

Э. ПИРРУС

## ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ КАРБОНАТНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КЕМБРИЯ СЕВЕРНОЙ ПРИБАЛТИКИ

Важность изучения особенностей карбонатной минерализации в толще обломочных пород не может вызывать сомнений, ибо с этим явлением тесно связана первичная эволюция порового пространства песчано-алевритовых пород, без знания которой нельзя решить многие проблемы в нефтяной геологии, в гидрогеологии и в других областях народного хозяйства. Весьма остро стоит этот вопрос и для Прибалтики, где вся палеозойская осадочная толща залегает на небольших глубинах — именно в зоне развития карбонатной цементации пород. Конформно-регенерационные процессы, характерные для более глубоких зон катагенеза, развиты здесь ограниченно и не имеют определяющего значения при формировании коллекторных свойств пород.

В то же время здесь выявляется большая неравномерность процесса цементации пород: даже в разрезах кембрия в зоне наибольшего погружения Прибалтики на юго-западе совсем рядом встречаются как плотно сementированные, так и довольно рыхлые породы. Правильное истолкование этих явлений, усложненных, видимо, вторичным выщелачиванием и перераспределением цементирующего вещества, представляет значительные трудности без учета особенностей распределения первичного цемента в этих толщах.

Поэтому в настоящем сообщении приводятся данные по разрезу кембрия северных районов Прибалтики, где осадочные породы никогда не были погружены на большие глубины и где они хорошо доступны исследованию не только в скважинах, но и в обнажениях.

Как известно, карбонатная минерализация в алевритовых и песчаных породах венда и кембрия носит явно наложенный, постседиментационный характер и никакие признаки седиментогенного карбонатообразования здесь не установлены. Это вполне естественно, если учесть гумидный климатический режим осадконакопления здесь в это время, что подтверждается многими минеральными индикаторами. Следовательно, карбонатная цементация пород могла начаться здесь только после погружения отложений на определенную глубину — в сферу деятельности грунтовых растворов, способных перераспределять первичные, наименее устойчивые химические соединения в толще пород.

По вертикальному разрезу уровни самой интенсивной карбонатной минерализации приурочены, как правило, к контактовым зонам песчано-алевритовых и глинистых толщ. При этом наиболее сильно данный про-

цесс развивается либо в низах песчано-алевроитовых пластов, непосредственно залегающих на непроницаемых глинах (какумягская пачка тискреской свиты), либо в алевроитовых и песчаных прослоях в комплексах тесного резкого контактового пересланвания обломочных и глинистых пород (люкатская и лонтоваская свиты). Общая масса карбонатного компонента в этих случаях составляет нередко 20—35% всей породы — то есть охватывает почти все поровое пространство. Внутри отдельных прослоев наблюдается тяготение карбонатного цемента к нижним уровням, а в случае невыдержанной мощности слоя — к его углублениям в подошве. Все это свидетельствует о том, что образование карбонатного цемента в порах пород происходило под действием растворов, просачивающихся через толщу пород именно сверху вниз. Участками преимущественного выпадения карбонатов служили, таким образом, углубления в ложе коллекторных пород, где чаще всего возникали застойные условия затрудненного водообмена в противовес зонам интенсивного движения грунтовых вод в верхних частях слоев.

С этой закономерностью согласуется и латеральное распространение карбонатной цементации, которое имеет явно прерывистый характер: крепкоцементированные разновидности пород чередуются по простиранию с рыхлыми, причем это часто наблюдается при вполне аналогичных условиях залегания (какумягская пачка). Контакты между разноцементированными породами различные, нередко резкие, свидетельствующие об очагообразном, а не фронтальном развитии процесса. Прежде всего это вызвано особенностями миграции грунтовых растворов в алевроитовых линзах, изолированных друг от друга отдельными прослоями более глинистых разновидностей пород, как это часто наблюдается, например, в какумягской пачке.

