

Х. ВИЙДИНГ, АСТА ОРАСПЫЛЬД

ЛИТОЛОГИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ КАМАРИКУСКОЙ ПАЧКИ ПОРКУНИСКОГО ГОРИЗОНТА

Камарикуская пачка поркуниского горизонта, венчающая разрез ордовика в Северной Эстонии, вызывает большой интерес своей исключительной для карбонатных пород ордовика и силура песчанистостью и содержанием нередко прослоев кварцевых песчаников с флюоритом. Впервые песчаники в поркуниском горизонте были обнаружены Э. Розенштейн в скв. Камарику (Rosenstein, 1943). В последнее время слои с высоким содержанием кварца были установлены в ходе геологической съемки во многих буровых разрезах. По предложению А. Рыымускса

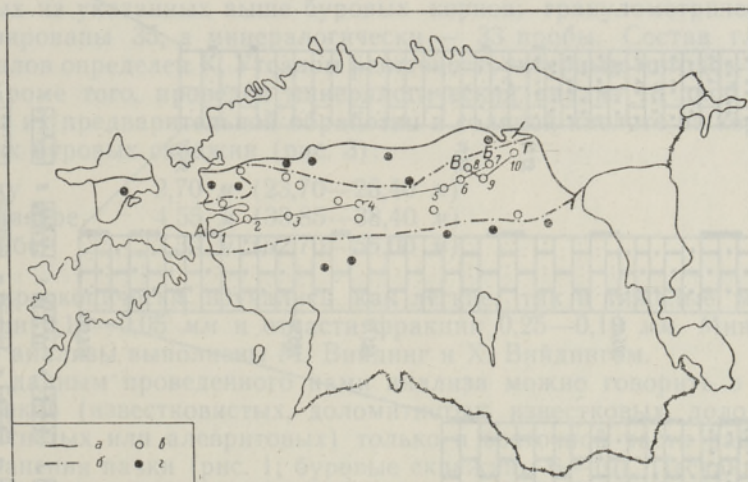
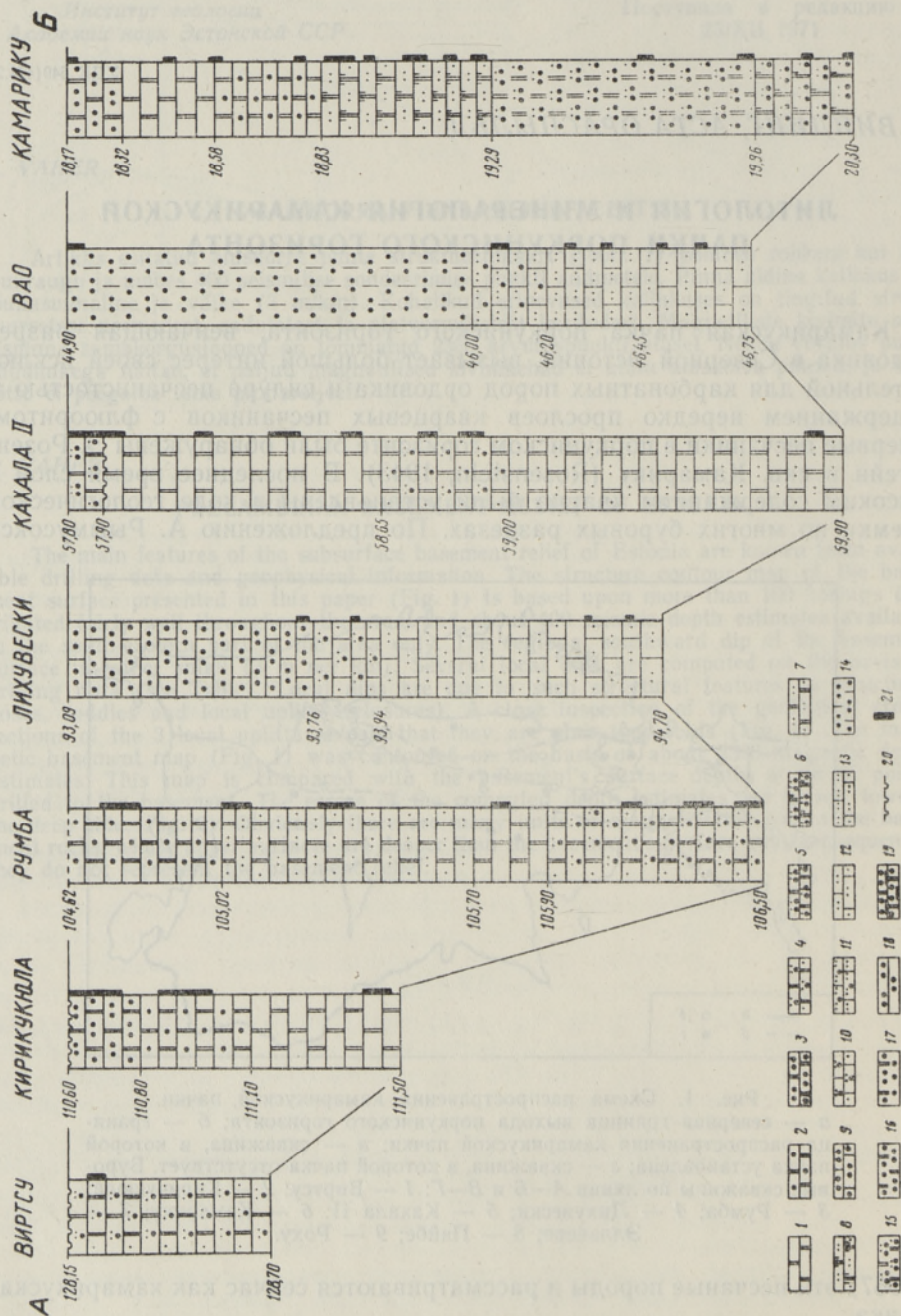


