

Г. С. ХАРИН, В. Э. КЫРВЕЛ

ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОПОСТАВЛЕНИЕ КЕРОГЕНИСТЫХ ПОРОД НИЖНЕГО ОРДОВИКА ЭСТОНИИ И ДНА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

G. KHARIN, V. KYRWEL

LITHOLOGICAL-GEOCHEMICAL COMPARISON OF LOWER- ORDOVICIAN KEROGEN-BEARING ROCKS ON THE ESTONIAN MAINLAND AND THE BALTIC SEA BOTTOM

Как известно [1—3], на территории северной и северо-западной Эстонии в нижнем ордовике развиты керогенсодержащие аргиллиты (диктионемовые сланцы), представляющие интерес как потенциальное энергетическое сырье, к тому же обогащенное рядом цветных и редких металлов. При региональных геологических исследованиях дна Балтийского моря керогенсодержащие породы были также обнаружены севернее и северо-западнее о. Хийумаа и в южной части Ботнического залива [4, 5]. Керогенсодержащие диктионемовые сланцы нижнего ордовика встречаются и западнее, в районе г. Осло и в других местах [6].

Таким образом, в Балто-Скандинавском регионе намечается широкое развитие керогенсодержащих пород нижнего ордовика, обособленных сейчас в виде отдельных полей и приуроченных к разным структурам склонов Балтийского щита, Балтийской и Прибалтийской синеклиз. Естественно, возникают вопросы: принадлежат ли указанные керогенсодержащие породы к одному стратиграфическому горизонту, сформировались ли они в едином палеобассейне, какая фациальная обстановка была в этом бассейне и т. д.

Авторы публикуемой статьи полагают, что литолого-геохимическое изучение и сравнение керогенсодержащих пород названных регионов позволит приблизиться к решению перечисленных вопросов.

Характеристика керогенистых пород

Образцы керогенсодержащих аргиллитов со дна Балтийского моря получены драгировками из 15 подводных обнажений, расположенных севернее и северо-западнее о. Хийумаа (рис. 1) на глубинах от 20 до 100 м. Вместе с аргиллитами отобраны образцы подстилающих и перекрывающих пород. Первые представлены алевролитами и песчаниками, принадлежащими, по заключению Э. А. Пирруса и Л. Я. Пылма, к талсинскому и раусвескому горизонтам нижнего кембрия, вторые — песчаниками, алевролитами и известняками, которые, по заключению тех же специалистов и Х. Э. Нестора, относятся к пакепортскому и кундаскому горизонтам нижнего ордовика и к азери-скому, ласнамягискому, йыхвискому, ракверескому и набаласкому горизонтам среднего и верхнего ордовика.

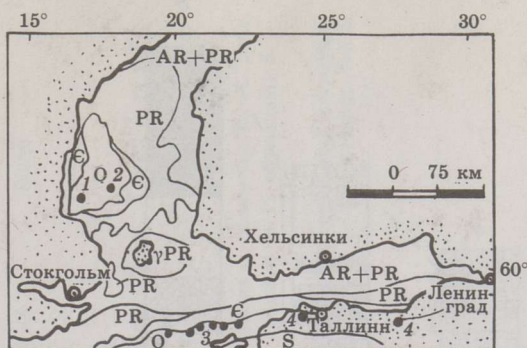


Рис. 1. Схема геологического строения дна Северной Балтики [7] и местоположение проявлений и месторождений керогенистых пород: S — силур, O — ордовик, Э — кембрий, PR — протерозой, γ PR₁ — нижнепротерозойские граниты (рапакиви), AR + PR — археозой и протерозой; 1—4 — проявления и месторождения керогенистых пород: 1 — на банке Вястра, 2 — на банке Финgrundет, 3 — в северной части Балтийского моря, 4 — в северной и западной частях Эстонии

Fig. 1. Geological composition of the Baltic Sea bottom [7] and kerogenic rocks displays and deposits location. Legends: S — Silurian, O — Ordovician, Э — Cambrian, PR — Proterozoic, γ PR₁ — Low Proterozoic granites (rapakivi), AR + PR — Archean-Proterozoic; 1—4 — displays and deposits of kerogenic rocks: 1 — on Västra bank, 2 — on Finngrundet bank, 3 — in the north part of the Baltic Sea, 4 — in the north and west regions of Estonia

