

КАРБОНАТНЫЕ ПОСТРОЙКИ В ОРДОВИКЕ ШВЕЦИИ

В районе Сильян Центральной Швеции локальное распространение ордовикских чистых известняков, содержащих богатую и разнообразную фауну, известно с давних пор. Окаменелости из этих отложений были уже описаны Г. Валенбергом [1].

Определение стратиграфического положения известняков было связано с большими трудностями, пока М. Столпе [2] и А. Натхорст [3] не выдвинули предположение, что они залегают в виде огромных линз, сравнимых с коралловыми рифами. О. Исберг [4] показал, что эти линзы залегают на различных уровнях в пределах среднего и верхнего ордовика. Е. Варбург [5], основываясь на тщательном изучении трилобитов, доказала, что ранние линзы (называющиеся в настоящее время известняками Куллсберг) имеют поздний среднеордовикский возраст (верхи хронозоны *Diplograptus multidens* и хронозона *Dicranograptus clingani*) и что образование поздних линз (известняки Буда) началось после отложения сланцев Фяка (зона *Pleurograptus linearis*) и продолжалось вплоть до верхов ордовика (табл. 1). Известняки Куллсберг были установлены также ниже уровня моря в южной части Ботнического залива (известны только по эратическим валунам) и недавно — в скважинах в Эстергётланд (сообщение Б. Далмана). Линзы, аналогичные известнякам Буда, но не доходящие до горизонта Поркуни, известны в Северной Эстонии [6]. Многочисленные линзы нижнебудаского известняка, обнаружены под о-вом Готланд и восточнее его в Балтийском море при проведении разведочных работ на нефть.

В последнее время стало известно, что трилобитовый комплекс некоторых верхнеордовикских известняков Казахстана и Салаира сходен с таковым известняков Буда. Поэтому краткое изложение результатов последних исследований по литологии карбонатных построек района Сильян (табл. 1) может представлять определенный интерес для геологов, занимающихся ордовиком Казахстана. Некоторые результаты этих исследований упоминаются В. Яануссоном [7], но основные материалы находятся в стадии подготовки к публикации (известняки Куллсберг — Яануссоном, известняки Буда — Клайвом Отоном).

Таблица 1

Схема корреляции, показывающая общие стратиграфические соотношения известняка Буда с отложениями между линзами (межлинзовая фация) в районе Сильян провинции Даларна

Внутренняя часть линзы	Краевая часть линзы	Межлинзовая фация	Серии
Граптолитовый сланец	Граптолитовый сланец	Граптолитовый сланец	Верхний лландоверн
Перерыв	Перерыв		Средний
Известняк Буда Внутренняя фация	Периферия Известняк внутренней фации	Аргиллит	Нижний
	Буда Краевая фация	Свита Томмарп (дальманитиновые слои)	
	Верхний Известняк Эглунда Нижний	Свита Нитшё	
Сланец Фяка	Сланец Фяка	Известняк Юнсторп	Харью (верхний ордовик)
Известняк Сландром	Известняк Сландром	Сланец Фяка	
		Известняк	
		Сландром	

Графа «Краевая часть линзы» относится к разрезу из периферийной части линзы Буда, находящейся примерно на уровне разреза у входа в старый карьер Сколберьет. Подошва зоны *Dicellograptus complanatus* приблизительно соответствует границе между сланцами Фяка и свитой Юнсторп. Свита Томмарп (дальманитиновые слои) синхронна с ярусом Хирнант. Перерыв над линзами известняка Буда обусловлен, вероятно, невозможностью накопления осадков на возвышенных частях морского дна, длился до тех пор, пока накапливающиеся между линзами лландоверийские отложения не достигли их вершины.

Карбонатные постройки района Сильян имеют форму огромных линзовидных тел размером в поперечнике до 0,5 км и мощностью до 100 м. Известно около 30 таких линз [8].

Текстура их массивная, без ясной слоистости. По краям построек появляются тонкие глинистые прослойки. Их число и мощность увеличиваются по направлению к склонам, сложенным главным образом тонкослоистыми известняками с красными и зелеными глинистыми прослойками, богатыми остатками различных сидячих организмов. В местах, где постройка стратифицирована, она кажется состоящей из большого числа

различной величины известняковых линз второго порядка; нередко наблюдается конседиментационная или ранняя постседиментационная трещиноватость. Постройки могут рассекаться постседиментационными трещинами, выполненными более молодыми осадками, в основном вышележащими темными граптолитовыми сланцами. Межлинзовые отложения имеют гораздо меньшую мощность и состоят из различных глинистых известняков, главным образом от комковатых до мелкокомковатых, и аргиллитов.



