

5.1395

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЖУРНАЛ ОСНОВАН В ИЮЛЕ 1959 г.
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

№ 4

ОКТАБРЬ, НОЯБРЬ, ДЕКАБРЬ

1993



Eesti
Teaduste
Akadeemia
Raamatukogu

«НАУКА» • МОСКВА

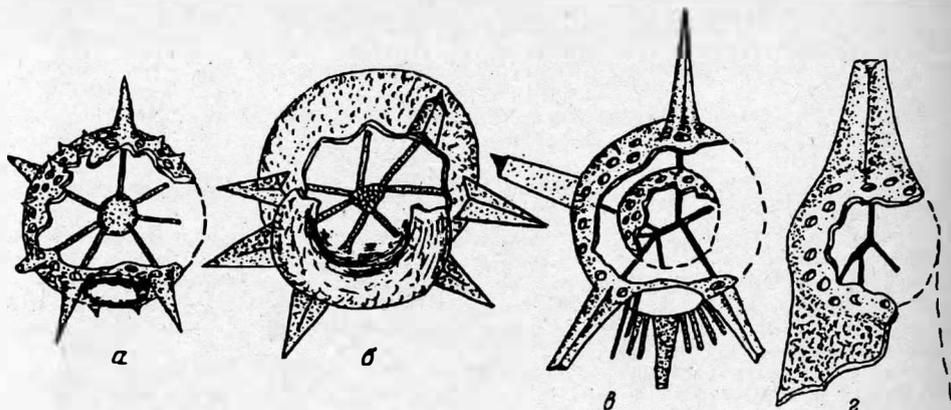


Рис. 2. Гипотетическая схема эволюционных преобразований внутреннего каркаса раковин пилентонемид: *a* — неперфорированная сфера с семью полыми цилиндрическими лучами ордовикских *Cessipyrogum*, *b* — изометричный многогранник с семью полыми цилиндрическими лучами позднедевонских *Caspiaza*; *в* — семилучевая спикула позднедевонско-раннекаменноугольных *Pylentonema*, *Cyrtisphaeronemium*, *Cyrtisphaeractenium*; *г* — четырехлучевая спикула силурийско-раннекаменноугольных *Archocyrtium*, *Allocyrtium*

Изменчивость. Выражается в различной величине раковин и несколько варьирующем абрисе пилонного отверстия.

Сравнение. От типовой вида отличается развитием дополнительных конических игл на поверхности раковины, субквадратным абрисом отверстия пилома и осложнением воротника скульптурой в форме многочисленных тонких ребрышек.

Распространение, как у голотипа.

Материал. Десятки экземпляров хорошей сохранности.

Оригинал раковин *Caspiaza* хранятся во ВНИГНИ, Москва, колл. № 229.

Автор выражает глубокую благодарность А. А. Беляеву за любезно предоставленный материал из верхнедевонских отложений Полярного Урала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьева М. С. Радиоларии семейства Pylentonemidae // Палеонтол. журн. 1986. № 3. С. 22—34.
2. Назаров Б. Б. Радиоларии палеозоя // Практическое руководство по микрофауне СССР. Т. 2. Л.: Наука, 1988. 232 с.

Российский научно-исследовательский геологический нефтяной институт

Поступила в редакцию
6.IV.1992

Afanasieva M. S.