Образцы керогенистых аргиллитов из подводных обнажений несут следы гальмиролитических изменений. Они легко рассыпаются на тонкие пластинки по слоистости, имеют разрыхленную и обесцвеченную поверхность, а в центральной части более плотные, темно-коричневого цвета. В аргиллитах встречаются песчаные прослойки и линзы, отмечается мелкая вкрапленность пирита. Часто в образцах аргиллитам сопутствовали окисленные пиритизированные песчаники и плоские (толщиной до 3—5 см) вкрапления сливного пирита, по-видимому, залегающего в толще аргиллитов в виде линз.

В Ботническом заливе пачка керогенсодержащих пород залегают на глинах нижнего кембрия и перекрывается оболочными песчаниками и глауконитовыми известняками нижнего ордовика (рис. 2). В ее составе имеются прослой черных аргиллитов, оболочных песчаников и слой глинистого битуминозного(?) (керогенистого) «вонючего» известняка [5]. Битумы содержатся и в оболочных песчаниках. В аргиллитах отмечены включения пирита и вивианита. Обнаружены фрагменты граптолитов, которые, по предварительным определениям [5], принадлежат к видам *Dictyonema sociale* (Salter) и *D. flabelliforme* (Eichwald). В Ботническом заливе мощность пачки керогенистых пород колеблется от 0,2 м (на банке Вястра) до 1 м (на банке Финgrundет). В Балтийском море, судя по данным драгировок и высоте уступов с обнажениями аргиллитов, мощность пачки до единичных метров, в северо-западной части Эстонии — 4—8 м [1, 2].

Следует обратить внимание на то, что в Эстонии пачка керогенистых аргиллитов подстилается толщей оболочных песчаников с фосфоритовым конгломератом в основании, а в Ботническом заливе пачка аргиллитов перекрывается оболочными песчаниками. Последние в виде прослоев присутствуют и среди аргиллитов. Это указывает на фа-

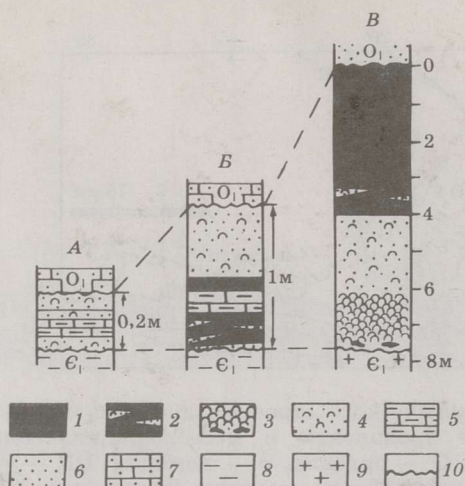


Рис. 2. Сопоставление разрезов керогенсодержащих и фосфатоносных отложений нижнего ордовика Балтийского моря (А — банка Вястра, Б — банка Фингрудет) и северной Эстонии (В). Условные обозначения: 1 — керогенистые аргиллиты, 2 — керогенистые аргиллиты с прослоями фосфатоносных песчаников, 3 — фосфоритовый ракушняк (оболовый конгломерат), 4 — оболочный песчаник, 5 — керогенистый известняк, 6 — глауконитовый песок и песчаник лээтсеского горизонта нижнего ордовика, 7 — глауконитовый известняк нижнего ордовика, 8 — глины и алевролиты нижнего кембрия, 9 — кварцевый песчаник талсинского горизонта нижнего кембрия, 10 — поверхность перерыва. Разрезы составлены по данным [1, 2, 5, 8]

Fig. 2. Comparison of kerogen-bearing and phosphate-bearing profiles of Low Ordovician deposits in the Baltic Sea (A — Västra bank, B — Finngrundet bank) and North Estonia (B). Legends: 1 — kerogenic argillites, 2 — kerogenic argillites containing phosphate-bearing sandstone, 3 — phosphorite shells (obolus conglomerate), 4 — obolus sandstone, 5 — kerogenic limestone, 6 — glauconitic sand and sandstone of Läätsess horizons, Low Ordovician, 7 — glauconitic limestone of Low Ordovician, 8 — Low Cambrian clays and aleurites, 9 — quartz sandstone of Talsin horizons, Low Cambrian, 10 — hiatus surface. The profiles are compiled according to the data from [1, 2, 5, 8]

циальные переходы между фосфоритоносными и керогенсодержащими отложениями. О фациальных изменениях керогенсодержащих осадков по простиранию горизонта свидетельствуют также присутствие слоя известняков среди аргиллитов и значительно большая общая карбонатность (известковистость) пород продуктивного горизонта в Ботническом заливе по сравнению с Балтийским морем и материковой Эстонией.

