

УДК 553.981 / 982+552.578.3 : 551.71(470.2)

Св. А. СИДОРЕНКО, В. Т. САФРОНОВ

УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ ПОРОДЫ НИЖНЕГО ДОКЕМБРИЯ БАЛТИЙСКОГО ШИТА КАК БЫВШИЕ ГОРЮЧИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Обратимся к известным высказываниям академика В. И. Вернадского о проявлениях свободного углерода в осадочно-метаморфических породах докембрия:

«...углерод образуется в ... древних метаморфизованных докембрийских породах ... как продукт распада органических веществ»;

«...углерод, рассеянный в виде графита в Гренвильских слоях в Онтарио, в Канаде, превышает по массе количество углерода каменных углей карбона».

Нам представляется, что В. И. Вернадский далеко не случайно сопоставил графитосодержащие толщи Гренвильских слоев в докембрии Североамериканского континента с углями каменноугольного возраста. В его работах можно найти множество высказываний о том, что процесс накопления углерода в докембрийских отложениях мало отличался от процесса возникновения аналогичных скоплений в фанерозое и, главное, что эти скопления были весьма значительными и могли давать продукты преобразования органического вещества (ОВ), сходные с известными породами из более поздних геологических отложений.

Еще в 1973 г., в работе, посвященной следствиям установленного нами углеводородного дыхания осадочно-метаморфических толщ докембрия, был сделан вывод: «Сейчас можно считать бесспорным, что и в архее, и в протерозое были осадочные формации, настолько обогащенные органическим веществом, что их можно рассматривать как древние метаморфизованные аналоги угленосных или нефтематеринских (здесь и ниже разрядка авторов — Св. С., В. С.) формаций фанерозоя» [1, с. 74]. В 1976 г., развивая эту идею, мы особо подчеркивали, что захороненные в докембрии огромные массы органической субстанции «...могли на дометаморфической стадии жизни этих пород преобразовываться в древнейших осадках в тех же химических направлениях, в каких мы допускаем преобразование ОВ в более молодых осадочных породах» [2, с. 74].

Плодотворность высказанных положений наглядно подтвердило время. В известных работах Н. Б. Вассоевича и Б. А. Соколова [3], Н. В. Лопатина [4] и ряда других исследователей докембрий все более утверждался как «время нефти и горючих сланцев», а в докладе П. Клауда на последнем международном геологическом конгрессе прямо подчеркивалось, что «поскольку в мире ведутся поиски новых источников энергии... то следует обратить внимание на криптозойские слои — потенциальные источники нефти и газа» [5, с. 85].

Распространенность углеродсодержащих пород и биогенного углерода в докембрии

Первая попытка описания всех докембрийских регионов мира с целью охарактеризовать широкое развитие в докембрии углеродсодержащих пород, толщ и формаций была предпринята нами в 1975 г. [6]. С тех пор появилось много новых данных, в том числе относящихся и к нижнему докембрию, которые наглядно подтверждают масштабность этих проявлений и большую долю накопленного в них органического углерода. Расчеты (табл. 1) свидетельствуют, что эти породы составляют примерно 10% мировых залежей докембрийских первично-осадочных и первично-вулканогенно-осадочных пород (при расчете исходили из мощностей этих пород в разрезах первично-осадочных комплексов) [7]. В частности, на Балтийском щите их около 15%. В работе [9] приведены сведения о соотношении объемов углеродсодержащих и других пород в разрезах нижнего протерозоя всего Карело-Кольского региона. Эти данные позволили нам рассчитать, что «выход» углеродсодержащих пород в седиментогенных разрезах восточной части Балтийского щита колеблется в разных структурных зонах от 10 до 40%, составляя в среднем не менее 20%.