Таким образом, карбонатная цементация в породах кембрия малопогруженных районов Прибалтики характеризуется большой неравномерностью развития процесса, что указывает, на наш взгляд, на ее катагенетическую природу, контролируемую, прежде всего, гидрогеологическими факторами внутри сформировавшихся толщ обломочных пород.

Весьма четко осуществляется и стратиграфический контроль карбонатообразования: оно, как правило, не опускается ниже подошвы кембрия. Единственные проявления карбонатной цементации в венде связаны исключительно с отдельными прослоями воронковской свиты, залегающей в контакте с кембрийскими отложениями. Следует сразу же отметить, что широко известная сидеритовая минерализация в котлинской свите является специфическим диагенетическим процессом данного уровня и не имеет отношения к рассматриваемым карбонатопроявлениям в остальной части разреза.

Такая тесная связь карбонатообразования с кембрийскими отложениями объясняется, очевидно, присутствием в этих нормально-морских осадках значительных количеств первично погребенного органического вещества, продукты разложения и минерализации которого и создали необходимую кислотность среды для перераспределения соответствующих компонентов в растворах. Органогенный углерод был, по-видимому, основным источником построения аниона  $\text{CO}_3^{2-}$ , привнос которого извне, судя по катионному составу карбонатного компонента минералопроявлений, был мало вероятен. Отсутствие заметных количеств органики в пестроцветных породах венда послужило естественным ограничением данного процесса в этих отложениях.

Основной формой карбонатной минерализации в кембрийских отложениях Эстонии являются поровые и базальные типы цемента в крупнозернистых алевролитах и песчаниках. Обычно цементация приобретает