Состав керогенистых пород

Среди керогенистых пород на дне моря встречены в основном две разновидности — аргиллиты и известняки. Керогенистые аргиллиты, называемые в Эстонии диктионемовыми аргиллитами (сланцами), а в Швеции — квасцовыми сланцами, характеризуются невысоким содержанием органического вещества (ОВ) — до 12—14% и выходом битумного экстракта 0,05—0,1%. Диктионемовые сланцы север-

Таблица 1. Химический состав керогенистых пород нижнего ордовика Балтийского моря, Ботнического залива, западной Эстонии и южной Норвегии, %
Table 1. Chemical composition of kerogenic rocks of Low Ordovician in the Baltic Sea, Gulf of Bothnia, West Estonia and South Norway, %

Проба*	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	П. л. п. FeS ₂	Зола	Легучие
Балтийское море, керогенистый аргиллит													
1	52,36	0,57	12,45	4,73	0,05	0,93	0,88	0,23	7,56	0,60	19,44	—	80,56
Ботнический залив, керогенистый известняк [5]													
2	—	1,39	—	3,78	0,14	1,03	31,23	—	—	6,79	—	—	—
3	—	1,23	—	2,03	0,26	0,83	37,53	—	—	4,28	—	—	—
Западная Эстония, диктионемовый сланец месторождения Маарду [3]													
4	50,92	0,74	12,33	3,58	0,02	1,19	0,74	1,30	6,90	0,16	18,98	3,89	81,02
Южная Норвегия, диктионемовый сланец [6]													
5	—	0,89	16,28	1,02	0,005	1,13	0,10	0,66	6,37	—	—	—	—

* 1 — среднее по 4 образцам (анализы выполнены в центральной лаборатории ПО «Запсибгеология», аналитик И. А. Дубровская); 2 — среднее по 3 образцам с банки Ваэра; 3 — образец с банки Фингрудет; 4 — среднее по 11 образцам; 5 — среднее по 3 образцам.

* 1 — Baltic Sea, the average for 4 kerogenic argillite samples; 2 — Gulf of Bothnia, Västra bank, the average for 3 kerogenic limestone samples [5]; 4 — the average for 11 dictionema shale samples, Maardu deposit, Estonia [3]; 5 — the average for 3 dictionema shale samples of South Norway [6].

Таблица 2. Микроэлементы в керогенистых породах нижнего ордовика Балтийского моря, Ботнического залива, западной Эстонии и южной Норвегии, $\% \times 10^{-4}$
 Table 2. Microelements in kerogenic rocks of Low Ordovician in the Baltic Sea, Gulf of Bothnia, West Estonia and South Norway, $\% \times 10^{-4}$