Таблица 1

Распространенность углеродсодержащих (C₀ до 10%) метаосадочных пород в докембрии, %

Структура, регион, континент	Площадь первично-осадочных комплексов (данные [8])	Мощность высокоуглеродистых метаосадочных пород докембрия
Канадский щит	97,7	7,5
Балтийский щит	60,5	15,0
Украинский кристаллический щит	15,5	12,5
Алданский щит	67,4	7,5
Русская платформа	75,1	8,5
Анабарский массив	95,9	7,5
Докембрий:		
Урала	98,5	8,0
Енисейского кряжа	90,6	9,5
Таймыра	89,8	10,5
Казахстана	97,8	11,0
Южной Америки	95,5	8,5
Африки	73,5	12,0

В 1968 г. мы впервые попытались на оригинальном материале оценить распространенность биогенного углерода в углеродсодержащих осадочно-метаморфических породах докембрия (ОМПД) [10], а в 1975 г. вернулись к этой проблеме [6]. При этом был скомпилирован и суммирован весь накопленный к тому времени аналитический материал многих других авторов. В работе 1981 г. было охвачено уже несколько тысяч определений углерода в первично-осадочных породах докембрия [11]. Наконец, в 1984 г., на Всесоюзном семинаре по эволюции нефтегазообразования в истории Земли [12] и на 27-м Международном геологическом конгрессе [7], нами были представлены рассчитанные на новом оригинальном материале и с учетом многих тысяч ранее не учтенных и новых определений C₀, выполненных рядом советских и зарубежных исследователей [13], величины средней распространенности C₀ в углеродсодержащих и обычных ОМПД. Так последовательно выявлялись все более точные данные, описывающие своего рода «кларк» биогенного углерода в докембрийских осадках.

Таблица 2

**Распространенность биогенного углерода
в углеродсодержащих (С_о 1,0—10,0%)
осадочно-метаморфических породах докембрия, %**

Породы	От	До	Среднее
Основные типы пород			
Песчаники, кварциты (паракварциты) (X)	1,33	5,05	2,19
Сланцы (глинистые сланцы) (XX)	1,01	9,14	5,87
Карбонаты (известняки, доломиты, мраморы и т.п.) (XX)	1,89	7,63	3,13
Гнейсы (парагнейсы) (XX)	1,24	8,39	4,70
Среднее (XX)			4,67
Другие типы пород			
Сланцы:			
кианитовые (XX)	1,54	3,27	1,89
шунгитовые (XX)	3,80	9,84	7,66
Граувакки (ед.)	1,00	2,12	Не рассчит.
Гранулиты			
(парагранулиты) (X)	1,12	1,44	1,29

Примечание. Порядок числа анализов, учтенных в расчетах:
(ед.) — единицы, (X) — десятки, (XX) — сотни, (XXX) — тысячи.

Со временем в геологической литературе появились сведения о содержании органического углерода в углеродсодержащих и обычных ОМПД Канадского щита [14], европейской части СССР [15], Свазиленда (Южная Африка), района Исуа (юго-западная Гренландия) [16], группы Хамерсли (Западная Австралия) [17]. Ряд новых

Таблица 3

**Распространенность биогенного углерода
в обычных (С_о до 1%) осадочно-
метаморфических породах докембрия, %**

Породы	От	До	Среднее
Основные типы пород			
Песчаники, кварциты (паракварциты) (XX)	—	0,41	0,17
Сланцы (глинистые сланцы) (XXX)	0,08	0,86	0,32
Карбонаты (известняки, доломиты, мраморы и т.п.) (XX)	0,03	0,53	0,23
Гнейсы (парагнейсы) (XX)	0,05	0,49	0,25
Среднее (XXX)			0,26
Другие типы пород			
Аркозы (X)	—	0,13	0,05
Граувакки (ед.)	—	0,62	Не рассчит.
Амфиболиты			
(параамфиболиты) (X)	0,04	0,66	0,12
Гранулиты			
(парагранулиты) (X)	0,01	0,77	0,09

Примечание. Порядок числа анализов, учтенных в расчетах:
(ед.) — единицы, (X) — десятки, (XX) — сотни, (XXX) — тысячи.

определений и не учтенных ранее данных по органическому углероду принесли работы по ОВ в докембрии С. О. Фирсовой и В. Т. Сафронова (Геологический институт АН СССР — ГИН АН СССР). Обширная региональная информация о распространенности C_o в докембрийских породах Кольского региона дана в последних наших работах (более тысячи определений) [18, 19].