NEW DATA ON THE EARLY PALEOZOIC RADIOLARIAN GENUS CASPIAZA

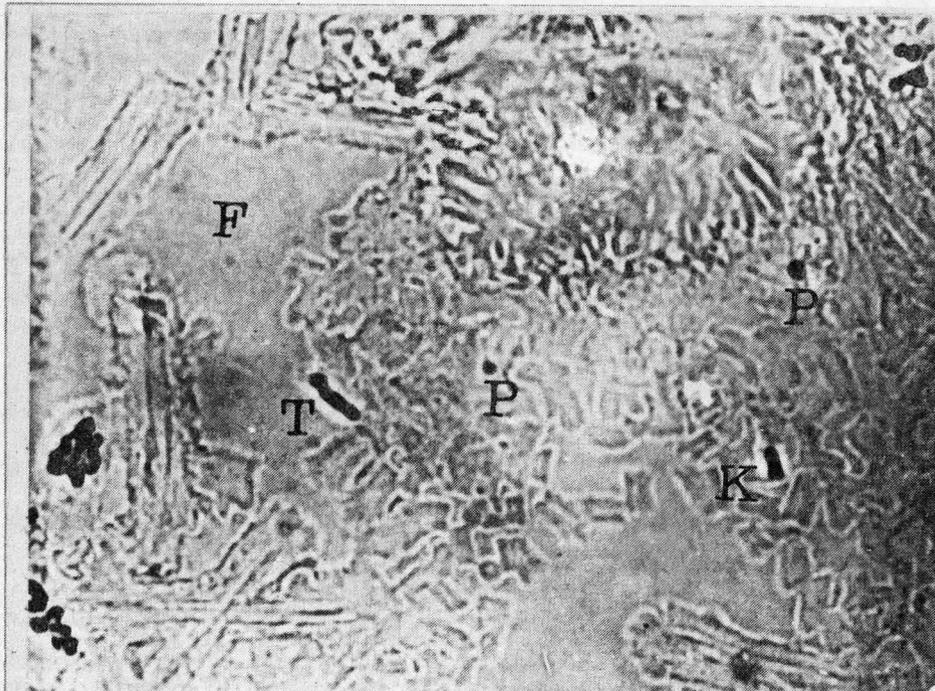
Caspiaza spinifera and *C. collaricostulata*, two new Late Devonian genera of the family Pylentonemidae, are described. Diagnosis of the genus *Caspiaza* is emended.

УДК 564.812 (591.133.15)

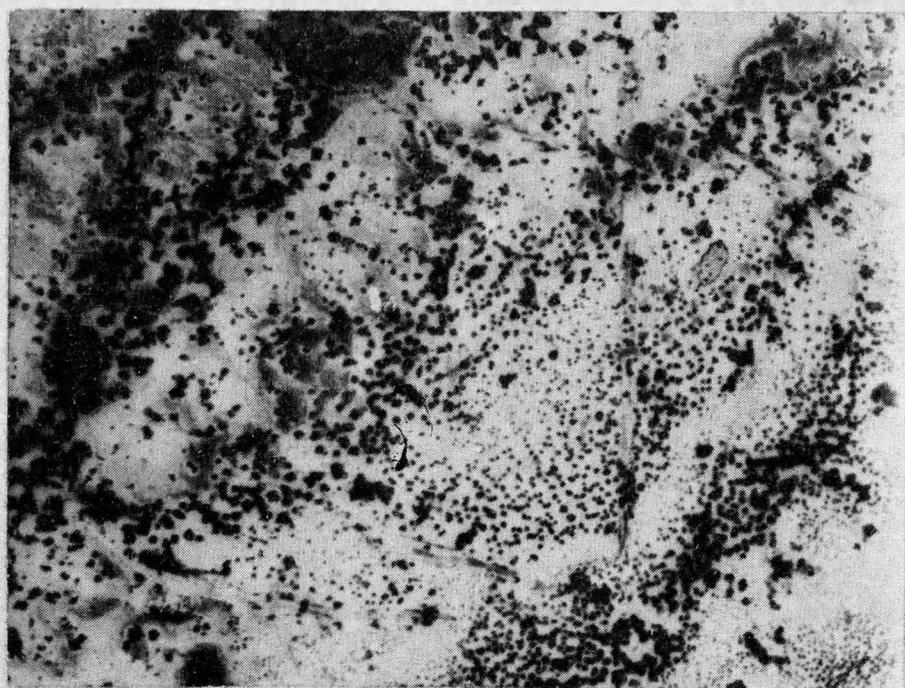
© 1993 г. НЕМЛИХЕР Ю.

О ВОЗМОЖНОЙ РОЛИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОБРАЗОВАНИИ ВТОРИЧНОГО ФОСФАТА КАЛЬЦИЯ В СТВОРКАХ ДРЕВНИХ ОБОЛИД

В пограничных отложениях кембрия и ордовика Прибалтики распространены биокластические фосфориты, состоящие в основном из створок брахиопод с фосфатно-кальциевыми скелетами, относящихся к классу Lingulata [13]. Массовое распространение имеют представители семейства Obolidae (отряд Lingulida): *Ungula ingrca* Eichw., *Schmidites celatus* Volb. в каллавереской свите, *Ungula inornata* Mickw. в юлгзеской свите [10] и *Obolus apollinis* Eichw. в тосненской свите [3].