Рис. 1. Поверхность внутренней фации известняка Куллсберг, на которой видны строматактисы (белое) и в промежутках мелкозернистый известняк. Район Сильян, Унскарсхеден, около 9 м ниже кровли известняка Куллсберг

В течение многих лет известняки Куллсберг и Буда рассматривались как органогенные постройки, и поэтому предполагалось, что они имеют органический каркас. Последние исследования убедительно показали, что органического каркаса нет и не наблюдается никакого органического контроля в течение роста постройки. По этой причине подходящим термином для обозначения этих известняковых линз на английском языке является *carbonate mound* (карбонатная постройка).

Макроскопически текстура линзы изучалась на достаточно гладкой поверхности, обнаженной перпендикулярно поверхности отложений. Чтобы увеличить контраст между различными макроскопическими составными частями, многие такие поверхности травились соляной кислотой и окрашивались раствором железо-цианистого калия или разведенными чернилами. Изучение показало, что известняк состоит из ясных друзовых тел кальцита (рис. 1, 2), которые (на основе подсчета точек) составляют до 50% объема известняка. Тела кальцита в поперечном разрезе обычно вытянуты до ламинарных. Их нижняя граница обычно довольно гладкая, тогда как верхняя неровная, до расчлененной.

Микроскопическое изучение показало, что кристаллы кальцита, образующие тела, имеют волнистое погасание, весьма неправильные ограничения и часто подразделяются на части (*subgrains*). Такой кальцит называется радиаксиальным (*radiaxial*) [9]. Центральная часть кальцитовых тел местами состоит из нормального, парааксиального (*paraaxial*)

[10] кальцита, который иногда окружает остаточную пустоту в центре кальцитового тела. Макро- и микроскопические характеристики кальцитовых тел совпадают с таковыми, известными под названием строматактиса, из многих палеозойских карбонатных построек. Многочисленность строматактиса и другие признаки связывают ордовикские карбонатные постройки Швеции с подобными постройками ордовика Невады [7], девона Динантского бассейна в Бельгии [11—13], карбона Северной Англии [14—16] и Ирландии [17—19], а также позднего палеозоя США [20—23].