Всего же нами были дополнительно учтены результаты более 5000 анализов ОВ в докембрийских осадках. Обобщение всех имеющихся данных позволило уточнить наши прежние расчеты и получить существенно новую информацию о распространенности биогенного углерода в углеродсодержащих и обычных ОМПД. Средние величины распространенности биогенного углерода в основных типах пород — как в углеродсодержащих, так и в обычных (таблицы 2, 3) — рассчитывали исходя из данных А. Б. Ронина и А. А. Ярошевского [20] об объемах основных типов первично-осадочных пород в докембрии. Были приняты следующие числовые пропорции: соотношение гнейсы—сланцы 3 : 1, песчаники—карбонаты 2,5 : 1, Σ (гнейсы+сланцы)— Σ (песчаники+карбонаты) 6,9 : 1. Вновь рассчитанные величины составили для углеродсодержащих и обычных пород докембрия соответственно 4,67 и 0,26%.

Таблица 4

Расчет массы биогенного углерода в осадочно-метаморфических породах докембрия (ОМПД)

Породы	% от объема «гранитной» оболочки	% от всех ОМПД	Масса, г	C_o	
				Содержание, %	Масса, г
ОМПД в целом*	51,5		$4,0 \cdot 10^{24}$		
Из них**:					
Углеродсодержащие		10,0	$0,4 \cdot 10^{24}$	4,67	$186,8 \cdot 10^{20}$
Обычные		90,0	$3,6 \cdot 10^{24}$	0,26	$93,6 \cdot 10^{20}$
Общая масса C_o в ОМПД, г					$280,4 \cdot 10^{20}$

* По данным [20], ** по данным [11, 12], а также с учетом новых данных и новых расчетов авторов.

Уточненные данные о распространенности биогенного углерода в ОМПД позволили существенно уточнить величину ранее определенной массы C_o в докембрии [21], а также соотношение ее с массой органического углерода, захороненного в фанерозойских осадках ($91 \cdot 10^{20}$ г) [22]. Стало очевидным (табл. 4), что в докембрии заключено втрое больше (как минимум) органической субстанции ($280,4 \cdot 10^{20}$ г), чем ее несут постдокембрийские рыхлые чехлы континентов и осадки океанов и морей вместе взятые. Это обстоятельство не могло не проявиться в формировании горючих сланцев, а также в генерации и миграции углеводородов в земной коре на самых разных этапах жизни осадков и осадочно-породных бассейнов прошлого.

Характеристика образцов

Была исследована органическая субстанция разнообразных типов углеродсодержащих пород Северной Карелии и Кольского п-ова, содержащих от 0,3 до 50% органического углерода (табл. 5). Результаты изучения органической геохимии отдельных углеродсодержащих пород мы сопоставили с данными по графитистым сланцам оз. Ку-

кас — свита хирвинаволок, Северная Карелия (образцы 1, 1069, 1070) [23]. Сланцы оз. Кукас относятся к нижнему протерозою. Это породы матово-черного цвета, массивного или сланцевого сложения, с максимальным содержанием C_0 41%. Даже вычисленное по имеющимся пробам среднее содержание C_0 составляет в них 30,2%.

Термографические исследования показали, что экзотермический эффект графитистого вещества свиты хирвинаволок возникает при 600°C (по двум определениям). Эта температура несколько выше, чем определенная в работе [23] для тех же пород (575—590°C). Начало экзотермического эффекта углеродистого вещества свиты кейв приходится на 600—650°C, а максимум — на 980—990°C. Такие температуры свидетельствуют об амфиболитовой фации метаморфизма этих пород. Исследуемые пробы беломорской серии и свиты хизовара также относятся к породам амфиболитовой фации метаморфизма. Лишь породы свиты соварвы и шунгитовые отложения можно отнести к зеленосланцевой стадии регионального метаморфизма.