Показатель	Va	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Zr	Sn	As	Mo	V	Ga	Nb	I	Ib	Sr	Be	Au	Ag
C _c *	800	57	20	80	20	95	200	10	6,6	2	130	30	20	30	3	450	3	0,001	0,1
Балтийское море																			
Пробы керогенистого аргиллита**:																			
1	500	100	100	100	6	70	200	2	100	30	400	20	10	40	4	100	3	0,005	2
2	700	100	300	100	7	80	400	2	100	60	600	20	20	60	4	100	3	0,003	2
3	500	100	80	50	5	20	300	2	100	10	300	10	10	40	4	100	4	0,003	1
4	500	100	100	100	7	60	300	3	100	50	300	20	10	50	4	100	3	0,007	3
5	700	80	70	70	3	20	300	2	200	7	600	8	20	50	5	100	2	0,003	1
6	300	40	50	30	5	20	200	—	—	4	100	7	20	20	1	100	3	0,003	0,1
7	500	50	70	100	30	40	200	—	—	7	200	10	10	20	2	100	3	—	0,2
8	200	20	7	—	5	30	100	—	—	10	700	3	10	10	1	—	2	—	—
9	300	60	100	30	20	70	100	—	—	20	700	7	10	10	2	—	3	—	0,3
10	—	7	—	—	—	3	20	—	—	3	10	—	—	—	—	300	—	—	0,1
11	200	30	100	50	1	10	100	—	—	20	300	7	10	10	1	—	2	—	2
12	—	20	400	30	—	50	—	—	300	5	—	3	—	10	1	—	—	—	4
13	300	50	30	—	3	30	300	—	—	30	500	10	10	20	2	—	3	—	4
\bar{X}_1	409	58	117	66	8,4	39	210	2,2	150	20	392	10,4	12,7	28,3	2,6	125	2,8	0,004	1,6
Проба из ланзвидного простоя пирита**																			
14	100	20	2000	100	—	500	30	—	400	7	30	3	—	50	3	—	—	—	1
Ботнический залив, керогенистый известняк [5]																			
Проба с банки Фингрудет																			
15	200	26	1706	87	37,4	137	—	138	198	194	1874	—	—	—	—	684	0,7	—	5
Пробы с банки Вястра:																			
16	2700	27	94,5	49,4	10	133	—	3,8	700	14	2613	—	—	—	—	997	—	—	4,1
17	2200	19	440	49,8	206	142	—	3,6	628	8,8	2509	—	—	—	—	980	—	—	3,4
18	700	42	150,4	87,5	97,6	59,2	—	7,7	222	187	911	—	—	—	—	1150	1,8	—	4,3

Показатель	Va	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Zr	Sn	As	Mo	V	Ga	Nb	I	Ib	Sr	Be	Au	Ag
\bar{X}_2	1500	28,5	598	684	138	118	—	7,2	437	101	1977	—	—	—	—	953	0,63	—	4,2
З а п а д н а я \bar{X}_3	Эстония	—	83	119	181	—	97	—	66	274	855	—	—	—	—	85	—	—	—
Ю ж н а я \bar{X}_4	Норвегия	—	—	—	14	—	148	—	25	67	2587	18	—	—	4,2	—	—	—	—A

* Кларк для сланцев и глин по А. П. Виноградову [9].

** Анализы выполнены в центральной лаборатории ПО «Запсибгеология».

Note. 1—14 — samples collected from the Baltic Sea bottom to the northwest and north of Hiiumaa Island (1—13 — kerogenic argillites samples, 14 — sample from lenticular pyrite interlayer in argillites); 15—18 — kerogenic limestone samples from the cores, drilled in the Gulf of Bothnia [5] (15 — on Finngrundet bank; 16—18 — on Västra bank); \bar{X}_1 , \bar{X}_2 , \bar{X}_3 , \bar{X}_4 — average arithmetical contents: \bar{X}_1 — in the kerogenic argillites of the Baltic Sea, \bar{X}_2 — in the kerogenic limestones of Gulf of Bothnia, \bar{X}_3 — in dictyonema combustible shales of West Estonia, \bar{X}_4 — in Low Ordovician clays and dictyonema shales in the region of Oslo [6].

* C_c — clark for shales and clays according to A. P. Vinogradov [9].

** Analyses 1—14 are made in the Central Laboratory, PO Zapsibgeologia (Novokuznetsk).

ной Эстонии содержат до 13—15 % $C_{орг}$ и дают выход смолы 20,1 %, газового бензина 1,3 % и газа 13,5 % от массы ОВ. Отсутствие этих компонентов в образцах керогенистых аргиллитов из подводных обнажений можно объяснить как потерей их при гальмиролитическом выветривании, так и различными условиями преобразования осадков.

В керогенистых аргиллитах Балтийского моря содержание нерастворимого остатка достигает 85—90 %. В его гранулометрическом составе, судя по данным измерения размеров частиц под микроскопом и на счетчике Коултера, преобладают частицы пелитовой фракции.

Минеральный состав нерастворимого остатка, по данным дифрактометрии и термического изучения, характеризуется преобладанием гидрослюд (аналитики М. В. Карпенко и В. С. Пестова, Центральная лаборатория ПО «Запсибгеология», г. Новокузнецк).

