

## ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ УЧЕНИЯ О БАКТЕРИАЛЬНЫХ/ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫХ ФОРМАХ В ФОСФОРИТАХ

Ю.Н. Занин, А.Г. Замирайлова

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Котляго, 3, Россия*

Первая бактериальная форма в фосфоритах (бациллоидная) была описана в 1895 г. Б. Рено и С.Е. Бертраном из копролитов позвоночных животных пермских битуминозных сланцев области Отун (Autun) Франции. Из тех же образований Б. Рено в 1900 г. впервые диагностированы кокковидные бактерии. Д. Соудри и И. Шампетье в 1983 г. впервые описали капсулы цианобактериальных нитей из кампанских фосфоритов пустыни Неgev, Израиль. Гликокаликс впервые выявлен в верхнеюрских—нижнемеловых фосфоритах Егорьевского месторождения Русской платформы, где он сопутствует кокковидным бактериальным формам.

*Фосфориты, бактериальные формы, бациллоидные (палочковидные, веретенчатые), кокковидные, капсулы цианобактериальных нитей, гликокаликс.*

### THE HISTORY OF THE STUDY OF BACTERIAL/CYANOBACTERIAL FORMS IN PHOSPHORITES

Yu.N. Zanin and A.G. Zamirailova

The first bacterial (bacillus-like) form in phosphorites was described by B. Renault and C.E. Bertrand from coprolites of vertebrates in the bituminous shales from the Autun region, France, in 1895. In 1900, B. Renault revealed coccoid bacteria from the same deposits. In 1983, D. Soudry and Y. Champetier described for the first time the capsules of cyanobacterial threads from Campanian phosphorites of the Negev desert, Israel. Glycocalix was first found in the Upper Jurassic-Lower Cretaceous phosphorites of the Egor'evskoe deposit on the Russian Platform, where it coexists with coccoid bacteria.

*Phosphorites, bacterial forms, bacillus-like and coccoid forms, capsules of cyanobacterial threads, glycocalix*

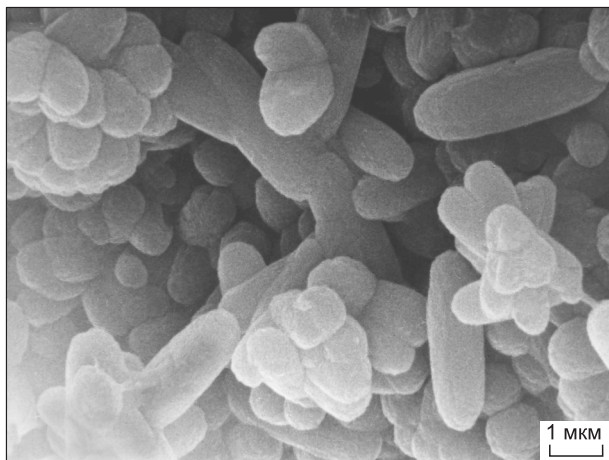
Сфера научных интересов академика А.Л. Яншина была исключительно широка, что прекрасно иллюстрируется тематикой статей, представленных в настоящем выпуске журнала. При этом немалое место в его научном творчестве принадлежит фосфоритам, к которым он обращался начиная с первых лет своей деятельности [Яншин, 1931] и кончая завершающими [Яншин, Юдин, 1988]. Наряду с собственными разработками, касающимися в первую очередь проблем генезиса фосфоритов и эволюции фосфоритоносных формаций, Александр Леонидович с огромным вниманием интересовался и другими сферами в области геологии фосфоритов, был активным участником проектов Международной программы геологической корреляции (МПК). Несмотря на свой далеко немолодой возраст, он участвовал в совещаниях и полевых экскурсиях в рамках этих проектов на месторождениях фосфоритов Индии, Китая, Северной и Западной Африки, Австралии, Казахстана, Монголии. Его доклады на этих совещаниях всегда вызывали большой интерес. Настоящее сообщение, которое мы посвящаем памяти А.Л. Яншина, касается лишь одного вопроса в области фосфатной геологии — истории становления учения о бактериальных/цианобактериальных формах в фосфоритах от выявления первой из таких форм до последней, потребовавшего усилий многих геологов на протяжении от конца XIX в. и почти до конца XX в. (таблица). В нашей стране изучение бактериальных форм в фосфоритах было начато А.Г. Вологиным [1947] и А.Г. Вологиным и К.Б. Кордэ [1945] и продолжено А.Ю. Сеньковским [1982] и группой исследователей при активном участии авторов настоящего сообщения в 1985—1988 гг. [Zanin, 1985; Занин и др., 1987, 1988а,б; Миртов и др., 1987], которыми были описаны все их группы, включая впервые — гликокаликс. Широкое изучение этих форм в России началось после XXXIX сессии Всесоюзного палеонтологического общества, в резолюции которого [Резолюция..., 1988] по предложению первого автора настоящей статьи было указано на необходимость активизировать изучение фоссилизированных бактериальных форм.

