

УДК 551.89+631.472.8

**МИНЕРАЛЬНЫЕ МИКРОБИОМОРФЫ СУШИ И ВОД
УМЕРЕННОГО ПОЯСА: РАЗНООБРАЗИЕ, ГЕНЕЗИС,
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ
ДЛЯ ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЙ**

А. А. Гольева

*Институт географии РАН, Старомонетный пер., 29, 119017, г. Москва,
Россия, golyeva@igras.ru*

Показано морфологическое и химическое разнообразие микроскопических биоминеральных частиц, их экологическая приуроченность. Специфичность морфологии, высокая устойчивость, разный генезис делают эти частицы высокоинформативными для проведения палеоэкологических реконструкций в любых природных средах.

Ключевые слова: кокколиты; спикулы губок; диатомовые водоросли; фитоолиты; фрамбоиды; кремнеземистые цисты.

**MINERAL MICROBIOMORPHS OF THE LANDS AND WATERS
OF THE TEMPERATE ZONE: DIVERSITY, GENESIS,
INFORMATION POSSIBILITIES FOR PALEORECONSTRUCTION**

A. A. Golyeva

*Institute of Geography RAS, Staromonetnij per., 29, 119017. Moscow, Russia,
golyeva@igras.ru*

The morphological and chemical diversity of microscopic biomineral particles and their ecological association are shown. The specific morphology, high stability and various genesis make these particles highly informative for paleoecological reconstructions in any natural environment.

Key words: coccoliths; sponge spicules; diatoms; phytoliths; framboids; siliceous cysts.

Микробиоморфы — это микроскопические частицы биогенной природы. Часть из них — спикулы губок, фитоолиты, панцири диатомовых водорослей, кремнеземистые цисты, кокколиты, фрамбоиды — являются продуктами биоминерализации, то есть помимо органической имеют и минеральную компоненту, что повышает их устойчивость во внешней среде, позволяет использовать при проведении палеорекопструкций ландшафтов. Дополнительным фактором,

способствующим развитию микробиоморфного метода, являются относительно быстрое время образования, высокая сохранность и морфологическая специфичность каждой из этих частиц [1, с. 4]. Широкое распространение их как в водной среде, так и на суше увеличивает спектр применения микробиоморфного анализа.

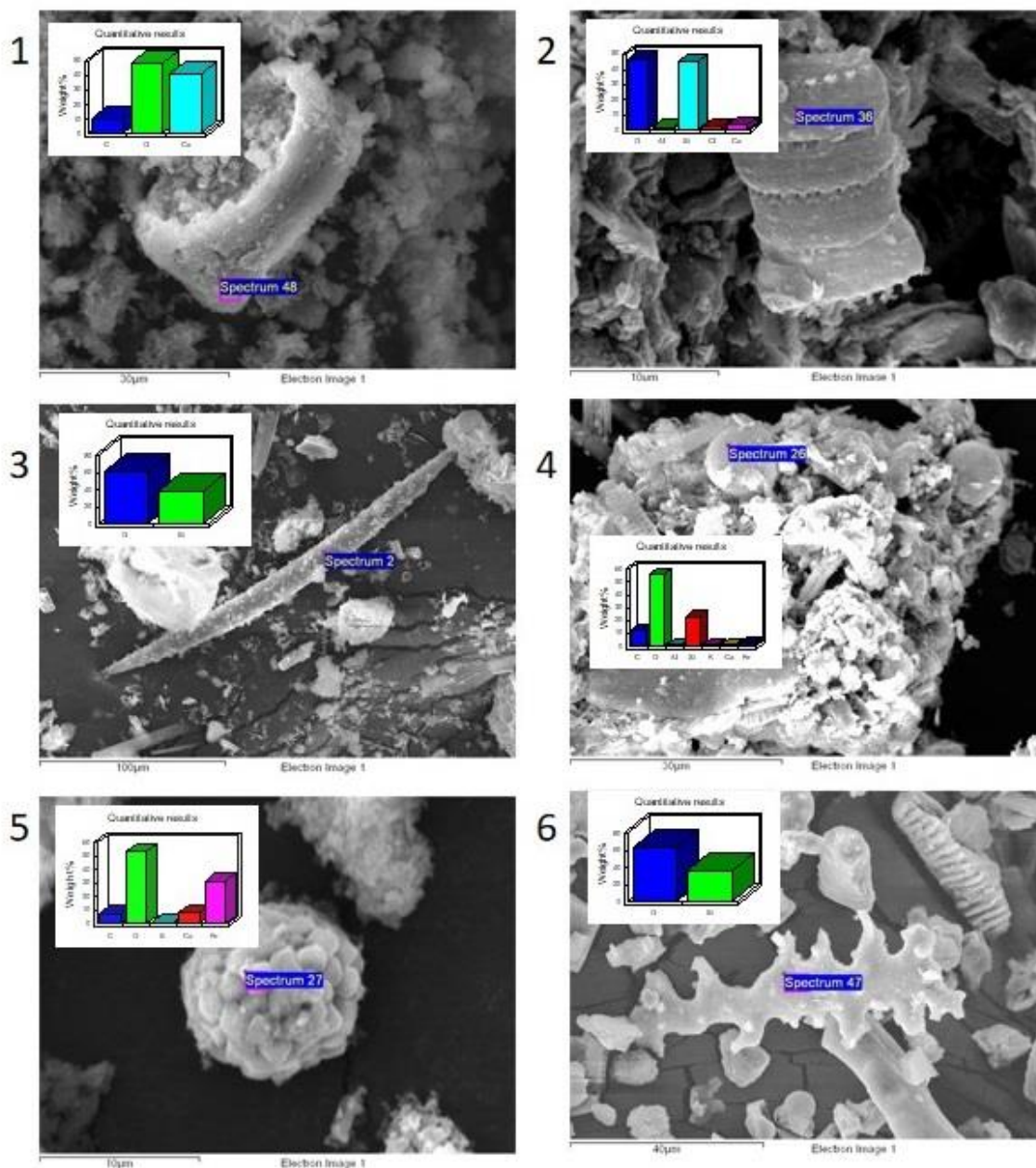
Поскольку наши исследования в основном проводились в умеренном климатическом поясе, считаем необходимым это отметить, поскольку в других типах климата информационные значения этих частиц могут быть иными.

