

УДК 549.02:563.14:563.4

УЧАСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ В УТВОРЕННІ ОСАДОВИХ ПОРІД, РУД І МІНЕРАЛІВ

П. Білоніжка, Ю. Дацюк

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, 79005 м. Львів, Україна
E-mail: yudat@ukr.net*

Висвітлено погляди В. Вернадського про неможливість самовільного зародження живих організмів із неживих природних тіл і важливу роль мікроорганізмів у геологічних процесах, що відбуваються у верхній оболонці Землі впродовж усього геологічного часу. Зазначено, що великий прорив у вивченні мікроорганізмів в осадових утвореннях відбувся завдяки застосуванню сканувального електронного мікроскопа. У протерозойських джеспілітах, глинистих сланцях, кембрійських фосфоритах та інших давніх породах виявлено різні форми бактерій і синьо-зелені водорості, а в глауконіті з кембрійських відкладів – біоморфні наноструктури. Нині з'явився новий напрям у палеонтології – бактеріальна палеонтологія.

Під час дослідження верхньокрейдових і палеогенових відкладів Гірського Криму ми виявили коколіти у вапняках, фрагменти кремнієвих губок, діатомеї та радіолярії в кременях, коколіти, сітчасті бактеріальні утворення і фрагменти губок у фосфоритах, а також сітчасту, пластинчасту, пластівцеподібну і короткостовпчасту мікроструктури в зернистих утвореннях глауконіту. Не виключено, що ці наноструктури мають біогенну природу.

Ключові слова: В. Вернадський, мікроорганізми, сканувальний електронний мікроскоп, кремені, фосфорити, глауконіт, коколіти, діатомеї, кремнієві губки, радіолярії, біогенне мінералоутворення.

В. Вернадський у своїх наукових працях не раз висловлював і розвивав ідею про те, що життя на Землі існувало вічно – від самого початку її утворення як планети. Учений припускав, що життя існує й на інших планетах [4]. Вивчаючи життєдіяльність організмів, В. Вернадський дійшов висновку, що “за наявності безперервного біологічного обміну атомів і енергії між живими й косними (неживими) природними тілами біосфери є ціла прірва в їхній будові та властивостях. Ця відмінність – науковий факт, точніше, наукове узагальнення. Наслідком із цього є заперечення можливості існування самовільного зародження живих організмів із косних природних тіл за умов сучасних і тих, що були впродовж усього геологічного часу...” [6, с. 171].

У В. Вернадського не було сумнівів і в тому, що живі істоти, особливо мікроорганізми, відіграють величезну роль у геологічних процесах, що відбуваються у верхній оболонці Землі, тобто в біосфері.

Про вплив мікроорганізмів на геологічні процеси зазначали й інші вчені. Зокрема, М. Андрусов (1897) уважав, що нагромадження сірки й залізних руд в осадових утвореннях пов'язано з діяльністю сірко- і залізобактерій.

У 1943 р. А. Вологдін описав у залізистих кварцитах Курської магнітної аномалії круглі тільця як залізобактерії. Проте ці дані сприйняли скептично. У 1960-х роках спочатку американські, а потім російські й австралійські вчені відкрили й описали викопні мікроорганізми в кременях із докембрійських порід. Тоді вважали, що скременіння бактерій – унікальне явище. Серед мікроорганізмів були ціанобактерії (синьо-зелені водорості) [9].

Значний прорив у вивченні мікроорганізмів у давніх осадових утвореннях відбувся завдяки застосуванню під час їхнього дослідження сканувального електронного мікроскопа. З'ясували, що давні фосфорити і збагачені вуглеводневою речовиною породи (чорні сланці, бітумінозні утворення) часто переповнені скам'янілими мікроорганізмами – ціанобактеріями (рис. 1). Найбільше здивував учених високий ступінь збереженості ціанобактерій у джеспілітах і глинистих сланцях протерозойського віку та в кембрійських фосфоритах [9].

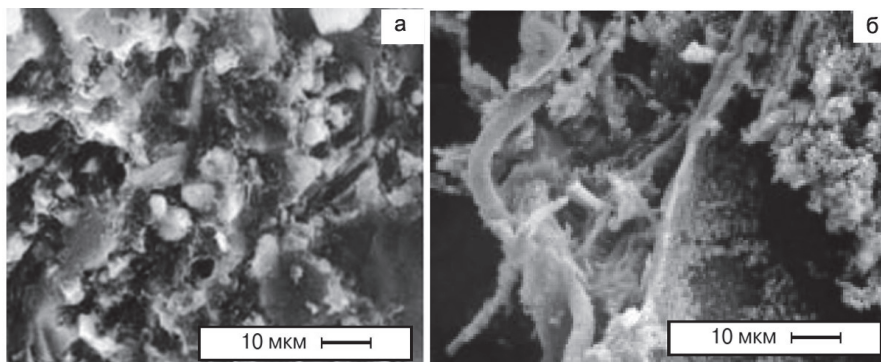


Рис. 1. Ціанобактерії у протерозойських джеспілітах (а) та кембрійських фосфоритах (б), за [9].

Експериментальними дослідженнями з'ясовано, що сучасні ціанобактерії осаджують із розчинів карбонати, фосфати і фосилізуються (кам'яніють). Цим і зумовлена їхня збереженість у породах. Раніше вчені вважали, що водорості, у яких визначально нема твердої оболонки, повинні розкладатися й не можуть зберегтися у викопному стані [9].