a



б

Рис. 1. Микробиологический препарат из профильтрованной суспензии растворенной створки *Ungula ingrica* Eichw.; обн. Иру I-1/1; *a* — 6%-ная HCl ($\times 1800$), неокрашенный препарат. Пиритные (P), фосфатные (F) кокки, палочкообразная бактерия (K) и тетракокк (?) (T). Видны узоры кристаллизации фосфата и хлорита кальция; *б* — 3%-ная HCl ($\times 900$), видна концентрация микроорганизмов (в основном коккообразные)

В последние годы опубликован ряд работ по микроструктуре створок лингулат, в основном относящихся к отряду *Acrotretida* [7, 9], в меньшей степени — к семейству *Obolidae* [5, 15]. В них показано, что, по всей вероятности, в раковинах лингулат после смерти происходили существенные преобразования, которые сильно меняли их первичное строение. Поэтому поводу имеются две точки зрения. Согласно первой, в стенке раковин древних лингулат, в частности акротретид, сохранились первичные минеральные слои, органическое вещество было частично вынесено, оставив пустые пространства, и частично фосфатизировано [17]. Л. Колмер [15] в структуре ордовикских оболид описал сложный комплекс не полностью изменившегося первичного минерального скелетного компонента и фосфатизированной органической ткани, в которой заключены перекрещивающиеся тонкие стержни — *vasculae*, видимо, аналогичные цепям сферулитов (*spherulitical roads*) в органических слоях скелета современной *Glottidia* [16]. Само фосфатизированное органическое вещество представляет собой рыхлый коллофанобразный апатит (франколит). Края таких слоев иногда имеет структуру, свидетельствующую об абиогенном осаждении фосфата кальция [6]. По второй точке зрения, первичное минеральное вещество практически не сохранилось, сразу после смерти оно было использовано на фосфатизацию органической части скелета, которую в большинстве случаев можно наблюдать [7—9].

Факторы, несущие ответственность за преобразование раковинных структур, можно подразделить на абиологические (диагенетические) и микробиологические. Влияние условий диагенеза проявляется в изменении материала створок (в миграции некоторых ионов и структурной воды, а также в изменении кристаллической структуры франколита) [1], в перекристаллизации франколита створок — в образовании абиогенных структур на краях слоев, состоящих из фосфатизированной ткани.

Палеомикробиологические факторы несли ответственность за миграцию апатита внутри створок и внутри фосфатноносного пласта. Известно [3], что створки окаменелых лингулат из фосфоритов Прибалтики содержат определенное количество органики.

О существенной бактериальной переработке органического вещества створок фоссильных оболид свидетельствуют и анализы, проведенные А. И. Субмергом и др. [4], которые выявили присутствие алкановых соединений, характерных для бактериальных органотрофных цепей, но не присущих органической составляющей скелета современных лингулат [11].

Микроорганизмы, принимающие участие в процессе фосфоритообразования, можно подразделить на четыре группы.

1. Микроорганизмы, концентрирующие фосфат, их скопления, бактериальные маты и т. д. В зависимости от места обитания конкретных колоний бактерий по отношению к уровню влияния прибора можно выделить фациальные разновидности образующихся фосфоритов — в условиях подвижной среды происходит дискретное фосфоритообразование [18]. Помимо *Eubacteria* в этом процессе принимают участие и другие группы микроорганизмов. Так, в особях *Suapobacteria* обнаружена повышенная концентрация фосфата (10% против нормальных 3% от сухого веса) [12]. Жизнедеятельность микроорганизмов этого класса выражается и в образовании фосфатных пленок [2].

2. Органотрофы. За счет разлагаемой органики происходит значительное повышение концентрации фосфат-иона [19], который осаждается химическим путем или при посредстве других микроорганизмов.

3. Микроорганизмы, растворяющие фоссильные скелеты. Процесс растворения происходит в отложениях и выражается переходом от детритовых структур к микритовым [20].

4. Микроорганизмы, принимающие косвенное участие в фосфоритообразовании при помощи изменения рН среды. С учетом приведенных Р. Гульбрандсеном [14] данных, конкретное рН, при котором начинается осаждение фосфата, зависит от концентрации всех находящихся в растворе ионов (от солености морской воды).

В данной работе сделана попытка оценить роль бактерий в возникновении и преобразовании фосфата кальция в составе створок древних оболид из Балтийско-Ладожского бассейна.

Материал и методы

Материалом послужили створки оболид из обнажений Иру (каллаверская свита, нижний конгломерат) и р. Сясь (тосненская свита).