Рис. 1. Схема распространения камарикуской пачки.
а — северная граница выхода поркуниского горизонта; б — граница распространения камарикуской пачки; δ — скважина, в которой пачка установлена; z — скважина, в которой пачка отсутствует. Буровые скважины по линии А—Б и В—Г: 1 — Виртсу; 2 — Кирикуйола; 3 — Румба; 4 — Лихувески; 5 — Кахала II; 6 — Камарику; 7 — Эллавере; 8 — Пийбе; 9 — Роху.

(1967) эти песчаные породы и рассматриваются сейчас как камарикуская пачка.

Камарикуская пачка, отличающаяся от подстилающих ее пачек горизонта высоким содержанием терригенного материала (обычно выше 10%), распространена только в Северной Эстонии несколько южнее выхода поркуниского горизонта (рис. 1). Она залегает на тыревереской,



сиугеской или вохилайдской пачках поркуниского горизонта. Нижняя граница камарикуской пачки литологически четкая, за исключением случаев доломитизации пород как камарикуской, так и подстилающей ее пачек.

Породы рассматриваемой пачки изучены до настоящего времени в основном макролитологически. Более подробные данные о литолого-минералогическом их составе даже по стратотипическому разрезу Камарику отсутствовали. Авторы настоящей статьи, изучив по многим скважинам гранулометрический и минералогический составы песчаников, а также нерастворимого остатка карбонатов этой пачки, поставили перед собой задачу восполнить этот пробел.

Более детально изучены керны 7 скважин (рис. 2), в которых камарикуская пачка рассматривается в следующем объеме (в скобках даны интервалы глубин):

Камарику	1,13 м (18,17—20,30 м)
Вас	1,85 м (44,90—46,75 м)
Кахала II	2,10 м (57,80—59,90 м)
Лихувески	1,61 м (93,09—94,70 м)
Румба	1,38 м (104,62—106,50 м)
Кирикукюла	0,90 м (110,60—111,50 м)
Виртсу	0,55 м (128,15—128,70 м)

Количество нерастворимого остатка определено в 45 образцах, собранных из указанных выше буровых кернов; гранулометрически проанализированы 35, а минералогически — 33 пробы. Состав глинистых минералов определен К. Утсалом рентгеноструктурным методом в 14 пробах. Кроме того, проведен минералогический анализ 18 проб песчаников без их предварительной обработки в соляной кислоте из кернов следующих буровых скважин (рис. 3):

Роху	2,70 м (23,70—26,40 м)
Эллавере	4,55 м (33,85—38,40 м)
Пийбе	3,30 м (52,70—56,00 м)

Микроскопически изучались как легкие, так и тяжелые минералы фракции 0,10—0,05 мм и отчасти фракции 0,25—0,10 мм. Минералогические анализы выполнены М. Вийдинг и Х. Вийдингом.

По данным проведенного нами анализа можно говорить о наличии песчаников (известковистых, доломитистых, известковых, доломитовых, алевролитистых или алевроитовых) только в восточной части района распространения пачки (рис. 1; буровые скважины 6—10). Песчаники установлены здесь в интервалах следующих скважин: Камарику (19,29—19,96 м), Вао (44,90—46,00 м), Эллавере (35,30—35,90 и 36,10—36,70 м), Роху (24,90—25,30 м). В скв. Пийбе, по всему неполному разрезу камарикуской пачки мощностью 3,30 м, количество зерен кварца не опускается

Рис. 2. Разрезы камарикуской пачки по линии А—Б. 1 — доломит; 2 — песчаный доломит; 3 — песчаный доломит; 4 — алевроитисто-песчаный доломит; 5 — алевроитисто-песчаный доломит; 6 — известковистый алевроитистый песчаный доломит; 7 — алевроитистый доломит; 8 — алевроитистый известковый доломит; 9 — песчаный известняк; 10 — алевроитистый песчаный известняк; 11 — песчаный алевроитовый известняк; 12 — алевроитистый известняк; 13 — алевроитовый известняк; 14 — известковый песчаник; 15 — алевроитистый доломитовый песчаник; 16 — доломитовый песчаник; 17 — доломитистый песчаник; 18 — песчаник; 19 — песчаный глинистый доломит; 20 — поверхность перерыва; 21 — места взятия образца.

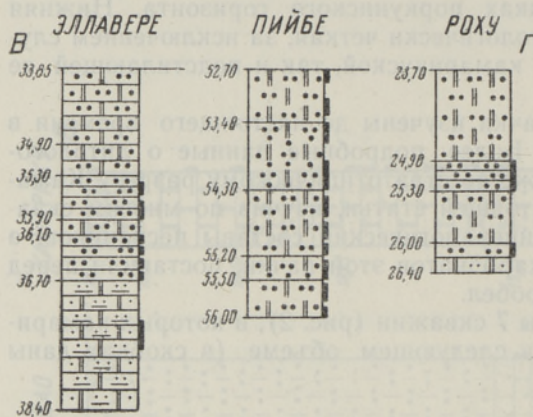


Рис. 3. Разрезы камарикусской пачки по линии В—Г. Условные обозначения см. рис. 2.

