

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Поступила в редакцию 16.10.2024 г.

Принята к публикации 24.01.2025 г.

EDN: FDVRET

УДК 552.57:552.574.123:552.14:547(571.568)

Соболев П.О.

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия, peter.sobolev@gmail.com

УГЛЕПЕТРОГРАФИЯ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ЗРЕЛОСТЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОСАДОЧНЫХ ПОРОД АРХИПЕЛАГА НОВОСИБИРСКИЕ ОСТРОВА

Приводятся результаты изучения образцов осадочных пород из обнажений архипелага Новосибирские острова методами углепетрографии. Коллекция насчитывает 16 образцов углей и песчаников с углистыми включениями, собранных в ходе экспедиции ВГР-ВСЕГЕИ в 2011 г. Возраст образцов варьирует от раннего карбона до палеогена. Выполнены определения отражательной способности витринита, для 7 образцов углей определен мацеральный состав. Термическая зрелость органического вещества образцов закономерно меняется с их возрастом.

***Ключевые слова:** осадочные породы, уголь, витринит, термическая зрелость органического вещества, Новосибирские острова, Арктика.*

Для цитирования: Соболев П.О. Углепетрография и термическая зрелость органического вещества осадочных пород архипелага Новосибирские острова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2025. - Т.20. - №1. - https://www.ngtp.ru/rub/2025/3_2025.html EDN: FDVRET

Восточная Арктика из-за своей удаленности и труднодоступности остается одним из наименее изученных регионов. Несмотря на высокую перспективность этого региона на нефть и газ и его активное изучение геофизическими методами в последние десятилетия, из-за отсутствия скважин до сих пор мало известно о составе и свойствах осадочных пород. В этой связи особую ценность представляет изучение островов Арктики, где слои, продолжающиеся на шельфе, выходят на поверхность и доступны для опробования. Архипелаг Новосибирские острова располагается между двумя морями – Лаптевых и Восточно-Сибирским - и исследования на островах архипелага имеют важное значение для понимания геологии всего региона.

Первые сведения о потенциальной нефтегазоносности региона получены при геологической съемке м-ба 1:1000000 в 1950-х гг., а потом при среднемасштабном геологическом картировании в 1970-х гг. Тогда же впервые потенциальные нефтегазоматеринские толщи исследованы аналитическими методами органической геохимии - определялось содержание органического углерода, а также содержание и состав хлороформенного битумоида [Граumberг, Иванов, Преображенская, 1976]. Наиболее перспективными признаны ниже-среднедевонские и ниже-среднетриасовые отложения,

которые отличаются повышенными содержаниями органического вещества, его преимущественно сапропелевым составом, высокой восстановленностью битумоидов и наличием признаков эмиграции микронепфти. В дальнейшем проблемы нефтегазоносности шельфа морей Лаптевых и Восточно-Сибирского неоднократно обсуждалась, но новые фактические данные по вещественному составу и строению пород, слагающих осадочные бассейны, практически отсутствовали. Исследования Новосибирских островов активизировались в начале 2000-х гг. [Кузьмичев, Александрова, Герман, 2009; Кузьмичев и др., 2013]. Новый этап связан с исследованиями ПАО «НК «Роснефть» в Восточной Арктике и стратиграфическим бурением на шельфе, совсем недавно опубликованы первые результаты [Малышев и др., 2024].

В 2011 г. BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Ганновер, Германия) и ВСЕГЕИ (Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского) организовали совместную международную экспедицию. Хотя эта экспедиция выполнялась в крайне сжатые сроки (05.09-19.09.2011), удалось посетить большинство островов архипелага благодаря использованию ледокольного судна «Михаил Сомов» и вертолета МИ-8 на его борту (ФГБУ «Северное УГМС»). В рамках экспедиции одновременно работали более 20 специалистов в разных направлениях геологии. В результате собраны коллекции образцов осадочных и магматических пород, которые затем изучались в лабораториях России и Европы. Результаты исследований коллекций BGR и ВСЕГЕИ по органической геохимии (исследования Rock-Eval, газово-жидкостная хроматография и изотопия для 101 образца) объединены и опубликованы в одной статье [Sobolev et al., 2016]. Результаты исследования по органической петрологии для образцов BGR (16 образцов) представлены в отдельной работе [Kus et al., 2015]. В настоящей статье описаны результаты углепетрографических исследований 16 образцов коллекции ВСЕГЕИ, собранных из обнажений с разных островов архипелага. Эти результаты дополняют две вышеупомянутые публикации по материалам экспедиции 2011 г. Отбор всех образцов выполнен автором в ходе этой экспедиции.

Материалы и методы

Для 7 образцов углей коллекции ВСЕГЕИ определялся мацеральный состав и показатель отражения витринита (R_o). Другие образцы представляют собой осадочные породы (чаще всего песчаники) с видимыми включениями углефицированного растительного детрита, для них выполнено определение R_o . Точки отбора образцов показаны на карте (рис. 1), координаты приведены в табл. 1.