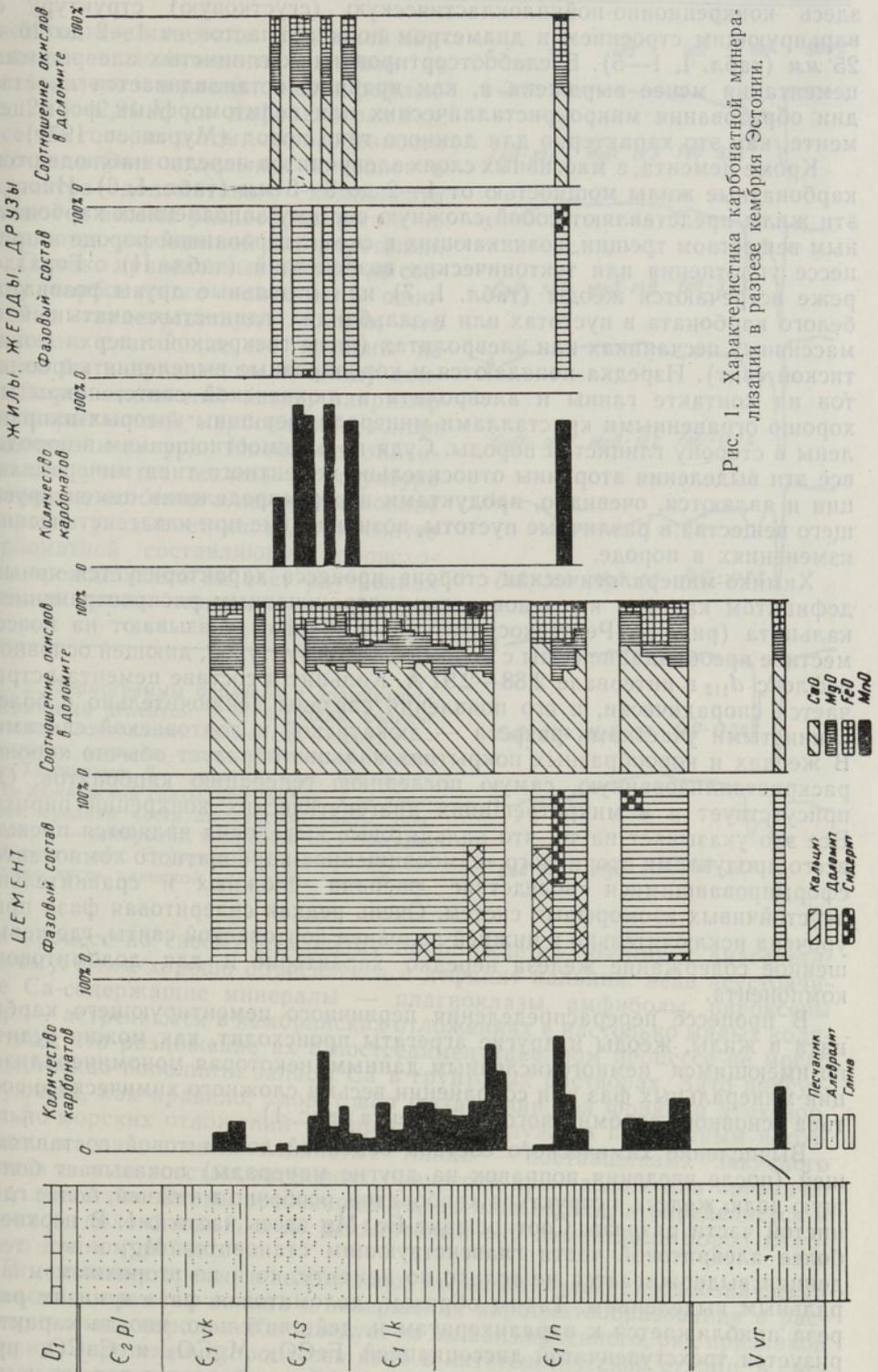


Рис. 1. Характеристика карбонатной минерализации в разрезе кембрия Эстонии.

здесь конкреционно-пойкилокластическую (сгустковую) структуру с варьирующим строением и диаметром пойкилокластов от 1—2 до 20—25 мм (табл. I, 1—5). В слабоотсортированных глинистых алевролитах цементация менее выражена и, как правило, останавливается на стадии образования микрокристаллических или пелитоморфных форм цемента, как это характерно для данного типа пород (Муравьев, 1971).

Кроме цемента, в массивных слоях алевролитов нередко наблюдаются карбонатные жилы мощностью от 1—2 до 5—8 мм (табл. I, 6). Иногда эти жилы представляют собой сложную систему заполненных карбонатным веществом трещин, возникающих в сцементированной породе в процессе уплотнения или тектонических воздействий (табл. II). Гораздо реже встречаются жеоды (табл. I, 7) или отдельные друзы розовато-белого карбоната в пустотах или в зальбандах глинистых окатышей в массивных песчаниках или алевролитах (низы тискреской и верхи люкатиской свит). Изредка попадаются и корообразные выделения карбонатов на контакте глины и алевролита в люкатиской свите, покрытые хорошо ограненными кристаллами минерала, вершины которых направлены в сторону глинистой породы. Судя по взаимоотношениям в породе, все эти выделения вторичны относительно цементного типа минерализации и являются, очевидно, продуктами перераспределения цементирующего вещества в различные пустоты, возникающие при катагенетических изменениях в породе.

Химико-минералогическая сторона процесса характеризуется явным дефицитом кальция и, следовательно, ограниченным распространением кальцита (рис. 1). Рентгеноструктурные анализы указывают на повсеместное преобладание фазы с доломитовой структурой, дающей основной рефлекс  $d_{112}$  в интервале 2,88—2,91 Å. Кальцит в составе цемента встречается спорадически, и его появления связаны исключительно с более глинистыми участками разреза — люкатиской и лонтоваской свитами. В жеодах и корообразных покрытиях кальцит образует обычно хорошо раскристаллизованную, самую последнюю генерацию карбонатов. Он присутствует и в микротрещинах диагенетических конкреций пирита. Все это указывает на то, что кальцитовые выделения являются прежде всего продуктами вторичного «самоочищения» карбонатного компонента, сформировавшимися вследствие распада сложных и сравнительно неустойчивых изоморфных систем. Очень редкая сидеритовая фаза приурочена исключительно к нижней половине лонтоваской свиты, где повышенное содержание железа нередко характерно и для доломитового компонента.