ниже 52%. Во всех других разрезах и интервалах камарикуская пачка представлена карбонатными породами с весьма изменчивым содержанием песка и алеврита. Между чистыми песчаниками-алевролитами, с одной стороны, и чистыми известняками-доломитами — с другой, здесь можно установить почти все разновидности пород (по Вингисаар и др., 1965): песчаный известняк (доломит), алевритистый песчаный известняк (доломит), песчанистый алевритовый известняк (доломит), алевритовый известняк (доломит) и т. д.

Низкое содержание нерастворимого остатка (<10%) в карбонатных породах камарикусской пачки наблюдается местами в разрезах скважин Камарику (18,32—18,58 м), Кахала II (57,90—58,65 м), Румба (105,02—105,90 м) и Кирикукюла (111,10—111,50 м).

Подавляющая часть нерастворимого остатка представлена песчаной или алевритовой фракцией (табл. 1). Пелитовый материал, который в породах представлен главным образом в виде тонких и волнистых мергелистых пленок, составляет обычно 0,1—8,0% всей породы.

Распределение песчаного, алевритового и пелитового материалов в изученных разрезах подчиняется определенным закономерностям. В це-

Таблица 1

Гранулометрический состав нерастворимого остатка пород камарикусской пачки

Буровая скважина	Глубина взятия образцов, м	Количество нерастворимого остатка, %	Содержание фракций нерастворимого остатка в составе породы (числитель) и в остатке (знаменатель), %				
			Фракция, мм				
			>0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	0,10—0,01	<0,01
1	2	3	4	5	6	7	8
Камарику	18,17	52,2	0,1	9,4	30,2	7,0	5,5
			0,2	18,0	57,8	13,4	10,6
	18,78	18,9	0,6	4,6	4,9	7,5	1,3
			3,2	27,2	26,0	37,6	7,0
	18,83	20,2	—	1,0	1,4	13,6	4,2
			—	5,0	6,9	67,4	20,7
	19,04	23,6	0,1	1,7	2,0	14,6	5,2
			0,4	7,2	8,5	61,9	22,0
	19,69	64,8	—	4,3	46,9	12,3	1,3
			—	6,6	72,4	19,0	2,0
	19,96	63,6	—	2,9	47,1	12,0	1,6
			—	4,6	74,0	18,8	2,6

1	2	3	4	5	6	7	8
Бао	44,90—44,95	58,3	—	15,2	37,4	5,6	0,1
				25,9	64,2	9,7	0,2
	46,05—46,10	59,4	—	0,5	19,5	34,7	4,7
				0,8	32,8	58,5	7,9
	46,25—46,28	48,9	—	—	5,6	35,3	8,0
					11,5	72,1	16,4
	46,35—46,38	38,0	—	—	2,1	27,9	8,0
					5,5	73,4	21,1
	46,50—46,53	18,8	—	—	0,5	13,7	4,6
					2,7	72,9	24,4
	46,60—46,62	15,9	—	—	0,2	10,7	5,0
					1,3	67,3	31,4
Кахала II	57,80—57,90	66,0	0,2	9,7	32,3	10,3	13,5
			0,3	14,7	49,0	15,6	20,4
	58,75—58,80	34,9	—	3,8	16,8	10,8	3,5
				10,9	48,1	30,9	10,1
	58,87—58,93	28,6	—	1,0	11,6	13,5	2,5
				3,5	40,5	47,2	8,8
	59,80—59,85	11,4	—	—	0,2	8,4	2,8
					1,8	73,6	24,6
Лихувески	93,87	37,5	—	0,6	13,0	21,0	2,9
				1,6	34,6	56,0	7,8
	94,49	19,6	—	—	1,0	15,0	3,6
					5,1	76,5	18,4
	94,62	15,1	—	—	0,5	11,1	3,5
Румба					3,3	73,5	23,2
	104,69—104,80	21,5	—	1,0	10,9	7,5	2,1
				4,7	50,6	34,9	9,8
	105,02—105,10	10,9	—	—	1,4	7,6	1,9
					12,8	69,8	17,4
	105,28—105,38	17,0	—	1,6	4,5	6,9	4,0
				9,4	26,5	40,5	23,5
	105,75—105,80	11,8	—	0,8	3,4	5,6	2,0
				6,8	28,8	47,4	17,0
	106,10—106,16	36,2	0,1	3,3	5,0	22,7	5,1
			0,3	9,1	13,8	62,6	14,2
	106,26—106,36	33,4	0,2	7,5	8,3	14,4	3,0
Кирику- кюла			0,6	22,4	24,9	43,1	9,0
	106,42—106,50	26,9	0,1	3,4	8,9	12,6	1,9
			0,4	12,6	33,1	46,8	7,1
	110,60—110,65	51,1	—	11,0	31,8	6,9	1,4
				21,5	62,3	13,5	2,7
	110,65—110,70	45,8	—	6,7	31,3	6,9	0,9
				14,6	68,2	15,1	2,1
	110,70—110,75	35,4	—	2,4	24,4	6,3	2,3
				6,8	68,9	17,8	6,5
	110,85—110,90	34,7	—	2,6	19,4	9,9	2,8
				7,5	55,4	28,5	8,1
	110,90—110,95	30,3	—	2,8	16,4	8,1	2,7
				9,3	55,1	26,7	8,9
	110,95—111,00	24,2	—	1,9	13,3	7,3	1,7
				7,9	55,0	30,1	7,0