Присутствующая в небольших количествах (около 5 %) алевритовая фракция представлена зернами кварца (2 %), полевыми шпатами (1 %), глауконитом (0,3 %), кремнистыми диатомоподобными остатками (0,1 %), роговой обманкой (0,3 %), недиагностированными цеолитоподобными минералами (0,5 %) и мелкими зернами сульфидов.

Для химического состава керогенистых аргиллитов Балтийского моря, как и для диктионемовых сланцев Эстонии, характерно повышенное содержание кремнезема и калия (табл. 1). Обращает на себя внимание низкое содержание магния и кальция.

Керогенистые породы Ботнического залива отличаются высокой карбонатностью. Содержание $CaCO_3$ в продуктивной керогенсодержащей пачке колеблется от 1,3 до 66,8 % [5]. В этих породах отмечается и повышенное содержание фосфора — до 7,86 % P_2O_5 ; среднее содержание P_2O_5 в образцах с банки Вястра 6,79 %, с банки Фингрудет 4,28 %. Содержание P_2O_5 повышено и в керогенистых аргиллитах Балтийского моря, где оно превосходит кларк для сланцев в 3—4 раза. В пробах керогенистых пород со дна Балтийского моря было определено содержание цветных металлов, редких, рассеянных и благородных элементов (табл. 2). Бросается в глаза значительная обогащенность этих пород свинцом, ураном, серебром и золотом по сравнению с кларковыми их содержаниями в сланцах. Коэффициент концентрации, то есть отношение содержания элемента в керогенистой породе к содержанию его в сланце, обычно более пяти. А для урана, содержание которого в керогенистых породах Ботнического залива достигает 0,2 % [5], и серебра этот коэффициент исчисляется соответственно несколькими десятками и сотнями единиц. Указанные элементы большей частью находятся в керогенистой фракции породы.

Другая группа элементов связана с карбонатной фракцией. К ним относятся в первую очередь Sr и Ba, а также, возможно, Co. Для этих элементов характерны повышенные концентрации в керогенистых известняках Ботнического залива и пониженные — в керогенистых аргиллитах Балтийского моря.

Элементы третьей группы (Cu, Zn, Ni, Zr, Sn, Nb, I, Ib, Be) связаны в основном с силикатной частью породы, поэтому их концентрации мало зависят от содержания керогена и карбонатов.

Характерная особенность как первой, так и второй групп элементов — большой диапазон вариаций содержания. Это, скорее всего, свидетельствует о том, что породы подверглись низкотемпературному термическому воздействию, которое стало причиной миграции и перераспределения элементов в керогене и карбонатах, но не затронуло элементы третьей группы, заключенные в силикатах.

Источник керогена и условия формирования осадков

У исследователей нет единого мнения относительно того, каков источник ОВ, участвовавшего в образовании керогенистых осадков. Высказывались предположения о их граптолитовой природе, водорослевой, акритарховой, смешанной автохтонно-аллохтонной (граптолитово-водорослево-микробиальной) [10]. Последнее мнение, по-видимому, наиболее близко к истине, хотя в различных регионах могут иметь место некоторые вариации в составе керогена, обусловленные преобладающим развитием одного из источников ОВ.

Данные о составе осадков и строении разрезов продуктивного горизонта свидетельствуют о том, что седиментация происходила в мелководном морском бассейне. Этот бассейн был, очевидно, достаточно велик и имел широкую связь с океаном Япетус (Пра-Атлантикой), откуда на шельф поступали глубинные воды с повышенным содержанием фосфатов.

В юго-западной части Балто-Скандинавского региона, представлявшего в раннем ордовике шельфовое море, существовал апвеллинг, обусловивший массовое развитие органической жизни на обширном мелководье. Там произошел расцвет как планктонных форм (синезеленые и харовые водоросли, динафлагелляты и др.), так и псевдопланктонных (граптолиты), прикреплявшихся к водорослям, и бентосных (брахиоподы-оболюсы). Последние заселяли поверхность приподнятых плато и мелководных банок с активным гидродинамическим режимом водной толщи, препятствующим отложению здесь глинистых осадков и развитию сероводородного заражения и способствующим переносу и нагромождению огромных масс створок беззамковых брахиопод [8]. В более пониженных участках моря со слабой гидродинамикой отлагались глинистые осадки, обогащенные веществом за счет отмирания водорослей, граптолитов, микробиального бентоса. Вполне возможно, что с обрамляющих участков суши (Балтийского щита) сюда поступали гумифицированные распреснённые воды. Все это способствовало стагнации и закислению среды, в результате чего ОВ сохранилось неразложившимся. В тех участках моря, где в отдельные моменты формирования продуктивной толщи имело место карбонатонакопление (Ботнический залив), ОВ в значительной мере подвергалось при диагенезе осадка деструкции, однако бескислородная среда на дне сохранялась. Об этом свидетельствует присутствие таких минералов, как вивианит и сульфиды железа.