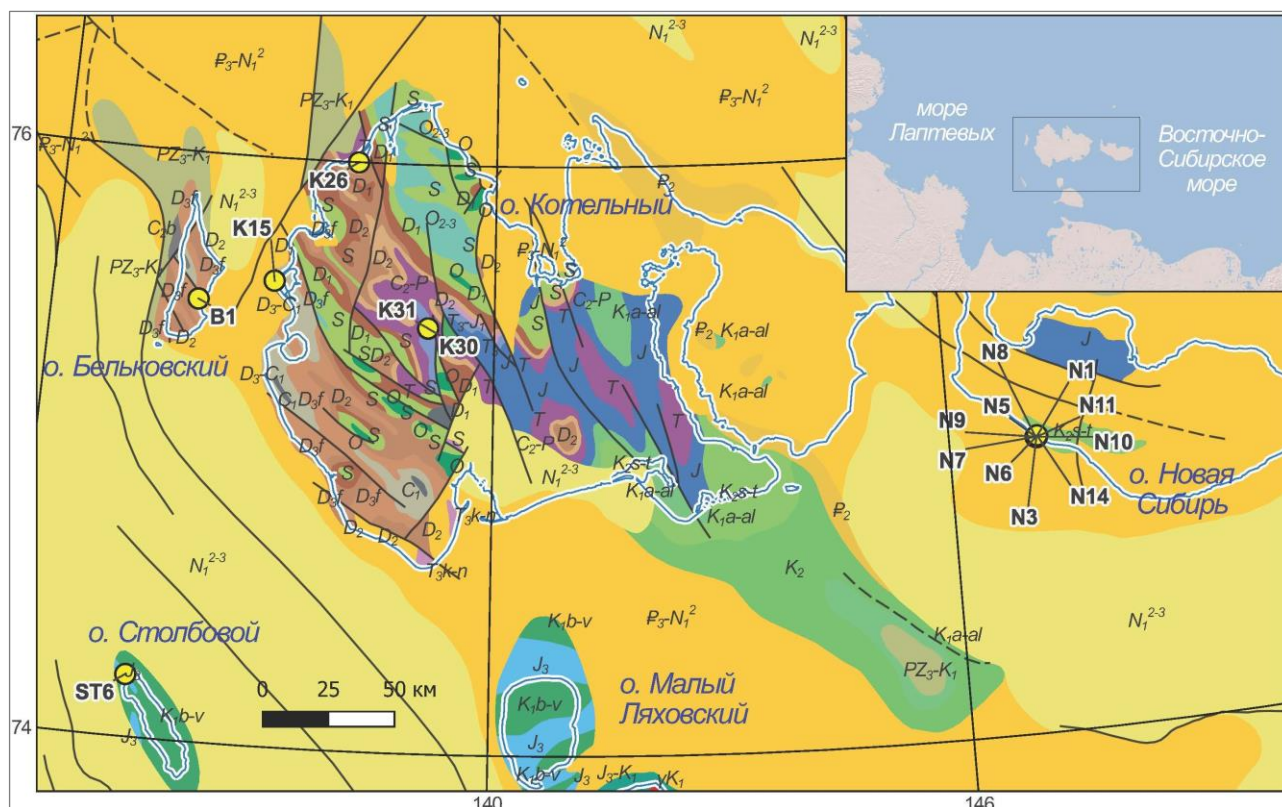


Рис. 1. Положение изученных образцов на геологической карте РФ 1:2 500 000 (цифровая модель) [Геологическая карта России..., 2012]

Индексы и цвета обозначают возраст осадочных пород и состав магматических пород. Положение образца показано желтой точкой с номером образца.

Образец *B1* из обнажения на восточном берегу о-ва Бельковский представлен обломком литифицированной древесины из слабосцементированных песчанистых пород с прослоями торфа. Палеоген-неоценовый разрез детально описан А.Б. Кузьмичевым с соавторами [Кузьмичев и др., 2013].

Образец *K15* взят из обнажения на восточном берегу п-ова Тас-Ары, мыс Дурной (западная часть о-ва Котельный). Известковый песчаник, темно-серый, содержит видимые включения углистого детрита на поверхности напластования. Тас-аринская свита представлена известняками и аргиллитами с прослоями доломитов, алевролитов, песчаников, по возрасту относится к раннему карбону [Государственная геологическая карта..., 1985].

Образец *K26* отобран на северо-западном берегу о-ва Котельный (лагуна Станции). Обнажение в береговом уступе, темно-серые аргиллиты, легко разрушаются, по находкам фауны двустворок относятся к среднему триасу (ладиний), по карте Т-54-XXXI, XXXII, XXXIII располагается вблизи границы с верхним триасом.

Таблица 1

Отражательная способность витринита из образцов коллекции ВСЕГЕИ*

Образец	Местоположение	Широта	Долгота	Возраст	Литология	Число измерений	R _{max} , %	R _{min} , %	R ₀ (mean) %	Ср. кв. ошибка	Комментарии
B1	о-в Бельковский	75,502	135,979	Pg	Лигнитизированная древесина	0					нет витринита
K15	о-в Котельный	75,582	136,992	C1	Известковый песчаник с УРД	20	3,60	2,28	3,02	0,38	
K26		76,000	138,062	T2	Алевролит с УРД	20	1,50	1,24	1,35	0,07	
K30		75,446	139,104	K1a-al	Песчаник с УРД	10	0,45	0,31	0,41	0,04	
K31		75,446	139,104	K1	Уголь	17	0,64	0,51	0,58	0,04	
N1	о-в Новая Сибирь	75,007	147,159	K2t	Уголь	20	0,32	0,28	0,31	0,12	
N3		75,003	147,145		Песчаник с УРД	20	0,34	0,27	0,31	0,20	
N5		75,003	147,141		Уголь	40	0,30	0,24	0,26	0,10	
N6		75,004	147,139		Углистый аргиллит	7	0,91	0,55	0,58; 0,83	1,13	два максимума
N7		75,004	147,135		Песчаник с УРД	12	0,25	0,20	0,22	0,02	
N8		75,004	147,135		Уголь	20	0,29	0,23	0,25	0,16	
N9		75,005	147,135		Уголь	20	0,34	0,28	0,31	0,16	
N10		75,004	147,151		Песчаник с УРД	10	0,45	0,35	0,41	0,03	
N11		75,004	147,152		Уголь	20	0,36	0,26	0,31	0,25	
N14		75,009	147,156		Песчаник с УРД	20	0,56	0,44	0,50	0,39	
ST6	о-в Столбовой	74,211	135,464	K1	Антраксолит	20	3,41	4,23	3,79	0,28	

* Экспедиция 2011 г.; УРД - углефицированный растительный детрит.