лом количество нерастворимого остатка в карбонатных породах больше на востоке, т. е. там, где установлены слои песчаников. Содержание нерастворимого остатка и крупность зерен терригенного материала увеличиваются вверх по вертикальному разрезу в скважинах Вао, Кахала II, Лихувески и Кирикуюла. При этом относительное количество песчаного материала, как правило, увеличивается, а алевритового и глинистого — сокращается (табл. 1). Аналогичная тенденция прослеживается и в разрезе скв. Камарику, если там не учитывать представленную мелкозернистым песчаником нижнюю часть пачки. Исключением является лишь разрез скв. Румба, где количество песка увеличивается как в нижней, так и верхней частях разреза, а максимальное относительное количество пелитового материала приурочено к средней части пачки. По данным рентгеноструктурного анализа глинистые минералы (фракция $<0,001$ мм) нерастворимого остатка представлены в основном гидрослюдами. Хлорит имеет подчиненное значение (табл. 2).

Таблица 2

Рентгеноструктурный анализ глинистой фракции ($<0,001$ мм)

Буровая скважина	Глубина взятия образцов, м	Количество глинистых минералов, %	
		Гидрослюда	Хлорит
Вао	46,06	90	10
	46,35	90	10
	46,50	90	10
	46,60	90	10
Кахала II	57,80	80	20
	57,90	95	5
	58,14	90	10
	58,35	100	—
	58,55	100	—
	58,75	90	10
	58,87	90	10
	59,80	90	10
Румба	104,69—104,80	80	20
	106,10—106,16	80	20

Основная часть нерастворимого остатка (64—93%) состоит из терригенных минералов мелкопесчаной или алевритовой размерности. Среднезернистый песчаный материал появляется обычно в кровле пачки, где его относительное количество может достигать 27% (табл. 1).

Терригенный материал камарикуской пачки характеризуется хорошей окатанностью зерен и минералогической зрелостью. Зерна песчаной и алевритовой размерности состоят в основном из кварца. Содержание полевых шпатов не превышает 1%. Изредка наблюдаются единичные листочки слюд и зерна глауконита.

Выход тяжелой фракции в нерастворимом остатке как алевритовой, так и мелкопесчаной размерности обычно незначителен (0,05—0,2%), но иногда достигает 1,5% (в одном случае даже 8,9%). В образцах песчаников, не подвергшихся кислотной обработке, выход тяжелой фракции за счет зерен доломита практически не опускается ниже 0,2% (табл. 3). Довольно значительные колебания выхода тяжелой фракции вызваны изменчивостью содержания пирита, редко сфалерита. Пирит, который почти всегда присутствует в камарикуской пачке, составляет обычно 40—80%, а иногда до 99% тяжелых минералов. Исключением являются разрез

этой пачки по скв. Эллавере и нижняя часть разреза скв. Камарику, где количество пирита в тяжелой фракции не превышает 2—3%. Повышенный выход тяжелой фракции в скв. Пийбе обусловлен аутигенным флюоритом, составляющим здесь нередко 70—90% тяжелой фракции и до 1% всей породы. В меньших количествах флюорит обнаружен в образцах из скважин Эллавере, Вао и Роху (табл. 3 и 4).

Из остальных аутигенных минералов в небольших количествах постоянно присутствуют гидроокислы железа (обычно 0,1—10% всей тяжелой фракции) и лейкоксен (до 5%). Эпизодически присутствуют сфалерит (до 12%), коллофан (до 10%) и барит (до 2%), всегда сопровождающий флюорит.

Флюорит представлен идиоморфными кубическими кристаллами размером 0,03—0,12 мм. Кристаллы эти бесцветны и вследствие многочисленных газовых и жидких включений несколько мутноваты.

Ассоциация тяжелых аллотигенных минералов камарикуской пачки характеризуется обедненным набором минеральных видов и преобладанием наиболее устойчивых минералов: ильменита, турмалина, циркона и граната. При этом следует отметить почти полное отсутствие (в восточной части района распространения пачки) или незначительное количество рутила и других минералов двуокиси титана. Во фракции мелкозернистого песка по сравнению с крупнозернистым алевритом всегда повышено содержание граната (до 2—3 раз) и турмалина (до 1,5—2 раз), количество же циркона, наоборот, значительно уменьшено (до 10 раз). Кроме того, минералогическая ассоциация песка отличается от ассоциации алеврита меньшим числом минеральных видов и большими колебаниями их относительных содержаний. Поэтому сравнительная характеристика минералогического состава пачки по разрезам и по площади приведена ниже по данным анализа крупноалевритовой фракции (табл. 3—5).

Следует подчеркнуть, что соотношения прозрачных аллотигенных минералов довольно хорошо выдерживаются по вертикальному разрезу. В то же время заметны существенные региональные различия в минералогических ассоциациях. Это позволяет в плане распространения пород камарикуской пачки выделить различные регионы.

В общем для камарикуской пачки характерны широко распространенные в ней турмалино-цирконовая и гранато-цирконовая ассоциации. Первая охватывает восточную часть района распространения пачки, за исключением песчаников в разрезе скважин Пийбе и Эллавере. В западной части района распространения пачки (скважины Виртсу, Кирикукюла, Румба и Лихувески) развита гранато-цирконовая ассоциация. Комплекс песчаников разреза Пийбе обособляется своей гранато-турмалиновой ассоциацией минералов, что согласуется с тенденцией укрупнения зернистости песчаников в этом районе. В скв. Эллавере, а частично и Роху, доминирует турмалин.