В процессе перераспределения первичного цементирующего карбоната в жилы, жеоды и другие агрегаты происходит, как можно судить по имеющимся немногочисленным данным, некоторая мономинерализация минеральных фаз при сохранении весьма сложного химического состава основного доломитового компонента (рис. 1).

Вычисление химического состава основной доломитовой составляющей (после введения поправок на другие минералы) показывает большую долю железа в структуре карбонатов, особенно в нижней, более глинистой части разреза. Соотношение Fe : Mg здесь часто  $> 1$ . В верхней, более алевроитовой части главенствующим становится Mg, и эта тенденция выдерживается не только по цементу, но и по вторичным минеральным выделениям. Таким образом, доломитовая фаза в низах разреза приближается к параанкеритам и, действительно, иногда характеризуется трехступенчатой диссоциацией  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  и  $\text{CaCO}_3$  при нагревании (рис. 2). Однако это явление обнаруживается далеко не на всех термограммах и не коррелируется четко с изменениями в химиче-

ском составе минерала. Надежной корреляции с химическим составом не установлено и в расположении рефлекса 2,88—2,91 Å на дифрактограммах. Все это говорит о том, что особенности распределения отдельных катионов в структуре доломитового компонента являются весьма разнообразными и не поддаются упрощенной интерпретации.

Однако приведенные данные по составу карбонатного компонента однозначно свидетельствуют о том, что основные слагающие его катионы не могли быть привнесены в толщу кембрийских отложений извне, например из покрывающей карбонатной толщи ордовика и силура. Наоборот, значительное участие железа в структуре доломита, особенно в нижней половине разреза, указывает на то, что синтез карбонатной составляющей происходил прежде всего за счет внутренних запасов самих глинистых толщ и что

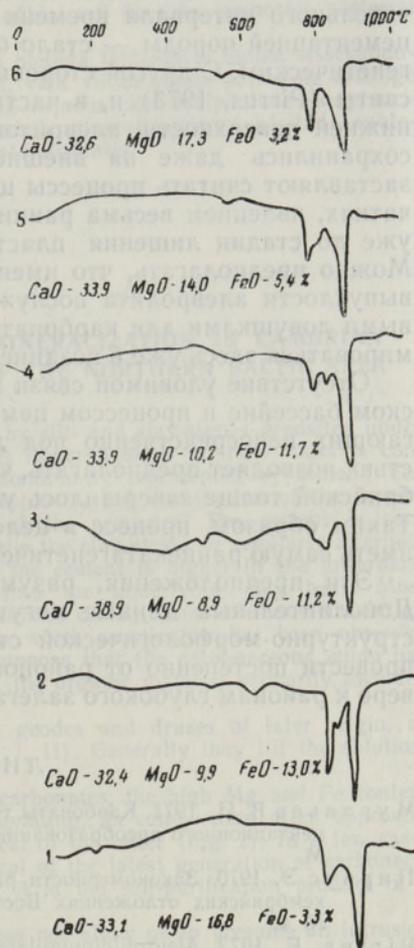


Рис. 2. Термограммы образцов с доломитово-анкеритовым цементом: 1 — песчаник, базальная часть лонтоваской свиты, скв. Пярну; 2 — алевролит, верхняя часть лонтоваской свиты, обн. Таммнеэме; 3 — конгломерат, базальная часть люкатиской свиты, обн. Копли; 4 — алевролит, средняя часть люкатиской свиты, обн. Копли; 5 — алевролит, базальная часть тискреской свиты, обн. Суурупи; 6 — алевролит, базальная часть ваикской (?) свиты, скв. Яама.

