

П. ВИНГИСААР, Х. ГУЛОВА,  
Т. КИИПЛИ, В. ТААЛМАНН

## ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПАЛЕОЗОЙСКИХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ЭСТОНИИ

Проведена систематизация материалов по вещественному составу палеозойских карбонатных пород Эстонии, представленных главным образом в виде сокращенных химических и полуколичественных спектральных анализов. Дополнительно были изучены и проанализированы некоторые разрезы из тех мест и по тем стратиграфическим интервалам, которые в имеющемся материале освещены слабо. Для этого отбирались штуфные пробы из кернов скважин через 1—1,5 м, в мощных однородных пластах — несколько реже. Спектрально были изучены дубликаты ранее исследованных химически или же спектрально, но без применения лабораторных стандартных образцов проб. Последние позволяют повысить воспроизводимость данных и привести их к единому уровню. Методика определения и обработки данных опубликована ранее (Кивисилла, 1975; Орлова и др., 1976; Таалманн и др., 1977).

В результате получена картотека, состоящая из 15 300 сокращенных



Рис. 1. Расположение скважин, данные которых использованы в настоящей статье.



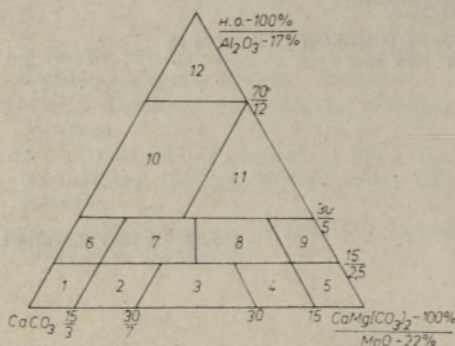


Рис. 2. Классификация карбонатных пород Эстонии по вещественному составу. 1 — известняк, 2 — известняк доломитовый, 3 — доломито-известняк, 4 — доломит известковый, 5 — доломит, 6 — известняк глинистый, 7 — известняк доломитовый глинистый, 8 — доломит известковый глинистый, 9 — доломит глинистый, 10 — мергель, 11 — домерит, 12 — глина карбонатная.

химических и 10 400 спектральных анализов, выполненных в основном за последние 20 лет в центральной лаборатории Управления геологии ЭССР. Распределение проб, взятых из кернов скважин как по площади, так и по разрезу, можно считать более или менее равномерным (рис. 1). Слабо изученными остались верхнесилурийские и верхнедевонские отложения.

На основе химических и спектральных анализов с помощью ЭВМ составлены частные литологические и стратиграфические выборки по скважине или месторождению, а иногда и группе скважин, по которым определены средневзвешенные содержания макрокомпонентов и малых элементов по горизонтам, и макрокомпонентов по литологическим типам, выделенным согласно упрощенной классификации (рис. 2). В эти расчеты не включались данные по секущим телам доломитов, развитым вдоль зон тектонических нарушений, а также по месторождениям, ибо своим количеством и разной встречаемостью по горизонтам, а также крайними составами пород месторождений они сильно исказили бы средние содержания элементов и сделали бы результаты несопоставимыми.

Установлен убывающий ряд встречаемости литологических разновидностей пород в карбонатной толще Эстонии (%): известняки — 40, известняки глинистые — 14, доломиты — 12, известняки доломитовые — 8, мергели — 7, известняки доломитовые глинистые — 6, доломиты глинистые — 4, доломиты известковые — 3, домериты — 3, доломито-известняки — 1,5, доломиты известковые глинистые — 1, глины карбонатные — 0,5. Отсюда видно, что в наибольшем количестве встречаются конечные разности пород: на долю известняков и доломитов с их глинистыми аналогами приходится 70%, переходные разности в ряду известняк—доломит (включая глинистые) составляют 19,5% всех карбонатных пород, некарбонатные или граничные по глинистости карбонатные породы — мергели, домериты и глины — 10,5%.

Приведенные в табл. 1 данные о среднем составе пород по горизонтам представляют собой результат первой попытки систематизировать большой фактический материал по всему карбонатному разрезу. Поэтому в этом материале неизбежна доля относительности, обусловленная неодинаковыми количеством и представительностью исходных данных, а также разными методическими подходами геологов, опробовавших те или другие разрезы в разных целях. Спорной можно считать и большую глинистость пород яагарахуского горизонта по сравнению с глинистостью пород яаниского горизонта. Объясняется это тем, что по последним стратиграфическим схемам в яагарахуский горизонт включена часть мергелей (до кровли ниназеской пачки), ранее считавшихся яанискими. Опробованные разрезы находятся главным образом на ма-