Несмотря на мозаичность распределения различных минералов, нельзя не отметить и некоторые общие регионально выдержанные черты минералогического состава, позволяющие выделить западный (скважины Виртсу, Кирикукюла, Румба и Лихувески) и восточный (остальные изученные скважины) регионы. Для западного региона (табл. 5) характерно отсутствие или незначительное количество (до 5%) ильменита, присутствие рутила и других минералов двуокиси титана (до 3%), а из вторичных минералов — значительное количество пирита (30—99%). Содержание лейкоксена, а также гидроокислов железа увеличивается здесь по разрезу, как правило, сверху вниз (от 0 до 6—8%). Распространение перечисленных минералов на востоке (табл. 3 и 4)

Таблица 3

Минералогический состав тяжелой фракции песчаников (0,10—0,05 мм) восточного региона камарикуской пачки, %

Минералы		Скв. Пийбе, гл., м										Скв. Эллавере, гл., м					Скв. Роху, гл., м		
		52,80	53,30	53,70	54,30	54,70	54,90	55,20	55,50	55,80	55,90	35,50	35,80	36,30	36,50	36,70	37,20	25,00	26,00
Аутигенные	Гидроокислы	0,8	—	3,9	2,6	0,8	0,1	3,2	4,9	3,6	0,9	0,5	0,2	0,3	0,4	2,0	0,5	0,4	0,8
	Лейкоксен	0,2	—	—	11,6	—	—	—	—	—	—	0,3	—	0,1	—	0,3	0,1	—	—
	Пирит	4,4	30,7	24,2	11,6	3,3	1,0	6,5	20,6	15,0	13,5	0,1	0,1	1,3	0,1	2,2	0,3	0,4	67,4
	Доломит	2,1	30,4	3,0	2,2	2,2	36,9	1,2	4,3	1,0	15,2	59,4	99,2	95,7	97,6	90,8	97,0	89,0	14,5
	Флюорит	85,4	19,6	48,6	68,7	90,4	58,4	82,5	47,0	62,5	61,0	2,1	0,1	0,1	0,9	0,8	0,2	0,4	1,3
Аллотигенные	Барит	—	—	—	2,1	—	—	1,0	0,3	1,3	0,3	—	—	—	—	—	0,1	0,3	—
	Слюда	0,2	0,5	0,5	—	0,3	—	1,0	—	—	—	—	0,1	—	—	1,0	0,3	—	—
	Ильменит, магнетит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Рудные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Циркон	16,0	12,1	4,0	6,3	4,5	12,4	4,0	5,6	3,9	4,1	17,1	6,1	6,6	2,7	13,3	11,1	—	57,5
Прозрачные (100%)	Турмалин	68,8	66,5	71,5	67,5	77,3	78,5	81,0	63,0	70,2	81,0	81,2	92,8	78,7	78,5	56,5	22,2	53,0	30,0
	Гранат	11,4	18,2	23,0	21,4	18,2	8,3	10,0	19,5	21,1	9,9	0,7	1,1	3,3	5,4	—	11,1	3,0	2,5
	Апатит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Корунд	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,5
	Тит-минералы	—	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,6	—	—	—	2,5
	Дистен	—	2,4	1,0	2,4	—	—	—	7,7	2,4	1,5	0,3	—	—	10,8	26,7	38,9	31,0	5,0
	Ставролит	—	—	—	—	—	—	—	0,6	—	—	0,7	—	6,5	—	—	—	13,0	2,5
	Эпидот	2,3	—	—	—	—	—	1,0	0,5	—	1,0	—	—	4,9	—	3,5	16,7	—	—
	Амфиболы	1,5	—	—	1,8	—	—	2,0	3,1	2,4	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	Пироксены	—	—	—	0,6	—	—	—	—	1,0	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Выход тяжелой фракции, %		1,0	0,2	0,35	0,65	0,80	1,15	1,0	0,5	0,6	0,4	0,2	0,45	0,3	0,6	0,2	1,5	0,8	0,9

Таблица 4

Минералогический состав тяжелой фракции нерастворимого остатка пород восточного региона камарикуской пачки (0,10—0,05 мм), %

Минералы		Скв. Камарику, гл., м					Скв. Вао, гл., м					Скв. Кахала II, гл., м						
		18,17	18,78	18,83	19,04	19,69	19,96	20,19	44,90	46,05	46,25	46,35	46,50	46,60	57,80	58,75	58,87	59,80
Аутигенные	Гидроокислы	20,0	7,3	18,3	2,2	9,3	1,8	6,6	6,5	1,3	2,5	0,9	—	2,7	2,0	3,2	5,8	—
	Лейкоксен	2,7	0,5	3,1	0,5	0,2	0,4	1,0	1,7	2,7	3,8	1,2	—	1,2	1,1	0,7	1,3	—
	Пирит	11,6	81,1	46,2	75,0	2,5	0,1	0,1	57,6	45,7	35,6	60,0	91,1	80,0	90,7	86,1	76,3	88,0
	Флюорит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,8	—	—	—	—
	Барит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,7	—	—	—	—
Коллофан	—	—	—	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Алютигенные	Ильменит, магнетит	23,3	21,2	7,3	—	26,7	26,2	22,0	—	11,5	13,8	4,2	—	16,8	15,9	5,0	7,9	—
	Циркон	41,0	62,0	83,6	81,0	18,7	31,0	17,2	41,4	72,0	57,1	60,2	24,7	47,5	54,0	50,8	30,0	69,6
	Турмалин	39,3	22,0	2,6	1,4	65,4	56,8	75,9	35,6	10,5	23,6	18,2	13,2	3,4	23,0	27,2	55,0	1,6
	Гранат	15,0	12,0	11,1	17,6	14,8	12,0	6,7	21,1	14,6	15,0	17,6	13,7	20,3	15,9	20,9	13,8	26,6
	Апатит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,6	—	0,2	—
Прозрачные (100%)	Корунд	—	—	—	—	0,5	—	0,2	0,5	1,4	2,8	3,5	46,6	26,3	1,6	—	—	—
	Ti-минералы	—	0,2	2,6	—	—	—	—	1,0	1,5	1,5	0,5	2,3	2,5	0,8	1,1	0,5	1,1
	Дистен	4,5	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,7	—	0,5	0,6
	Ставролит	—	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Эпидот	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Выход тяжелой фракции, %	Амфиболы	0,2	0,3	—	—	—	—	—	0,4	—	—	—	—	—	2,4	—	—	0,5
	Пироксены	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Выход тяжелой фракции, %		0,16	0,16	0,11	0,14	0,23	0,12	0,11	0,32	0,06	0,06	0,05	0,22	0,15	0,93	1,55	0,23	0,98

