

тика органического  
сторожения (при-  
А. Т. 1, № 3. С.

упила в редакцию  
22.09.1988

УДК 550.42 : 552.52(474.2)

Э. М. ПУККОНЕН

**МАКРОЭЛЕМЕНТЫ И МАЛЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
В ГРАПТОЛИТОВОМ АРГИЛЛИТЕ ЭСТОНИИ**

В северной части Эстонии, от о. Хийумаа до г. Нарва, распространена толща тремадокских темно-коричневых граптолитовых аргиллитов (диктионемовых сланцев) тюрисалусской свиты. В пределах материковой части территории ее мощность постепенно уменьшается с запада на восток от 7 до 1 м. К западу, на островах, мощность сокращается более резко: на о. Хийумаа она в основном не превышает 1 м (рис. 1).

Изучение химического состава граптолитовых аргиллитов началось в середине прошлого столетия. А. Купфер охарактеризовал содержание макрокомпонентов в образцах из обнажения Онтика и обнажения близ Таллинна [1]. Позже в ряде работ был описан макрокомпонент-

carboniferous period  
samples taken from  
5 m from the roof  
the yield of organic  
of rock (8—8.5 %  
on kerogen, i. e.  
and its oil-generating

study are similar in  
13.4—13.8 %). The  
of, that of aromatic  
composition from  
5). It is supposed  
the Triassic shales

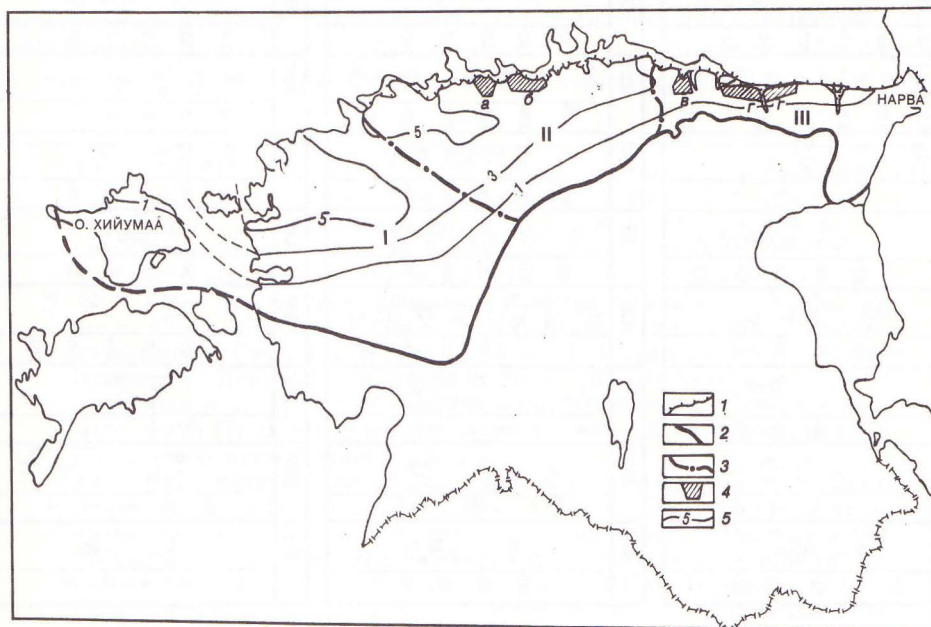


Рис. 1  
Схема распространения граптолитовых аргиллитов Эстонии: 1 — глинт, 2 — линия выклинивания тюрисалусской свиты, 3 — границы геохимических зон (зоны: I — западная, II — центральная, III — восточная), 4 — месторождения фосфоритов (а — Маардуское, б — Тситре-Валклаское, в — Тоолсеское, г — Азериское), 5 — изобахиты, м