Окаменелые бактериоморфные тела выделяли по следующей методике: очищенные створки лингулат (в эксперименте *Ungula ingrica*) растворяли в 6%-ной соляной кислоте (концентрация выбрана по предварительным экспериментам), фильтровали через стеклянный фильтр с диаметром пор 10 мкм и из полученной суспензии приготавливали микробиологические препараты без предварительной нейтрализации суспензии. Одну часть препаратов окрашивали метиловым синим или пексином, другая часть окраске не подвергалась. Недостаток метода состоит в утере или полемке фоссильных микроорганизмов, размеры которых превышают 10 мкм.

Для установления возможных современных бактериальных процессов сделана попытка выделить из образца ракушечного фосфорита культуру хемолитотрофных бактерий. Для этого взяли «стерильную» пробу из пород тосненской свиты, обнажающихся по р. Сясь, следующим образом: с поверхности обнажения был счищен слой площадью ~ 30 см², с помощью пинцетов в стерильную пробирку помещены створки лингулат (*O. apollinis*), после чего она немедленно закрывалась стеклянной пробкой. Далее эту пробирку поместили в азратор с L-бульоном с добавкой микроэлементов производства фирмы «Difco», содержащий все 22 аминокислоты. На азраторе пробу держали 24 ч при температуре 37°. После этого наблюдалась бурная жизнедеятельность микроорганизмов, выражавшаяся в помутнении раствора, в образовании пены и т. д. Затем 100 мкл этой суспензии посеяли на селективные пластины, содержащие или фосфат кальция, или водный сульфат железа (II). Селек-



Рис. 2. Микробиологический препарат из профильтрованной суспензии растворенной створки *U. ingrica*; 6%-ная HCl; обн. Иру; а — 1-1/2, палочкообразная фосфатная бактерия ($\times 1280$); б — 1-2А, стрептококк ($\times 1800$)

