

Ю. ХЕЙНСАЛУ

КЛАСТИЧЕСКИЕ ДАЙКИ И ЭПОХИ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ И КАРСТА В СЕВЕРНОЙ ПРИБАЛТИКЕ

Толща ордовикских и силурийских карбонатных пород в Северной Прибалтике пересекается системами тектонических трещин северо-западного, северо-восточного, субмеридионального и субширотного простираний. Образование их связывается с каледонской, герцинской и альпийской эпохами тектогенеза (Teichert, 1927; Гатальский, 1959 и др.). Иногда среди тектонических трещин встречаются такие, которые в процессе их развития открывались и заполнялись осадочным материалом, внесенным в трещину водой на различных этапах их открытия или после закарстования. Такие заполненные осадочным материалом трещины относятся к кластическим дайкам (Pavlov, 1896; Гарецкий, 1956 и др.). В Северной Прибалтике встречаются разные кластические дайки, отличающиеся как по строению стенок трещин, так и по литологическому составу заполняющего их материала, что дает возможность определить время и условия их образования.

Кластические дайки встречаются в различных горизонтах палеозоя. На состоящие из песчаника «жилы» в известняках волховского и кундаского горизонтов нижнего ордовика на острове Осмусаар обращалось внимание уже в некоторых работах прошлого столетия (Eichwald, 1840; Соколов, 1844). В то время их образование объясняли небольшим поднятием морского дна и заполнением образовавшихся при этом трещин песчаным материалом. А. Эпик (Õrik, 1927) объясняет образование этих даек землетрясением. По исследованиям К. Орвику (1960а; 1960б), такие же «осадочные жилы» встречаются во многих местах в мелководной полосе ордовикского бассейна на северо-западе Эстонии. Среди них он выделяет два типа — пакрский и осмусаарский. Первые образованы по крутонаклонным трещинам, пересекающим известняки телиныммеской и сакаской пачек волховского горизонта. Мощность этих даек изменчива и колеблется в пределах 1—9 см (рис. 1, а). Они заполнены мелкокристаллическим, частью тонкослоистым скрытокристаллическим известняком, который содержит зерна глауконита, пирита, фосфатные гальки и створки брахиопод. Порода даек напоминает известняк лахепереской пачки, залегающей в верхней части волховского горизонта. Дайки осмусаарского типа имеют мощность от нескольких сантиметров до двух метров (рис. 1, б). Простирание даек разное и, скрещиваясь, они образуют сложную сеть. Порода этих даек представлена известковистым песчаником, напоминающим часто брекчию из обломков пород волховского и кундаского горизонтов. Дайки этого типа встречаются, согласно К. Орвику, в кундаском, волховском и лээтсеском горизонтах нижнего ордовика, причем в вышележащие горизонты они не распространяются.

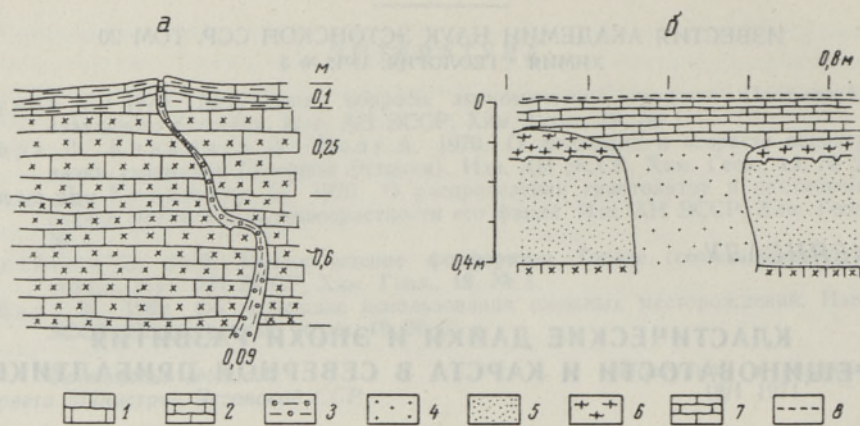


Рис. 1. Кластическая дайка пакриского (а) и осмуссаарского (б) типов (по К. Орвику, 1960а).

