

В. М. ГОРЛЕНКО, С. И. ЖМУР, В. В. БЕРНАРД

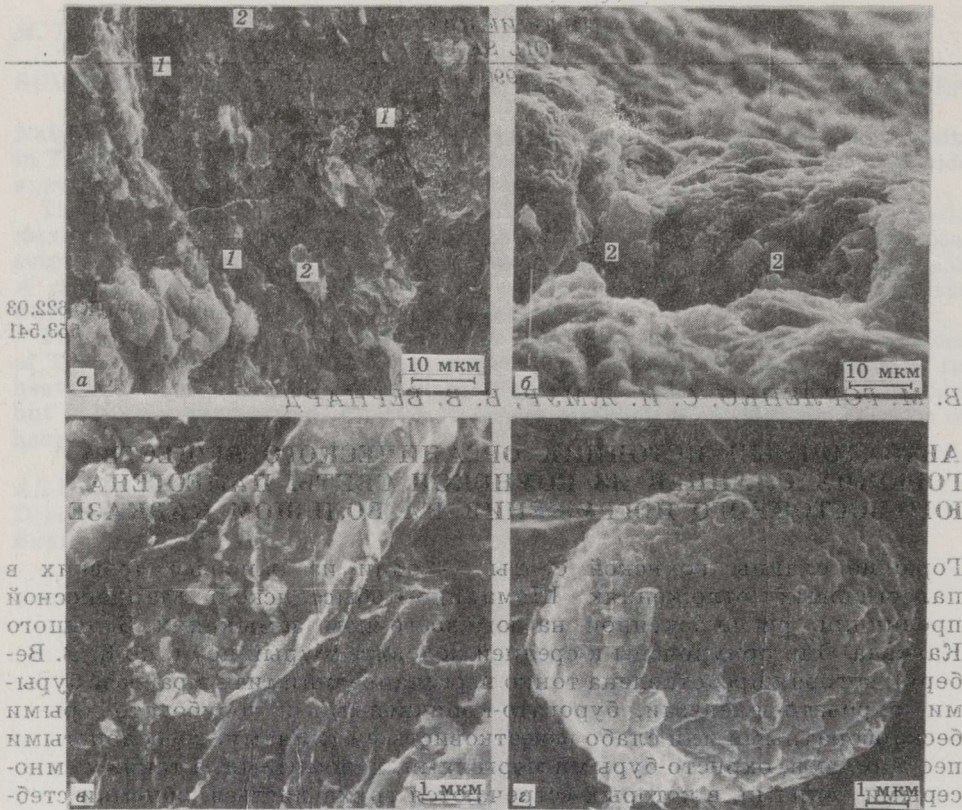
АВТОХТОННЫЙ ИСТОЧНИК ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ ИЗ КОУНСКОЙ СВИТЫ ПАЛЕОГЕНА
ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПОГРУЖЕНИЯ НА БОЛЬШОМ КАВКАЗЕ

Горючие сланцы коунской свиты — одни из наиболее древних в палеогеновых отложениях Шемахино-Кобыстанской сланценосной провинции, расположенной на юго-восточном замыкании Большого Кавказа. Они приурочены к средней подсвите (бурый коун, по В. В. Веберу), которая представлена тонко переслаивающимися в разрезе бурыми, буровато-зелеными, буровато-коричневыми и голубовато-серыми бескарбонатными или слабо известковистыми глинами, косослоистыми песчаниками, охристо-бурыми мергелями, доломитами, а также темно-серыми глинами, в которых встречаются труха листьев, обломки стеблей и рыбы остатки. Мощность прослоев от 5 см до 5 м.

Горючие сланцы (ГС) в выветрелом состоянии тонко листоватые, темно-серые с коричневатым оттенком, без видимых остатков макрофауны. Микрофаунистические остатки также редки, вплоть до полного их отсутствия. Для этих ГС характерно небольшое содержание карбонатов (обычно не более 5—6 %) и достаточно высокое — углерода ($C_{орг}$ 8—12 %), железа ($Fe_{общ}$ 4—8 %), в котором окисные формы всегда преобладают над закисными, и серы (4—5 %).

Источник органического вещества (ОВ) коунских ГС в литературе практически не обсуждался. Судя по компонентному составу керогена, ОВ рассматриваемых сланцев имеет сложную аллохтонно-автохтонную природу. Что касается природы аллохтонной части биомассы ГС, которая присутствует в виде фрагментов комковатой или хлопьевидной гелефицированной массы [1], то она, на наш взгляд, достаточно проста, если принимать во внимание жаркий и влажный климат времени накопления ГС, приводивший к заболачиванию прибрежных пространств и обильному континентальному стоку.