H <sub>opr</sub>	Be*	B*	C <sub>opr</sub>	N <sub>opr</sub>	O <sub>opr</sub>	Na	Mg	Al	Si	P	S <sub>i</sub>	S <sub>opr</sub>	K	Ca	Sc*	Ti	V*
1,4			13		7,2	0,20	1,0	8	25	0,14		0,8	7	2,7	16	0,6	
1,3			12		10	0,18	0,9	7	13	0,13	6	0,7	16	2,4	14	1200	
1,2			11		11	0,16	0,8	4	10	0,12	5	0,6	10	2,9	12	1000	25
1,1			10		3	0,14	0,7	2	10	0,11	4	0,5	10	0,8	10	800	14
1,0			9		2	0,12	0,6	6	23	0,10	3	0,4	5	0,5	8	600	19
					1	0,10	0,5	5	22	0,09	2	0,3	4	0,4	6	400	19
						0,08	0,3			0,06		0,2		0,3	4		13
Cr*	Mn*	Fe	Co*	Ni*	Cu*	Zn*	Ga*	As*	Se*	Br*	Rb*	Sr*	Y*	Zr*	Nb*	Mo*	Ag*
		6	39	160	160	300					210			380		406	
		5	24	140	140	250					130		50	330		388	17
100	0,03	16	21	120	120	200				5	120		40	170	200	354	21
80	0,02	14	14	100	100	150				4	80		30	160	20	20	19
60	0,01	4	12	80	80	100				3	70		20	150	160	14	0,7
40		3	10	80	80	50				2	60		10	140	80	16	0,6
														130		8	0,5
Sn*	Sb*	Ce*	Ba*	La*	Ce*	Sm*	Eu*	Tb*	Yb*	Lu*	Hf*	Ta*	W*	Pb*	Th*	FeS <sub>2</sub>	
5			530		90	10	2,4	1,4	4,2	1,3			5	228	5	7,18	
4			24		80	8	2,0	1,2	3,8	1,1			4	200	16	28	
3			19		70	6	1,6	1,0	3,4	0,9			3	180	14	17	
2			19		60	4	1,2	0,8	3,0	0,7			2	160	12	17	
					50		0,8	0,6	2,6	0,5			1	140	10	3	
								0,4	2,2	0,3			0	120	8	1	
									1,0					100	6		

Рис. 2  
Средние содержания химических элементов по данным исследований, проведенных в различных лабораториях (большая точка соответствует вероятному среднему содержанию, \* —  $\times 10^{-4}$ ), %.  
1—13 — опубликованные данные (1 — [1], 2 — [2], 3 — [3], 4 — [4], 5 — [10], 6 — [13], 7 — [5], 8 — [11], 9 — [12],



имеет место малая представительность пробы, поскольку приведенные содержания алюминия, кремнезема и титана маловероятны, а в то же самое время аналогичные сведения для тоолсеского аргиллита не вызывают сомнений. Среднее содержание кальция по данным разных авторов варьирует в широких пределах. Однако по результатам количественного спектрального анализа содержание кальция в аргиллите довольно выдержанное и составляет в среднем 0,5 %. Столь же низкие содержания кальция (0,7 %) определены в квасцовых сланцах Швеции в районе Биллингена [14]. Предлагаемое среднее содержание цинка — 45 г/т (рис. 2, точка 28a) — вычислялось по медиане,

Состав макроэлементов и малых элементов в тремадокском грантолитовом аргиллите Эстонии (\* —  $\times 10^{-4}$ )