Таблица 5
Минералогический состав тяжелой фракции нерастворимого остатка пород западного региона камарикуской пачки (0,10—0,05 мм), %

Минералы	Скв. Кирикуйола, гл., м						Скв. Румба, гл., м						Скв. Лихувески, гл., м		Скв. Вирт-су, гл., м	
	110,60	110,65	110,70	110,85	110,90	110,95	104,69	105,02	105,28	105,75	106,10	106,42	93,87	94,49	94,62	128,2
Аутигенные	Гидроокислы	—	—	2,4	4,1	10,0	4,3	6,8	4,0	5,6	6,7	1,2	0,5	7,0	8,6	—
	Лейкоксен	—	—	0,4	3,5	5,9	0,6	2,0	4,8	4,9	5,4	8,1	0,5	5,3	4,3	1,3
	Пирит	98,5	98,5	40,0	44,6	46,4	82,5	67,0	51,4	41,2	71,1	29,8	92,0	54,3	73,0	42,0
	Сфалерит	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,9	—	—	—	—
Аллоитгенные	Слюды	—	—	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ильменит, магнетит	—	—	5,3	—	—	—	—	0,8	—	—	—	—	0,1	—	—
	Циркон	64,0	68,3	63,1	60,0	66,0	72,5	70,2	70,1	65,5	79,9	72,7	54,0	77,5	59,5	77,0
	Турмалин	17,5	20,4	24,4	21,9	15,5	6,5	7,6	8,2	7,2	5,2	6,1	28,5	3,6	8,8	8,0
	Гранат	12,5	10,2	9,2	13,1	14,0	16,9	19,5	13,9	15,6	12,2	20,5	17,5	14,4	25,0	12,5
	Апатит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Корунд	2,0	1,1	2,7	—	0,5	—	0,5	0,8	—	—	—	—	1,8	3,7	1,5
	Тит-минералы	3,0	—	0,6	0,7	1,0	2,4	1,7	3,0	1,3	2,3	0,7	—	2,7	3,0	1,0
	Дистен	1,0	—	—	3,0	3,0	—	—	2,8	10,4	0,4	—	—	—	—	—
	Ставролит	—	—	—	—	—	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Выход тяжелой фракции, %	Эпидот	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Амфиболы	—	—	—	1,3	—	—	0,5	1,2	—	—	—	—	—	—	—
	Пироксены	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		8,9	1,28	0,18	0,11	0,16	0,61	0,40	0,29	0,32	0,64	0,72	0,91	0,06	0,11	0,20

имеет совсем иную картину. Количество ильменита обычно составляет 10—30%, а в скв. Пийбе даже 40—60% всех аллотигенных минералов. Рутил и другие минералы TiO_2 в большинстве случаев отсутствуют. Пирит присутствует постоянно, но его содержание колеблется в пределах 0,1—20% тяжелой фракции. Гидроокислов железа и лейкоксена меньше, чем на западе. Кроме того, для восточных разрезов характерно повышенное содержание дистена и ставролита, суммарное количество которых иногда (скважины Эллавере и Роху) образует 30—40% всех прозрачных аллотигенных минералов. Отличительным признаком пород на востоке служат также идиоморфные кристаллики флюорита, количество которых достигает максимума в разрезе Пийбе — до 90% выхода тяжелой фракции. Непрерывность в смене минералогических ассоциаций между выделенными регионами иллюстрируют разрезы буровых скважин Кахала II и Вао, которые благодаря повышенному содержанию пирита (40—90%), присутствию титанистых минералов (до 2,5%) и незначительному количеству дистена и ставролита имеют некоторые общие черты с минералогическим обликом пород западного региона.

Таким образом, минералогический анализ вырисовывает определенную картину площадного распределения различных аутигенных и аллотигенных минералов, закономерность которой связана с условиями осадконакопления и вторичными процессами в породах.

Хорошая сопоставимость данных минералогических анализов, в частности группы аллотигенных минералов из слабосцементированных песчаников и нерастворимого остатка карбонатов, позволяет говорить о незначительности изменений количественного содержания соотношений терригенных минералов в ходе позднего диагенеза и катагенеза. Это обстоятельство позволяет с большой достоверностью использовать наблюдающиеся соотношения аутигенных и аллотигенных минералов для реконструкции палеогеографических условий осадконакопления.