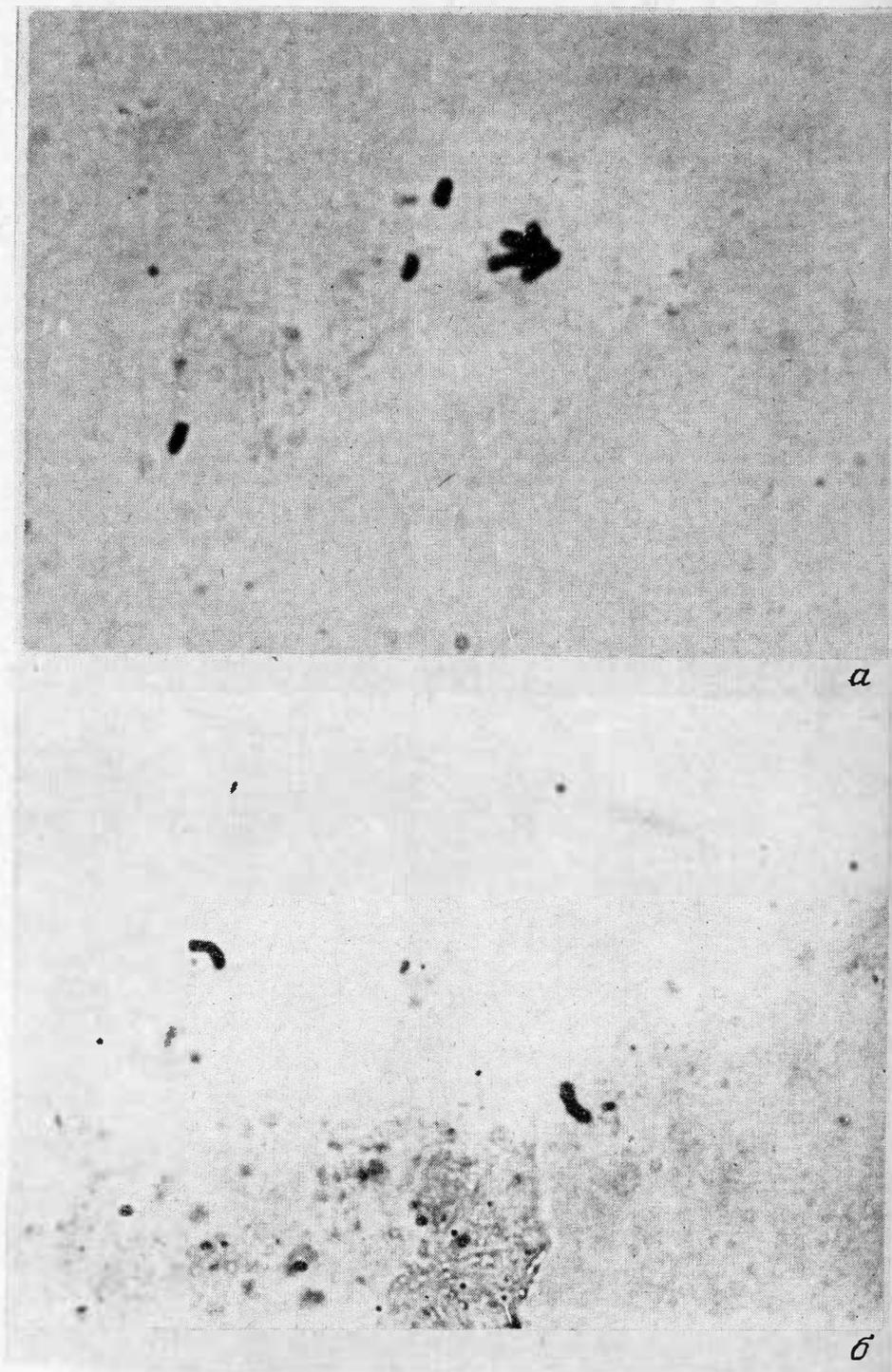


Рис. 3. Микробиологический препарат из профильтрованной суспензии растворенной створки *U. ingrica*; 6%-ная HCl; обн. Иру, 1-2А; а — бактериальная колония со сложной морфологией ($\times 1800$), б — палочкообразные фосфатные бактерии ($\times 1800$)

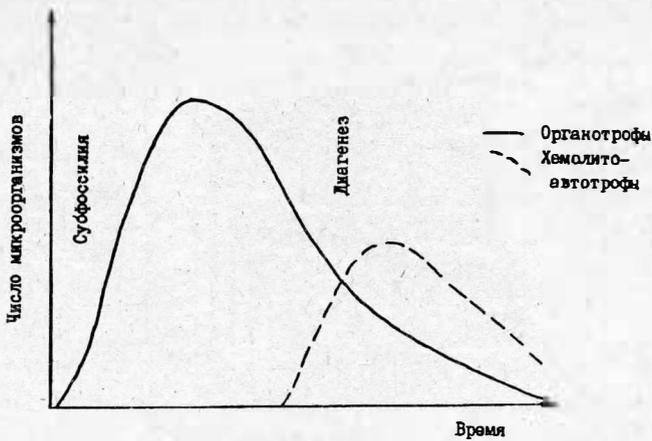


Рис. 4. Изменение оптической плотности в водном растворе с культурой бактерий в зависимости от ее концентрации

тивные пластинки поместили в термостат на 24 ч при температуре 36°. В результате на пластинках с сульфатом наблюдались колонии бактерий, на ортофосфатных пластинках их не обнаружено. Из колоний микроорганизмы переселили в водный раствор с концентрациями сульфата железа соответственно 1, 2, 3, 5 и 10% и поместили в аэратор. Через 0, 24, 48 и 78 ч измеряли оптическую плотность по отношению к бидистиллированной воде. Образовавшийся на дне пробирки осадок подвергнут рентгенодифракционному анализу на установке ДРОН-0,5.

Результаты и обсуждение

При растворении створок в соляной кислоте обнаружилось множество объектов размером 0,5—10 мкм, часть из них — скорее всего обуглившиеся частицы органического вещества, другая часть может быть отнесена по морфологическим признакам к фоссилизированным остаткам бактерий.

Бактериоморфные тела можно разделить на две группы: 1) палочкообразные или кокковидные тела, сложенные opakовым минералом, скорее всего пиритом, предположительно окаменелые органотрофы (рис. 1, а); 2) палочкообразные, кокковидные, одиночные, стрептококковые тела или тела со сложной морфологией, сложенные смесью органики с фосфатом кальция (судя по оптическим признакам в проходящем свете в неокрашенном препарате), предположительно окаменелые органотрофы, хемотрофы или хемолитоавтотрофы (рис. 1, б; 2; 3).