Элемент	Кларк в сланцах [17], %	Среднее содержание по данным из коллекции автора	Метод анализа	Число исследований в различных лабораториях	Содержание, %		Коэффициент концентрации	Особенности распределения по зонам		
					Пределы колебания	Вероятное среднее		I	II	III
H <sub>орг</sub>	0,40	1,16	X	7	0,4—1,6	1,2	3,0		+	—
Li	66*	<20*	ПСА	2	(10—27)*	17*	0,26			
Be	3,0*	2,8*	ПСА	2	(1,0—6,0)*	2,8*	0,93			
B	100*	75*	ПСА	2	(30—150)*	75*	0,75			
C <sub>орг</sub>	1,2	10,9	X	7	5,6—14,1	10,9	9,08	+		—
N <sub>орг</sub>	0,0545	0,5	X	7	0,3—0,6	0,4	7,34			
O <sub>орг</sub>	—	—	—	6	1,8—3,8	2,7	—			
F	0,074	0,144	X	1	0,064—0,460	0,144	1,95		—	+
Na	0,98	0,13	ПСА	10	0,04—0,28	0,11	0,11			
Mg	1,50	0,6	ПСА	11	0,3—7,7	0,8	0,53			
Al	8,65	5,3	ПСА	11	4,2—9,5	6,4	0,74		+	—
Si	27,5	—	—	9	19,0—28,0	23,8	0,87			
P	0,07	0,13	X	6	0,02—0,86	0,13	1,86		—	+
S <sub>г</sub>	0,24	3,2	X	6	1,4—6,3	3,2	13,33		—	+
S <sub>орг</sub>	—	—	—	5	0,2—0,8	0,5	—			
Cl	180*	—	—	1	—	280*	1,56			
K	2,70	6,2	X	12	2,4—8,0	6,2	2,30			—
Ca	2,00	0,5	ПСА	10	0,2—14,4	0,5	0,25			+
Sc	13*	10,9*	НАА	6	(3—15)*	11*	0,85			
Ti	0,35	0,41	ПСА	9	0,17—0,69	0,41	1,17			
V	130*	930*	X	8	(210—1910)*	910*	7,00		—	+
Cr	90*	50*	ПСА	4	(27—89)*	50*	0,56			
Mn	0,08	0,014	АА, НАА	6	0,0084—0,0230	0,0140	0,18			
Fe	4,80	4,0	X	13	2,2—9,3	4,1	0,85		—	+
Co	19*	12*	ПСА, НАА	8	(4,1—49)*	12*	0,63			
Ni	68*	85*	ПСА	5	(24—300)*	120	1,76		—	+
Cu	45*	88*	ПСА	4	(15—290)*	110*	2,44			
Zn	95*	45*	X	4	(<25—7100)	45*	0,47			
Ga	19*	15*	ПСА	2	(7—25)*	15*	0,79		+	—
Ge	1,6*	1,5*	КСА	1	(<1,5—2,4)*	1,5*	0,94			
As	13*	70*	ПСА	2	(10—350)*	70*	5,38		—	+
Se	0,5*	2,6*	ПСА	2	(1,5—8,0)*	2,6*	5,20			
Br	4,0*	3,4*	НАА	2	(1,1—7,3)*	3,4*	0,85			
Rb	140*	110*	ПСА	5	(42—137)*	110*	0,79			—
Sr	300*	70*	ПСА	4	(39—192)*	70*	0,23			+
Y	26*	37*	ПСА	4	(11—119)*	37*	1,42			+
Zr	160*	170*	ПСА, ПСА	5	(123—373)*	170*	1,06			+
Nb	11*	24*	ПСА	2	(5—44)*	24*	2,18			—
Mo	2,6*	180*	ПСА	8	(3—1990)*	180*	69,2		—	+

Состав макроэлементов аргиллите Эстонии

Элемент	Кларк в сланцах [17], %
Ag	0,07*
Cd	0,3*
Jn	0,1*
Sn	6,0*
Sb	1,5*
Cs	5,0*
Ba	580*
La	92*
Ce	59*
Nd	24*

Sm	6,4*
Eu	1,0*
Gd	6,4*
Tb	1,0*
Dy	4,6*
Ho	1,2*
Er	2,5*
Yb	2,6*
Lu	0,7*
Hf	2,8*
Ta	0,8*
W	1,8*
Re	$7 \cdot 10^{-8}$

Au	$n \cdot 10^{-7}$
Hg	0,66*
Tl	1,4*
Pb	20*
Bi	$9 \cdot 10^{-7}$ **
Th	12*
U	$2,5 \times 10^{-4}$ **
FeS <sub>2</sub>	—

Примечание: X — химический количественный метод; ПСА — рентгенофлуоресцентный метод; НАА — нейтронно-активационный метод; АА — атомно-абсорбционный метод.