Таблица 5

Краткая характеристика исследованных образцов

Порода (номер образца)	Место локализации	Геологический возраст, млн. лет	Характеристика породы	Содержание C_0 , %
Гнейс графитосодержащий (X-4, X-5)	Свита хизовара, Северная Карелия	1750 PR ₁	Темно-серая порода среднезернистого сложения гранат-биотит-кианитового состава с мелкими (от десятых до сотых долей миллиметра) чешуйками графита	0,08—0,78
Сланец кианитовый, ставролит-кианитовый (СК-13—СК-16)	Свита кейв, центр Кольского п-ова	1600 PR ₁	Черная — темно-серая порода, состоящая, главным образом, из кианита, ставролита и кварца	До 2,5—3,0
Гнейс графитовый (Op-1/1, Op-1/2)	Беломорская серия, южная часть Кольского п-ова	2700 AR ₂	Серая порода, состоящая из биотита, кварца и плагиоклаза с чешуйками графита	До 15,0—20,0
Сланец (П-3/3)	Свита соварвы, юго-западная часть Кольского п-ова	1810 PR ₁	Матово-черная порода плотного тонкого сложения, состоящая из черного непрозрачного вещества, слюд и кварца	24,83
Шунгит: II (КРШ-85), III (ВШ-89, КРШ-111а), V (ВШ-84)	Шунгитовые породы, Заонежье, Южная Карелия	1800 PR ₁	Темно-серая — черная матовая тонкозернистая порода, состоящая из кварца, полевых шпатов, биотита, хлорита	От 3,6—4,9 до 35,0—50,0

Химическое исследование образцов проводили в химико-аналитической лаборатории ГИН АН СССР, битуминологический анализ ОВ — в специализированных лабораториях геологического факультета Ростовского государственного университета. Результаты, а также сведения других исследователей, представляющие интерес применительно к теме настоящей статьи, приведены в таблицах 6—13.

**Общая характеристика органического вещества
исследованных пород**

Образец	Содержание на породу, ‰			Содержание на ОБ, ‰			Соотноше- ние битумоидов А и С
	C _o	Битумоид А	Битумоид С	Битумоид А	Битумоид С	Нерастворимое ОБ	
Данные авторов							
П-3/3	24,83	0,0011	0,0029	0,0044	0,0116	99,98	0,38
Ор-1/2	19,51	0,0015	0,0010	0,0077	0,0051	99,99	1,51
Ор-1/1	16,81	0,0023	0,0029	0,0136	0,0172	99,97	0,79
СК-13	2,96	0,0046	0,0266	0,1554	0,8986	89,46	0,17
СК-15	1,38	0,0029	0,0059	0,210	0,428	99,36	0,49
СК-16	0,93	0,0034	0,0035	0,366	0,376	99,26	0,97
СК-14	0,60	0,0031	0,0029	0,517	0,483	99,00	1,07
Х-5	0,27	0,0005	0,0021	0,185	0,778	99,04	0,24
Х-4	0,24	0,0002	0,0005	0,083	0,208	99,71	0,38
Данные [23]							
1	40,53	—	—	0,01	0,025	99,97	0,40
1070	38,40	—	—	0,0052	Не опр.	—	—
1069	16,54	—	—	0,03	0,106	99,86	0,28

Органическая геохимия исследованных пород

Органическое вещество изученных углеродсодержащих пород состоит из нерастворимой части и битумоидов, причем нерастворимая составляющая заметно преобладает. По нашим данным и данным других исследователей, это — типичная картина. Малое количество битумоидов наблюдается даже в графитах пород гранулитовой фации метаморфизма [6, 26]. Однако полученные результаты свидетельствуют о том, что концентрация битумоидов в ОБ различных пород колеблется в довольно широких пределах (табл. 6), хотя почти во всех породах преобладает кислый битумоид — битумоид С (см. также [23, 24]). Следовательно, преобладание в составе битумоидной фракции спирто-

Таблица 7

Элементный состав миграционных шунгитов из Шуньги

Об- разец	C	H	N	O	S	Вода сверх 100%	Источник сведений*
I	93,45	0,99	0,70	4,86	—	—	В. Алексеев, 1893
II	94,20	0,83		4,97	—	2,23	К. Лисенко, 1877
III	99,12	0,44		0,44	—	7,76	А. Иностранцев, 1879
IV	95,13	0,73	0,99	2,72	0,43	4,79	Н. Орлов и др., 1932
V	96,80	0,55	1,01	1,20	0,44	6,52	То же
VI	97,3	0,80	—	2,20	—	—	В. Веселовский, 1955
VII	93,0	0,80	0,70	5,50	Не опр.	—	В. Горощко и др., 1967

* Ссылки на упоминаемых авторов см. в [27].