Более сложен вопрос об основном, аквагенном, источнике ОВ коунских сланцев, которое фиксируется в шлифах в виде сапроколлинита. Для установления организмов-продуцентов автохтонного ОВ нами была предпринята попытка изучить литифицированные остатки микроорганизмов под электронным микроскопом с микрозондом. Как показали исследования, на разных уровнях разрешения сканирующего микроскопа отчетливо просматривается микрослоистая структура сланца, которая сохранилась благодаря литификации чехлов нитчатых цианобактерий. При этом различаются как отдельные минерализованные чехлы цианобактерий, так и их группировки (рисунок, а—б). Наиболее крупные структуры имеют размеры 26—40 мкм и со всей очевидностью представляют собой общие чехлы колониальных цианобактерий, сходных с *Microcoleus chthonoplastes*.



Литифицированные остатки микроорганизмов-продуцентов органического вещества юрских сланцев; скол породы, насыщенный углеродом: 1 — нитчатые цианобактерии *Microcoleus* (1 — общий неход, 2 — индивидуальные нити (трихомы)); 2 — индивидуальные нити *Microcoleus*, выдолбленные, разрушенными пиритизированными колониями пурпурных серобактерий рода *Thyocapsa*; 2 — пиритизированная колония *Thyocapsa* с частично сохранившейся капсулой

На снимках видно, что внутри общих чехлов имеются трубчатые образования диаметром 3—4 мкм, — по сути индивидуальные нити, которые сохранились благодаря тончайшей алюмосиликатной биоминерализации пелликулярных капсул. Установлены еще более тонкие трубчатые образования диаметром 1—1,5 мкм, по всей видимости остатки нитчатых зеленых бактерий *Chloroflexus*, которые обычно сопутствуют *Microcoleus*.

Литификация затронула в основном лишь чехлы цианобактерий и только в очень редких случаях внутренние части нитей микроорганизмов.

Видно (рисунок *e*), что чехлы *Microcoleus* очень часто выполнены шарообразными фрамбоидальными телами диаметром от 3 до 9 мкм, которые состоят из мельчайших (0,3—0,7 мкм), хорошо кристаллизованных кристаллов пирита. По всей видимости, фрамбоиды представляют собой сульфидизированные микроколонии пурпурных серобактерий рода *Thyocapsa*. То, что эти микроорганизмы поселились в покинутых чехлах нитчатых цианобактерий, было обусловлено наличием там благоприятной для них среды обитания, а именно присутствием растворенного сульфида и стабильными анаэробными усло-

виями. Заключение о том, что шарообразные фрамбонды являют собой остатки древних микроорганизмов, можно сделать по частично сохранившейся капсуле, которая ограничивает микроколонию (рисунок, з).

На наш взгляд, доминирование *Microcoleus* в микробном сообществе и расположение нитей в породе, несомненно, указывают на то, что мы имеем дело с цианобактериальным бентосным сообществом (мат), которое характерно для современных мелководных морских водоемов [2, 3]. Проводя аналогию с современными морскими системами, можно утверждать, что и накопление коунских ГС происходило в мелководной части коунского моря, каковой являлась южная периферия Большого Кавказа. Глубина здесь на протяжении периода формирования осадков сланцевой толщи, судя по литофациям (мергели, доломиты, глины с трухой листьев, косослоистые песчаники), была непостоянной и менялась от прибрежной до мелководной, другими словами — от литоральной до сублиторальной. Формирование ГС происходило в сублиторальной обстановке, где откладывался хорошо сортированный глинистый материал.

Современные маты с доминирующим *Microcoleus*, связанные с мелководными участками, обладают высокой продуктивностью, которая в отдельных случаях достигает 300 мг органического углерода в час на 1 м² площади [4].

Источником биогенов, необходимых для полноценного функционирования бентосного сообщества, явились осадочные породы Кавказского острова и пеплопады. В пользу первого источника свидетельствует наличие в отложениях среднего коуна достаточных количеств мусковита, хлорита и других терригенных компонентов, в пользу второго — присутствие в этой толще значительных количеств монтмориллонита, который обычно рассматривается как продукт переработки вулканического материала.