так как в немой части (с концентрация составляет 2). При определении элементов, как F, Nb, Mo, Sn, Pb, Bi, Th и U в спектрах следующих элементов: Ho, Er.

Состав макроэлементов и малых элементов в тремадокском граптолитовом аргиллите Эстонии (\* —  $\times 10^{-4}$ )

Элемент	Кларк в сланцах [17], %	Среднее содержание по данным из коллекции автора	Метод анализа	Число исследований в различных лабораториях	Содержание, %		Коэффициент концентрации	Особенности распределения по зонам		
					Пределы колебания	Вероятное среднее		I	II	III
Ag	0,07*	0,7*	ПСА	4	(0,11—2,46)*	0,7*	10,0	—	+	
Cd	0,3*	—	—	1	(1,0—6,2)*	2,9*	9,67			
Jn	0,1*	<1,6*	ПСА	1	—	<1,6*	—			
Sn	6,0*	4,6*	ПСА	3	(2,5—14)*	4,6*	0,77			
Sb	1,5*	10*	НАА	5	(<2—100)*	10*	6,67			
Cs	5,0*	5,0*	НАА	2	(1,7—6,9)*	5,0*	1,00			
Ba	580*	370*	ПСА	4	(150—690)*	370*	0,64			
La	92*	40*	НАА	5	(13—140)*	40*	0,43			
Ce	59*	85*	НАА	4	(53—170)*	85*	1,44			
Nd	24*	8,4*	НАА	1	(<0,5—18,3)*	8,4*	0,35			
Sm	6,4*	6,8*	НАА	4	(<0,06—20,8)*	6,8*	1,06			
Eu	1,0*	1,4*	НАА	5	(0,66—5,02)*	1,4*	1,40			
Gd	6,4*	<10*	ПСА	1	(<10—15)*	<10*	—			
Tb	1,0*	1,2*	НАА	4	(0,39—2,80)*	1,2*	1,20			
Dy	4,6*	<6*	ПСА	1	(<6—15)*	<6*	—			
Ho	1,2*	<6*	ПСА	1	(<6—10)*	<6*	—			
Er	2,5*	<4*	ПСА	1	(<4—10)*	<4*	—			
Yb	2,6*	2,7*	НАА	5	(0,9—10)*	2,7*	1,03			
Lu	0,7*	0,7*	НАА	4	(0,3—2,3)*	0,7*	1,00			
Hf	2,8*	3,3*	НАА	3	(2,3—6,1)*	3,3*	1,18			
Ta	0,8*	0,8*	НАА	3	(0,5—1,2)*	0,8*	1,0			
W	1,8*	0,9*	НАА	2	?	?	—			
Re	$7 \cdot 10^{-8}$	0,10*	X	1	(<0,02—1,33)*	0,10*	143	—	+	
Au	$n \cdot 10^{-7}$	0,03*	НАА	3	(<0,02—0,25)*	0,03*	10			
Hg	0,66*	—	—	1	(0,72—1,06)*	0,84*	1,27			
Tl	1,4*	15*	КСА	1	(2,8—27,5)*	15*	10,7			
Pb	20*	140*	ПСА	6	(28—1050)*	140*	7,0			
Bi	$9 \cdot 10^{-7}$ **	1,0*	КСА	1	(<1,0—1,1)*	1,0*	111			
Th	12*	12*	ПСА	6	(7—17)*	12*	1,0			
U	$2,5 \times 10^{-4}$ **	98*	ПСА	6	(27—1038)*	98*	39,2	—	+	
FeS <sub>2</sub>	—	4,8	X	6	2,2—11,1	4,8	—	—	+	

Примечание. \*\* — кларк литосферы по А. П. Виноградову (1962).

X — химический анализ, ПСА — полуколичественный спектральный анализ, КСА — количественный спектральный анализ, НАА — нейтронно-активационный анализ, РСА — рентген-спектральный анализ; «+» — среднее значение по разрезу выше среднего вероятного содержания по региону, «-» — среднее значение по разрезу ниже среднего вероятного содержания по региону.