Таблица 1

Средний состав карбонатных пород Эстонии  
по горизонтам, %

Горизонт	Кол-во проб	CaO	MgO	Нерастворимый остаток (н. о.)
O <sub>1</sub> vl	124	31,8	10,5	11,0
O <sub>1</sub> kn	282	41,1	4,6	12,5
O <sub>2</sub> as	446	43,4	2,1	11,1
O <sub>2</sub> ls-uhV	438	45,2	3,3	6,3
O <sub>2</sub> uh	214	43,3	1,8	12,7
O <sub>2</sub> kk	359	45,2	1,2	10,2
Σ O <sub>2</sub> as-kk	1457	44,5	1,7	9,7
O <sub>2</sub> id	243	40,0	1,9	15,6
O <sub>2</sub> jh	203	40,5	1,4	17,5
O <sub>2</sub> kl	365	40,8	1,7	16,5
O <sub>2</sub> on	72	33,1	2,7	27,4
O <sub>2</sub> rk	363	44,6	0,9	4,3
O <sub>3</sub> nb	456	44,7	2,8	7,0
O <sub>3</sub> vr	342	40,0	3,1	14,6
O <sub>3</sub> prg	732	39,1	3,9	16,6
O <sub>3</sub> pr	174	36,9	8,0	10,2
S <sub>1</sub> jur	570	41,0	3,5	12,0
S <sub>1</sub> rk	428	35,9	9,2	13,5
S <sub>1</sub> ad	249	30,9	8,9	17,5
S <sub>1</sub> jn	117	22,0	8,1	34,5
S <sub>1</sub> jg	179	25,0	15,8	38,3
S <sub>2</sub> rtVs	136	27,6	16,9	12,3
D <sub>2</sub> nr	378	15,8	11,2	41,4
D <sub>3</sub> sr	138	23,1	12,9	21,1
Всего	7008			
Среднее		39	2,9	11

терике, где более карбонатные верхи яагарохуского горизонта сдундированы. Таким образом, на материке породы яаниского горизонта немного менее глинистые по сравнению с породами яагарохуского горизонта. Для всего района распространения горизонтов это, по-видимому, не характерно. Перечисленное относится и к данным по малым элементам, приведенным в табл. 2 и 3. Средний состав карбонатных пород уточняется по мере накопления новых данных, достижения более равномерного исследования по площади и разрезу и применения методически единой системы опробования.

Такие малые элементы, как титан, марганец, стронций и барий, в изученных карбонатных породах всегда обнаруживались в количестве, значительно превышающем чувствительность метода. В большинстве проб наряду с перечисленными элементами найдены хром, медь, никель, галлий, цирконий и реже фтор, свинец, бериллий. Редко и преимущественно в мергелях (домеритах) встречаются ванадий, кобальт, бор. Перечисленные элементы, за небольшим исключением, брались в выборки. Помимо названных элементов в некоторых разрезах обнаружены цинк, олово, молибден, иттрий, иттербий, лантан, церий, серебро, мышьяк, скандий, литий, фосфор, германий, которые для статистической обработки и характеристики комплексов пород не использовались. Можно отметить, что молибден, иттербий и литий встречались преимущественно в мергелях и карбонатных глинах, цинк — в известняках и иттрий — в известняках и доломитах; германий распространён в нижнем ордовике главным образом в волховском горизонте.

С помощью табл. 2 выделены средние содержания элементов в литологических типах карбонатных пород Эстонии, которые сравниваются с общими средними содержаниями по К. Турекяну и К. Ведеполу (Войткевич, 1970), называемыми в дальнейшем для краткости кларками.

Количество проб домеритов и глинистых доломитов небольшое (соответственно 29 и 66 проб). Остальные типы пород представлены более удовлетворительно. В выборки известняков не были включены пробы из раквереского горизонта и в выборки доломитовых известняков — пробы из таммикусской пачки юурусского горизонта. Порода этих



Среднее содержание элементов в литологических типах

Порода	Кол-во проб	Содержание, г/т						
		Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu
Известняк	2425	430		17	1100			2,4
Известняк (только O <sub>2</sub> rk)	604	230			510			
Известняк глинистый	2047	1100		35	1400		6,3	6,9
Известняк доломитовый	296	540		17	1400		7,4	
Известняк доломитовый (только S <sub>1</sub> juT)	179	140			250			
Известняк доломитовый глинистый	183	1100		38	750		14	8,3
Доломит	866	520		19	2300		18	9,8
Доломит глинистый	66	950		40	930		26	8,2
Мергель	199	2800	52	73	1100	17	46	25
Домерит	29	800	55	64	710	23	56	24
Среднее содержание элементов	9122	720		17	830		9,0	5,5
Предел чувствительности анализа		10	10	10	10	3	3	1
Среднее содержание элементов карбонатных отложений по К. Турекяну и К. Ведеполю (Войткевич и др., 1970)		400	20	11	1100	0,1	20	4,0

Примечание. Незаполненные ячейки в табл. 2 и 3 означают, что в трети и большем количестве проб данной выборки элемент определен ниже предела чувствительности и поэтому средние значения не высчитывались.