Образцы углей K30 и K31 взяты из обнажения в центральной части о-ва Котельный, в бортах р. Балыхтах. Это опорное обнажение балыхтахской свиты (апт-альб), детально описанное в А.Б. Кузьмичевым с соавторами [Кузьмичев, Александрова, Герман, 2009]. В разрезе преобладают слабосцементированные песчаники с прослоями углей, максимальная мощность которых достигает 5 м.

Образцы N1-N14 взяты в разрезе утеса Деревянные Горы (южный берег о-ва Новая Сибирь) и представлены либо бурыми углями, либо песчаниками с большим количеством углефицированного детрита. Это место также детально изучено и неоднократно описано в литературе [Труфанов, Бондаренко, Абрамова, 1979; Герман и др., 2019]. Деревяннотуронская свита относится к верхнему мелу (турон) [Государственная геологическая карта..., 1986], ее мощность достигает 110 м, в разрезе выделяется шесть крупных пачек угля мощностью несколько метров (рис. 2).



Рис. 2. Фото утеса Деревянные Горы (о-в Новая Сибирь)

Образец ST6 антракосолит из прожилка по трещине (рис. 3) в алевролитах вблизи мыса Скалистого, северо-западный берег о-ва Столбовой.

Для 15 из 16 образцов проведены измерения показателя отражения витринита (R_0) с построением рефлектограмм (в образце В1 витринит отсутствовал). Для каждого образца

выполнено от 7 до 20 определений R_o , количество точек измерения зависело от содержания и качества, находящегося в образце витринита. Измерения произведены на приборе МСФ-30У фирмы «ЛОМО» в углепетрографической лаборатории отдела геологии горючих полезных ВСЕГЕИ Г.М. Волковой в 2012-2013 гг. Обработка данных проведена в программе «Spectra C Vsegei», разработанной в «ЛОМО».

Оценка термической зрелости органического вещества

Показатель отражения витринита (отражательная способность витринита, R_o) является основным параметром для оценки термической зрелости (степени катагенеза) органического вещества. Значения показателей отражения витринита для изученных образцов приводятся в табл. 1. Показатель отражения витринита изменяется в широких пределах - от 0,22 до 3,79%, соответственно органическое вещество по стадии метаморфизма изменяется от бурогоугольной до антрацитовый. Для большинства образцов с степенью катагенеза ($< 1\%$) распределение измеренных значений R_o достаточно однородно и имеет один четкий максимум. Исключение составляет образец углистого сланца N6 с двумя модами, свидетельствующими о двух типах витринита (скорее всего, витринит с большим показателем отражения является аллохтонным). Также заметный разброс значений характерен для двух образцов антрацитов (K15 и ST-6).



Рис. 3. Фото антраколита в прожилке среди алевролитов
Обр. ST6, западный берег о-ва Столбовой.

На показатель отражения витринита может влиять его качество: неоднородность, степень сохранности первичной растительной структуры, минерализация. В исследуемых

образцах редко встречается однородный витринит, а распространен витринит структурный или со скрытой структурой, что понижает показатель отражения.

Повышенные значения R_o отмечаются в двух образцах палеозоя и триаса о-ва Котельный (K15 и K26). Для верхнемеловых углей и растительного детрита Деревянных гор характерны показатели отражения витринита 0,2-0,4%, свидетельствующие о низких степенях катагенеза. Неожиданно самые высокие значения R_o (антрацит, 3,8%) обнаружены среди сравнительно молодых терригенных пород из раннемелового разреза о-ва Столбовой (обр. ST6, антраксолит). Толщина редких линзовидных прожилков, содержащих блестящие черные антраксолиты и развитых по субгоризонтальным трещинам, составляет несколько сантиметров (см. рис. 3). Непонятны как происхождение материала прожилков (эта толща относится к глубоководному турбидитовому комплексу [Кузьмичев, Захаров, Данукалова, 2009]), так и высокая степень метаморфизма (нет никаких признаков глубокого погружения вмещающих осадочных пород или влияния интрузий).

Значения R_o для образцов разного возраста показаны на диаграмме «ящик с усами» (боксплот, диаграмма размаха), которая позволяет компактно показать основные статистические параметры для каждого отдела (шкала R_o логарифмическая) (рис. 4). В середине «ящика» - медианное значение, стороны соответствуют квартилям (т.е. в «ящик» попадает половина всех значений), «усы» - минимальному и максимальному значениям. На диаграмме также показаны определения R_o , выполненные в BGR [Kus et al., 2015] и границы нефтяного и газового окон. Отдельные измерения изображены в виде точек, аномальные значения для антраксолита с о-ва Столбовой исключены из статистики (но присутствуют на диаграмме). Дополнительно нанесены результаты измерений BGR для образцов из толщ силура и девона, отобранных на о-ве Котельный [Kus et al., 2015]. Витринит в них отсутствует, но выполнены определения отражательной способности твердых битумов. Для пересчета их в значения R_o использовалась формула [Schmidt et al., 2019]:

$$VR_{eq} = 0,938 * BR + 0,3115,$$

где BR - измеренная отражательная способность твердого битума, VR_{eq} - эквивалентное значение R_o витринита.

Намечается закономерное изменение термической зрелости органического вещества с возрастом: можно предположить, что палеозойские толщи являются перезрелыми, триасовые отложения находятся в области нефтяного и газового окон, а толщи, начиная с нижнего мела, относятся к незрелым. Эти данные в целом подтверждают и дополняют оценки термической зрелости органического вещества, полученные на основании параметра T_{max} (метод Rock-Eval) [Sobolev et al., 2016].