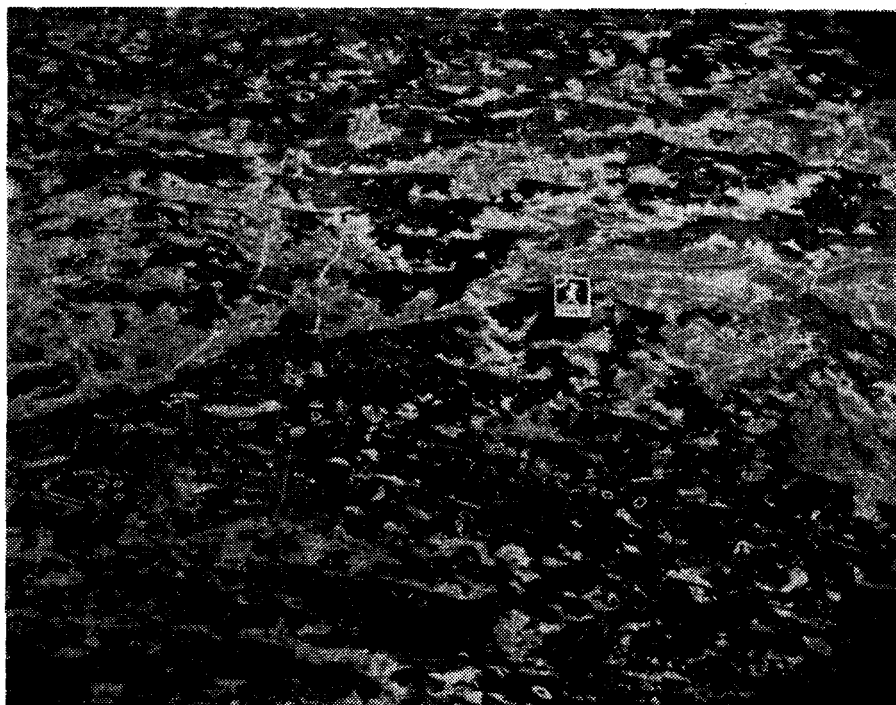


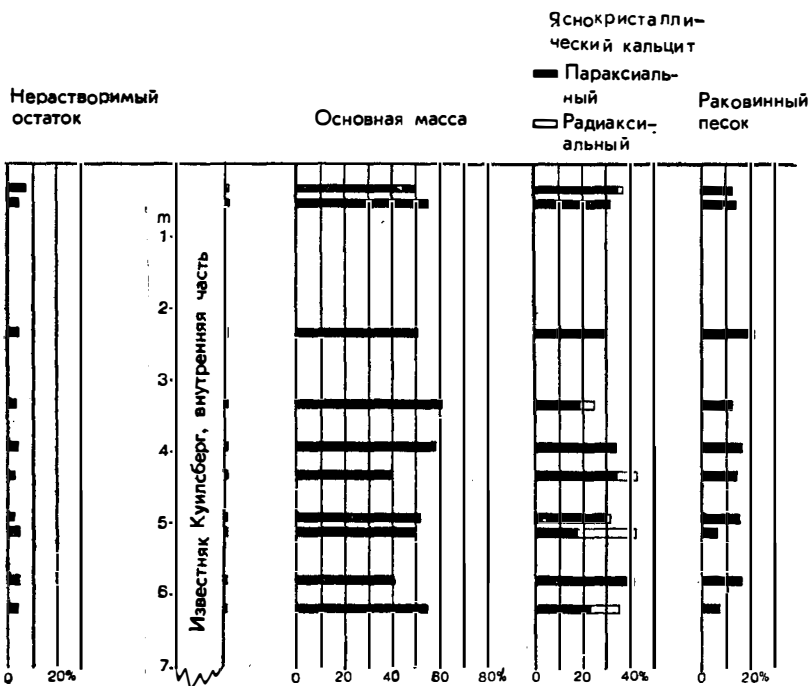
Рис. 2. Поверхность внутренней фации известняка Куллсберг, показывающая распространение строматактиса. Длина спичечной коробки 5 см. Район Сильян, Унскарсхеден, около 15 м ниже кровли известняка Куллсберг

Во внутренней части постройки промежутки между строматактисами заполнены макроскопически плотной и обычно бедной скелетными частицами породой диаметром более 0,5 см. В нижней части известняка Буда местами обильна дазикладацевая водоросль *Palaeoporella*, но она и другие ветвящиеся известковые водоросли не способны к созданию органического каркаса. *Palaeoporella* встречается весьма спорадически, в известняках Куллсберг она не образует скоплений.

Местами некоторые макроскопические скелетные остатки накапливались, образуя линзы, неправильные пласты или, что возможно, выполняя конседиментационные трещины. В таких гнездах скапливаются остатки скелетов (в известняках Буда главным образом *Stenoporeia*, *Eobronteus* или *Holotrachelus*), цефалопод или гастропод, редко брахиопод, причем в каждом гнезде доминирует один вид. Количественно такие скопления раковин совершенно незначительны и большая часть породы постройки содержит скудные фоссилии. Можно предположить, что во время формирования постройки ее поверхность не была совершенно гладкой, а довольно неровной с депрессиями и впадинами, в которых могли образовываться скопления раковин. Во многих карбонатных постройках может быть выделено несколько генераций осадков, многие из

которых составляют поровый осадок (*internal sediment*) [9, 17]. В постройках района Сильян явные свидетельства внутреннего (порового) осадкообразования редки, и в плотном известняке обычно нельзя выделить осадки, несомненно, различных генераций.

