов свиты характеризуются очень низким содер-



Обзорная карта района работ (выкопировка из Государственной геологической карты м-ба 1: 200 000, лист R-48-XV)
 Свиты: Pt_3kt_1 – котуйканская, Pt_3ul – усть-ильинская, Pt_3lb – лабызстахская, Pt_3br – бурдурская. Цифры – номера обнажений рифейских отложений



жанием органического вещества, доля $C_{орг}$ в них составляет только сотые процента. Аналогичные его концентрации отмечены в прослоях карбонатных пород, в доломитовых мергелях, глинистых доломитах.

Максимальные концентрации РОВ характерны для аргиллитов. Содержание $C_{орг}$ в них меняется довольно значительно – от 0,02 до 2,19, в среднем 0,45 %, преобладают значения 0,30–0,60 %. В алевролитах и глинистых алевролитах среднее содержание $C_{орг}$ ниже – 0,28 %, его значение меняется от 0,02 до 2,36 %.

В свою очередь, в алевролитах выше содержание хлороформенных битумоидов: 0,006–0,121 %, в среднем 0,02 %, а в аргиллитах – 0,005–0,045 %, в среднем 0,015 %.

Следует отметить, что приведенные аналитические данные, полученные нами при изучении пород усть-ильинской свиты, отличаются от более ранних сведений других авторов. Так, в работе [1] отмечается, что средние концентрации $C_{орг}$ в аргиллитах и алевро-аргиллитах усть-ильинской свиты составляют 0,6–0,7 %, а максимальные достигают 6–7 %. Концентрации битумоидов меньше, чем полученные нами (0,003–0,016 %).

Результаты определений группового состава хлороформенных битумоидов по четырем образцам приведены в табл. 1.

Содержание углеводородных и смолистых компонентов в битумоидах значительно варьирует. Сумма УВ изменяется от 36,95 до 58,72 %, содержание смол примерно в тех же пределах – 35,56–55,75 %. Среди УВ преобладают метано-нафтеновые, что типично для аквагенного РОВ докембрия. В составе смол преобладают спиртобензолные. Содержание асфальтенов относительно стабильно – 3,66–7,30 %.

Для части битумоидов изучена метано-нафтенная фракция методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ). Исследовались образцы из усть-ильинской свиты и вышележащих отложений (табл. 2).

Характер соотношения *n*-алканов и ациклических изопреноидов в метано-нафтенной фракции битумоидов усть-ильинской свиты довольно стабилен. В составе *n*-алканов во всех образцах максимально количество *n*-гептадеканов (C_{17}). Среди изопреноидов преобладает 2, 6, 10-триметилпентадекан (*i*- C_{18}). Его концентрации во всех образцах выше, чем пристана и фитана. В составе ациклических УВ отсутствуют 12, 13-монометилалканы, что свойственно органическому веществу большинства рифейских, вендских и кембрийских пород Сибирской платформы. В изученной коллекции в органическом веществе аргиллитов старореченской свиты венда, обогащенных РОВ, эти соединения также отсутствуют. Следует отметить, что в последнее время 12, 13-монометилалканы установлены в битумоидах верхнерифейских отложений Алдано-Майской впадины на востоке Лено-Тунгусской НГП [5].

Данные по составу нерастворимого органического вещества трех образцов усть-ильинской свиты приведены в табл. 3. Содержание углерода в керогене варьирует довольно значительно. Не исключено, что это связано с аналитическими погрешностями. Выход летучих компонентов довольно стабилен. Обращают на себя внимание высокие концентрации водорода (не менее 7 %), особенно в обр. 204-40. Возможно, на этот показатель оказала влияние примесь параавтохтонного битумоида. Содержание хлороформенного битумоида в данном образце максимально для всей коллекции (0,121 % на породу). С учетом всех показателей уровень катагенеза, вероятно, со-

Таблица 1

Групповой состав битумоидов усть-ильинской свиты

№ образца	Порода	Групповой состав $B_{хл}$, %				
		Углеводороды		Смолистые		Асфальтены
		Me-Nn	Nn-Ar	Бензолные	Спиртобензолные	
203-38	Аргиллит	24,34	12,61		55,75	7,30
205-53	«	36,51	22,21	7,90	27,66	5,72
204-40	«	27,87	18,76	14,34	35,37	3,66
204-41	«	44,54			48,46	7,00