так как в некоторых разрезах (на о. Хийумаа, в центральной и восточной части Северной Эстонии) он часто присутствует в ураганных концентрациях (до 7100 г/т). Арифметическое среднее содержание цинка составляет 245 г/т (точка 286).

При определении (вероятных) средних содержаний таких элементов, как F, P, S, K, Sc, V, Cr, Mn, Zn, Ge, As, Se, Br, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, Sn, La, Sb, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Re, Au, Tl, Pb, Bi, Th и U, а также FeS<sub>2</sub> были использованы результаты количественных анализов из коллекции автора. По данным полуколичественного спектрального анализа (ПСА) определены средние содержания следующих элементов: Be, B, Ca, Ti, Co, Ga, Ag, In, Ba, Gd, Dy, Ho, Er.

Отметим, что ПСА проводили в лаборатории Таллиннской геологической партии, где помимо заводских эталонов (по которым построены градуировочные графики) использовались системы так называемых внутрилабораторных естественных стандартных образцов [15]. Все пробы были подвергнуты одновременному анализу методом сжигания пробы из канала угольного электрода (метод «канал») и анализу методом «просыпки». При определении среднего содержания третьей группы элементов —  $H_{орг}$ ,  $N_{орг}$ ,  $O_{орг}$ , Na, Mg, Al, Si,  $S_{орг}$ , Fe, Ni, Cu, Cs, Sr — был использован весь имеющийся материал (в том числе и литературный) с учетом закономерностей распространения макроэлементов и малых элементов по площади. Данные о содержании хлора взяты из статьи Л. Пелекиса и др. [11], ртути — из работы О. Киррета и др. [10], кадмия и лития — из материалов В. Петерселля и др. (рис. 2, 18).

Пока что противоречивы сведения о содержании вольфрама. Результаты, полученные методом нейтронно-активационного анализа (24), намного отличаются от содержаний, предложенных О. Кирретом и др. (5). В сведениях, которыми мы располагаем на сегодняшний день, не наблюдается изменчивости содержания вольфрама в аргиллите различных площадей.

Несомненно, предлагаемые на данном этапе средние содержания макроэлементов и малых элементов в дальнейшем, в ходе развития аналитических методов и накопления новых данных, будут изменяться. Возможно, что средние содержания мышьяка, селена и золота, приведенные в таблице, могут оказаться меньшими, а содержание бария, например, — более высоким. На такой вывод наталкивает сравнение граптолитовых аргиллитов Эстонии с аналогичными породами Швеции [14] и Норвегии [16].

Как уже было сказано, характер распространения многих химических элементов по площади изменяется. Детальная характеристика этих закономерностей не входит в задачи публикуемой статьи, однако на общей картине следует остановиться, поскольку это может помочь в прогнозировании химического состава аргиллита того или иного места опробования.

На площади распространения граптолитовых аргиллитов в Северной Эстонии химический состав интересующих нас пород изучен по пробам из примерно 240 скважин, расположенных более или менее равномерно. По литологическим и геохимическим признакам тюрисалускую свиту можно разделить на три зоны (площади) (рис. 1).

**Первая зона** выделяется в западной части Северной Эстонии и характеризуется аргиллитом тонкослоистой текстуры с наиболее темной окраской, массовым скоплением остатков граптолитов в верхней части разреза, а также наивысшим содержанием органического вещества. В верхней части разреза часто встречается прослой антраконита (диагенетического карбоната) мощностью до 20 см. Однако надо отметить, что граптолитовый аргиллит западной зоны вблизи линии выклинивания по текстурам, структурам и химическому составу аналогичен аргиллиту восточной части Северной Эстонии.