1 — известняк с зернами глауконита; 2 — известняк с прослоями мергеля; 3 — известняк осадочной жилы; 4 — известковый песчаник осадочной жилы; 5 — известковый песчаник; 6 — песчаный известняк темного цвета; 7 — песчаный известняк светлого цвета; 8 — оолитовый известняк.

Образование кластических даек осмуссаарского и пакриского типов происходило, по К. Орвику, в период с конца волховского до конца кундаского времени. Основной причиной образования даек он считает тектоническое поднятие дна моря.

Кластическая дайка иного типа, пересекающая нижнеордовикские породы, документирована в штреке фосфоритового рудника Маарду (восточнее г. Таллина) В. Олли. Вмещающими породами этой дайки являются фосфоритонесные песчаники маардуской пачки пакерортского горизонта. Мощность дайки 0,5—1 см, простирание северо-восточное. Стенки ее прямые, слегка бугристые, без следов выветривания. Дайка представлена кварцевым песчаником, сцементированным кальцитом и доломитом. Зерна кварца полуокатанные, в основном размером 0,1—0,25 мм. В песчанике встречены еще угловатые частицы карбонатных пород размером до 1 мм, редкие зерна полевого шпата, глауконита, циркона и пирита. Весьма часты и фрагменты брахиопод, характерных для маардуской пачки и попавших в трещину из боковых пород. Значительное вертикальное и горизонтальное распространение дайки показывает, что она развита по тектонической трещине. Наличие в составе дайки глауконита и обломков карбонатных пород, происходивших, очевидно, из слоев, лежащих выше маардуской пачки, показывает, что заполнение трещин произошло сверху. Дайка имеет, по-видимому, нижнеордовикский возраст, потому что состоит из глауконитовых пород этого возраста. В таком случае она образовалась в подводных условиях.

Песчаниковые дайки встречаются часто в среднеордовикских карбонатных породах в Северо-Восточной Эстонии, а также в Ленинградской области, где они изучались в сланцевых шахтах и карьерах многими исследователями (Газизов, 1958; Гатальский, 1959; Газизов, Янкович, 1965 и др.). Пока установлено, что они пересекают здесь ухакусский, кукрузеский, идавереский и йыхвиский горизонты. Песчаниковые дайки имеют исключительно северо-восточное простирание, протяженность до 1—2 км и мощность 2—3, редко до 15 см. Их совершенно незакарстованные стенки показывают, что соответствующие им открытые трещины образовались и заполнялись также в субаквальных, а не в континентальных условиях (рис. 2). Порода даек представлена кварцевым песча-

ником с карбонатным цементом. Кроме кварца в терригенном компоненте имеется незначительное количество полевых шпатов, граната, циркона, турмалина, магнетита, ильменита, лейкоксена, ставролита, рутила, слюды и других минералов (табл. 1, анализы 1—5). Хотя минералогический состав породы этих даек напоминает среднедевонские пески, нельзя последние считать, как мы увидим ниже, источником их материала.

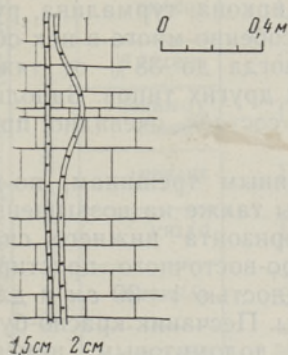


Рис. 2. Досреднедевонские песчаниковые дайки в известняках каменоломни Таммику.

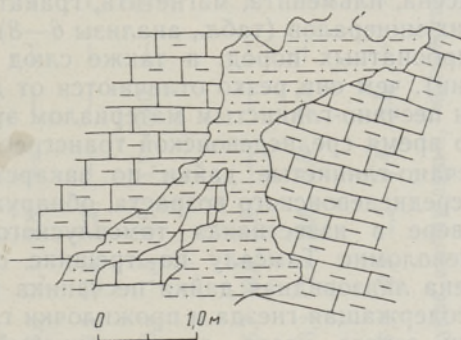


Рис. 3. Среднедевонская песчано-глинистая дайка в глинистых известняках по зоне тектонического нарушения в сланцевом карьере Кохтла.