**Элементный состав углеродистого вещества
из различных осадочно-метаморфических пород докембрия
(Brooks, 1969 — личные сообщения), %**

Порода, включающая углеродистое вещество	C	H	S	O	N
Архей					
Сульфидоносные сланцы, Западная Австралия	95,3	0,6	1,4	Не опр.	Не опр.
Глинистые сланцы, Западная Австралия	94,8	0,7	1,3	Не опр.	Не опр.
Протерозой					
Мак-Артур-Ривер, Австралия	84,4	5,3	2,5	6,5	1,3
Маунт-Айза, Австралия	93,5 93,9	1,9 1,6	4,7 3,8	Не опр. Не опр.	0,5 0,5
Тухолиты, Южная Африка	81,1 87,7	4,0 4,9	— 2,8	Не опр. 11,7	Не опр. Не опр.

бензольного экстракта (битумоид С) — характерная особенность высокометаморфизованных первично-осадочных пород докембрия Балтийского щита.

Элементный состав углеродистого вещества в целом, а также состав нерастворимого ОВ ряда докембрийских пород характеризуется высоким содержанием углерода, небольшим количеством водорода и большой величиной отношения С/Н при незначительном выходе летучих компонентов (таблицы 7—10). Все это подтверждает высокую степень преобразованияности ОВ докембрийских толщ.

Анализ элементного состава хлороформенного битумоида А графитистых пород оз. Кукас (образцы 1, 1069, 1070) показал (табл. 11), что он имеет ярко выраженный восстановленный характер — сумма гетероэлементов в нем не превышает 6,74%, в то время как сумма гетероэлементов в кианитовых сланцах (СК-18, СК-19) и шунгите (ВШ-89) колеблется от 11,27 до 21,95%. Более кислым составом отличается битумоид С_{сп. бенз.}, в котором сумма гетероэлементов варьирует от 12,75 до 36,47%. Групповой состав битумоидов А и С различных пород приведен в таблицах 11 и 12. Углеводородная часть графитистых сланцев оз. Кукас довольно велика — более 65% (табл. 11). Для них характерно повышенное содержание спиртобензольных смол и малое содержание асфальтенов, тогда как в других породах количество асфальтенов сопоставимо с количеством спиртобензольных смол.

Таблица 9

**Характеристика состава углеродистого вещества
сланцев Тимана (кислоручейская свита, Ярегский участок)
(данные [25])**

Проба	Элементный состав, %			Соотношение	
	C	H	O+N+S	H/C	H/(O+N+S)
25	83,05	11,23	5,72	0,14	1,96
118	84,08	11,96	3,96	0,14	3,02
122	83,59	12,56	3,85	0,15	3,26

Характеристика состава углеродистого вещества некоторых пород докембрия Карельского региона (данные авторов и [23, 24])

Порода (число образцов)	Элементный состав, %						Зольность, %	С/Н	Выход летучих, %
	С	Н	S	N	O				
Органическое вещество в целом									
Антрацитоподобная порода (4)	75,73—94,04	0,63—0,78	0,26—0,32	0,96—1,20	3,00—4,22	18,05—18,32	97,09—121,94	—	—
Шунгит I (4)	92,09—98,77	0,25—0,81	—	0,43	4,80—4,90	0,45—2,20	113,69—395,08	—	—
Шунгит II (6)	43,82—74,10	0,22—0,65	—	—	0,12—3,49	24,45—48,51	84,25—336,82	—	—
Шунгит III (1)	35,90	0,90	—	6,3	—	—	39,9	—	—
Нерастворимое органическое вещество									
Графитистая порода (1)	82,41	0,34	0,78	0,21	16,47	—	242,38	1,37	6,95
Графитоидные сланцы	90,11	0,98	—	0,23	—	—	92,00	6,95	5,71
	92,03	0,98	—	—	—	—	93,90	5,71	5,97
	94,24	0,65	4,45	—	0,66	—	145,00	—	—

В битумоиде А этих пород (табл. 12) не наблюдается резкого преобладания спиртобензольных смол над бензольными, отмеченного для графитистых пород хирвинаволоковской свиты (табл. 11).

Все эти различия в концентрации и составе органических компонентов как нерастворимой части ОВ, так и битумоидной составляющей, по-видимому, отражают неоднородность первичного состава ОВ, накопившегося в различных структурно-фациальных зонах седиментационных бассейнов прошлого.