Повышенное количество терригенного материала в карбонатных породах, а также появление прослоев песчаников вместе с ясно выраженной тенденцией укрупнения зернистости обломочного материала снизу вверх в верхах поркуниского горизонта свидетельствуют о постепенном обмелении бассейна седиментации и усилении привноса кластического материала в Северной Эстонии в поркуниское время. Привнос терригенного материала, судя по его площадному распределению, происходил с востока или северо-востока. Мономинеральный кварцевый состав песчаников и ассоциации аксессуарных аллотигенных минералов, свидетельствующие о минералогической зрелости обломочного материала, указывают не на прямую связь его с коренным источником сноса, а скорее всего на переотложение и многократную переработку исходного обломочного материала. Региональные различия в ассоциациях минералов, установленные по изученным разрезам, не могут быть объяснены только различной устойчивостью минералов в ходе их транспортировки или механической (гранулометрической) дифференциацией обломочного материала. Неравномерное площадное распределение типичных аллотигенных, а также сингенетических аутигенных минералов отражает несомненно и различные фациальные условия осадконакопления. Кроме того, на некоторую неоднородность исходного обломочного материала указывает эпизодическое появление корунда, а также неустойчивых минералов: эпидота, амфиболов и пироксенов. Если последние являются индикаторами относительно слабой выветрелости или механической переработки осадочного материала и их присутствие, как правило, сопровождается несколько повышенным содержанием гранатов, дистена и других менее устойчивых минералов, то распределение корунда подчиняется, по-види-

тому, совсем другим закономерностям. Приуроченность его главным образом к западным разрезам (скважины Кирикукюла, Лихувески, Румба) и чрезвычайно высокие его концентрации на определенных уровнях песчаных карбонатных пород (низы пачки по скв. Вао) указывают на специфические условия накопления этого минерала в более глубоководной обстановке бассейна. Можно предположить накопление корунда в турбидитах, т. е. в отложениях мутьевых потоков, которые поставляют в карбонатные осадки иногда довольно крупнозернистый терригенный материал.

Обмеление бассейна седиментации в конце поркуниского времени в полосе распространения пород камарикусской пачки сопровождалось местами образованием лагунных условий седиментации. Об этом свидетельствует обилие новообразований флюорита, в частности в разрезе буровой скв. Пийбе. Флюорит считается чувствительным индикатором фации морских бассейнов раннего этапа их засоления (Казаков, Соколова, 1950). Его нахождение приурочивается обычно к галогенным образованиям — доломитам и известнякам, подстилающим ангидриты или гипсы. Ввиду большой подвижности CaF_2 флюорит встречается в породах чаще всего в виде вторичных скоплений. Но в камарикусской пачке он обнаружен лишь в песчаниках и всегда в виде хорошо ограненных кубических кристаллов.

Выпадение флюорита в регрессирующих бассейнах некоторые исследователи связывают с доставкой соединений фтора пресными водами с суши и смешением их с минерализованной морской водой (Казаков, Соколова, 1950; Абрамович, Нечаев, 1960). Другие подчеркивают большую роль биотического фактора при осаждении флюорита (Lowenstam, McCoppell, 1968 и др.).

Обнаружение аутигенных кристалликов флюорита в песчаниках камарикусской пачки следует рассматривать как редкое явление, объяснимое лишь совпадением различных содействующих ему факторов. Поэтому мы предполагаем, что на фоне общей регрессии бассейна седиментации хемогенное выпадение флюорита сочеталось с рядом благоприятных для этого факторов.

Немногочисленные известные до настоящего времени находки осадочного флюорита в ордовикских породах Эстонии, несмотря на возможное его диа- или катагенетическое перераспределение, приурочены к органическим остаткам. Кристаллы флюорита встречены во внутренних полостях различных окаменелостей (Viiding, 1968), а также в мергелистых прослоях известняков в районе распространения вазалеммаских биогермов.* Поркуниское время, как известно, характеризуется широким распространением биогермов (Мянниль, 1962; 1966). Это наводит на мысль, что благоприятные для химического осаждения флюорита условия образовались в местах сочетания рифовых зон с притоками пресных вод с суши и соответственно с ареалами распространения песчаных отложений.

Как показано А. Казаковым (Казаков, Соколова, 1950), наиболее благоприятные условия для хемогенной садки флюорита устанавливаются в морских лагунах в случае подтока к ним пресных речных вод. В солевом составе последних относительное количество фтора в 280 раз больше, чем в морской воде. В то же время относительное количество ионов Са, понижающих растворимость флюорита, также до 20 раз превышает относительное количество их в морской воде. Поэтому испарение

* Частное сообщение Э. Юргенсон.

в лагунах морских вод, разбавленных речной водой, действительно создает для химической садки флюорита наиболее благоприятные условия.