Рассмотрим эти частицы, их генезис и информационные возможности в алфавитном порядке. На рисунке показано морфологическое разнообразие частиц, их химический состав. Все фотографии сделаны автором из голоценовых озерных и почвенных образцов Европейской территории России (рисунок).

Диатомовые водоросли — разнообразные по форме частицы, формирующие тонкую оболочку из аморфного кремнезема. Преимущественно образуются в водной среде [2, с. 168], но еще в 1937 г. И. В. Тюриным показано, что они могут развиваться и функционировать в почвах при условии периодического переувлажнения и застоя воды [3, с. 33].

Кокколиды — известковые микроскопические частицы — щитки покровного панциря одноклеточных планктонных водорослей кокколи-тофорид из типа золотистых водорослей. На сегодняшний день считается, что эти частицы формируются в морских условиях [4, с. 102], хотя и отмечается, что они хорошо развиваются в условиях низкой солености (порядка 8 промилле) [5, с. 20]. В тоже время кокколиды хорошей сохранности и в большом количестве отмечаются в одном из слоев позднелейстоценового разреза Костенки 14, хотя и без объяснения их локализации только в одном слое из всей изученной колонки [6, с. 946]. Морских отложений там в тот период точно не могло быть. Встречены они и при наших исследованиях озерных осадков. Поэтому, скорее всего, распространение этих частиц может быть гораздо шире.

Кремнеземистые цисты. Многие водоросли-хризифиты создают характерные кремнистые микроскопические цисты на стадии покоя [7, с. 842]. В основном они характерны для пресноводных местообитаний с низким или умеренным pH и зимним замерзанием (там же). В тоже время, в культурных слоях, содержащих большое количество древесного детрита, встречается огромное количество цист, зачастую превышающее количество других биоморфов, например, фитоцитов. Возможно, разложение древесины в условиях гумидного климата способствует развитию водорослей и, как итог, формированию большого количества цист (рисунок).



Морфология и химический состав минеральных микробиоморф: 1 - кокколит; 2 - диатомовые водоросли; 3 - спикула губки; 4 - кремниевая циста золотистой водоросли; 5 - фрамбоид; 6 - фитолит

Спикулы губок — внешний скелет губок, несущий опорную и поддерживающую функции. Он бывает известковый и кремниевый. В реках, пресноводных озерах и почвах встречаются только кремниевые спикулы. Вопросы их экологии с целью проведения палеоландшафтных реконструкций в последнее время обсуждаются достаточно широко [8, с. 30; 9, с. 120]. В почвах встречаются исключительно обломки спикул, целые формы являются диагностами аллювиального прошлого как самих почв,

так и исходных пород. При работе с древними пахотными почвами, можно уверенно говорить, что пашни поливались речной водой.