Кавказский остров, судя по всему, защищал акваторию, где накапливались ГС, от ветров, препятствуя тем самым интенсивному перемешиванию вод, которое является фактором, сдерживающим формирование и жизнедеятельность мата.

Континентальный сток распреснял прибрежную часть водоема. Но это распреснение, как представляется, не распространялось на придонные воды. Поддержанию солености на глубине способствовал жаркий климат, так как с ним был сопряжен и высокий уровень испарения вод из водоема. Указать точные пределы солености придонных вод в промилле не представляется возможным, так как маты, в которых доминирует *Microcoleus*, развиваются в морских водах с широким диапазоном солености — от 35—50 до 180⁰/₁₀₀ [2, 3]. Тем не менее можно предположить, что соленость в придонной части бассейна накопления сланцев превышала нормальную морскую, потому что маты с *Microcoleus* наиболее продуктивны в условиях, близких к нормальной или несколько засолоненной среде. Кстати, некоторым засолонением придонных вод можно объяснить локальное выпадение гипса, фиксируемого рентгеноструктурным анализом. О солености вод свидетельствует и достаточно высокое содержание в образцах сланцев сульфатной серы — от 0,5 до 3%.

Наличие значительных количеств сульфидокисляющих организмов дает основание считать, что зона распространения сульфида в водоеме ограничивалась поверхностью древнего мата и не проникала за его верхние пределы.

Диagenез сланцев протекал в восстановительных условиях. Такое заключение можно сделать на основании отношения пристан/фитан, значение которого намного меньше единицы — 0,55. Основным терминальным процессом деструкции ОВ отмирающего мата была бактериальная сульфатная редукция, результатом которой стало значи-

тельное содержание в осадке сульфидов Fe в виде пирита. В диагенезе происходила преимущественно кремнистая литификация чехлов. Для этого было необязательным достижение насыщения вод кремнеземом, так как последний мог извлекаться и из недонасыщенных растворов при относительном дефиците карбоната при высоком значении pH (около 8), которое обуславливалось таким мощным биофактором, как фотосинтетическая деятельность микроорганизмов.

Трубчатая структура минеральной матрицы, развитая по организмам мата, способствовала миграции растворов и локальному перераспределению породообразующих элементов в микрозонах.

И, наконец, последнее. В коунских сланцах выявлены единичные находки кокколитофорид, что позволяет предположить участие в образовании биомассы сланцев и планктонных организмов. Тем более что этому могли способствовать стратификация вод и поступление биогенов воздушным путем. Однако пока трудно судить, насколько это предположение верно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баргашевич О. В., Жмур С. И., Емец Т. П. Нефтематеринский потенциал горючих сланцев платформенного палеозоя СССР // Сов. геол. 1982. № 8. С. 9—14.
2. Bauld J. Microbial mats in marginal marine environments: Shark Bay, Western Australia // Microbial mats: stromatolites; V. 3. 1981. P. 39—58.
3. Krumbein W. Algal mats and their litification // Enviroments biogeochemistry; V. 1. 1978. P. 209—225.
4. Gerdes G., Krumbein W., Holtkamp J. Salinity and water activity related zonation of microbial communitis and potential stromatolites of the Gavish Sabkha // Hypersaline ecosystems. 1985. P. 238—256.

Институт микробиологии
Академии наук СССР
г. Москва

Институт литисферы
Академии наук СССР
г. Москва

Представил Л. Д. Кальо
Поступила в редакцию
28.10.88

AN AUTOCHTHONOUS SOURCE OF ORGANIC MATTER OF OIL SHALES OF THE KOUNA PALEOGENE FORMATION OF THE SOUTH-EASTERN SUBMERGENCE IN THE GREAT CAUCASUS

Scanning electron microscopic studies of Kouna oil shales showed the microbial mat with dominant *Microcoleus* to be the main autochthonous source of their organic matter. The shales diagenesis has been demonstrated to have proceeded under the reductive conditions, the sulfate reduction being the final degradation process of organic matter of the disappearing mat. It has been assumed that the mainly siliceous lithification of organisms was associated not with saturation of water with silica, but resulted from unsaturated SiO_2 solutions by a deficiency of carbonate and a high pH value (about 8.0) created by such a strong biofactor as the photosynthetic activity of microorganisms.

*Academy of Sciences of the USSR,
Institute of Microbiology
Moscow*

*Academy of Sciences of the USSR,
Institute of the Lithosphere
Moscow*