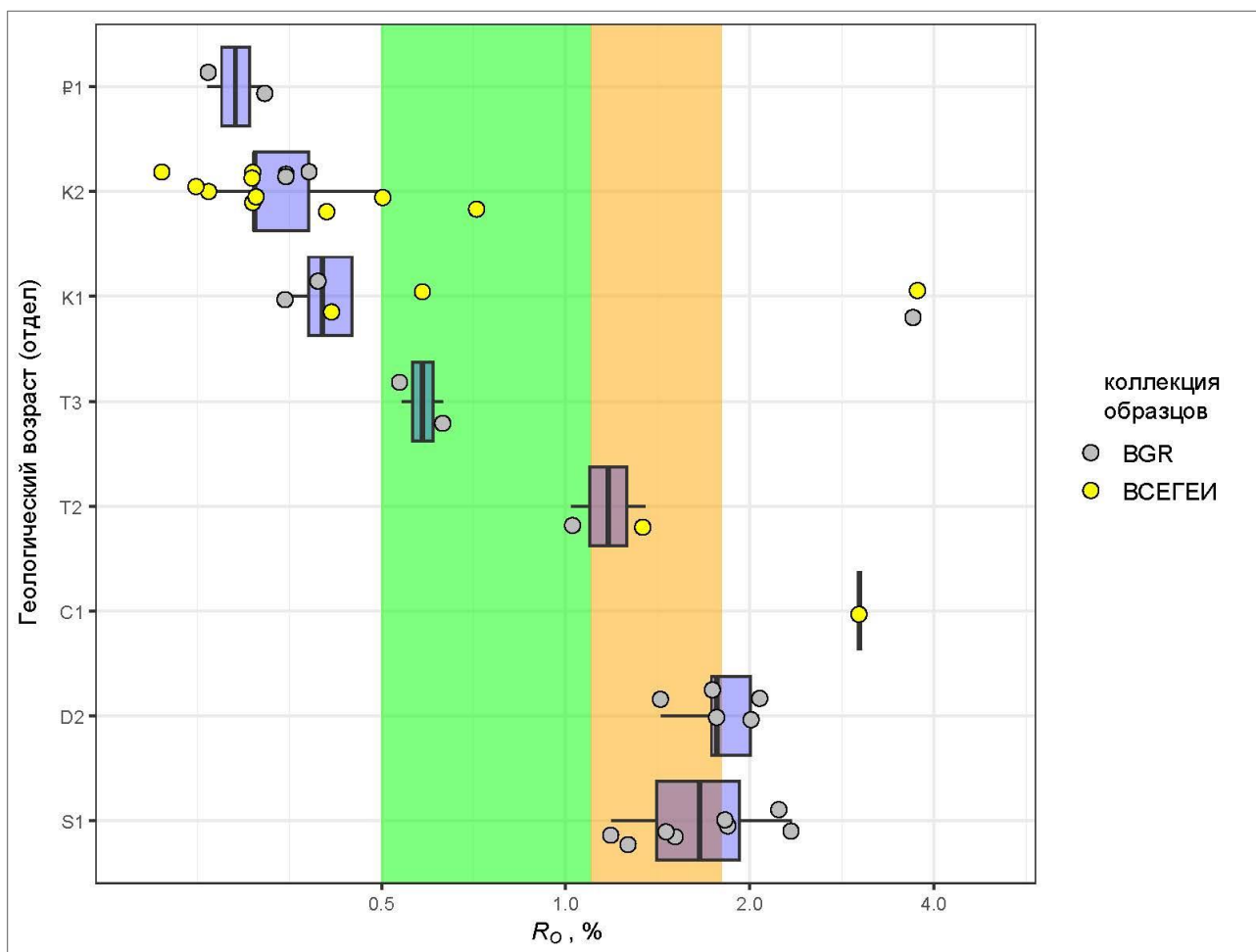


Рис. 4. Оценка термической зрелости осадочных толщ разного возраста

Использовалась отражательная способность витринита R_o (логарифмическая шкала), для образцов силура и девона [Kus et al., 2015] - пересчитанная R_o . Зеленая область - нефтяное окно, оранжевая - газовое. Цвет точек - источник данных (коллекция образцов).

Петрографическая характеристика углей

По вещественно-петрографической классификации углей [Петрография углей СССР..., 1986] все представленные для изучения угли относятся к классу гелитолитов (содержание мацералов группы витринита $> 50\%$), фюзенолитов (содержание мацералов группы инертинита $> 50\%$), микстогумолитов (нет преобладания какой-либо одной группы мацералов), типам фюзинито-гелитов (обр. N8), фюзинито-гелититам (образцы N5, N11), липоидо-фюзинито-гелититам (обр. К-31), гелито-фюзититам (обр. N1), гелито-фюзитам (обр. N6) и гелито-фюзитито-микстогумититам (обр. N9).

В табл. 2 приведен мацеральный состав углей.

Группа витринита представлена (35-90%) телинитом, коллинитом, аттрито-витринитом, витро-детринитом.

Мацералы группы семивитринита содержатся не во всех образцах (2-10%). Это небольшие фрагмента и их обломки.

Таблица 2

Мацеральный состав углей

Номер образца	Мацеральный состав, %				ΣОК	Тип угля
	Vt	Sv	L	I		
K31	54	2	10	34	36	Липоидо-фюзинито-гелитит
N1	35	10	<1	55	62	Гелито-фюзитит
N5	65	3	5	27	29	Фюзинито-гелитит
N6	10	10	-	80	80	Гелито-фюзит
N8	90	-	2	8	8	Фюзинито-гелит
N9	49	-	9	42	42	Гелито-фюзитито-микстогумитит
N11	52	-	1	47	47	Фюзинито-гелитит

Vt - витринит, *Sv* - семивитринит, *L* - липтинит, *I* - инертинит; ΣОК - сумма отощающих компонентов.