За последние двадцать—двадцать пять лет характеристике бактериальных/цианобактериальных форм в фосфоритах посвящены многие десятки, если не сотни, публикаций. Авторы большинства из них, однако, слабо информированы об истории изучения этих форм, хотя некоторые усилия закрыть этот

**Последовательность выявления и описания бактериальных/цианобактериальных форм в фосфоритах**

| Публикация  | Тип фосфорита, местонахождение   | Размер бактериальных форм  | Биологический вид                              |
|---|--|--|--|
| <i>Палочковидные (бациллоидные, веретенчатые)</i> |  |  |  |
| [Renault, Bertrand, 1895]                         | Копролитовый, Франция, пермь   | 1—5—14—16 мкм  | <i>Bacillus permiensis</i>                     |
| [Oppenheimer, 1958]                               | Зернистые фосфориты, Тунис   | 0.5—1—1—3 мкм  | —  |
| [Burnett, 1977]                                   | Желваковый, шельф Перу—Чили  | —  | —  |
| [Батурин, Дубинчук, 1979]                         | Желваковый, шельф Юго-Западной Африки, шельф Перу—Чили                       | Длина до 1—2 мм  | —  |
| [Riggs, 1979]                                     | Зернистые третинные фосфориты Флориды  | Первые мкм   | —  |
| [Bremner, 1980]                                   | Желваковый, шельф Юго-Западной Африки  | —  | —  |
| [O'Brien et al., 1981]                            | Желваковый, континентальный склон Восточной Австралии                        | 0.75—1—1.5—2 мкм   | Хемолитотрофные псевдомонады                   |
| [Занин и др., 1987]                               | Желваковый, шельф Перу—Чили  | 1 × 2—1 × 3 мкм  | <i>Microcystis</i> (определение В.М. Горленко) |
| [Миртов и др., 1987]                              | Желваковый, Егорьевское месторождение, Русская платформа                     | 0.5 × 1.2 мкм  | Выделены                                       |
| <i>Кокковидные (коккоидные)</i>                   |  |  |  |
| [Renault, 1900]                                   | Копролитовый, Франция, пермь   | —  | <i>Micrococcus</i>                             |
| [Caueux, 1936]                                    | Зернистые фосфориты Марокко, микрозернистые фосфориты формации Фосфория, США | 0.5—2.5 мкм  | —  |
| [Вологдин, Кордэ, 1945; Вологдин, 1947]           | Микрозернистые фосфориты, бассейн Каратау                                    | 1.1—1.33 мкм   | —  |
| [Хворова, Дмитрик, 1972]                          | Северные Мугоджары   | 1.5—3 мкм  | —  |
| [Батурин, Дубинчук, 1979]                         | Желваковый, шельф Юго-Западной Африки, шельф Перу—Чили                       | 1—2 мкм  | —  |
| [Krajewski, 1981]                                 | Альбские отложения Польских Татр   | —  | —  |
| [Сеньковский, 1982]                               | Желваковый, фосфориты сеномана Вольно-Подоллии                               | До 2 мкм   | —  |
| [Zimmerle, 1982]                                  | Апт и альб Верхнесаксонского бассейна  | 1—3 мкм  | —  |
| [Zanin et al., 1985; Занин и др., 1987]           | Желваковый, Егорьевское месторождение, Русская платформа                     | 1—3 мкм  | —  |
| [Занин и др., 1987]                               | Верхнемеловые фосфориты района Песка-Бояка, Колумбия                         | 0.5—1 мкм  | —  |
| »   | Зернистые фосфориты, месторождение Бенгерир, Марокко                         | Цепочки бактериальных клеток диаметром 3 мкм                               | —  |
| <i>Кapsулы цианобактериальных нитей</i>           |  |  |  |
| [Soudry, Champetier, 1983]                        | Кампанские фосфориты пустыни Негев, Израиль                                  | Трубчатые формы с внешним диаметром 10 мкм и диаметром каналов 3 мкм       | —  |
| [Занин и др., 1987]                               | Верхнемеловые фосфориты района Песка, Колумбия                               | Трубчатые формы с внешним диаметром 6—12 мкм и диаметром каналов 0.5—8 мкм | —  |
| [Миртов и др., 1987]                              | Эоценовые фосфориты месторождения Таиба, Сенегал                             | Трубчатые формы с внешним диаметром 4—6 мкм и диаметром каналов 1 мкм      | —  |
| <i>Гликокаликс</i>                                |  |  |  |
| [Занин и др., 1987]*, определение В.М. Горленко   | Егорьевское месторождение, Русская платформа                                 | Тонкие нити толщиной < 0.1 мкм   | —  |