Таблица 2



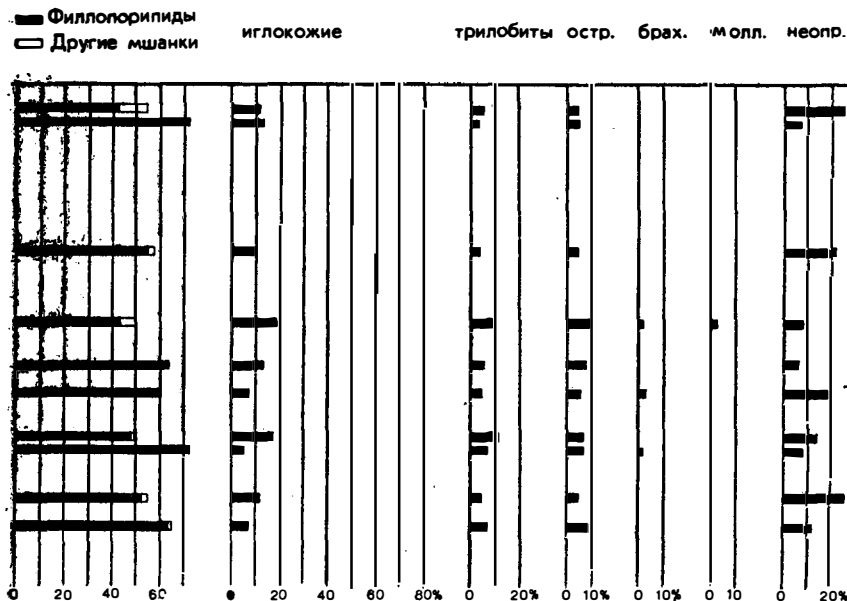
Лучшим способом изучения микроскопического строения мелкозернистой породы вне строматактисов является количественный анализ методом подсчета точек. При этом основные компоненты породы учитываются в первую очередь. Такими компонентами являются скелетные зерна диаметром более 0,1 мм, радиаксиальный яснокристаллический кальцит (когда формируются непрерывные мозаики более 0,1 мм) и остаток породы, называемый связующей массой, или матриком (табл. 2). Матрикс содержит различные составные части, которые не могут быть отчетливо различимы в поляризационном микроскопе, как, например, возможный карбонатный ил, терригенный ил, скелетные зерна диаметром менее 0,1 мм и карбонатный цемент. Следует помнить, что наблюдаемый в шлифах микрокристаллический кальцит (микрит) включает не только исходный карбонатный ил, но также и карбонатный цемент. Оба эти компонента обычно перекристаллизованы в ультрамикроскопическую мозаику, в которой исходные компоненты обычно не различаются. Имеются доказательства, что карбонатные постройки были литифицированы очень рано (если не конседиментационно), а это значит, что по меньшей мере половина объема мелкозернистого известняка образовалась за счет известкового цемента, первоначально заполнявшего пустоты между частицами ила.

Очень полезно определять в раковинном песке породы количественные соотношения различных групп организмов, поставляющих скелетный материал (для общего фона) [24, 25]. Состав раковинного песка часто дает важную информацию об условиях среды и исходном количественном составе фауны и флоры.

Из-за ограниченных размеров статьи рассматривается только часть основных вопросов микроскопического состава плотного известняка в карбонатных постройках района Сильян. Обычно микроскопически ясно-

кристаллический кальцит встречается в больших количествах радиаксиальный, а также парааксиальный. В верхней части известняков Куллсберг такой кальцит составляет в среднем около трети объема породы между строматактисами (табл. 2). Много его, очевидно, в цементе, осаждавшемся в пустотах между раковинными зернами, но часть формировалась путем аградационного неоморфизма (в понимании Р. Д. Батурста [26]). Среди скелетных составляющих обычны сетчатые мшанки (фил-

Таблица 3



лопориниды), особенно в верхней части построек (табл. 3). В местах многочисленных скоплений остатков сетчатых мшанок, трудно различающихся макроскопически, формируется зернистый осадок, в котором из-за очень неправильной формы частиц скелета мшанок значительный объем занимает поровое пространство, частично заполняющееся осадками, а частично остающееся пустым, пока не заполнится яснокристаллическим кальцитовым цементом. Это одна из причин широкого распространения микроскопически яснокристаллического кальцита в ряде построек.

В районе Сильян слоистый и мелкокомковатый глинистый известняк между карбонатными постройками никогда не содержит радиаксиального кальцита, не говоря о строматактисах. Здесь раковинный песок состоит главным образом из иглокожих, а филлопоринидные мшанки встречаются в незначительных количествах или вовсе отсутствуют.

В Балтоскандии встречаются также небольшие постройки, одновременные с известняками Куллсберг и Буда, которые, по-видимому, имеют какой-то органический каркас, состоящий главным образом из строматопороидей, и которые могут быть сравнимы с органическими рифами. Такие небольшие постройки известны из верхов среднего ордовика районов Мьёса и Лангесунд-Скиен окрестностей Осло в Норвегии и в известняках Вазалемма на северо-западе Эстонии. В верхнем ордовике небольшие постройки, в которых доминируют строматопороидеи, известны из горизонта Поркуни Эстонии и из известняков 5b района Осло. Эти постройки напоминают более крупные силурийские рифы Готланда и Сааремаа. В них, так же как и в силурийских рифах, строматактис никогда не наблюдался и совсем нет радиаксиального кальцита. Бросается в глаза отсутствие строматопороидей в известняках Куллсберг и Буда, несмотря

на то, что ими сравнительно богаты не только рифы, упомянутые выше, но также некоторые синхронные слоистые известняки Норвегии и Эстонии. В известняках Буда района Сильян найдено только два экземпляра вероятных строматопоридей (внутренняя структура полностью перекристаллизована).