В карбонатной толще ордовика и силура Северной Прибалтики встречаются жилы кальцита и сульфидов (в основном кальцит и пирит, редко галенит, сфалерит, халькопирит, барит и др.) также северо-восточного простирания и мощностью до 15 см. В развитии этих жил выделяется несколько фаз, свидетельствующих о повторном открытии трещин и длительной циркуляции гидротермальных растворов в них (Möls, 1961). Образование этих жил происходило в досреднедевонское время, так как в среднедевонских отложениях они крайне редки. В описанных выше песчаниковых дайках Северо-Восточной Эстонии наблюдаются тонкие прожилочки кальцита и сульфидов, имеющие такой же минералогический состав, следовательно, эти дайки являются более древними, чем жилы. Возможно, образование песчаниковых даек этого типа произошло уже на границе ордовика и силура, в поркунское время. Среди известняков поркунского горизонта местами встречаются прослои известнякового песчаника и песчаника, содержащего кварц, полевой шпат, мусковит, циркон, рутил и другие минералы. В силурийских отложениях песчаных слоев нет, а между силуром и средним девонем рассматриваемая территория находилась в континентальных условиях. Резкая смена условий седиментации в поркунское время указывает также на активность тектонических движений, что и могло вызвать образование трещин и кластических даек.

В сланцевых шахтах Эстонии и Ленинградской области встречаются песчано-глинистые дайки, которые развиты по закарстованным трещинам северо-восточного простирания и имеют значительную протяженность (рис. 3). Эти дайки связаны главным образом с зонами тектонических нарушений такого же простирания, которые характеризуют микросбросы, флексуроподобные изгибы и мелкие поднятия, имеющие незначительную амплитуду. Более крупные из таких зон — азерская, ахтмская и вийвиконнская — имеют амплитуду 10—20 м (Вахер

и др., 1962). Эти тектонические нарушения не распространяются в девонские отложения, залегающие местами на ордовикских отложениях, и, следовательно, имеют додевонский возраст. Они были закарстованы до основания карбонатных пород уже в позднесилурийском континентальном периоде (Гатальский, 1959). Песчано-глинистые дайки имеют крайне изменчивую мощность — от нескольких сантиметров до 1—2 м, местами они переходят в межпластовые линзочки. Песчаная и алевролитовая фракция даек состоит из кварца, полевого шпата, мусковита, биотита, барита, лейкоксена, ильменита, магнетита, граната, циркона, турмалина, рутила и других минералов (табл., анализы 6—8). Особенно много в них обломков карбонатных пород, а также слюд (иногда до 38% от тяжелой фракции), чем они резко отличаются от даек других типов. Заполнение трещин песчано-глинистым материалом этого состава, очевидно, произошло во время среднедевонской трансгрессии.

Песчано-глинистые дайки по закарстованным трещинам, по-видимому, среднедевонского возраста, обнаружены также на возвышенности Пандивере в известняках тамсалуского горизонта нижнего силура. В каменоломне Тамсалу по трещине северо-восточного простирания встречена линзовидная дайка песчаника мощностью 1—30 см и длиной 1,5 м, содержащая гнезда и прожилочки глины. Песчаник красно-бурого, местами серого цвета, среднезернистый, с доломитовым цементом. Около этой дайки известняк сильно доломитизирован, кавернозен, причем каверны частично заполнены доломитовой мукой и глиной. В д. Выннусвере в стенке шахтного колодца на глубине 13,2—14,1 м обнаружена дайка песчанитового доломита с тонкими прослойками глины. Мощность дайки 1—15 см, простирание северо-восточное. В составе породы дайки относительно много полевых шпатов, мусковита, биотита и циркона. Нижняя часть дайки соединена линзовидной межпластовой карстовой полостью высотой 20—40 см и шириной 1—3 м, заполненной в нижней части песчанитом, а в верхней — песком и гравием, состав которых аналогичен флювиогляциальным отложениям. Можно предположить, что в доплейстоценовых или межледниковых континентальных условиях карстовая полость расширялась, а песчанитовый доломит, возможно, был частично размыт. В плейстоцене эта полость снова заполнялась внесенным сверху водноледниковым обломочным материалом.