\* Первая публикация.



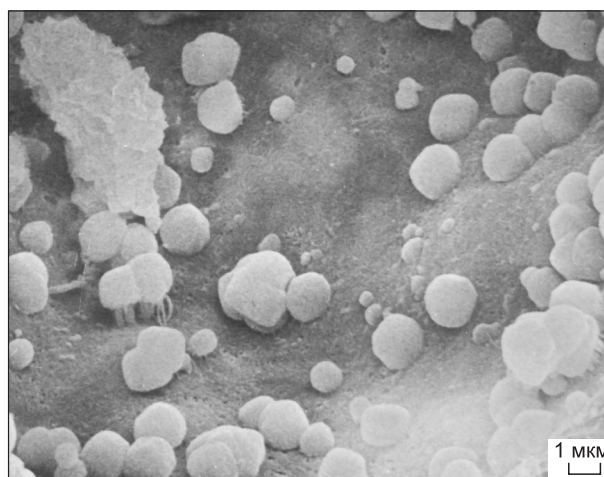
**Рис. 1. Палочковидные (бациллоидные) бактериальные формы в верхнечетвертичных фосфоритах шельфа Перу—Чили.**

Эта и последующие фотографии выполнены авторами.

пробел нами уже делались [Занин, 2005]. В настоящем сообщении мы вновь возвращаемся к этому вопросу, последовательно рассматривая историю изучения каждой из бактериальных форм в фосфоритах, заканчивая это описание временем выявления последней из них.

1895 г. Б. Рено и С.Е. Бертран [Renault, Bertrand, 1895] (цитируется по В. Хентцшелю с соавторами [Häntzschel et al., 1968]), из копролитов позвоночных животных пермских битуминозных сланцев области Отун (Autun) Франции. Строго говоря, фосфатный состав данных копролитов условен, но он принимается нами таким, поскольку копролиты более чем в 90 % случаев [Häntzschel et al., 1968] полностью или в преобладающей массе именно фосфатные. Эти бациллоидные бактерии были определены как *Bacillus Permiensis*. Через значительный временной интервал (более чем столетия) К.Х. Оппенгеймер [Oppenheimer, 1958] описал из нижнетретичных фосфоритов месторождения Гафса (Тунис) палочки 1—3 мкм длиной и от 0.5 до 1 мкм в поперечнике с округленными окончаниями, напоминающие бактерии. В некоторых случаях две такие палочки были связаны концами. Едва ли можно сомневаться в бактериальной природе этих образований. Несколько позднее веретенновидные формы описывались рядом авторов в фосфоритах с шельфов Перу—Чили и Юго-Западной Африки, среди которых могут быть названы В. Барнетт [Burnett, 1977], Г.Н. Батулин, В.Т. Дубинчук [1979], Дж.М. Бремнер [Bremner, 1980], не рассматривавшие их, однако, в качестве бактериоморфных. Мы демонстрируем эти формы с шельфа Перу—Чили (рис. 1) как однозначно палочковидные бактериоморфные. Палочковидные бактерии с шельфа Чили—Перу были диагностированы В.М. Горленко как *Microcystis*. Г.В. О’Брайеном с соавторами [O’Brien et al., 1981] подробно описаны бактериальные бациллоидные формы из фосфоритов восточного континентального склона Австралии, диагностированные как хемолитотрофные псевдомонады. Их размер и облик точно соответствует подобным формам с шельфа Чили—Перу. Ю.В. Миртовым с соавторами [1987] палочковидные формы были описаны из фосфоритов Егорьевского месторождения Русской платформы; С.Р. Риггсом [Riggs, 1979] были описаны похожие на бактерии палочки и их агрегаты из третичных фосфоритов Флориды. Как видно из приведенной выше характеристики палочковидных форм, все они характеризуются близкими размерами (0.5—1 мкм по ширине и 1—3 мкм по длине), ровными гладкими поверхностями, закругленными окончаниями.