Фитолиты — кремниевые копии растительных клеток, обладающие характерной морфологией [10, с. 44]. Эти частицы наиболее информативны в почвах, поскольку позволяют реконструировать растительный покров *in situ*, то есть тот, под которым сформировалась эта почва [11, с. 985]. При работе на археологических памятниках можно реконструировать как природную среду вокруг памятника, так и специфику использования растений в бытовых и хозяйственных целях [12, с. 68].

Фрамбоиды — округлые образования сферической формы, являющиеся результатом бактериальной переработки и последующей минерализации органического вещества [13, с. 2]. Преобладают фрамбоиды сульфидов железа (пирита), реже встречаются магнетит и гематит. Характерны для морских и озерных отложений, возможны в осадках соленых болот. Показано, что в периоды зарастания озер, снижения их уровня количество фрамбоидов резко уменьшается вплоть до исчезновения, что, например, использовалось для реконструкции истории озер Южного Урала [14, с. 189].

В настоящее время наиболее продуктивным считается комплексный подход, при котором сравниваются две или более микробиоморфных групп, что позволяет получать более достоверные выводы ввиду широких экологических ареалов распространения отдельных групп [15, с. 280; 16, с. 92].

Библиографические ссылки

1. Гольева А. А. Микробиоморфный анализ почвенно-ландшафтных систем: генезис, география, информационная роль // Автореф. дис. докт. геогр. наук, 2006.
2. Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли-индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Ленинград. Изд-во «Наука», 1985.
3. Тюрин И. В. О биологическом накоплении кремнекислоты в почвах // Проблемы советского почвоведения. 1937. Т. 3. С. 29-35.
4. Корчемкина Е. Н., Ли М. Е. Аномальные оптические характеристики прибрежных вод Черного моря в июле 2012 года и их связь с концентрацией минеральной взвеси в воде // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2015. Т. 8, № 4. С. 101-105.
5. Sikes C. S., Wilbur K. M., Functions of coccolith formation // Lirmol. Oceunogr. 1982. Vol. 27(1). P. 18-26.
6. Седов, С. Н., Хохлова, О. С., Синицын, А. А., Коркка, М. А., Русаков, А. В., Ортега, Б., ... & Каздым, А. А. Позднеплейстоценовые палеопочвенные серии как инструмент локальной палеогеографической реконструкции (на примере разреза Костенки 14) // Почвоведение. 2010. № 8. С. 938-955.

7. Adam D.P., Mahood A. D. Chrysophyte cysts as potential environmental indicators // *GSA Bulletin*. 1981. Vol. 92 (11). P. 839–844. doi: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1981\)92<839:CCAPEI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1981)92<839:CCAPEI>2.0.CO;2)
8. Manconi, R., & Pronzato, R. Global diversity of sponges (Porifera: Spongillina) in freshwater // *Hydrobiologia*. 2008. Vol. 595. P. 27–33. DOI 10.1007/s10750-007-9000-x
9. Łukowiak M. Utilizing sponge spicules in taxonomic, ecological and environmental reconstructions: a review // *PeerJ*. 2020. T. 8. C. e10601. <https://doi.org/10.7717/peerj.10601>
10. Гольева А. А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. 2001.
11. Гольева А. А., Александровский А. Л. Использование фитолитного анализа при решении генетико-эволюционных вопросов почвоведения // *Почвоведение*. 1999. № 8. С. 980-987.
12. Гольева А. А. Микробиоморфные исследования культурных слоев древних поселений Центральной России // *Археология Подмосковья*. 2009. № 5. С. 55-71.
13. Астафьева М. М., Розанов А. Ю., Хувер Р. Фрамбоиды: их структура и происхождение // *Палеонтологический журнал*. 2005. № 5. С. 1-7.
14. Масленникова А. В., Блинов И. А., Удачин В. Н. Фрамбоидальный пирит в донных отложениях озер Южного Урала // *Минералы: строение, свойства, методы исследования : материалы IV всерос. молодеж. науч. конф., 15-18 окт. 2012 г. / РАН, УрО, Ин-т геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого. Екатеринбург. 2012. С. 188-190.*
15. Rivera-Rondo'n C. A. Catalan J. The ratio between chrysophycean cysts and diatoms in temperate, mountain lakes: some recommendations for its use in paleolimnology // *J Paleolimnol*. 2017. Vol. 57. P. 273–285. DOI 10.1007/s10933-017-9946-2
16. Сапелко Т. В., Науменко М.А., Кузнецов Д. Д., Лудикова А. В., Игнатьева Н. В. Голоценовая история озер на острове Хачин (Селигер) // *Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода*. 2021. № 79. С. 71-97.