В Северной Эстонии, в основном в каменоломнях возвышенности Пандивере, изредка встречаются еще кластические дайки с закарстованными стенками, которые состоят из красновато-бурой карбонатной глины кирпичного цвета с мелкими выветрелыми обломками известняка. Аналогичный материал заполняет иногда мелкие карстовые формы под четвертичными отложениями и представляет собой, по-видимому, доплейстоценовый делювий карбонатных пород («terra rossa»). Он был внесен в трещины, вероятно, в доплейстоценовом континентальном периоде. Эти дайки имеют обычно северо-восточное простирание и мощность до 20 см.

Чаще всего в Северной Эстонии встречаются дайки плейстоценового возраста, состоящие из морены, песчано-глинистого или песчаного материала. Основанием для выделения плейстоценовых даек является присутствие в них гравия и песка карбонатных и кристаллических пород, характерных для морены и флювиогляциальных и лимногляциальных отложений. Особенностью плейстоценовых даек является еще то, что они развиты по всем системам тектонических трещин, причем в большинстве случаев их стенки близ поверхности коренных пород сильно закарстованы. Закарстование соответствующих трещин могло произойти в доплейстоценовое и межледниковые времена.

№	Местонахождение дайки	Краткая характеристика породы	Легкая фракция (0,1—0,05 мм)				Тяжелая фракция* (0,1—0,05 мм)													
			Аутигенные минералы				Аллоитогенные минералы													
			кварц	полевые шпаты	слюда	карбонаты	магнетит, ильменит	леюкоксен	гранат	пирокс	турмалин	рутил	титанит	выветр. Ti-минер.	апатит	корунд	эпидот	ставролит	Fe-гидроксиды	пирит
1**	Шахта Кохтла	Кварцевый песчаник с карбонатным цементом	96,6	3,1	0,3	—	1,3	4,9	41,9	32,4	18,7	—	—	—	—	—	0,8	0,1	70,4	—
2	Шахта Кява	То же	94,8	5,2	—	—	4,7	7,5	37,5	26,7	12,8	0,2	—	—	—	—	10,4	0,3	69,1	—
3	Карьер известняка Иыхви	Кварцевый песчаник, выветрелый	94,0	5,3	0,7	—	45,2	10,6	5,3	26,3	11,1	0,8	—	—	—	—	0,7	4,7	0,6	—
4	Карьер известняка Таммику	То же	98,2	1,8	—	—	31,5	21,4	0,7	19,3	24,2	1,2	—	—	—	—	1,7	35,8	0,8	50,1
5***	Шахта № 6	Кварцевый песчаник с карбонатным цементом	—	—	—	—	15,0	1,3	0,3	8,6	1,5	0,9	1,7	70,0	—	0,3	0,1	—	—	—
6	Шахта № 6 Карстовая зона	Слонстая песчано-глинистая порода с обломками известняка и доломита	66,5	15,5	2,5	15,5	18,4	22,1	8,0	6,7	43,0	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—
7	То же	Песчанник, содержащий обломки известняка	—	—	—	—	32,2	5,2	32,7	23,2	2,9	0,6	2,5	0,7	—	—	—	—	—	—
8	То же	Песчано-глинистая порода с обломками известняка и доломита	—	—	—	—	0,5	11,5	64,2	7,9	9,5	2,2	1,4	2,5	—	—	—	—	—	—

* Количество отдельных аллоитогенных минералов подсчитано в отношении к группе аллоитогенных, количество аутигенных минералов — в отношении ко всей тяжелой фракции.

** Анализы № 1—4 выполнены м.л. научн. сотр. Ин-та геол. АН ЭССР А. Клеесмент.

*** Анализы № 5—8 выполнены ст. научн. сотр. Ин-та геол. АН ЭССР К. Менс.

Плейстоценовые дайки по закарстованным трещинам в приповерхностной части коренных пород имеют клиновидную форму (рис. 4), ввиду чего здесь их можно назвать дайками лишь условно. Ширина этих погребенных карстовых клиньев достигает у поверхности 0,5 м, а на глубине 0,5—2 м — всего нескольких сантиметров. В шахтах некоторые такие дайки мощностью 1—5 см прослеживаются до глубины более 40 м. Местами они переходят в межпластовые заполненные карстовые полости.