**Вторая зона**, центральная, условно ограничивается Палдиско-Псковской зоной разломов с запада и Ракверским нарушением с востока. Граптолитовый аргиллит этой площади имеет более массивную текстуру, особенно в верхней части разреза. Цвет породы более светлый. В нижней части разреза, а на востоке и в средней его части появляются прослой песчаника. Реже, чем в аргиллите западной части, обнаруживаются остатки граптолитов. Граптолитовый аргиллит описываемой зоны отличается наименьшими содержаниями по-

лезных малых элементов (ванадия, молибдена, урана), фосфора и фтора, а также элементов сульфидной ассоциации: серы (общей), железа, серебра, мышьяка, никеля (см. таблицу). Несколько повышено содержание органического водорода, алюминия и галлия. С уменьшением мощности пласта тюрисалуской свиты в южном направлении отмечается рост содержания первых двух групп элементов и понижение содержания группы элементов, перечисленных последними ( $H_{орг}$ , Al, Ga). К данной зоне относятся месторождения фосфоритов в Маарду и Тситре-Валкла, обнажения близ Таллинна (в том числе обнажение Раннамыйза).

**Третья зона**, восточная, характеризуется чередованием аргиллита и многочисленных прослоев песчаника (алевролита). Отмечается также присутствие конкреций антраконита (диаметром до 6—7 см) и аморфного кремнистого материала. Остатков граптолитов мало. Граптолитовые аргиллиты восточной части Северной Эстонии отличаются наивысшими содержаниями полезных малых элементов, элементов сульфидной и фосфатной ассоциации. Относительно среднего наблюдается пониженное содержание калия, рубидия, ниобия, органического углерода, а также элементов, которые во второй зоне имеют повышенные концентрации (Al, Ga,  $H_{орг}$ ). К данной зоне приурочены месторождения фосфоритов в Тоолсе, Азери, Кабала, Нарва, а также обнажение Онтика.

В таблице приведены также коэффициенты концентрации относительно кларка сланцев по Беусу и Григоряну [17]. В граптолитовом аргиллите Эстонии наивысшими коэффициентами отличаются (в направлении убывания) Re, Bi, Mo и U.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Kuppfer A.* Über Dictyonemaschiefer // Archiv für Naturkunde des Livlands, Estlands und Kurlands. Bd. 1, Serie 1—5. Dorpat, 1870. S. 69—194.
2. *Rägo N.* Beiträge zur Kenntnis des Estländischen dictyonemaschiefers // Acta commentat. Univ. Tartuensis. 1928. A—XIII.
3. *Киррет О. Г., Поликарпов Н. К., Луцковская Н. Л. и др.* О составе и свойствах диктионемового сланца месторождения Маарду ЭССР // Изв. АН ЭССР. Сер. техн. и физ.-мат. н. 1957. Т. 6, № 2. С. 170—183.
4. *Kirret O., Koch R., Ründal L.* Maardu leiukoha diktüoneemakilda ja temas sisalduva kerogeeni keemilisest koostisest // Ibid. 1959. K. 8, N 4. Lk. 243—254.
5. *Стрельковская А. Г., Копачинский К. Ф.* К исследованию диктионемовых сланцев Эстонии // Геология и геохимия горючих ископаемых. 1987. Вып. 68. С. 76—82.
6. *Иванов В. В., Поплавко Е. М., Тимофеева О. С.* Особенности распределения элементов-примесей в углеродистых сланцах Эстонии // Геохимия. 1984. № 6. С. 903—912.
7. *Сидорович Я. И.* К вопросу о взаимодействии керогена и минерального вещества горючих сланцев // Горючие сланцы. 1984. Т. 1, № 2. С. 171—174.
8. *Клесмент И., Уров К.* Природа серы в горючих сланцах // Там же. 1985. Т. 2, № 2. С. 139—149.
9. *Kirret O., Koch R., Ründal L.* Villandi-Laheküla leiukohtade diktüoneemakilda omadustest ja keemilisest koostisest // Eesti NSV TA Toim. Keemia. 1987. K. 36, N 2. Lk. 89—92.
10. *Kirret O., Koch R., Ründal L. et al.* Valkla-Tsitre ja Toolse leiukohtade diktüoneemakilda omadustest ja keemilisest koostisest // Ibid. 1986. K. 35, N 4. Lk. 237—244.