стратиграфических единиц настолько бедны малыми элементами, что включение их в суммарные выборки исключило бы оттуда еще несколько малых элементов. Поэтому содержание малых элементов в пробах этих двух горизонтов дано отдельно.

На основе всех имеющихся результатов анализов выведено среднее содержание элементов карбонатных пород Эстонии. По сравнению с кларками карбонатные породы Эстонии немного беднее ванадием, марганцем, никелем, свинцом, фтором; вдвое беднее стронцием, но на порядок богаче барием и немного богаче титаном и хромом. Эти особенности, вероятно, связаны с несколько большей глинистостью карбонатных пород Эстонии по сравнению с глинистостью пород по обобщенным К. Турекяном и К. Ведеполем данным (Войткевич, 1970). Содержание кобальта, свинца, цинка, олова, циркония и фосфора не могут быть прямо сравнимы с кларками, ибо предел чувствительности нашего анализа не достаточен для их определения.

Среднее содержание малых элементов в пробах карбонатных пород, рассчитанное на стратиграфические единицы от волховского до роотси-кюлаского горизонтов (табл. 3), показывает большое колебание содержания малых элементов по горизонтам. Таким образом, формирование состава малых элементов можно считать обусловленным преимущественно фаціальными и палеогеографическими условиями, имеющими место во время осадконакопления.

Из особенностей, подчиненных стратиграфическому контролю, следует в первую очередь отметить высокие содержания марганца в отложениях от волховского до ласнамяэского горизонтов, относительно малое содержание фтора — от йыхвиского до пиргуского горизонтов, обо-



## карбонатных пород Эстонии

Таблица 2

										Содержание, %		
Pb	Zn	Ga	Sn	Zr	Be	Sr	Ba	P	F	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO
		1,8				370	83		220	1,9	1,2	1,4
						380	50			1,5	0,7	1,2
		3,3				390	170		270	3,4	1,5	1,5
						340	92		260	1,8	1,3	5,7
						300	39		260	2,2	0,6	4,4
		4,0				330	120			3,2	1,6	5,4
			23			260	90		300	1,7	2,3	≥ 10
		3,8				250	140			3,1	2,2	≥ 10
21		8,5		270	4,8	360	340		310	7,9	3,2	2,8
21		8,4		230	4,3	210	410		330	7,3	3,4	> 10
		2,6				330	110		220	2,5	1,5	3,4
3	100	3	3	10	1	100	30	1000	100	0,1	0,1	0,1
9,0	20	4,0	1			610	10	400	330			

гашенность отложений горизонтов от адавереского до роотсикюлаского никелем, свинцом и медью.

Полученные сведения о составе карбонатных пород Эстонии позволяют уточнить перспективную оценку их как сырья и помогут более целеустремленно вести поисковые работы. Это касается особенно новых для нашей республики областей применения карбонатных пород, например, изготовления минеральной подкормки для сельскохозяйственных животных, в которой строго лимитируется содержание малых элементов. Наличие седиментационного контроля над геохимическими особенностями карбонатных пород может быть использовано при литолого-фациальных исследованиях.

Таблица 3

Среднее содержание элементов в карбонатных породах Эстонии (по стратиграфическим единицам)