Среди плейстоценовых даек чаще всего встречаются моренные дайки, макролитологический характер которых обычно не отличается от морены, покрывающей коренные породы в данном месте и относящейся к последнему оледенению. По-видимому, большинство имеющих моренных даек образовалось во время последнего оледенения, а более древние из них были уничтожены ледниковой денудацией.

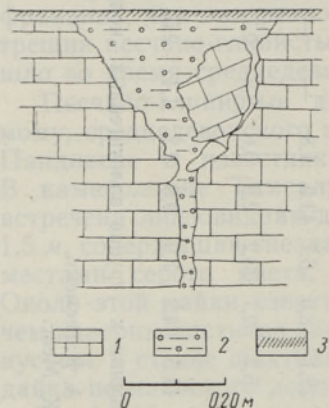


Рис. 4. Верхняя часть плейстоценовой глинистой дайки в Люганузе.

1 — известняк; 2 — песчано-глинистая морена; 3 — почвенный слой.

Песчаные или песчано-глинистые (глина с прослойками песка) плейстоценовые дайки в верхней своей части иногда состоят из морены. Одна из трещин, заполненная в нижней части песчано-глинистым материалом, а в верхней — обломками разрушенного известняка, найдена в каменоломне Алувере и описана А. Эпиком (Õrik, 1937). Он высказывает мнение, что эта «жила» древнее последнего оледенения, поскольку известняки в ее окрестности покрыты только мореной. Аналогичные дайки встречены в каменоломнях Люганузе, Кунда и других местах. В некоторых случаях они, по данным К. Орвику*, заполнены сверху мореной, более древней, чем последнее оледенение.

Плейстоценовые кlastические дайки с незакарстованными стенками встречаются редко. В шахтах установлено, что некоторые из них достигают также глубины 30—40 м. Интересная дайка этого типа обнаружена в каменоломне Люганузе. Она имеет гладкие, без ямочек выщелачивания стенки и состоит в основном из флювиогляциального песка. Последний отделен местами от стенок трещины тонким слоем глины мощностью до 2 мм, указывающим на новое открытие трещины после ее заполнения песком.

Самые молодые плейстоценовые кlastические дайки по незакарстованным трещинам, найденные до настоящего времени, состоят из глинистых отложений Балтийского ледникового озера. Эти дайки мощностью до 5 см встречены пока только в зоне тектонической трещиноватости северо-восточного простирания в карьере Сиргала, где коренные породы покрыты суглинками Балтийского ледникового озера. Материал некоторых даек здесь представлен теми же суглинками, которыми покрыты коренные породы.

Глубокие плейстоценовые кlastические дайки по тектоническим трещинам установлены также в девонских песчаниках Южной Эстонии. В старой штольне д. Вана-Каристэ, на глубине 5 м от дневной поверхности, обнажается дайка из серого суглинка с включением галек кри-

* Орвику К. Объяснительная записка к геологической карте четвертичных отложений Эстонской ССР. Центр. арх. АН ЭССР. 1953.

сталлических пород (Heinsalu, 1968). Она имеет мощность 8—10 см и азимут простирания 344°. Там же встречена еще другая дайка, очевидно, доледникового возраста, заполненная глиной и песком с обломками девонского песчаника. Мощность этой дайки 0,5—20 см и азимут простирания 342°. Кластическая дайка, по-видимому, плейстоценового возраста, по частному сообщению Э. Кивимяги, обнаружена также в подземных выработках девонских песков Пиуза.

Из изложенного выше следует, что известные в Северной Прибалтике кластические дайки имеют в основном палеозойский и плейстоценовый возраст. Дайки мезозойско-третичного возраста крайне редки. Среди даек выделяется ряд типов, отличающихся по характеру материала, из которого они сложены, распространением и условиями образования. По условиям накопления материала заполнения можно выделить субаквальные и континентальные генетические типы даек.