Таблица 2

Геохимические коэффициенты метано-нафтенной фракции битумоидов по данным ГЖХ

№ образца	Порода	Возраст	Пристан/фитан	$i-C_{19} / n-C_{17}$	$i-C_{20} / n-C_{18}$	Изопреноиды / <i>n</i> -алканы	$n-Me:i-Me:12$ и $13-m-Me$
203-308	Аргиллит	R_1ul	1,21	0,17	0,2	0,11	89 : 11 : 0
204-40	«	R_1ul	1,41	0,22	0,2	0,16	90 : 10 : 0
204-41	«	R_1ul	1,06	0,16	0,19	0,13	90 : 10 : 0
205-53	«	R_1ul	1,64	0,17	0,12	0,12	86 : 14 : 0
237-169	Аргиллит с алевролитом	V_{st}	1,0	0,52	0,63	0,12	88 : 12 : 0
237-173	Аргиллит	V_{st}	1,05	0,47	0,54	0,13	88 : 12 : 0
237-175	«	V_{st}	1,16	0,63	0,62	0,15	87 : 13 : 0

Примечание. V_{st} – старореченская свита вендского возраста.



Таблица 3

Характеристика нерастворимого органического вещества (НОВ) усть-ильинской свиты

№ образца	Порода	C _{орг} % на породу	β _C , %	δ ¹³ C, ‰	Аналитическая проба, %				ОВ					V, %
					W	A	M	S _{пир}	Элементный состав, %					
									C	H	N	S	O	
203-38	Аргиллит с алевролитом	1,35	2,1	-34,6	1,36	1,64	1,95	0,49	79,7	7,0	1,5	0,8	11,0	52,9
204-40	Аргиллит	2,36	5,3	-36	0,80	5,91	8,41	4,00	82,4	8,2	1,2	1,0	7,2	57,8
205-53	«	2,19	2	-34	0,57	9,91	14,09	6,67	84,9	7,3	1,5	0,5	5,8	42,3
237-169*	«	3,13	2,2		0,46	17,19	25,44	13,18	78,2	8,7	1,2	3,3	8,6	71,6

Примечание. * – образец из старореченской свиты венда; β_C – содержание битумоида в % от содержания C_{орг}; W – влажность, A – зольность, M – минеральная масса, S_{пир} – сера пиритная, V – выход летучих веществ.

Таблица 4

Результаты пиролиза рифейских отложений усть-ильинской свиты (р. Котуйкан)

№ образца	C _{орг} %	Порода	УВ, мг/г породы		PI	T _{max} , °C	HI, мг УВ/г C _{орг}
			S ₁	S ₂			
201-15	0,58	Алевролит	0,04	0,43	0,08	442,5	80
201-16	0,39	«	0,03	0,11	0,23	445,5	29
201-17	0,61	«	0,06	0,32	0,16	446	53
202-23	0,44	«	0,04	0,24	0,15	436,5	62
202-27	0,39	«	0,03	0,26	0,10	438	66
202-28	0,49	«	0,10	0,77	0,12	431	157
203-32	0,56	«	0,06	0,84	0,07	436,5	152
203-34	0,33	«	0,06	0,54	0,10	436,5	166
203-36	0,62	«	0,10	1,48	0,06	437	239
203-38	1,35	«	0,36	5,59	0,06	437	414
204-40	2,36	Аргиллит	1,06	13,55	0,07	437	575
204-41	1,35	«	0,24	3,79	0,06	437	280
204-42	0,22	«	0,03	0,13	0,19	434	60
205-51	0,47	«	0,10	0,75	0,12	438	158
205-53	2,19	«	0,38	5,47	0,07	443	250

Таблица 5

Изотопный состав углерода органического вещества пород усть-ильинской свиты

№ образца	Литоология	δ ¹³ C, ‰
201-3	Алевролит	-28,1
201-6	«	-27,1
201-7	«	-28,8
203-36	«	-33,2
203-7	Аргиллит алевролитовый	-33,9
203-39	Алевролит	-34,1
204-40	Аргиллит	-36,0
204-41	«	-34,3
204-45	Алевролит доломитовый	-35,2
204-47	Аргиллит	-36,0
204-48	Доломит	-36,0
204-50	Известняк	-35,0
205-51	Алевролит	-35,1
205-53	Аргиллит алевролитовый	-35,3

ответствует грациям МК₂–МК₃. В табл. 3 также приведены данные по составу керогена из пласта аргиллита вышележащей старореченской свиты венда, обогащенного РОВ. Судя по составу этого НОВ, уровень катагенеза РОВ старореченской свиты был ниже (МК₁). Приведенные сведения подтверждают точку зрения о предвендском перерыве на западном склоне Анабарской антеклизы. По геологическим материалам старореченская свита с угловым несогласием перекрывает верх-

нюю подсвиту юсмастахской свиты, имеющую по радиологическим данным и комплексу строматолитов керпыльско-лахандинский возраст (средне-верхнерифейский).