Инертинит имеет довольно широкое распространение (8-80%) в виде структурных фрагментов с различной степенью сохранности клеточного строения, фюзенизированной древесины, различного размера обломков фрагментов (инерто-детринит, микринит), в единичных случаях присутствует склеротинит.

Мацералы группы липтинита (1-10%) в основном представлены микроспоринитом, резинитом как в виде отдельных тел, так и заполняющим клеточные полости в древесинных тканях, редко - кутинитом и его обрывками.

Из минеральных включений присутствует в основном глинистое вещество, редко - сульфиды.

Образец В1 представлен фрагментом лигнитизированной древесины (рис. 5А), клеточные полости которой частично заполнены смоляным веществом (резинитом).

Образец N1 относится к типу гелито-фюзититов. Имеет фрагментарно-аттритовую микроструктуру. Представляет собой смесь аттрито-витринита, аттрито-семивитринита, микринита. Крупные фрагменты встречаются редко. Это единичный структурный фюзинит, фрагменты витринита - с округлыми телами неясной природы.

Образец N5. Тип угля фюзинито-гелитит. Микроструктура аттрито-фрагментарная. Фрагментарная часть представлена гелифицированными и фюзенизированными остатками древесины разной степени сохранности. В аттритовой части присутствуют мелкие обломки перечисленных выше мацералов, липтинит (микроспоринит, реже резинит), единичный склеротинит (рис. 5Б).

Образец N6 близок к углистому аргиллиту (содержание минеральных компонентов - до 45%). Представляет собой беспорядочное скопление аттритовых частиц (аттритовая микроструктура), преимущественно инертинита, реже - витринита и семивитринита с единичными линзами инертинита, с прослоями аргиллита, содержащим тот же аттрит и

фрагменты инертинита (рис. 5В). Тип угля - гелито-фюзит.