сам процесс по своему механизму приближается поэтому к диагенетическому. Этим хорошо объясняется и дефицит кальция: ведь неустойчивые Са-содержащие минералы — плагиоклазы, амфиболы, пироксены и др. — встречаются в кембрийских отложениях в настолько малых количествах, что разложение их в постседиментационном процессе не могло существенно пополнить запасы Са в грунтовых растворах. Зато присутствующая, как правило, хлоритовая фаза глинистой фракции этих нормально-морских отложений (Пиррус, 1970) служила постоянным источником магния, а сами глинистые толщ — поставщиками закисного железа в ходе восстановительных процессов при разложении органического вещества. Этими особенностями, на наш взгляд, и определяется в основном доломитовый, а не кальцитовый тип цементации пород кембрия в данном районе.

В настоящее время, к сожалению, мы не располагаем однозначными данными о времени начала и завершения карбонатообразования в рассматриваемых породах. Как следует из вышесказанного, ряд признаков говорит о протекании процессов явно в катагенетической стадии, в системе уже затвердевшей и уплотненной породы (жильные образования в трещинах, взаимоотношения с диагенетическими выделениями пирита и др.). Сходство химизма не позволяет предполагать также наличия зна-

чительного интервала времени между этими явлениями и предыдущей цементацией породы — стало быть, процесс в целом должен быть катагенетическим. С другой стороны, наблюдения за текстурами люкатиской свиты (Pirrus, 1973) и, в частности, за различными иероглифами на нижней поверхности алевритовых слоев, которые нередко полностью сохранились даже на внешней поверхности оползневых «рулетов» заставляют считать процессы цементации, по крайней мере, в этих отпечатках, явлением весьма ранним — завершившимся в какой-то степени уже до стадии лишения пластичности основного пласта алевролита. Можно предполагать, что именно погруженные в подстилающую глину выпуклости алевролита послужили, благодаря своей замкнутости, первыми ловушками для карбонатосных растворов, которые могли сформироваться здесь уже в поздние стадии диагенеза.

Отсутствие уловимой связи между карбонатонакоплением в ордовикском бассейне и процессом цементации в тискреских алевролитах, залегающих непосредственно под доордовикской денудационной поверхностью, позволяет предполагать, что основное карбонатообразование в кембрийской толще завершилось уже до начала ордовикской трансгрессии. Таким образом, процесс в целом мог быть весьма кратковременным и иметь самую раннекатагенетическую природу.

Эти предположения, разумеется, требуют дальнейшей проверки. Дополнительные данные могут быть получены при изучении деталей структурно-морфологической стороны процесса, которое целесообразно провести постепенно от районов наименьшего погружения пород на севере к районам глубокого залегания их на юге Прибалтики.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Муравьев В. И. 1971. Карбонаты терригенных пород — индикаторы стадий постседиментационного преобразования. В кн.: Эпигенез и его минеральные индикаторы. М.
- Пиррус Э. 1970. Закономерности распределения глинистых минералов в вендских и кембрийских отложениях Восточной Эстонии. Изв. АН ЭССР, Хим. Геол., 19, № 4.
- Pirrus, E. 1973. Aleuroliidimugulatest kihid. Eesti Loodus, nr. 4.