На основе изучения даек можно сделать некоторые выводы о развитии тектонической трещиноватости и карста в Северной Прибалтике. Распределение даек разных типов показывает, что интенсивное образование тектонических трещин произошло, по-видимому, на границе ордовика и силура, в позднем силуре—раннем девоне и в доплейстоценовое и плейстоценовое время. Таким образом, развитие тектонической трещиноватости связано главным образом с каледонским этапом, с наиболее ранними фазами герцинского этапа и с неотектоническим этапом движений земной коры.

Характер тектонической трещиноватости определил в значительной степени условия развития карста на отдельных его этапах. Досреднедевонский карст мог развиваться в глубину по трещинам и зонам нарушений, имевшим только северо-восточное простирание. Карст в последевонском континентальном периоде, по-видимому, до неогена не имел благоприятных условий развития в глубину. Этому препятствовал кольматаж каледонских и раннегерцинских трещин в девоне и незначительное количество новых трещин, образовавшихся в конце палеозоя и в мезозое. С образованием неотектонической трещиноватости, что произошло, видимо, начиная с неогена, условия развития карста резко улучшились. Тогда началось интенсивное развитие карста, которое затухало только в ледниковые периоды.

ЛИТЕРАТУРА

- Вахер Р. М., Пуура В. А., Эрисалу Э. К. 1962. Тектоническое строение Северо-Восточной Эстонии. Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, X. Таллин.
- Газизов М. С. 1958. К вопросу о морфологии и происхождении глубинного карста в Прибалтийском сланцевом бассейне. Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, II. Таллин.
- Газизов М. С., Янкович М. С. 1965. Трещиноватость горных пород ордовика и ее роль при разработке сланцевых месторождений Прибалтики. В сб.: Специальные вопросы строительства шахт и карьеров. Науч. сообщ. Ин-та горного дела им. А. А. Скочинского, XXVII. М.
- Гарецкий Р. Г. 1956. Кластические дайки. Изв. АН СССР, Сер. геол., № 3.
- Гатальский М. А. 1959. Микродислокация и трещиноватость пород в районе Прибалтики и их значение в миграции и распределении флюидов. Геол. сб., 4. Тр. ВНИГРИ, вып. 131. Л.
- Орвику К. К. 1960, а. О литостратиграфии тойлаского и кундаского горизонтов в Эстонии. Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, V. Таллин.
- Орвику К. К. 1960, б. Литофациальные особенности ордовикских горизонтов Волхов (V_{II}), Кунда (V_{III}) и Азери (C_{1a}) в северной части Эстонской ССР. В сб.: Стратиграфия и корреляция ордовика и силура. Междунар. геол. конгресс, XXI сессия. Л.
- Соколов Д. С. 1844. Геогностическая поездка по остзейским губерниям. Горный ж., ч. 1.
- Eichwald E. 1840. Über das silurische Schichtensystem in Estland. St. Petersburg.

- Heinsalu Ü. 1968. Kirjeldamata koopaid Sakalas. Eesti Loodus, Nr. 3.
 Möls E. 1961. Eesti aluspõhja lõhede geneesist. Geoloogiline kogumik. Tartu.
 Pavlov A. 1896. On dikes of oligocene sandstone in the Neocomian clays of the district of Alatur in Russia. Geol. Mag., 3.
 Teichert C. 1927. Die Klufftektonik der cambro-silurischen Schichtentafel Estlands. Geol. Rundschau, XVIII, H. 4.
 Õpik A. 1927. Die Inseln Odensholm und Rogö. Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudi Toimetused, Nr. 9.
 Õpik A. 1937. Settesoontest Aluvere murrus. Eesti Loodus, Nr. 5.

Институт геологии
 Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
 28/I 1971

Ü. HEINSALU

SETTESOONED JA LOHELISUSE NING KARSTI ARENGU EPOHHID POHJA-BALTIKUMIS

Põhja-Baltikumis esineb mitmesuguseid settesooni tektoonilistes lõhedes, mis on täidetud vee poolt pärast nende lõhede avanemist või karstumist neisse kantud materjaliga. Lõheseinte iseloomu ja täitematerjali järgi saab määrata settesoonte vanust ja tekketingimusi.