Кокковидные бактерии, диагностированные как *Micrococcus*, были впервые выделены в 1900 г. Б. Рено [Renault, 1900] из тех же копролитов позвоночных животных пермских битуминозных сланцев области Отун (Франция), что и рассмотренные выше бациллоидные [Renault, Bertrand, 1895]. Следующий этап изучения кокковидных фосфоритов связан с работами французского исследователя Л. Кайе [Caueux, 1936]. Шаровидные бактериальные клетки размером от 0.5 до 2.5 мкм были выявлены им в зернистых фосфоритах месторождения Хурибга, Марокко, и в микрозернистых фосфоритах формации Фосфория (США). На месторождении Хурибга наряду с рассеянными единичными формами наблюдались их цепочки. Весьма важными явились работы А.Г. Вологодина и К.Б. Кордэ [1945] по изу-



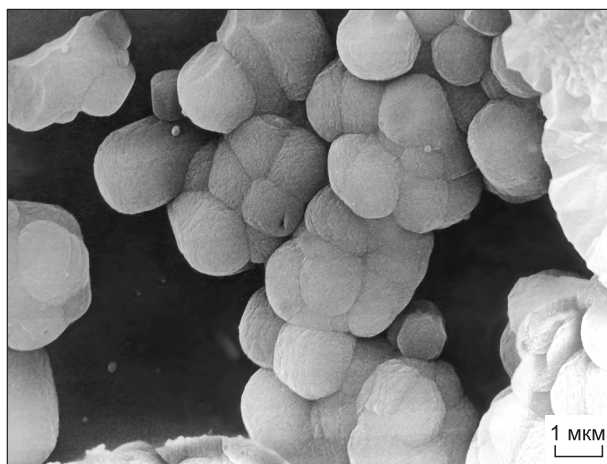
**Рис. 2. Одиночные кокковидные бактериоморфные рассеянные зерна в фосфоритах Егорьевского месторождения, Русская платформа.**

Некоторые зерна тонкими нитевидными отростками соединены с субстратом.

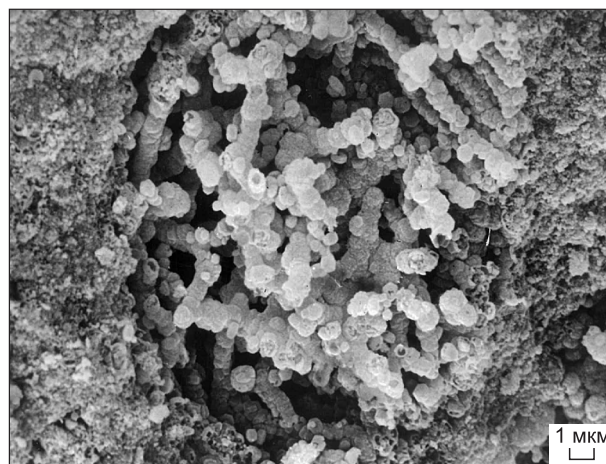
**Рис. 3. Скопления кокковидных бактериальных зерен в фосфоритах Егорьевского месторождения.**