*Институт геологии  
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию  
24/XI 1976

E. PIRRUS

#### KARBONAATSE MINERALISATSIOONI PÕHIJOOINI PÕHJA-BALTIKUMI KAMBRIUMI TERRIGEENSEIS SETTEKIVIMEIS

Humiidse kliimavöö settekivimite pooridesse settimisjärgsel perioodil ladestunud karbonaatne tsement paikneb läbilõikes väga ebahütlaselt, olles koondunud peamiselt aleuroliidikihtidesse, mis lasuvad savidel või vahelduvad viimastega (joon. 1). Seejuures on karbonaatset tsementi rohkem kihi alumises osas ja lamavasse savisse tungivates süvendites, mis viitab tema sadestumisele ülalt alla liikuvatest lahustest. Allpool kambriumi lamamit märkimisväärset mineralisatsiooni ei esine; see lubab oletada karbonaatiooni päritolu peamiselt algselt setteisse sattunud orgaanilise aine laguproduktidest. Kõrvuti valdavalt poikiloklastilist tüüpi tsemendiga (tab. I, 1—5) esineb kivimeis ka lõhetäiteid, geoode ning druuse, mis on tekkinud hiljem kui tsement ning mis täidavad üldjuhul katageneesi ajal tekkinud tühimikke (tab. I, 6—7; tab. II).

Keemiliselt on kõik karbonaadilmingud sarnased, neid iseloomustab suur magneesiumi- ja rauasisaldus. Valdav mineraal on dolomiit, mis koostiselt läheneb enamasti paraan-

keriidile, andes kuumutamisel viimasele iseloomuliku termogrammi (joon. 2). Sideriiti leidub vaid üksikjuhtudel lisandina, kaltsiit aga on iseloomulik kõige hilisematele karbonaadigeneratsioonidele — drusidele, olles seega nähtavasti keeruka isomorfse süsteemi isepuhastusprodukt.

Selline keemiline ja mineraalne koostis ei luba oletada lähteainete olulist sissekandumist kõrgemalt, ordoviitsiumi lubjakivide lasundist, vaid viitab nende päritolule eelkõige kambriumi savirikastest kivimitest endist. Märgitud asjaolu ühes kihipindade skulptuuri-elementide hea säilivusega ka sette liheterketes lubab mineralisatsiooni käsitada suhteliselt lühiajalise protsessina katageneetiliste muutuste algaasis.

E. PIRRUS

### MAIN FEATURES OF CARBONACEOUS MINERALIZATION IN CAMBRIAN TERRIGENEOUS SEDIMENTARY ROCKS OF THE NORTHERN BALTIC AREA

The Cambrian sequence is mostly represented by silt- and clay-stones deposited under humid conditions. The occurrence of carbonaceous mineralization in these rocks is connected with post-sedimentary processes and predominantly represented by cement. The poikiloclastic type of cementation is prevailing (Table I). The distribution of the cement is heterogeneous and controlled by the structure of the sequence. The cement is concentrated mostly in the siltstone layers which overlie the clay strata or regularly alternate with the latter (Fig. 1). At that, the content of the cement is higher in the lowermost part of the layer and in the pockets intruding into the underlying clay beds. Most likely, this fact testifies to a deposition of carbonaceous cement from solutions circulating downwards. At the same time no mineralization worth mentioning has been observed below the Cambrian strata. This enables us to suppose that the carbonaceous anion has predominantly arisen out of the decomposition of the organic material primarily included in the Cambrian deposits.

Besides the cement, carbonaceous veinlets, geodes and druses of later origin, as compared with cement, are presented (Tables I, II). Generally they fill the solution-cavities formed in the katagenic phase.

As to the chemical composition of all these carbonates, the high Mg and Fe content is characteristic. Among minerals dolomite is prevailing, its composition often approaching para-ankerite, and giving a thermogram typical of the latter (Fig. 2). In a few cases siderite is found as an admixture. Calcite is typical of the latest generation of carbonaceous mineralization forming druses. Most likely, it is the self-purification product of a complicated isomorphic system.

Such a chemical and mineral composition does not allow us to presume an intrusion of carbonaceous material from overlying Ordovician limestones. First of all, it indicates their formation on account of Cambrian clayey deposits. According to the above-mentioned fact and on the basis of well-preserved sculptural elements on bedding surfaces deformed by slumping, it is possible to regard the carbonaceous cementation as a short-term process in the early katagenesis.