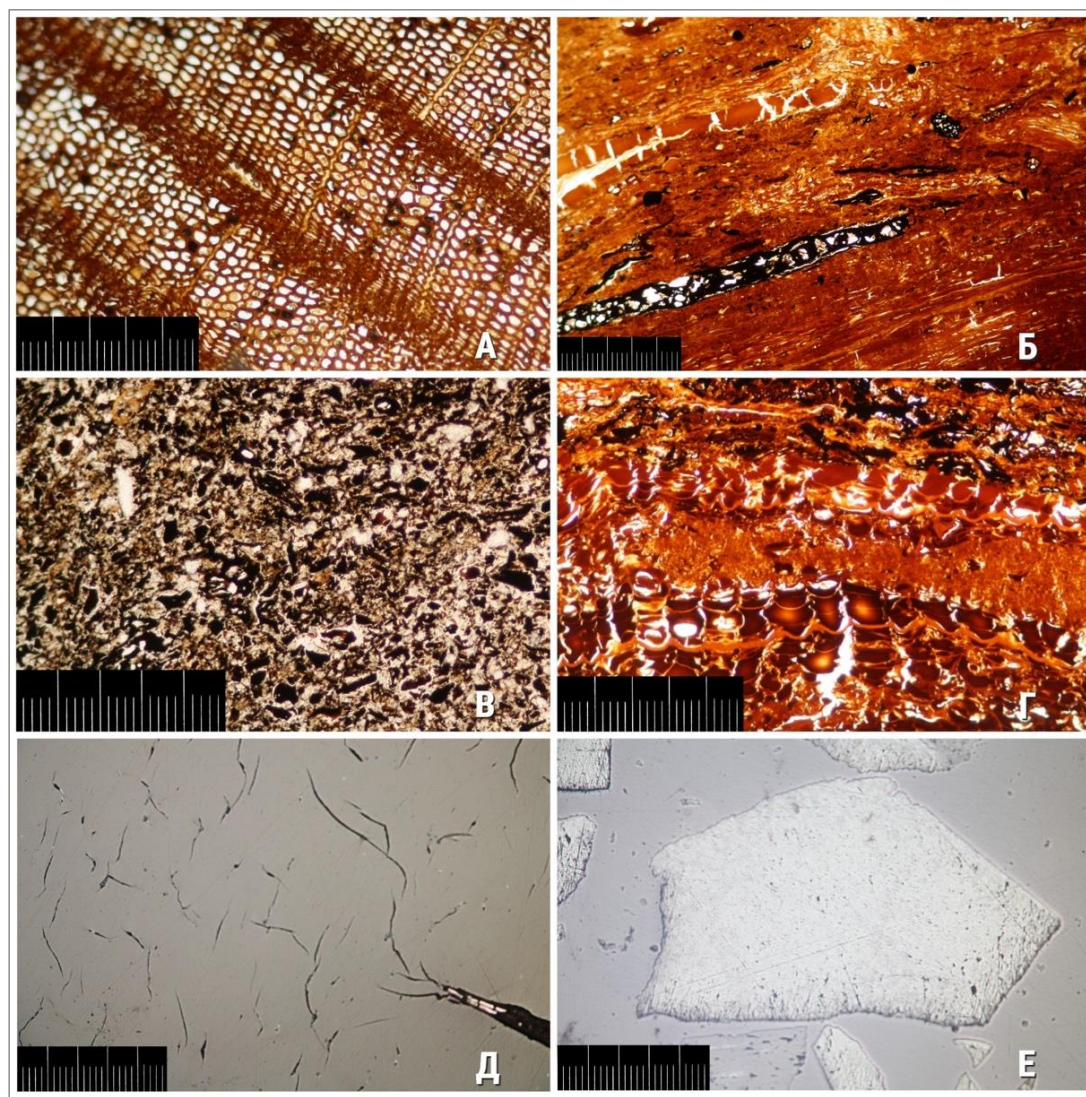


Рис. 5. Микрофотографии образцов

А - обр. В1. Проходящий свет. Фрагмент древесины, клеточные полости местами заполнены смоляным веществом (желтое). Темные полосы - годовичные кольца. Здесь и далее - цена деления линейки 0,01 мм; Б - обр. N5. Проходящий свет. Уголь. Фрагмент однородного витринита, с трещинами усыхания (светло-коричневый), инертинит и единственный склеротинит (черные), основная масса - витродетринит; В - обр. N6. Проходящий свет. Уголь зольный. Смесь аттритовых частиц витринита семивитринита, инертинита и минеральных примесей. Николи //; Г - обр. N11. Проходящий свет. Уголь. Различные фрагменты угля: в нижней части феллинит («матрасики») с паренхимой внутри (комковатый витринит), выше коллинит (оранжевый), инертинит (черный); Д - обр. ST6. Отраженный свет. Витринит однородный, трещиноватый. Справа внизу сульфиды по трещине; Е - обр. K31. Отраженный свет. Уголь. Основная масса (серая) - коллинит с мелкими фрагментами витринита, аттрито-витринита, семивитринита (светло-серый) липтинита (микроспоринит, обрывки кутикулы, резинит) - темно-серый, в центре - фрагмент инертинита (белый).

Образец N8. Преобладающим мацералом является витринит с плохо сохранившейся структурой. Границы между фрагментами и их обломками - неотчетливые, размытые. Инертинит представлен редкими фрагментами и аттритом. Тип угля - фюзинито-гелит.

Микроструктура - аттрито-фрагментарная.

Образец N9 относится к типу гелито-фюзитито-микстогумититов, т.е. содержание ни одной группы мацералов не является преобладающим. Состоит из аттрито-витринитовой основной массы с липтинитом (микроспоринит), обломками и редкими фрагментами инертинита. Микроструктура - фрагментарно-аттритовая.

Образец N11. Относится к типу фюзито-гелититов. Мацералы группы витринита представлены коллинитом, теллинитом (структурным витринитом), его аттритом, часто феллинитом (рис. 5Г). Количество мацералов группы инертинита по процентному содержанию лишь немного уступает витринитовым компонентам. Инертинит встречается в виде фрагментов и их обломков, микринита. Количество липтинита в данном образце не превышает 1%. Микроструктура - аттрито-фрагментарная.

Образец ST6. Это довольно однородный трещиноватый витринит с сульфидами по трещинам (рис. 5Д).

Образец K31 по процентному соотношению мацералов относится к типу липоидо-фюзинито-гелититов. Группа витринита представлена коллинитом, мелкими фрагментами структурного витринита (телинита), аттрито-витринитом (рис. 5Е). Встречаются фрагменты гелифицированной древесины с клеточными полостями, заполненными резинитом. Семивитринит наблюдается в виде немногочисленных мелких обломков, инертинит - как в виде фрагментов, их обломков, и микринита. Липтинит представлен микроспоринитом, кутикулой и ее обрывками, резинитом. Микроструктура - аттрито-фрагментарная.

Заключение

Полученные данные дополняют ранее опубликованные результаты по органической геохимии и петрологии осадочных пород архипелага Новосибирские о-ва. Оценка термической зрелости органического вещества осадочных пород крайне важна для прогноза ресурсов нефти и газа в окружающих его осадочных бассейнах. Намечается закономерный тренд изменения термической зрелости в зависимости от возраста. Выполненные работы носят исключительно оценочный характер, необходимы дальнейшие исследования на шельфе Восточной Арктики.

Финансирование. Экспедиция 2011 г. на архипелаг Новосибирские острова организована и выполнена за счет Геологической службы Германии (BGR, Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) в рамках немецкой научной программы CASE 13.

Благодарности. Автор выражает благодарность Т.Ю. Толмачевой (Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского) за помощь в подготовке статьи.

Литература

Геологическая карта России и прилегающих акваторий. Масштаб 1:2500000 / Гл. ред. О.В. Петров. - СПб.: ВСЕГЕИ, ВНИИОкеангеология, 2012.

Герман А.Б., Костылева В.В., Никольский П.А., Базилян А.Э., Котельников А.Е. Новые данные о поздне меловой флоре острова Новая Сибирь, Новосибирские острова // Стратиграфия. Геологическая корреляция. - 2019. - Т. 27. - № 3. - С. 53-69.

Государственная геологическая карта СССР м-ба 1: 200000. Серия Новосибирские острова. Листы Т-54-XXXIV, XXXV, XXXVI; Т-56-XXXIII; S-54-IV, V, VI, X, XI, XII; S-55-I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII; S-56-III, VII. Объяснительная записка / Г.В. Труфанов, К.Н. Белоусов, В.Ф. Непомилуев. - М.: Союзгеолфонд, 1986. - 106 с.

Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200000. Серия Новосибирские острова. Листы Т-54-XXXI, XXXII, XXXIII; S-53-IV, V, VI; S-53-XI, XII; S-54-I, II, III; S-54-VII, VIII, IX, XIII, XIV, XV. Объяснительная записка / М.К. Косыко, В.Ф. Непомилуев, Н.С. Бондаренко. - М.: Союзгеолфонд, 1985. - 161 с.

Грамберг И.С., Иванов В.Л., Преображенская Э.Н. Потенциальные возможности нефтегазообразования в осадочных толщах морей Лаптевых и Восточно-Сибирского // Геология шельфа Восточносибирских морей. - Л.: НИИГА, 1976. - С. 65-77.