чению бактериальных клеток в фосфоритах бассейна Каратау. Как указывают авторы, кокковидные бактериальные клетки имеют размер  $1.1 \times 1.33$  мкм, наблюдаясь в виде одиночных форм или образуя цепочки, нити. И.В. Хворова и А.Л. Дмитрик [1972] выявили округлые формы диаметром 1.5—3 мкм, которые могут являться бактериальными, в силурийских фосфатизированных фтанитах Северных Мугоджар. Г.Н. Батурич, В.Т. Дубинчук [1979] выявили глобулярные формы диаметром 1—2 мкм в фосфоритах с шельфа Юго-Западной Африки, хотя авторы и не рассматривали их в качестве бактериоморфных. К. Краевски [Krajewski, 1981] рассматривал в качестве кокков и стрептококков встреченные им минерализованные формы из фосфатных микростроматолитов альба Польских Татр. Бактериоморфные кокковидные образования размером до 2 мкм были выявлены А.Ю. Сеньковским [1982] в фосфоритах сеномана Вольно-Подольи. Шарообразные частицы размером 1—3 мкм были выявлены В. Зиммерле [Zimmerle, 1982] в фосфоритах верхнего апта и альба Верхнесаксонского бассейна.

Автор предполагал участие биоты в их генезисе, и бактериальная природа этих форм весьма вероятна. В верхнемеловых фосфоритах района Песка (Колумбия) [Занин и др., 1987] встречены ооидные зерна диаметром 250—300 мкм, сложенные слоями толщиной до 5—7 мкм, представленными кокковидными формами размером 0.5—1 мкм. Широким развитием пользуются кокковидные зерна в верхнеюрских-нижнемеловых фосфоритах Егорьевского месторождения Русской платформы [Миртов и др., 1987; Занин и др., 1987]. Частыми здесь являются одиночные кокковидные рассеянные зерна размером от 0.2 до 1.0, реже 1.5 мкм. Некоторые из таких форм соединены тончайшими ножками («пилями») с субстратом (рис. 2). В других случаях наблюдаются скопления сотен таких индивидуальных форм (рис. 3). По В.М. Горленко [Занин и др., 1987], подобные микроколонии характерны для хемотрофных бактерий ро-



**Рис. 4. Формы размножения индивидуальных бактерий в фосфоритах Егорьевского месторождения, диагностируемые В.М. Горленко как диплококки и тетрады.**



**Рис. 5. Цепочки кокковидных бактериальных форм в фосфоритах месторождения Бенгерир (Марокко).**

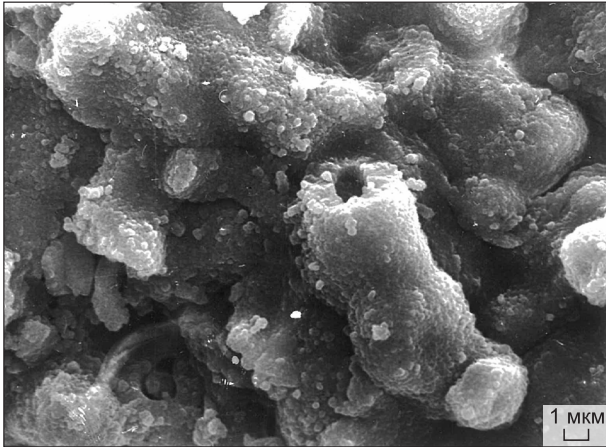


Рис. 6. Недеформированные фосфатизированные капсулы цианобактериальных нитей в фосфоритах района Песка-Бояка (Колумбия).

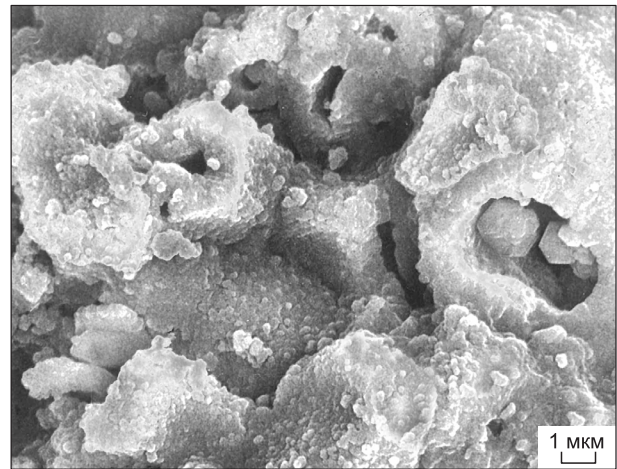


Рис. 7. Недеформированные фосфатизированные капсулы цианобактериальных нитей с преобладанием в некоторых из них их внутреннего диаметра над внешним в фосфоритах района Песка-Бояка (Колумбия).