Весьма существенен вопрос о источнике микроэлементов, концентрации которых значительно превышают кларковые. Наряду с преобладающим мнением о поступлении их с пенеценизированной суши, высказано также предположение о вулканогенном и гидротермальном источниках [6]. Возможно, такие источники могли существовать в активной части океана Япетус, который был сравнительно узким [11]. Указанные элементы могли поступать и из глубинного разлома Торнквиста-Тейссейра, расположенного в юго-западной части Балто-Скандинавского региона. Подтверждением предположения о вулканогенном источнике служат находки прослоев туфов и силлов основного состава среди тремадокских отложений нижнего ордовика на о. Рюген [12]. Но главным источником микроэлементов, особенно для северо-восточной части региона, скорее всего, все же был снос с суши. Региональные различия в составе кристаллических пород докембрийского фундамента Балтийского щита могли служить причиной значительных вариаций состава микроэлементов в керогенистых породах. Другой причиной вариаций качественного и количе-

ственного состава микроэлементов является динамотермальный метаморфизм [13]. Его влияние должно усиливаться в направлении к западу и юго-западу, где, как указано выше, расположены активные области океана Япетус и разлома Торнквиста-Тейссейра. Следует отметить, что именно процессы динамотермального метаморфизма способствуют образованию стратиформных месторождений редких и благородных элементов в черных сланцах [12].

Заключение

Таким образом, данные, характеризующие разрозненные на настоящий момент местонахождения керогенистых пород тремадокского возраста, позволяют заключить, что в нижнем ордовике на территории современной Балто-Скандинавии существовал обширный мелководный водоем, который представлял собой окраинное шельфовое море исчезнувшего океана Япетус. Из океана в море поступали глубинные воды, насыщенные фосфатами, а с пенеценизированной суши, находящейся на Балтийском щите, стекали гумифицированные распреснённые воды, приносившие большое количество микроэлементов.

В море создались условия для массового развития органической жизни и накопления на мелководных банках с активной гидродинамикой фосфоритоносных ракушняковых осадков (оболовые фосфориты, конгломераты), а в более глубоководных затишных участках — богатых органическим веществом илов, из которых впоследствии сформировались керогенистые аргиллиты (диктионемовые сланцы), известняки с повышенным содержанием фосфора, а также ряда редких, благородных и радиоактивных элементов. Фациальные различия и разные источники поступления биогенных элементов и микроэлементов (из глубин океана, с суши, а возможно, и в результате вулкано-генных и гидротермальных процессов) стали причиной различий в составе осадков и пород продуктивного фосфоритового и кероген-содержащего горизонта тремадокского яруса нижнего ордовика Балто-Скандинавского региона.

SUMMARY

The Lower-Ordovician Tremadoc kerogen-bearing rocks, which are of wide distribution on the Estonian mainland and in the Leningrad District, have also been discovered on different spots of the Baltic Sea bottom: north and north-west of Hiiumaa Island, in the southern Gulf of Bothnia (on the banks of Finngrundet and Västra), in the area of the city of Oslo etc. (Fig. 1). In the Baltoscandia, the Lower-Ordovician kerogen-bearing rocks form separate fields and are related with different structures on the slopes of the Baltic Shield and the Baltic Syncline.

The lithological-geochemical research into the kerogen-bearing rocks of the above-named regions, and their correlation is being carried out with the view of getting an answer to the following questions: Do these kerogen-bearing rocks belong into one stratigraphic region? Were they formed within the boundaries of a unitary palaeobasin? What were the facies conditions at that time? etc.

The paper presents the results obtained by studying the samples of kerogen-bearing rocks together with over- and underlying rocks (Fig. 2).