Кузьмичев А.Б., Александрова Г.Н., Герман А.Б. Апт-альбские угленосные отложения на о. Котельный (Новосибирские острова): новые данные о строении разреза и игнимбритовом вулканизме // Стратиграфия. Геологическая корреляция. - 2009. - Т. 17. - № 5. - С. 69-94.

Кузьмичев А.Б., Александрова Г.Н., Герман А.Б., Данукалова М.К., Симакова А.Н. Палеоген-неогеновые отложения острова Бельковский (Новосибирские острова): к характеристике осадочного чехла в восточной части шельфа моря Лаптевых // Стратиграфия. Геологическая корреляция. - 2013. - Т. 21. - № 4. - С. 91-116.

Кузьмичев А.Б., Захаров В.А., Данукалова М.К. Новые данные о стратиграфии и условиях формирования верхнеюрских и нижнемеловых отложений о. Столбовой (Новосибирские острова) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. - 2009. - Т. 17. - № 4. - С. 47-66.

Малышев Н.А., Вержбицкий В.Е., Данилкин С.М., Колюбакин А.А., Ершова В.Б., Бородулин А.А., Обметко В.В., Комиссаров Д.К., Пашали А.А., Болдырев М.Л., Васильева И.С., Рогов М.А., Попова А.Б., Васильев В.Е., Новиков С.С., Гатовский Ю.А., Александрова Г.Н., Лидская А.В., Симакова А.Н., Лопатина Д.А., Бордунов С.И., Ступакова А.В., Суслова А.А., Никишин А.М., Лакеев В.Г., Лукашев Р.В. Первые результаты стратиграфического бурения на северо-востоке моря Лаптевых // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. - 2024. - Т. 515. - № 1. - С. 26-35.

Петрография углей СССР. Вещественно-петрографический состав угольных пластов и качество углей основных бассейнов СССР / Под ред. И.Б. Волковой. - Л.: Недра, 1986. - 246 с.

Труфанов Г.В., Бондаренко Н.М., Абрамова Л.Н. Верхнемеловые отложения островов Анжу Новосибирского архипелага // Верхний палеозой и мезозой островов и побережья арктических морей СССР. - Л.: НИИГА, 1979. - С. 121-125.

Kus J., Tolmacheva T., Dolezych M., Gaedicke C., Franke D., Brandes C., Blumenberg M., Piepjohn K., Pletsch T. Organic matter type, origin and thermal maturity of Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic successions of the New Siberian Islands, eastern Russian Arctic // International Journal of Coal Geology. - 2015. - V. 152. - Part B. - P. 125-146.

Schmidt J.S., Menezes T.R., Souza I.V.A.F., Spigolon A.L.D., Pestilho A.L.S., Coutinho L.F.C. Comments on empirical conversion of solid bitumen reflectance for thermal maturity evaluation // International Journal of Coal Geology. - 2019. - V. 201. - P. 44-50.

Sobolev P., Franke D., Gaedicke C., Kus J., Scheeder G., Piepjohn K., Brandes C., Blumenberg M., Mouly B. Reconnaissance study of organic geochemistry and petrology of Paleozoic-Cenozoic potential hydrocarbon source rocks from the New Siberian Islands, Arctic Russia // Marine and Petroleum Geology. - 2016. - V. 78. - № 1. - P. 30-47.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license

Received 16.10.2024

Published 24.01.2025

Sobolev P.O.

The All-Russian Geological Research Institute of A.P. Karpinsky, St. Petersburg, Russia, peter.sobolev@gmail.com

COAL PETROGRAPHY AND THERMAL MATURITY OF ORGANIC MATTER IN SEDIMENTARY ROCKS OF THE ARCHIPELAGO NEW SIBERIAN ISLANDS

The article presents the results of studying sedimentary rock samples from outcrops of the Archipelago New Siberian Islands using coal petrography methods. The collection includes 16 samples of coal and sandstone with carbonaceous inclusions collected during the BGR-VSEGEI expedition in 2011. The age of the samples varies from the early Carboniferous to the Paleogene. Vitrinite reflectance was measured for all samples, and the maceral composition was determined for 7 coal samples. Thermal maturity of the organic matter of the samples regularly changes with their age.

Keywords: *sedimentary rock, coal, vitrinite, thermal maturity of organic matter, Archipelago New Siberian Islands, Arctic.*

For citation: Sobolev P.O. Uglepetrografiya i termicheskaya zrelost' organicheskogo veshchestva osadochnykh porod arhipelaga Novosibirskie ostrova [Coal petrography and thermal maturity of organic matter in sedimentary rocks of the Archipelago New Siberian Islands]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, 2025, vol. 20, no. 1, available at: https://www.ngtp.ru/rub/2025/3_2025.html EDN: FDVRET

References

Geologicheskaya karta Rossii i priliegayushchikh akvatoriy. Masshtab 1:2500000 [Geological map of the Russian Federation and onshore areas. Scale 1:2500000]. Ed. O.V. Petrov. St. Petersburg: VSEGEI, VNIIOkeangeologiya, 2012. (In Russ.).

German A.B., Kostyleva V.V., Nikol'skiy P.A., Basilyan A.E., Kotel'nikov A.E. Novye dannye o pozdnemelovoy flore ostrova Novaya Sibir', Novosibirskie ostrova [New data on the Late Cretaceous flora of New Siberian Island, New Siberian Islands]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*, 2019, vol. 27, no. 3, pp. 53-69. (In Russ.).