Происхождение строматактиса часто обсуждалось, выдвинуто много различных вариантов его объяснения [7]. В настоящее время большинство придерживается мнения, что эти текстуры представляют собой неорганические заполнения пустот [9]. Внутренние (поровые) осадки, упомянутые выше, связаны с этими пустотами [9, 17]. Большинство пустот строматактиса заполнено карбонатом кальция, но местами все же существуют остаточные срединные пустоты. Из этого объяснения вытекает, что большая часть растущего края постройки была занята пустотами. Сейчас имеются довольно надежные доказательства, что образование кальцита в пределах строматактиса происходило очень рано. Наблюдались мелкие раздробленные строматактисы, трещины в которых заполнены осадками сверху [7]. До сих пор критическим вопросом является вопрос: как рано происходило окаменение породы вокруг пустот? Вероятно, поверхность постройки на отдельных участках частично литифицировалась вследствие осаждения карбоната кальция непосредственно из морской воды. В этом случае линзы могут быть сравнимы с современными литогермами, недавно открытыми в проливе Флорида [27]. Окаменевшие части поверхности постройки укрепляли стенки пустот и поэтому они могли сохраняться от разрушения. Аналогичные голоценовые заполнения пустот описаны Р. Н. Гинсбургом и Н. П. Джеймсом [28] в хорошо сцементированном известняке из рифовой стенки. Однако карбонатное твердое дно обычно подвергается воздействию различных сверлящих организмов [27, 29], но в строматактисе карбонатных построек практически нет их следов. С другой стороны, можно доказать, что верхняя поверхность известняков Куллсберг и Буда была литифицирована и составляла твердое дно до осаждения покрывающих отложений, но и на этой поверхности нет бесспорных следов сверлящих.

Происхождение радиаксиального кальцита — другая важная проблема. Сейчас существуют некоторые доказательства, показывающие, что этот тип кальцита образуется в результате вторичного замещения части первичной мозаики [30]. Другие авторы [7] пришли к такому же заключению. За исключением того, что первичные кристаллы могут быть описаны как игольчатые [30] или волокнистые и что они состояли из кальцита или из аргонита, точную природу первичной мозаики восстановить трудно. Таким образом, характерная черта многих строматактисов — очень раннее образование игольчатых, волокнистых друзовидных карбонатно-кальциевых мозаик, которые впоследствии были замещены радиаксильными мозаиками.

Другая возможность, касающаяся происхождения пустот, заключается в том, что они существовали в рыхлых отложениях, состоящих из карбонатного ила с зернистыми ячейками мшанкового песка, и занимали большой объем. Впоследствии осадки, а также пустоты литифицировались путем осаждения карбоната кальция. Этот тип происхождения пустот постулирован многими авторами [7, 9, 17, 18, 23]. Если это верно, то многое в механических свойствах и диагенетических процессах карбонатных построек еще непонятно.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Wahlenberg G.* Petrificata telluris Svecana. — «Nova Acta Regiae Soc. Sci. Upsaliensis», 1818, v. 8, p. 1—116.
2. *Stolpe M.* Om Siljantraktens sandstenar II. — «Geol. Fören. Förhandl.», 1884, v. 7, p. 112—121.