Следует отметить, что при приготовлении препаратов соотношение объема створок и полученной суспензии составляет примерно 1:1000; роль фосфатопреобразующих бактерий в преобразовании материала створок и в создании вторичных структур при таком их количестве в створках весьма ощутима. Можно предположить, что бактериоморфные тела состоят из фосфата кальция и не растворяются в соляной кислоте благодаря высокому содержанию органики. Результаты микробиологического опыта приведены на рис. 4.

Качественный рентгенодифракционный анализ полученного осадка показал, что образовавшийся в процессе жизнедеятельности бактерий осадок состоит из смеси оксидов и гидроксидов железа.

По результатам эксперимента можно сделать следующие выводы. Использование бактериями находившегося в составе створок вещества ведется и по сей день: происходит окисление Fe (II) до Fe (III), и освободившаяся сера (если створки содержат пирит, а это очень характерно) окисляется и приводит к понижению pH среды, а вместе с тем и к растворению апатита и его последующему осаждению и образованию вторичных структур.

Разнообразная морфология тел, интерпретируемых как бактерии, а вместе с этим и их различная таксономическая принадлежность, а также оценка потенциальных источников пищи для бактерий (использование органического вещества в качестве пищи энергетически более выгодно) дают основание считать, что обнаруженные окаменелые остатки бактерий в основном принадлежат органотрофам.

Согласно мнению Л. Е. Попова и Г. Т. Ушатинской (устное сообщение), основная часть вторичных изменений в структуре створок происходила очень быстро, практически на стадии субфосфии. В первую очередь это касается фосфатизации органического вещества. С точки зрения источников энергии в этом процессе могли принимать участие только органотрофы.

В составе микроорганизмов, участвовавших в образовании вторичных структур, можно выделить две генерации (рис. 5).

Первая генерация состояла, судя по различной морфологии окаменелых бактериоморфных остатков, из весьма разнообразной по таксономическому составу органотрофной фауны (вторая группа по вышеприведенной классификации). По мере использования органического вещества количество

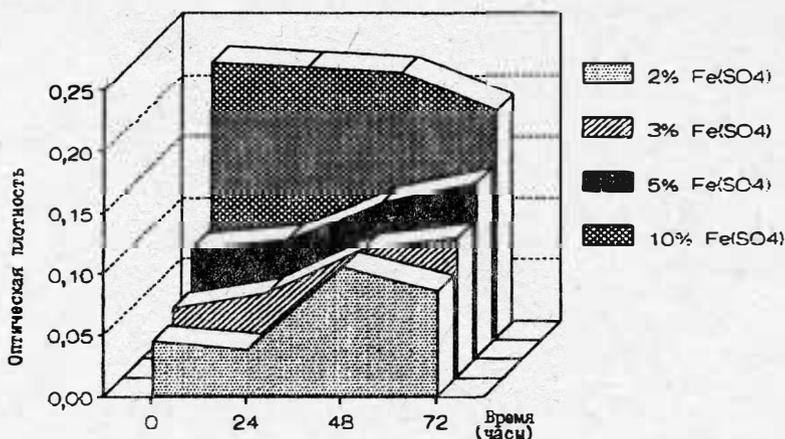


Рис. 5. Спекулятивные кривые, показывающие предположительную численность микроорганизмов в створках окаменелых оболид

органотрофных бактерий уменьшалось, и тогда начинала доминировать вторая генерация микроорганизмов, состоящая в основном из хемолитоавтотрофов (3-я и 4-я группы в вышеприведенной классификации), продолжающих свою жизнедеятельность и по сей день.

Обе выделенные генерации влияют на возникновение вторичного апатита, а вместе с этим и вторичных структур в створках древних лингулат. Во время жизнедеятельности первой генерации происходит фосфатизация органического вещества и его «доедание», во время жизнедеятельности второй генерации — миграция апатитового вещества и возникновение структур абиогенной кристаллизации.