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR m-ba 1: 200000. Seriya Novosibirskie ostrova. Listy T-54-XXXIV, XXXV, XXXVI; T-56-XXXIII; S-54-IV, V, VI, X, XI, XII; S-55-I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII; S-56-III, VII. Ob"yasnitel'naya zapiska [State geological map of the USSR, scale 1:200000. Series: New Siberian Islands. Sheets T-54-XXXIV, XXXV, XXXVI; T-56-XXXIII; S-54-IV, V, VI, X, XI, XII; S-55-I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII; S-56-III, VII. Explanatory note]. G.V. Trufanov, K.N. Belousov, V.F. Nepomiluev. Moscow: Soyuzgeolfond, 1986, 106 p.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR m-ba 1:200000. Seriya Novosibirskie ostrova. Listy T-54-XXXI, XXXII, XXXIII; S-53-IV, V, VI; S-53-XI, XII; S-54-I, II, III; S-54-VII, VIII, IX, XIII, XIV, XV. Ob"yasnitel'naya zapiska [State geological map of the USSR, scale 1:200000. Series: New Siberian Islands. Sheets T-54-XXXI, XXXII, XXXIII; S-53-IV, V, VI; S-53-XI, XII; S-54-I, II, III; S-54-VII, VIII, IX, XIII, XIV, XV. Explanatory note]. M.K. Kos'ko, V.F. Nepomiluev, N.S. Bondarenko. Moscow: Soyuzgeolfond, 1985, 161 p.

Gramberg I.S., Ivanov V.L., Preobrazhenskaya E.N. Potentsial'nye vozmozhnosti neftegazobrazovaniya v osadochnykh tolshchakh morey Laptevykh i Vostochno-Sibirskogo [Potential oil and gas formation in sedimentary strata of the Laptev and East Siberian Seas]. *Geologiya shel'fa Vostochnosibirskikh morey*. Leningrad: NIIGA, 1976, pp. 65-77. (In Russ.).

Kuz'michev A.B., Aleksandrova G.N., German A.B. Apt-al'bskie uglenosnye otlozheniya na o. Kotel'nyy (Novosibirskie ostrova): novye dannye o stroenii razreza i ignimbritovom vulkanizme

[Aptian-Albian coal-bearing section on Kotelny Island (New Siberian Islands): new data on the section structure and ignimbrite volcanism]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*, 2009, vol. 17, no. 5, pp. 69-94. (In Russ.).

Kuz'michev A.B., Aleksandrova G.N., German A.B., Danukalova M.K., Simakova A.N. Paleogen-neogenovye otlozheniya ostrova Bel'kovskiy (Novosibirskie ostrova): k kharakteristike osadochnogo chekhla v vostochnoy chasti shel'fa morya Laptevykh [Paleogene-Neogene strata of Belkovsky Island (New Siberian Islands): on the characteristics of the sedimentary cover in the eastern part of the Laptev Sea shelf]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*, 2013, vol. 21, no. 4, pp. 91-116. (In Russ.).

Kuz'michev A.B., Zakharov V.A., Danukalova M.K. Novye dannye o stratigrafii i usloviyakh formirovaniya verkhneyurskikh i nizhnemelovykh otlozheniy o. Stolbovoy (Novosibirskie ostrova) [New data on the stratigraphy and formation conditions of the Upper Jurassic and Lower Cretaceous strata of the island Stolbovoy (New Siberian Islands)]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*, 2009, vol. 17, no. 4, pp. 47-66. (In Russ.).

Malyshev N.A., Verzhbitskiy V.E., Danilkin S.M., Kolyubakin A.A., Ershova V.B., Borodulin A.A., Obmetko V.V., Komissarov D.K., Pashali A.A., Boldyrev M.L., Vasil'eva I.S., Rogov M.A., Popova A.B., Vasil'ev V.E., Novikov S.S., Gatovskiy Yu.A., Aleksandrova G.N., Lidskaya A.V., Simakova A.N., Lopatina D.A., Bordunov S.I., Stupakova A.V., Suslova A.A., Nikishin A.M., Lakeev V.G., Lukashov R.V. Pervye rezul'taty stratigraficheskogo bureniya na severo-vostoke morya Laptevykh [First results of stratigraphic drilling in the northeast of the Laptev Sea]. *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o Zemle*, 2024, vol. 515, no. 1, pp. 26-35. (In Russ.).

Petrografiya ugley SSSR. Veshchestvenno-petrograficheskiy sostav ugol'nykh plastov i kachestvo ugley osnovnykh basseynov SSSR [Petrography of coals of the USSR. Material and petrographic composition of coal seams and quality of coals of the main basins of the USSR]. Ed. I.B. Volkovoy. Leningrad: Nedra, 1986, 246 p. (In Russ.).

Piepjohn K., Pletsch T. Organic matter type, origin and thermal maturity of Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic successions of the New Siberian Islands, eastern Russian Arctic. *International Journal of Coal Geology*, 2015, vol. 152, part B, pp. 125-146.

Schmidt J.S., Menezes T.R., Souza I.V.A.F., Spigolon A.L.D., Pestilho A.L.S., Coutinho L.F.C. Comments on empirical conversion of solid bitumen reflectance for thermal maturity evaluation. *International Journal of Coal Geology*, 2019, vol. 201, pp. 44-50.

Sobolev P., Franke D., Gaedicke C., Kus J., Scheeder G., Piepjohn K., Brandes C., Blumenberg M., Mouly B. Reconnaissance study of organic geochemistry and petrology of Paleozoic-Cenozoic potential hydrocarbon source rocks from the New Siberian Islands, Arctic Russia. *Marine and Petroleum Geology*, 2016, vol. 78, no. 1, pp. 30-47.

Trufanov G.V., Bondarenko N.M., Abramova L.N. Verkhnemelovye otlozheniya ostrovov Anzhu Novosibirskogo arhipelaga [Upper Cretaceous strata of the Anzhu Islands of the New Siberian Islands Archipelago]. *Verkhniy paleozoy i mezozoy ostrovov i poberezh'ya arkticheskikh morey SSSR*. Leningrad: NIIGA, 1979, pp. 121-125. (In Russ.).