К числу органических соединений, обнаруженных в первично-осадочных породах докембрия, относятся и аминокислоты, которые вхо-

Таблица 12

Характеристика битумоидных компонентов углеродсодержащих пород докембрия

Образец	Битумоид А				Битумоид С			
	Масла	Смолы		Асфальтены	Масла	Смолы		Асфальтены
		Бензольные	Спиртобензольные			Бензольные	Спиртобензольные	
П-3/3	8,16	12,24	26,53	22,44	15,57	10,65	18,03	24,59
Ор-1/1	28,25	13,88	27,57	25,92	11,21	27,01	27,01	26,09
Ор-1/2	9,52	12,69	22,22	34,92	9,53	11,90	23,80	38,09
Х-5	Не разделяется из-за малого количества				23,17	22,58	6,45	34,40
СК-13	15,20	11,69	41,52	11,69	3,73	1,01	—	83,90
СК-14	29,46	11,60	43,75	14,28	27,61	6,66	26,66	27,61
СК-15	47,54	11,47	14,52	22,81	11,93	24,52	28,52	26,89
СК-16	22,72	14,28	27,92	22,72	17,00	29,22	19,10	28,40

дят в состав белков живых организмов. В анализируемых породах обнаружено двенадцать связанных аминокислот (табл. 13), причем отмечено больше аминокислот простого состава, которые отличаются значительной термической и химической устойчивостью (глицин, аланин, валин, глутаминовая кислота, лейцин). Различия в содержании аминокислот зависят, по-видимому, от условий седиментогенеза и степени метаморфизма первично-осадочных пород.

Таблица 13

Содержание аминокислот в углеродсодержащих породах докембрия, мкг/г

Аминокислота	Образец							
	ВШ-84	КРШ-85	КРШ-III ^a	Ор-1/2	П-3/3	Х-4	СК-15	СК-17
Лизин	0,21	0,19	0,17	0,20	0,60	0,58	0,70	0,57
Аспарагиновая кислота	0,45	0,53	0,19	0,62	1,56	0,67	0,55	0,10
Треонин	0,11	0,23	0,17	0,21	0,70	0,30	1,05	0,55
Серин	0,58	0,66	0,44	0,31	1,55	0,67	1,31	1,26
Глутаминовая кислота	0,92	0,91	0,56	1,14	3,16	1,28	2,51	3,46
Глицин	0,78	0,76	0,57	0,58	2,13	1,06	1,99	1,45
Аланин	0,63	0,54	0,46	0,58	1,38	0,57	1,91	0,84
Валин	0,59	0,44	0,36	0,51	1,54	0,95	2,37	0,58
Изолейцин	0,26	0,12	0,17	0,20	0,50	0,23	1,12	—
Лейцин	0,32	0,27	0,24	0,38	0,80	0,40	1,92	—
Фенилаланин	0,21	Сл.	Сл.	Сл.	0,54	0,35	0,92	—
Пролин	—	—	—	—	Сл.	Сл.	1,52	0,56
Всего	5,06	4,65	3,33	4,73	14,46	7,06	17,87	9,37

Характеристика битумоидных компонентов органического вещества некоторых пород докембрия (данные авторов и [6, 23])

Образец	Хлороформенный экстракт (битумоид А)				С/Н	Углеводороды	Групповой состав				Спиртобензолный экстракт (битумоид С)				Соотношение битумоидов А и С
	Элементный состав		С/Н	О+N+S			Смолы	Асфальтены	Асфальтеновые комплексы	Элементный состав			С/Н		
	С	Н								С	Н	N+S+O			
1	83,79	12,90	6,49	3,31	65,44	4,90	25,24	2,70	—	57,30	6,23	36,47	0,40		
1069	80,42	12,84	6,28	6,74	46,80	3,80	39,70	4,70	5,0	64,99*	8,12	26,38	0,28		
1070	84,20	12,58	6,69	3,22	63,60	7,10	24,70	1,40	3,2	75,82	11,43	12,75	—		
СК-18	75,70	11,75	6,45	—	—	7,80	48,7	4,3	—	Не определялись					
СК-19	67,00	11,05	6,05	21,95	Не определялись	Не определялись				Не определялись					
ВШ-89	71,70	10,73	6,67	11,27	Не определялись	Не определялись				Не определялись					

* Две фазы экстракта анализировались отдельно.