Горизонт	Кол-во проб	Содержание, г/т													Содержание, %				
		Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Pb	Ga	Zr	Be	Sr	Ba	F	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	
S <sub>2</sub> rIVs S <sub>1</sub> lg S <sub>1</sub> jn S <sub>1</sub> ad S <sub>1</sub> rk S <sub>1</sub> jurT S <sub>1</sub> jur (без S <sub>1</sub> jurT)	187	860	5,6	30	630		31	30	24	3,1			270	120	540	2,3	1,6	≥ 10	
	242	1200			440		22	9,2	17				320	160	270	3,1	1,8	> 10	
	25	2800	20	41	710	11	27	15	20	5,2	190		270	260	320	4,0	2,7	10	
	127	500		21	1300		13				41		280	74	350	2,0	1,4	≥ 10	
	210	730		19	190								460	73		2,4	1,1	4,2	
	262	140			240								300	38		2,1	0,55	3,7	
	216	1100		32	240			6,4		3,3			440	130		3,7	1,3	1,9	
	106	390		23	610		7,9	2,2		1,8			290	68	260	1,9	2,6	7,6	
	O <sub>3</sub> prg	186	500		25	650								340	90		2,6	1,4	2,4
	O <sub>3</sub> vr	194	1000		43	990		23	10		3,6			260	120		2,9	1,5	2,3
O <sub>3</sub> nb O <sub>2</sub> rk O <sub>2</sub> on O <sub>2</sub> kl O <sub>2</sub> jh O <sub>2</sub> on-kl-jh (нерасчл.)	293	350			740								360	80		1,6	0,9	2,9	
	719	250			700								370	54		1,5	0,8	2,2	
	127	710		22	860			7,8	13		39		310	150		2,8	1,4	2,3	
	388	710		25	580					2,6			380	140		2,7	1,2	2,0	
	222	940		40	1100			6,1		3,7			400	150		3,4	1,4	1,9	
	512	2600		41	1000		7,3	8,2		4,3			400	230	280	3,9	1,7	1,5	
	O <sub>2</sub> id	194	940	5,9	34	1400	6,4	6,6		3,1	17	2,1	350	120	170	3,0	1,4	2,7	
	O <sub>2</sub> kk	427	980		28	1400	4,0	7,1		2,2			400	140		2,5	1,3	3,0	
	O <sub>2</sub> uh	406	1000		33	1700		7,3		3,1	22	1,3	350	150	250	2,9	1,6	2,5	
	O <sub>2</sub> ls	382	440		19	3300		7,5					310	88	280	2,1	1,8	5,3	
O <sub>2</sub> as O <sub>2</sub> as-kk (нерасчл.) O <sub>1</sub> kn O <sub>1</sub> vl O <sub>1</sub> vlS+P	204	510	6,4	26	6100		8,8	3,1		2,3			330	92	340	2,1	2,4	1,1	
	355	920		26	1500		8,9	4,6		2,2	22		350	110	130	2,5	1,5	1,2	
	131	680		25	3000			6,0		3,1			570	120	420	2,8	2,3	2,5	
	304	690		20	3700		8,8	5,0		3,2	14		300	120	250	2,4	2,9	> 10	
	66	610		15	4100		6,6	5,6		3,4			340	93	330	2,2	3,3	9,8	



## ЛИТЕРАТУРА

- Войткевич Г. В. Краткий справочник по геохимии. М., 1970.
- Кивисилла Я. Я. Система программ «Базальт» для математической обработки массовой геохимической информации на ЭВМ. — В кн.: Опыт и методика геохимических исследований и поисков месторождений полезных ископаемых в кристаллическом фундаменте Белоруссии и Прибалтики. Минск, 1975.
- Орлова К. Б., Варес В. И., Вингисаар П. А. Спектральное определение элементов в карбонатных породах. — Разведка и охрана недр, 1976, № 11, с. 21—26.
- Таалмани В. А., Вингисаар П. А., Кийпли Т. К. Геохимические особенности доломитизированных карбонатных пород Эстонии. — В кн.: Опыт изучения вторичных изменений в карбонатных породах Прибалтики и Белоруссии. Таллин, 1977, с. 8—9.

Управление геологии  
Совета Министров ЭССР

Поступила в редакцию  
13/III 1978

P. VINGISAAR, H. GULOVA,  
T. KIIPLI, V. TAALMANN

## EESTI PALEOSOIKUMI KARBONAATKIVIMITE KOOSTIS

Varasemate analüüside ja autorite endi uurimistulemuste üldistusena on esitatud keskmisi andmeid Eesti aluspõhja karbonaatkivimite koostise kohta. 7000 keemilise analüüsi alusel on arvutatud MgO, CaO ja lahustumatu jäägi keskmised sisaldused lademete kaupa ja Eesti karbonaatkivimites tervikuna. Mikroelementide sisaldused on saadud 9000 poolkvantitatiivse spektraalanalüüsi tulemusena. Keskmised on arvutatud nii põhiliste kivimitüüpide kui ka stratigraafiliste ühikute kaupa.

P. VINGISAAR, H. GULOVA,  
T. KIIPLI, V. TAALMANN

## THE COMPOSITION OF ESTONIAN PALAEOZOIC CARBONATE ROCKS

A generalization of available analytical data and supplementary studies by the authors allows to present mean indices on the composition of the carbonate rocks. As a result of seven thousand abbreviated (definition of MgO, CaO, and the insoluble residue) chemical analyses, the mean contents of the three above-mentioned components were calculated according to stages and in the overall bulk of Estonian carbonate rocks. The contents of microelements were determined on the basis of nine thousand semiquantitative spectral analyses. The mean amounts have been calculated both according to principal types of rock as well as according to stratigraphical units. In both tables, the contents are given in p.p.m., except Mg, Fe, Al, which are presented in per cent and in the form of oxides so as to facilitate the comparison of chemical analyses.