3. *Nathors A. G.* Nagra ord om slipsandstenen i Dalarna.—«Geol. Fören.Förhandl.» 1885, v. 7, p. 537—560.
4. *Isberg O.* Bidrag till kännedomen om leptaenakalkens stratigrafi.—«Geol. Fören. Förhandl.», 1917, v. 39, p. 199—235.
5. *Warburg E.* The trilobites of the Leptaena Limestone in Dalarna.—«Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala», 1925, v. 17.
6. *Jaanusson V.* Untersuchungen über den oberordovizischen Lyckholm—Stufenkomplex in Estland.—«Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala», 1956, v. 35, p. 369—400.
7. *Ross R. J. et al.* Lithology and origin of Middle Ordovician calcareous mudmound at Meiklejohn Peak, southern Nevada.—«Geological Survey. Prof. Paper», 1975, № 871.
8. *Thorlund P.* Siljanomradets brännkalkstenar och kalkindustri.—«Sver. Geol. Unders. Ser. C.», 1936, № 398.
9. *Bathurst R. G. C.* The cavernous structure of some Mississippian Stromatactis reefs in Lancashire, England.—«Geology», 1959, v. 67, p. 506—521.
10. *Bathurst R. G. C.* The replacement of aragonite by calcite in the molluscan shell wall.—In: J. Imbrie and N. Newell (ed.) Approaches to Paleocology, 1964, p. 357—376.
11. *Lecompte M.* Contribution a la connaissance des recifs du Devonien de l'Ardenne. Sur la presence de structures conservees dans des efflorescences cristallines du type «Stromatactis». —«Bull. Mus. Roy. Hist. Nat. Belgique», 1937, v. 13, p. 1—14.
12. *Lecompte M.* Compte Rendu de la Session extraordinaire de la Societe geologique de Belgique etc, consacree a l'etude du phenomene recifal devonien dans la partie occidentale du Bassin de Dinant et du Bassin de Namur.—«Annales Soc. Geol. Belgique», 1960, v. 83, p. 1—134.
13. *Lecompte M.* Die Riffe im Devon der Ardennen und ihre Bildungsbedingungen.—«Geologica et Palaeontologica», 1970, v. 4, p. 25—71.
14. *Black W. W.* The origin of the supposed tufa bands in carboniferous reef limestones.—«Geol. Mag.», 1952, v. 89, p. 195—200.
15. *Black W. W.* Critical sections in a Carboniferous reef knoll.—«Geol. Mag.», 1953, v. 90, p. 345—352.
16. *Orme G. R. and Brown W. W. M.* Diagenetic fabrics in the Avonian limestones of Derbyshire and North Wales.—«Proc. Yorkshire Geol. Soc.», 1963, v. 34, p. 51—66.
17. *Lees A.* The structure and origin of the Waulsortian (Lower Carboniferous) «reefs» of west—central Eire.—«Phil. Transact. Roy Soc. Lond. Ser. B», 1964, v. 247, p. 483—531.
18. *Schwarzacher W.* Petrology and structure of some Lower Carboniferous reefs in northwestern Ireland.—«Bull. American Assoc. Petroleum Geologists», 1961, v. 45, p. 1481—1503.
19. *Philcox M. E.* Banded calcite mudstone in the Lower Carboniferous «reef» knolls of the Dublin basin, Ireland.—«Sediment. Petrol.», 1963, v. 33, p. 904—913.
20. *Pray L. C.* Fenestrate bryozoan core facies. Mississippian bioherms, Southwestern United States.—«Sediment. Petrol.», 1958, v. 28, p. 261—273.
21. *Otte C. Jr. and Parks J. M. Jr.* Fabric studies of Virgil and Wolfcamp bioherms, New Mexico.—«Geology», 1963, v. 71, p. 380—396.
22. *Cotter E.* Waulsortian—type carbonate banks in the Mississippian Lodgepole Formation of Central Montana.—«Geology», 1965, v. 73, p. 881—888.
23. *Heckel P. H.* Possible inorganic origin for stromatactis in calcilitite mounds in the Tully Limestone, Devonian of New York.—«Sed. Petrol.», 1972, v. 42, p. 7—18.
24. *Martna J.* Studies on the Macrourus and Slandrom Formations I.—«Geol. Fören. Förhandl.», 1955, v. 77, p. 229—256.
25. *Jaanusson V.* Constituent analysis of an Ordovician limestone from Sweden.—«Lethaia», 1972, v. 5, p. 217—237.
26. *Bathurst R. G. C.* Carbonate sediments and their diagenesis.—«Develop. Sedimentol.», 1971, v. 12.
27. *Neumann A. C. et al.* «Lithoherms» in the Straits of Florida.—«Geol. Soc. America Abs. with Programs», 1972, v. 4, № 7.
28. *Ginsburg R. N. and James N. P.* Submarine botryoidal aragonite in Holocene reef limestones, Belize.—«Geology», 1976, v. 4, p. 431—436.
29. *Alexandersson T.* Recent littoral and sublittoral high—Mg calcite lithification in the Mediterranean.—«Sedimentology», 1969, v. 12, p. 47—61.
30. *Kendall A. C. and Tucker M. E.* Radial fibrous calcite: a replacement after acicular carbonate.—«Sedimentology», 1973, v. 20, p. 365—389.