Однако следует иметь в виду, что все содержащееся в исследованных ОМПД органическое вещество — это остаточная органическая субстанция. Как известно, ощутимые потери сопровождают трансформирующееся ОВ уже начиная с катагенной стадии превращения осадков в осадочные породы. Эти потери продолжаются и на всех последующих стадиях метаморфизма, пока, наконец, нерастворимая керогеновая, а впоследствии углеродистая часть органической материи метаморфизирующейся породы не завершит своей трансформации графитовой фазой. Расчеты многих исследователей показывают, что в общей сложности осадочные породы при трансформации теряют до 30% начальной массы первично накопленного ОВ.

Иначе говоря, ОМПД, содержащие сейчас более 15—35% C_о, на определенной стадии развития либо могли представлять собой породы, аналогичные горючим сланцам, либо это были метаморфизованные реликты обычных нефтеносных толщ или даже месторождений. В определенной степени это предположение подтверждается и тем, что иногда углеродистые отложения докембрия сохраняют способность гореть. Так, например, горят углеродистые породы толщи Унгава в Канаде (абсолютный возраст толщи более 2,0 млрд. лет), а также кольграфит углеродистых пород юго-западной Гренландии (возраст 1,8—2,0 млрд. лет), содержащий 72—90% горючего вещества с теплотворной способностью 31 350—32 061 кДж/кг, и антрацитоподобная углеродистая порода верхнего гурона штата Мичиган (США).

Заклучение

Полученные данные свидетельствуют о весьма вероятном существовании в докембрии проявлений и даже месторождений горючих сланцев и нефти. Очевидно, что региональный метаморфизм в конечном счете превращал эти образования в высокоуглеродистые и графитовые толщи. Именно на этой стадии горючие ископаемые докембрия — сланцы и нефть — переходили в качественно новое состояние, т. е. становились негорючими полезными ископаемыми в шунгитовых и графитовых месторождениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоренко А. В., Сидоренко Св. А. Докембрийский осадочно-метаморфический фундамент как один из источников углеводородов в земной коре. — В кн.: Современные проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых. М., 1973, с. 72—79.
2. Сидоренко Св. А. Органическое вещество в докембрии: проблема «абиогенности» и другие проблемы в познании и генетической интерпретации. — В кн.: Исследования органического вещества современных и ископаемых осадков. М., 1976, с. 74—78.
3. Вассоевич Н. Б., Соколов В. А. О нефтегазоносности платформенных образований докембрия. — В кн.: Корреляция докембрия, т. 1. М., 1977, с. 288—298.
4. Лопатин Н. В. Образование горючих ископаемых. — М., 1983.
5. Клауд П. Криптозойская биосфера: ее разнообразие и геологическое значение. — В кн.: 27-й Международный геол. конгр.: Геология докембрия. Секция С. 05. Докл., т. 5. М., 1984, с. 76—86.
6. Сидоренко Св. А., Сидоренко А. В. Органическое вещество в осадочно-метаморфических породах докембрия. — М., 1975.
7. Сидоренко Св. А. Жизнь в докембрии в свете современных данных по органическому веществу. — В кн.: 27-й Международный геол. конгр., с. 86—92.
8. Сидоренко А. В. Проблемы осадочной геологии докембрия. — Сов. геология, 1963, № 4, с. 3—23.