11. Пелекис Л., Пелекис Э., Тауре И. и др. Инструментальный нейтронно-активационный анализ диктионемового сланца Маардуского месторождения // Там же. 1985. Т. 34, № 3. С. 161—163.
12. Халдна Ю., Ильмоя К., Иоханнес И. и др. Ртуть в диктионемовых сланцах Эстонской ССР // Горючие сланцы. 1986. Т. 3, № 3. С. 290—292.
13. Петерселль В., Минеев Д., Лоог А. О минералогии и геохимии оболовых песчаников и диктионемовых сланцев Северной Эстонии // Учен. зап. Тартуск. гос. ун-та. Вып. 561. Тр. по геол. IX. 1981. С. 30—49.
14. Andersson A., Dahlman B., Gee G. D., Snäll S. The Scandinavian alum shales. Sveriges Geologiska Undersökning. 1985. Са 56.
15. Кивисилла Я. Я., Петерселль В. Х., Варес В. И., Орлова К. Б. Достоверность массовой геохимической информации при глубинном геологическом картировании кристаллического фундамента Эстонии // Опыт и методика геохимических исследований и поисков месторождений полезных ископаемых в кристаллическом фундаменте Белоруссии и Прибалтики: Тез. докл. Минск, 1975. С. 61—64.
16. Berry W. B. N., Wilde P., Hunt Q., Orth C. J. Trace element signatures in Dictyonema shales and their geochemical and stratigraphic significance // Norsk Geologisk Tidsskrift. 1986. V. 66. P. 45—51.
17. Беус А. А., Григорян С. В. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. — М., 1975.

Представил Д. Л. Кальо

Поступила в редакцию  
5.07.1988

Управление геологии  
Эстонской ССР

г. Таллинн

Производственное объединение

«Эстонгеология»

г. Таллинн

E. M. PUKKONEN

#### MAJOR AND MINOR ELEMENTS IN ESTONIAN GRAPTOLITE ARGILLITE

In northern Estonia, Tremadoc graptolite argillites (dictyonema shale) with a bed thickness of up to 7 m are deposited. Based on the published and recent data on minor and major elements contents obtained by the author by using emission spectroscopy, X-ray, neutron activation, atomic absorption and other analyses (Fig. 2), the probable average composition and range of concentrations of 68 elements found in the graptolite argillite of North Estonia could be determined. Among minor elements, the highest concentration coefficient have: Re (143, the mean arithmetic content 0.10 ppm), Bi (111, 1.0 ppm), Mo (69.2, 180 ppm), Ti (10.7, 15 ppm), Ag (10.0, 0.7 ppm), Au (10, 0.03 ppm), Cd (9.7, 2.9 ppm), V (7.0, 910 ppm); among major elements:  $S_f$  (13, 3.32%),  $C_{org}$  (9.1, 10.9%),  $N_{org}$  (7.3, 0.4%), K (2.3, 6.2%), F (1.95, 0.144%), P (1.86, 0.13%) (see the Table).

Regularities of the distribution of major and minor elements horizontally are also observed, allowing differentiation of three geochemical zones. The first, western zone is distinguished by high bed thickness (Fig. 1) and organic content ( $C_{org}$ ). In the second, middle zone the bed thickness and content of  $C_{org}$ , V, Mo, U, P, F and other elements decrease, while  $H_{org}$ , Al and Ga are abundant. In the third, eastern zone, where in the Türisalu Formation the proportion of sandstone and siltstone interlayers increases, Mo, U, V, P, F and other elements show a maximum concentration, Al, Ga,  $H_{org}$ , etc., the lowest (see the Table). It should be noted, however, that the graptolite argillite of the western zone deposited near the feathering-out line in the south is similar in structure and chemical composition to the argillite of northeastern Estonia.

Board of Geology of the Estonian SSR  
Tallinn

Production Association 'Estongeologija'  
Tallinn