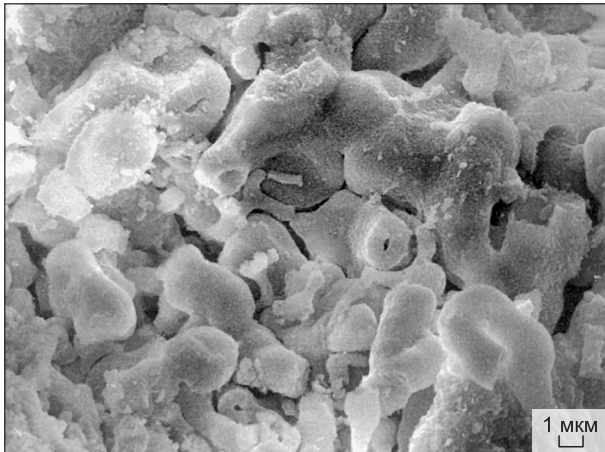


Рис. 8. Интенсивно деформированные капсулы цианобактериальных нитей в фосфоритах месторождения Таиба (Сенегал).

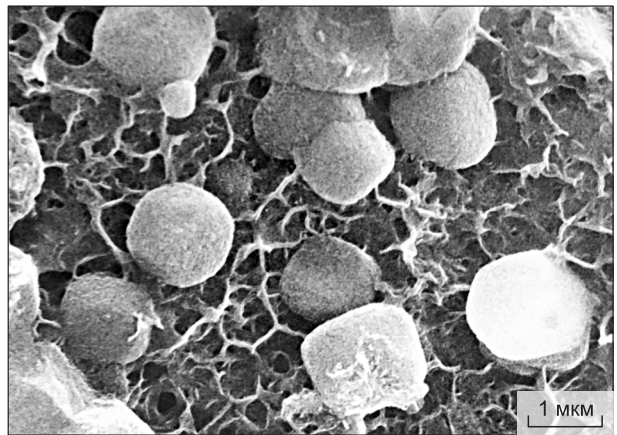


Рис. 9. Гликокаликс (нитевидные формы) в фосфоритах Егорьевского месторождения.

Определение В.М. Горленко.

дов *Micrococcus* и пурпурных бактерий родов *Thiocystis* и *Thiocapsa*. В фосфоритах наблюдаются формы размножения индивидуальных бактерий, диагностируемые В.М. Горленко как диплококки, тетрады (рис. 4). В фосфоритах месторождения Бенгерир (Марокко) наблюдались цепочки кокковидных зерен, подобные описанным ранее Л. Кайе на месторождении Хурибга (рис. 5).

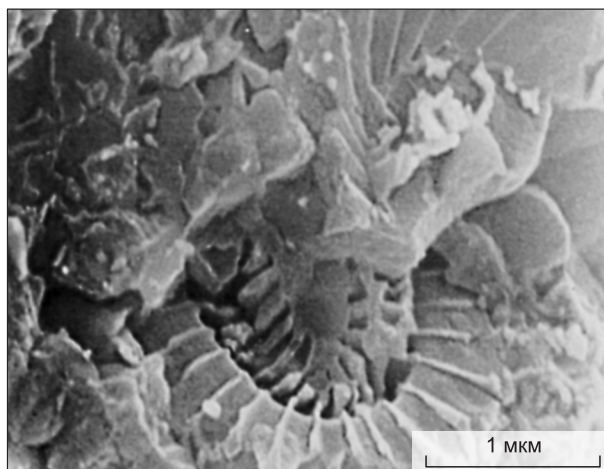
Капсулы цианобактериальных нитей впервые были описаны Д. Соудри и И. Шампетье в 1983 г. из кампанских фосфоритов пустыни Негев (Израиль) [Soudry, Champetier, 1983]. Эти образования, формирующие цианобактериальный мат, представлены трубчатыми формами с внешним диаметром 10 мкм и диаметром каналов 3 мкм. Несколько позднее [Занин и др., 1987; Миртов и др., 1987] цианобактериальные формы были описаны из верхнемеловых фосфоритов района Песка-Бояка в Колумбии и эоценовых фосфоритов месторождения Таиба в Сенегале. В первом случае среди трубчатых форм преобладают относительно прямолинейные длиной до 15 мкм, существенно различающиеся по внешнему диаметру (6—10 мкм) и особенно по диаметру каналов (0,5—8 мкм). При этом в одних случаях диаметр канала меньше или сопоставим с толщиной стенок трубки (рис. 6), в других — существенно больше (рис. 7). Внешняя поверхность капсул грубая, шероховатая, и создает впечатление, что они сложены мелкими кокковидными формами. Иную картину представляют собой капсулы цианобактериальных нитей на месторождении Таиба. Это в массе деформированные трубки с гладкой поверхностью. Внешний диа-