9. Голубев А. И., Ахмедов А. М., Галдобина Л. П. Геохимия черносланцевых комплексов нижнего протерозоя Карело-Кольского региона. — Л., 1984.
10. Сидоренко А. В., Сидоренко Св. А. О распространенности предположительно биогенного углерода в докембрии. — ДАН СССР, 1968, 183, № 1, с. 181—184.
11. Сидоренко Св. А. Органический углерод в докембрийских седиментогенно-метаморфогенных породах и циклах. — В кн.: Всесоюз. совещ. по геохимии углерода : Тез. докл. М., 1981, с. 184—187.
12. Сидоренко Св. А., Теняков В. А. О соотношении масс биогенного углерода в докембрии и фанерозое (к потенциалу нефтегазоносности докембрия). — В кн.: Эволюция нефтегазообразования в истории Земли : Тез. докл. IV Всесоюз. семинара. М., 1984, с. 56.
13. Проблемы осадочной геологии докембрия : Углеродистые отложения и их рудоносность; вып. 7, кн. 1; кн. 2, с. 258. — М., 1981.
14. Cameron E. M., Jonnasson T. R. Mercury in Precambrian shales of the Canadian Shield. — Geochim. Cosmochim. Acta, 1972, 36, p. 985—1006.
15. Ронов А. Б. Органический углерод в осадочных породах (в связи с их нефтеносностью). — Геохимия, 1958, № 5, с. 409—423.
16. Schidlowski M. Content and isotopic composition of reduced carbon in sediments. — In: Mineral Deposits and the Evolution of the Biosphere; Pahllem Konferenzen, 1982 / Eds. H. Holland, M. Schidlowski. Berlin; Heidelberg; New York, 1982, p. 103—122.
17. Cameron E. M., Carrels R. M. Geochemical composition of some Precambrian shales from the Canadian Shield. — Chem. Geol., 1980, 28, p. 181—197.
18. Предовский А. А., Сидоренко Св. А., Мележик В. А. и др. Геологическое значение закономерностей распределения органического углерода в метаосадочных породах кольского докембрия. — В кн.: Вулканизм и седиментогенез докембрия Кольского полуострова. Апатиты, 1982, с. 6—39.
19. Предовский А. А., Сидоренко Св. А., Мележик В. А. и др. Парагенез углеродистых пород и особенности распределения органического углерода в метаосадочных толщах докембрия Кольского региона. — В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия; вып. 9. М., 1985, с. 71—86.
20. Ронов А. Б., Ярошевский А. А. Новая модель химического строения земной коры. — Геохимия, 1976, № 12, с. 1763—1794.
21. Сидоренко Св. А., Теняков В. А. Осадочно-метаморфическая оболочка Земли как источник биогенных углеводородных эманаций. — В кн.: Дегазация Земли и геотектоника. М., 1985 (в печати).
22. Ронов А. Б. Осадочная оболочка Земли. — М., 1980.
23. Мишунина З. А., Бискэ Н. С. К геохимии углеродистого вещества докембрийских пород Юго-Западной и Северной Карелии. — В кн.: Минералогия и геохимия докембрия Карелии. Петрозаводск, 1979, с. 131—145.
24. Мишунина З. А., Корсакова А. Г. Геохимия керогена графитоидных и шунгитовых сланцев и карбонатов протерозоя Южной Карелии. — Сов. геология, 1977, № 3, с. 40—55.
25. Плякин А. М., Исаева Г. А. Органическое вещество и рудная минерализация докембрийских сланцев среднего Тимана. — В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия; вып. 7, кн. 1. М., 1981, с. 92—96.
26. Петерсилье И. А., Федкова Т. А., Павлова М. А. Газы и органическое вещество в породах гранулитового комплекса архея Кольского полуострова. — Геохимия, 1979, № 12, с. 1883—1888.
27. Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования. — Петрозаводск, 1975.

Представил Д. Л. Кальо

Поступила в редакцию
22. 01. 1985

Геологический институт
Академии наук СССР
г. Москва

CARBON-BEARING ROCKS OF THE LOWER PRECAMBRIAN BAL TIC SHIELD AS FORMER OIL SHALES

Carbon-bearing rocks are of the oldest sedimentary formations of the Earth. Remnants of lower algae, organic compounds, isotope and other data testify to the biogenic origin of the carbonaceous organic matter in the Precambrian sedimentary-metamorphic complexes.

High productivity of blue-green algae and almost complete fossilization of organic matter led to large accumulations of sapropelic organic matter in the Lower Precambrian that provided the source of oil shale rocks.

High concentrations of C_0 of the sapropelic type, the presence of hydrocarbons, amino acids, gases might be indicative of oil shales in the Precambrian. In the course of progressive metamorphism precambrian oil shales were subsequently transformed in shungite, carbon-bearing and graphite rocks.

*Academy of Sciences of the USSR,
Geological Institute
Moscow*