K. Orviku (1960a, b) on alamordoviitsiumi kihtides eristanud kaks settesoonte tüüpi, mis koosnevad lubjakivist ja liivakivist ning on kujunenud subakvaalsetes tingimustes alates volhovi ea lõpust kuni kunda ea lõpuni. Maardu fosforiidikaevanduses avastati alamordoviitsiumi vanusega liivakivi settesoon, mis on tekkinud samuti subakvaalsetes tingimustes. Kirde-Eesti ja Leningradi oblasti kaevandustes leidub subakvaalsetes tingimustes moodustunud liivakivi settesooni, mis on vanemad kui keskdevon ning on tekkinud arvatavasti porkuni eas. Viimati nimetatud settesoonte esinemisalal ja Pandivere kõrgustikul on tektooniliste riketega seotud settesooni, mis on täidetud keskdevoni setetega. Kõige sagedamateks on Põhja-Baltikumis pleistotseeni setetega täidetud karstunud seintega settesooned, mis koosnevad tavaliselt moreenist.

Settesoonte levik ja iseärasused näitavad, et intensiivne tektoonilise lõhelisuse ja karsti areng on seotud kaledoonilise etapiga, hertsüünilise etapi algusega ja neotektoonilise etapiga. Keskdevonieelne karst võis areneda sügavuti vaid kirdesuunalise lõhesüsteemi järgi. Devonijärgsel kontinentaalsel perioodil takistasid karsti arengut devonis toimunud vanade lõhede kolmataaz ning uute lõhede vähesus. Karst intensiivistus järsult arvatavasti alles neotektoonilise lõhelisuse moodustumisega.

Ü. HEINSALU

SEDIMENTGÄNGE SOWIE KLÜFTUNGS- UND VERKARSTUNGSEPOCHEN IM NORDBALTIKUM

Im Nordbaltikum gibt es verschiedene Sedimentgänge, tektonischen Klüften entsprechend, die nach ihrer Entstehung oder Verkarstung mit Schwemm-Material gefüllt worden sind. Je nach dem Charakter dieses Materials und der Klüfte selbst können das Alter und die Entstehungsbedingungen der Sedimentgänge festgestellt werden.

K. Orviku (1960a, b) unterscheidet in den Schichten des Unterordoviziums zwei Typen von Sedimentgängen, aus Kalkstein und Sandstein bestehend und vom Ende der Wolchow-Epoche bis zum Ende der Kunda-Epoche in subaqualen Bedingungen entstanden. In der Phosphoritgrube von Maardu wurde gleichfalls ein unterordovizischer, subaqual entstandener Sedimentgang mit Sandsteinwandungen gefunden. In den Bergwerken des nordöstl. Estlands und der Leningrader Oblast gibt es einen ebensolchen, subaqual entstandenen Sandsteingang, älter als das mittlere Devon, und allem Anschein nach aus der Porkuni-Epoche stammend. Im letztgenannten Vorkommensareal der Sedimentgänge und auf der Anhöhe von Pandivere stößt man auf tektonische Klüfte, mit Sedimenten des mittleren Devons ausgefüllt. Am häufigsten haben wir es im Nordbaltikum mit verkarsteten Moränengängen zu tun, ausgefüllt mit Sedimenten pleistozänen Ursprungs.

Die Verbreitung und die Besonderheiten der Sedimentgänge zeigen, daß die intensive Entstehung der tektonischen Klüfte und des Karstes mit der kaledonischen Etappe, mit

dem Anfang der herzynischen Etappe und mit der neotektonischen Etappe verbunden sind. Vor dem mittleren Devon konnte sich der Karst in die Tiefe nur nach den nord-östlich verlaufenden Klüften entwickeln. In der aufs Devon folgenden kontinentalen Periode war die Entwicklung des Karstes durch die im Devon erfolgte Ausfüllung der alten Klüfte und durch die geringe Zahl der neuen behindert. Die Verkarstung kam wahrscheinlich erst mit der Bildung neotektonischer Klüfte in Aufschwung.