Проведение данной работы поддержано а/о «Lemeti» PBC Ltd.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Занин Ю. Н., Горленко В. М., Луцинина В. А., Миртовнутов Ю. Е. Микробный фактор в фосфоритообразовании // Проблемы геологии фосфоритов. Тез. докл. Таллинн. 18—21 апр. 1988. С. 21.
2. Занин Ю. Н., Кривошукская Л. М., Вахрамеев А. М. и др. Преобразование состава и структуры фосфатов кальция фосфоритов в процессе катагенеза и выветривания и влияния на растворимость // Вещественный состав фосфоритов. Новосибирск, 1979. С. 37—46.
3. Попов Л. Е., Хазанович К. К., Боровко Н. Г. и др. Опорные разрезы и стратиграфия кембрийской фосфоритонесущей оболовой толщи на северо-западе Русской платформы. Л.: Наука, 1989, 222 с.
4. Сумберг А. И., Уров К. Е., Аасамяэ Э. Э. К характеристике фосфоритов (Маардуская пачка пакерортского горизонта) // Горючие сланцы. 1991. Т. 7. № 3—4. С. 238—244.
5. Ушатинская Г. Т. О роли бактерий в консервации раковин лингулид из нижнего ордовика Прибалтики // Докл. АН СССР. 1990. Т. 311. № 1. С. 215—218.
6. Ушатинская Г. Т., Зезина О. Н. Раннедиагенетические преобразования в микроструктуре раковин у фосфатных брахиопод // Литология и полезн. ископаемые. 1990. № 4. С. 133—139.
7. Ушатинская Г. Т. Микроструктуры и секрета раковины у беззамковых брахиопод отряда Acrotretidae // Палеонтол. журн. 1990. № 1. С. 55—65.
8. Ушатинская Г. Т., Зезина О. Н. О возможном механизме послесмертного преобразования раковин со скелетом фосфатно-кальциевого состава у древних беззамковых брахиопод // Докл. АН СССР. 1988. Т. 300. № 3. С. 66—78.
9. Ушатинская Г. Т., Зезина О. Н., Попов Л. Е. и др. О микроструктуре и минеральном составе брахиопод с фосфатно-кальциевой раковиной // Палеонтол. журн. 1988. № 3. С. 45—55.
10. Хейнсалу Х. Н. Литостратиграфическое расчленение тремадокских отложений Северной Эстонии // Изв. АН СССР. Геология. 1987. Т. 36. № 2. С. 66—78.
11. Curry G. B. Organic matrix composition of phosphatic organism. // Biomineralization of Fossil Organisms: Patterns, Processes and Evolutionary Trends. Short Course in Geology. Abstract. 1989. V. 5. Pt II. P. 127—128.
12. Dahanayake K., Krumweil W. E. Ultrastructure of a microbial mat-generated phosphorite // Min. Dep. 1985. N 20. P. 260—265.
13. Gorianksy Yu. A., Popov L. E. On the origin and systematic position of the calcereous-shelled inarticulate brachiopods // Iethaia. 1989. V. 19. P. 233—240.

14. *Gulbrandsen R. A.* Physical and chemical factors in the formation of marine apatites // *Econ. Geol.* 1969. V. 64. N 4. P. 365—382.
15. *Holmer L. E.* Middle Ordovician phosphatic inarticulate brachiopods from Vastergotland and Dalarna, Sweden // *Fossils and Strata.* 1989. № 26. 172 p.
16. *Pan C.-M., Watabe N.* Shell Growth of *Glottidia pyramidata* Stimpson (Brachiopoda: Inarticulata) // *J. Exptl Biol. and Ecol.* 1988. V. 119. P. 43—53.
17. *Poulsen V.* Notes on an Ordovician Acrotretacean Brachiopod from the Oslo Region // *Bull. Geol. Soc. Denmark.* 1971. V. 20. P. 265—278.
18. *Soudry D.* Ultra-fine structures and genesis of the Campanian Negev high-grade phosphorites (Southern Israel) // *Sedimentology.* 1987. V. 34. P. 641—660.
19. *Soudry D., Champetier Y.* Microbial processes in the Negev phosphorites (Southern Israel) // *Sedimentology.* 1983. V. 30. P. 411—423.
20. *Soudry D., Nathan Y.* Phosphate peloids from Negev phosphorites // *J. Geol. Soc. London.* 1980. V. 137. P. 749—755.

Институт геологии Эстонии
Таллинн

Поступила в редакцию
3.XII.1991

Nemlicher Ju.

**ABOUT A POSSIBLE ROLE OF MICROORGANISMS
IN A SECONDARY CALCIUM PHOSPHATE FORMATION
IN THE SHELLS OF ANCIENT OBOLIDAE**

Fossilized remains of a bacterial origin have been found inside the phosphate brachiopod shells building the Upper Cambrian-Lower Ordovician phosphorites of the Baltic region. They belong, probably, to two groups: organotrophs and chemolithoautotrophs.