**Рис. 10. Обломок кокколита (?) из фосфоритов Егорьевского месторождения.**

метр трубок порядка 4 мкм при диаметре каналов 0.7 мкм (рис. 8).

Гликокаликс впервые был выявлен на Егорьевском месторождении, где сопутствует кокковидным бактериальным формам. Фиксируется он в виде тонких нитей, подстилающих и связывающих бактериальные клетки [Занин и др., 1987, 1988а,б] (рис. 9). Гликокаликс был последней бактериоморфной формой, выявленной в фосфоритах, и упоминанием его мы заканчиваем в принципе наш очерк. Экспериментально апатит в процессе бактериальной активности был получен Ж. Лука и Л. Прево [Lucas, Prévôt, 1981, 1984, 1985].

Следует отметить, что встречаемые в фосфоритах микробиальные формы не ограничиваются бактериальными, и список их может быть продолжен. Такими формами являются, в частности, низшие грибы, описанные Б. Рено [Renault, 1900] из пермских фосфоритов Франции и К. Даханайаке и В.Е. Крумбейном [Dahannayake, Krumbein, 1985] из мел-палеогенового Алжиро-Тунисского бассейна, кокколиты, встреченные нами в фосфоритах Егорьевского месторождения (рис. 10), створки диатомей из фосфоритов пустыни Сечура (Перу), акритархи из средневерхнекембрийских фосфоритов Сибирской платформы, ряд неопределенных биогенных микроформ.



#### ЛИТЕРАТУРА

- Батурин Г.Н., Дубинчук В.Т.** Микроструктуры океанских фосфоритов. М., Наука, 1979, 199 с.
- Вологдин А.Г.** Геологическая деятельность микроорганизмов // Изв. АН СССР, Серия геологическая, 1947, № 3, с. 19—38.
- Вологдин А.Г., Кордэ К.Б.** Об одной малоизученной, но важной группе ископаемых организмов // Докл. АН СССР, 1945, № 9, с. 698—701.
- Занин Ю.Н.** Микробиальные формы в фосфоритах — первые сто лет изучения // Литосфера, 2005, № 2, с. 159—165.
- Занин Ю.Н., Горленко В.М., Миртов Ю.В., Красильникова Н.А., Летов С.В.** Бактериоморфные образования в желваковых и зернистых фосфоритах // Геология и геофизика, 1987 (2), с. 43—49.
- Занин Ю.Н., Горленко В.М., Миртов Ю.В.** Микробиальный фактор в фосфоритообразовании // Проблемы геологии фосфоритов: тез. докл. и путеводитель VI Всес. совещ., Таллинн, 18—21 апр. 1988 г. Таллинн, 1988а, с. 21—22.
- Занин Ю.Н., Горленко В.М., Миртов Ю.В.** Микробиальные формы в фосфоритах // Современные проблемы микропалеонтологии: тез. докл. XXXIV сессии Всесоюзного палеонтологического общества (25—29 января 1988 г.). Баку, Элм, 1988б, с. 30—31.
- Миртов Ю.В., Занин Ю.Н., Красильникова Н.А., Гуревич Б.Г., Кривоуцкая Л.М., Красильникова И.Г., Сухов Ю.К.** Ультрамикроструктуры фосфоритов: атлас фотографий. Новосибирск, Наука, 1987, 224 с.
- Резолюция XXXIX сессии Всесоюзного палеонтологического общества (25—29 января 1988 г.).** Л., ВСЕГЕИ, 1988, 7 с.
- Сеньковский А.Ю.** Электронно-микроскопические исследования шельфовых фосфоритов мела Вольно-Подольи и Предкарпатья // Геологический журнал, 1982, т. 42, № 4, с. 127—131.
- Хворова И.В., Дмитрик А.Л.** Микротекстуры кремнистых пород. Опыт электронно-микроскопического исследования. М., Наука, 1972, 48 с.
- Яншин А.Л.** Геолого-поисковые работы в Аккемирском районе Казахской АССР в 1929 г. // Фосфоритные руды СССР. Т. 7. Фосфориты Казахстана (Тр. Научн. ин-та по удобрениям, вып. 85). 1931, с. 25—78.
- Яншин А.Л., Юдин Н.И.** Глобальные закономерности размещения фосфоритов // Проблемы геологии фосфоритов: тезисы докладов и путеводитель VI Всес. совещ., Таллинн, 18—21 апреля 1988 г. Таллинн, 1988, с. 44—47.
- Bremner J.M.** Concretionary phosphorite from SW Africa // J. Geol. Soc., 1980, v. 137, p. 773—786.