Пиролитические характеристики органического вещества приведены в табл. 4. Судя по значениям индекса продуктивности (PI) и T_{max}, катагенетическое преобразование РОВ усть-ильинской свиты соответствовало условиям ГЗН, что согласуется с приведенными данными по составу керогенов. Величина HI меняется в значительных пределах. Улучшенным потенциалом обладают аргиллиты и алевролиты с повышенными концентрациями органического вещества. Породы с концентрациями C_{орг} менее 1 % (алевролиты из нижней части свиты) имеют очень низкий остаточный потенциал (в большинстве своем менее 100 мг УВ/г C_{орг}).

В районе выходов пород усть-ильинской свиты, в обн. 201, на их геохимическую характеристику, несомненно, повлияло контактовое воздействие дайки долеритов (см. рисунок). По мере удаления от контакта оно нивелируется. В частности, вероятно, контактовый катагенез повлиял на изотопный состав углерода ОВ (табл. 5). Так, вне зоны влияния интрузии (обн. 203, 204, 205) величина δ¹³C составила -33,2...-36,0 ‰, что характерно для изотопно легкого РОВ рифейских отложений Сибирской платформы. В образцах из зоны



контакта (201-3, 201-6, 201-7) изотопный состав заметно утяжелен ($\delta^{13}\text{C} = -27,1 \dots -28,8 \text{ ‰}$).

В целом, согласно проведенным аналитическим исследованиям пород усть-ильинской свиты, можно констатировать, что РОВ указанных отложений по молекулярно-массовому распределению ациклических УВ-биомаркеров, облегченному изотопному составу углерода сходно с органическим веществом более молодых по возрасту рифейских НМП Сибирской платформы (аянская толща, малгинская свита). Судя по пиролитическим данным, оно обладает несколько пониженным генерационным потенциалом по сравнению с этими НМП.

Граница распространения пород усть-ильинской свиты нижнего рифея носит прогнозный, предположительный характер. Особенно неясно ее продолжение в западном направлении – в зоны глубокого погружения в Курейской синеклизе. В крайней северной части Анабарской антеклизы, у границы с Анабаро-Хатангской седловиной, глубоким бурением вскрыты возможные аналоги пород усть-ильинской свиты. В Костроминской скв. 1 в инт. 1560–1720 м вскрыта толща темноцветных до черных сланцеватых аргиллитов с содержанием $\text{C}_{\text{орг}}$ до 1,46 %. Еще севернее, в Хорудулахской скв. 1, в инт. 2680–2920 м вскрыта толща темных глинистых доломитов с прослоями черных мергелей и аргиллитов. По единичным определениям содержание органического углерода в этих породах 1,69–2,17 %. Таким образом, можно предполагать, что в северном направлении от бассейна р. Котуйкан при увеличении общей толщины свиты в ее составе возрастает доля карбонатного материала.

В восточном направлении, в сторону Анабарского щита, граница свиты определяет

ся положением эрозионного среза. Возможности распространения НМП усть-ильинской свиты в юго-западном направлении неясны, но представляют наибольший интерес, поскольку не исключено их продолжение в южную часть Курейской синеклизы. В этом случае потенциал рифейских пород выделенного в последние годы рифейско-вендского Чуньского бассейна увеличивается [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геология** и нефтегазоносность осадочных бассейнов Восточной Сибири [Текст] / Ред. В. В. Забалуев. – Л. : Недра, 1980. – 200 с.

2. **Опорный** разрез верхнедокембрийских отложений западного склона Анабарского поднятия [Текст] / Под ред. В. В. Ткаченко. – Л. : НИИГА, 1970. – 146 с.

3. **Перспективы** нефтегазоносности Чуньского рифей-вендского осадочного бассейна на западе Сибирской платформы [Текст] / Н. В. Мельников, Ю. А. Филипцов, В. И. Вальчак [и др.] // Геология и геофизика. – 2005. – Т. 49, № 3. – С. 235–243.

4. **Стратиграфия** нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления [Текст] / Н. В. Мельников, М. С. Якшин, Б. Б. Шишкин [и др.]. – Новосибирск : Академическое издательство «Гео», 2005. – 428 с.

5. **Тимошина, И. Д.** Состав углеводородов-биомаркеров в породах лахандинской серии (рифей) на востоке Сибирской платформы [Текст] / И. Д. Тимошина, А. Э. Конторович, К. Е. Наговицин // Успехи органической геохимии: матер. Всерос. науч. конф. 11–15 октября 2010 г. – Новосибирск : ИНГГ, 2010. – С. 333–335.

© О. С. Пономарева, П. Н. Соболев, 2013