Биогермы как биотический фактор в условиях лагун могли содействовать химическому осаждению CaF_2 скорее всего косвенным путем: исключение накопления фтора в рифовых постройках способствовало постоянной концентрации его в лагунной воде до степени насыщения. Но, несомненно, наиболее важную роль биогермы играли в качестве геоморфологического фактора, т. е. в качестве непосредственной причины образования лагун и лагунных фаций. Для садки минералов, индикаторных на галогенные фации, требовались дополнительные порции фтора, которые и поступали в эти лагуны из речных вод.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамович Ю. М., Нечаев Ю. А. 1960. Аутигенный флюорит в кунгурских отложениях Пермского Приуралья. ДАН СССР, 135, № 2.
- Вингиссаар П. А., Ораспыльд А. Л., Эйнасто Р. Э., Юргенсон Э. А. 1965. Единая классификация и легенда карбонатных пород. Таллин.
- Казаков А. В., Соколова Е. И. 1950. Условия образования флюорита в осадочных породах (флюоритовая система). Тр. Ин-та геол. н. АН СССР, Геол. сер., 114.
- Мянниль Р. М. 1962. Фаунистическая характеристика поркуниского горизонта. Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, X.
- Мянниль Р. М. 1966. История развития Балтийского бассейна в ордовике. Таллин.
- Рыбусокс А. К. 1967. Стратиграфия вырусской и харьюской серии (ордовик) Северной Эстонии. Автореф. дисс. докт. геол.-мин. н. Москва—Тарту.
- Lowenstam H. A., McConnell Duncan. 1968. Biologic precipitation of fluorite. Science, 162, Nr. 3861.
- Rosenstein E. 1943. Unregelmäßigkeiten im Einfallen der untersilurischen Schichten Estlands im westlichen Teil der Pandiverschen Erhebung. Tartu Ülik. Geol. Inst. toimet., Nr. 65.
- Viiding H. 1969. Mineraalid Eestis. Eesti Loodus, Nr. 3—5.

Институт геологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
18/II 1972

Тартуский государственный университет

H. VIIDING, ASTA ORASPÖLD

PORKUNI LADEME KAMARIKU KIHISTIKU LITOLOOGIA JA MINERALOOGIA

Kamariku kihistik, millega lõpeb ordoviitsiumi läbilõige Põhja-Eestis, on Eesti ordoviitsiumi ja siluri karbonaatkivimite hulgas ainulaadne oma terrigeense materjali rikkuselt ning liivakivi vahekihtide esinemiselt. Terrigeense komponendi granulomeetiline ja mineraaliline analüüs 10 puursüdamiku põhjal võimaldas terrigeense materjali ja selle mineraaliliste assotsiatsioonide ruumilises levikus kindlaks teha mitmeid seaduspärasusi. Terrigeense materjali hulga ja terajämeduse suurenemine alt üles ja läänest itta osutab porkuni ea lõpul settebasseini pidevale madaldumisele ning purdmaterjali sissekandumisele idast või kirdest. Liivade monomineraalsus, hea kulutatuse ning püsivate mineraalide (tsirkoon, turmaliin, granaat) domineerimine raskes fraktsioonis kinnitab terrigeense materjali varasemat settelist päritolu. Allotigeensete mineraalide assotsiatsioonide poolest erinevad lää-nepoolsed valdavalt karbonaatkivimid selgelt ida pool levivatest liivarikastest kivimitest. Viimastes leidub kohati rohkesti (kuni 1%) settelise fluoriidi kristallikesi, mis on välja kristalliseerunud ilmselt ariidsetes laguunides, kus fluoriidi keemiliseks sadestumiseks olid kujunenud soodsad tingimused tänu laguunidesse terrigeenset materjali transportinud jõevete intensiivsele aurumisele.

H. VIIDING, ASTA ORASPÖLD

LITHOLOGY AND MINERALOGY OF THE KAMARIKU MEMBER OF PORKUNI STAGE

The Kamariku Member, the last one in the North-Estonian Ordovician section, is unique in its abundance of terrigenous material and in sandstone interstratifications, as compared to the other Ordovician-Silurian carbonate rocks. The granulometric and mineralogical analysis of the terrigenous component in 10 cores enabled the authors to state various regularities in the spatial distribution of the terrigenous material and of its mineralogical associations. The increase in the amount and grain-size of the terrigenous material in the upward direction, as well as from the west to the east points to the constant lowering of the sedimentational basin at the end of the Porkuni time, and to the elastic sediment delivery from the east or northeast. The monomineral nature of the sands, their good roundness and the predominance of stable minerals (zircon, tourmaline, garnet) in the heavy fraction are proof of the earlier sedimentary origin of the terrigenous material. The rocks distributed in the west are predominantly carbonate rocks, and in their associations of allothigenic minerals they differ sharply from the rocks occurring in the east, which are rich in sand. In the rocks in the east, one may meet in places a considerable amount (up to 1 per cent of the rock) of sedimentary fluorite crystals which were obviously crystallized in arid lagoons where the surrounding medium, was favourable for the chemical setting of fluorite, owing to the intensive evaporation of the river water that had delivered the terrigenous material to the lagoons.

Обнаружение аутигматического флюорита в породах Эстонии, осадочного флюорита в ордовикских породах Эстонии, несмотря на возможное его диа- или катагенетическое перераспределение, приурочено к органическим остаткам. Кристаллы флюорита встроены в различные окаменелости (Viding 1962). В породах Эстонии флюорит встречается в виде аутигматических кристаллов, что указывает на его осадочное происхождение. Флюорит встречается в породах Эстонии в виде аутигматических кристаллов, что указывает на его осадочное происхождение. Флюорит встречается в породах Эстонии в виде аутигматических кристаллов, что указывает на его осадочное происхождение.

Немного увеличенные известные до настоящего времени запасы осадочного флюорита в ордовикских породах Эстонии, несмотря на возможное его диа- или катагенетическое перераспределение, приурочены к органическим остаткам. Кристаллы флюорита встроены в различные окаменелости (Viding 1962). В породах Эстонии флюорит встречается в виде аутигматических кристаллов, что указывает на его осадочное происхождение. Флюорит встречается в породах Эстонии в виде аутигматических кристаллов, что указывает на его осадочное происхождение. Флюорит встречается в породах Эстонии в виде аутигматических кристаллов, что указывает на его осадочное происхождение.

* Частное сообщение Э. Юргенсона.