- Burnett W.C.** Geochemistry and origin of phosphorite deposits from off Peru and Chile // Bull. Geol. Soc. Amer., 1977, v. 88, № 6, p. 813—823.
- Cayeux L.** Existence de nombreuses bacteries dans les phosphates sedimentaires de tout age // C.R. Acad. Sci., 1936, t. 203, № 23, p. 1198—1200.
- Dahannayake K., Krumbein W.E.** Ultrastructure of a mat-generated phosphorite // Miner. Depos., 1985, v. 20, p. 260—265.
- Häntzschel W, Farouk El-Baz, Amstutz G.C.** Coprolites. An Annotated Bibliography // Geol. Soc. Amer., Inc., 1968, Memoir 108, 131 p.
- Krajewski K.P.** Phosphate microstromatolite in the High-Tatric Albian limestones in the Polish Tatra Mts // Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Sci. Geol. Geogr., 1981, v. 29, p. 175—183.
- Lucas J., Prévôt L.** Synthèse d'apatite à partir de matière organique phosphorée (ARN) et de calcite par voie bactérienne // C.R. Acad. Sc. Paris, 1981. Sér. II, v. 292, p. 1203—1208.
- Lucas J., Prévôt L.** Synthèse de l'apatite par voie bactérienne à partir de matière organique phosphatée et de divers carbonates de calcium dans les eaux douce et marine naturelles // Chem. Geol., 1984, v. 42, p. 101—118.
- Lucas J., Prévôt L.** The synthesis of apatite by bacterial activity // Sci. Géol. Mem., Strasbourg, 1985, № 77, p. 83—92.
- O'Brien G.W., Harris J.R., Milnes A.R., Veeh A.R.** Bacterial origin of East Australian continental margin phosphorites // Nature, 1981, v. 294, № 5840, p. 442—444.
- Oppenheimer C.H.** Evidence of fossil bacteria in phosphate rocks // Inst. Marine Sci. Publ., 1958, v. 5, p. 156—159.
- Renault B.** Sur quelques microorganismes des combustibles fossils (Suite et fin) // Bull. Soc. Industry. Minér. Saint-Etienne (3). 1900, v. 14, p. 5—159.
- Renault B., Bertrand C.E.** Premieres observations sur des bacteries coprophiles de l'epoque permienne // Assoc. Fr. Adv. Sci. Compte Rendu, Paris, 23rd sess., Caen, 2 partie, Notes and Mem., 1895, p. 583—587.
- Riggs S.R.** Petrology of the Tertiary phosphorite system of Florida // Econ. Geol., 1979, v. 74, № 2, p. 195—200.
- Soudry D., Champetier Y.** Microbial processes in the Negev Phosphorite (Southern Israel) // Sediment., 1983, v. 30, № 3, p. 411—413.
- Zanin Y.N., Letov S.V., Krasilnikova N.A., Mirtov Y.V.** Phosphatized bacteria from Cretaceous phosphorites of East-European Platform and Paleocene phosphorites of Morocco // Sci. Géol. Mem., Strasbourg, 1985, № 77, p. 79—81.
- Zimmerle W.** Die Phosphorite des nordwestdeutschen Apt und Alb // Geol. Jb. A., 1982, H. 65, S. 159—244.

*Поступила в редакцию  
17 мая 2011 г.*