On the sea bottom, there appeared to prevail two varieties of kerogen-bearing rocks — argillites (in Estonia termed "dictyonema shale" and in Sweden "alum shale") and limestones. The following characteristics of kerogen-bearing rocks were studied: organic matter content and yield of bitumen extract, granulometric and mineral composition of insoluble residue, chemical composition of rocks (Table 1), the content of non-ferrous minerals and comprised scattered rare elements (Table 2).

The rocks discovered on the sea bottom differ from oil shales located on dry land. Facial variations, resulting from the intrusion of deep oceanic (Pra-Atlantic, Iapetus) waters into the Baltic Sea were elucidated. These waters transported the components, indispensable for the development of biota into the marginal shelf sea, that supplied material for the accumulation of kerogen-bearing rocks and phosphorites.

As a rule, the carbonate and phosphorus content of kerogen-bearing rocks increases westwards. The kerogen-bearing rocks occurring on the sea bottom are enriched in lead, uranium, silver and gold. These and other microelements, mainly related with the kerogen-bearing fraction, are of uneven distribution. High concentrations of strontium, barium and cobalt are characteristic of the carbonate fraction.

Microelements, entering the sea basin where kerogen-bearing Tremadoc rocks were accumulating, originated both from the rift zone of the Iapetus Ocean and adjacent penepain, related to the eastern part of the Baltic Shield.

The data obtained by studying different deposits of Tremadoc kerogen-bearing rocks suggest that a large shallow body of water, the marginal shelf sea of the Iapetus Ocean, covered the current area of Baltoscandia in the Lower Ordovician.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология республик Советской Прибалтики. — Л., 1982.
2. Кивимяги Э. К., Лоог А. Р. Диктионемовые сланцы Эстонской ССР // Формации горючих сланцев. Таллинн, 1973. С. 11—17.
3. Киррет О. Г., Поликарпов К. К., Луковская Н. Л. и др. О составе и свойствах диктионемового сланца месторождения Маарду // Изв. АН ЭССР. Сер. техн. и физ.-мат. наук. 1957. № 2. С. 150—184.
4. Харин Г. С., Кырвел В. Э. Литолого-геохимическое сопоставление граптолитовых аргиллитов ордовика Эстонии и Балтийского моря // Геологическое строение и развитие Балтийского моря и закономерности формирования минеральных ресурсов. Таллинн, 1988. С. 91—93.
5. Thorslund P., Axberg S. Geology of the southern Bothnian Sea // Bull. of Geol. Instit. of the Univ. of Uppsala, New Ser. 1979. V. 8.
6. Berry W. B. N., Wilde P., Quinby-Hunt M. S., Orth Ch. Trace element signatures in Dictyonema Shales and their geochemical and stratigraphic significance // J. Nor. geol. tidsskr. 1986. V. 66, No. 1. P. 45—51.
7. Emelyanov E. M., Kharin G. S. Geological map of eastern and southeastern Baltic Sea // The Baltic Sea. Geological Survey of Finland: Sp. Paper. 1988. No. 6. P. 59—67.
8. Хейнсалу Х. Н. Литологические особенности нижнетремадокских отложений Северной Эстонии и оболовый фосфорит // Осадочные полезные ископаемые Прибалтики и их рациональное использование. Рига, 1985. С. 37—44.
9. Краткий справочник по геохимии. — М., 1977.
10. Жмур С. И. Происхождение горючих сланцев ордовика Прибалтийской синеклизы // Литол. и полезн. ископ. 1988. № 6. С. 78—86.
11. Ted N. The myth of the proto-Atlantic // New Sci. 1988. V. 120, No. 1640. P. 26.
12. Глушко В. В., Дикенштейн Г. Х., Шмидт К. Каледониды острова Рюген // Докл. АН СССР. 1974. Т. 214. № 4. С. 885—887.
13. Ермолаев Н. П., Созинов Н. А. Стратиформное рудообразование в черных сланцах. — М., 1986.

Институт океанологии
Академии наук СССР
г. Калининград

Представил А. В. Раукас
Поступила в редакцию
06.06.90

Academy of Sciences of the USSR,
Institute of Oceanology
Kaliningrad

Presented by A. Raukas
Received 06.06.90