У процесі еволюції мікроорганізми адаптувалися до найважчих умов життя. Відомі бактерії, які існують і розмножуються за температури 65–80 °С (термофільні), у середовищі сильного засолення (галофільні), у воді, що охолоджує атомні реактори, а також за умов високого тиску (барофільні). Надзвичайна стійкість мікроорганізмів до різних чинників зовнішнього середовища зумовлює їхнє існування в донних осадах морів і океанів до глибини 11 км, на поверхні льодовиків і снігу в Арктиці й Антарктиці, високо в горах, у ґрунті пустель, в атмосфері на висоті 20 км та ін. [8].

Сучасній науці відомо близько 30 тис. видів водоростей. Серед них найбільше поширені синьо-зелені та діатомові. Їхня форма дуже різноманітна: розгалужена нитчаста, куляста, пластинчаста, циліндро-, каркасо-, куцо-, гантелеподібна тощо. Вони не мають коренів і поглинають необхідні їм елементи з води всією своєю поверхнею. Більшість водоростей – одноклітинні організми. Найдрібніші – коколитофориди – мають розмір декілька мікронів [8]. Останніми десятиріччями дослідження викопних мікроорганізмів в осадових утвореннях набуло широкого розмаху в багатьох країнах світу. З'явився навіть новий напрям у палеонтології – бактеріальна палеонтологія [9].

Нині формування багатьох різновидів пелітоморфних вапняків, фосфоритів, збагачених вуглеводнями глинистих порід за участю мікроорганізмів безсумнівне. Про це свідчать і результати наших досліджень. У пелітоморфних вапняках, кремнях і фосфоритах, поширених у верхньокрейдових і палеогенових відкладах басейну р. Бодрак (Крим), ми відшукали багато викопних мікроорганізмів [1, 3]. Зокрема, білі пелітоморфні вапняки турону (гора Кремінна) та білі й рожеві вапняки з околиці с. Трудолюбівка (турон–коньяк?) переповнені коколитами (рис. 2). У кремнях, які залягають у вигляді тонких прошарків, конкрецій і губкових горизонтів, виявлено кремнієві губки, діатомеї та радіолярії (рис. 3, 4). Примітно, що вони поширені не по всьому стратиграфічному розрізу карбонатних порід, а тільки в окремих його інтервалах. Це зумовлено тим, що вони розвивалися за умов підвищеного вмісту кремнезему в морській воді. Таке явище спричинене процесами надходження кремнію в морський басейн з гідротермальними розчинами або у вигляді вулканічного попелу [3].

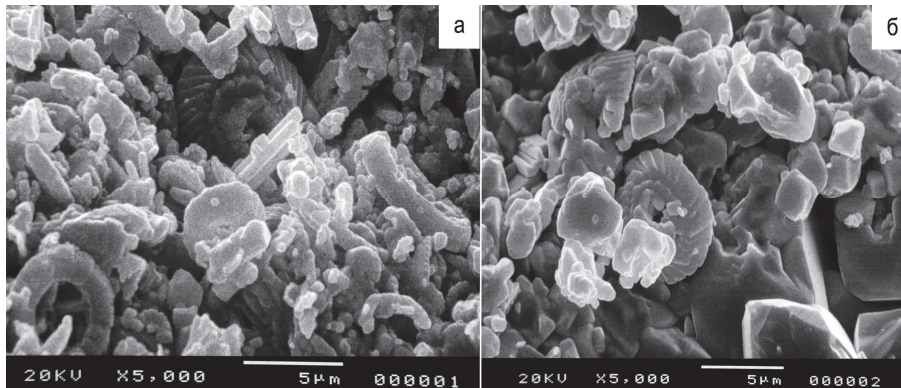


Рис. 2. Коколіти у вапняках туронського (а) і турон-коньяцького(?) (б) віку.

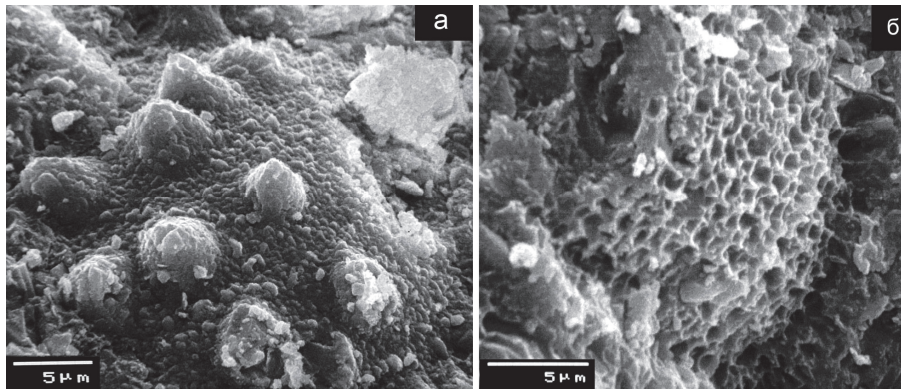


Рис. 3. Кремнієві губки (а) і радіолярії (б) із губкового горизонту маастрихту.

Викопні мікроорганізми виявлено й у фосфоритах, що залягають на розмитій поверхні мергелів маастрихтського й танетського ярусів Криму [1]. Фосфорити чорного, ясно-сірого й оранжевого кольору містять коколіти, а також сітчасті бактеріальні утворення і фрагменти губок у капілярах фосилізованих водоростей (рис. 5, 6).

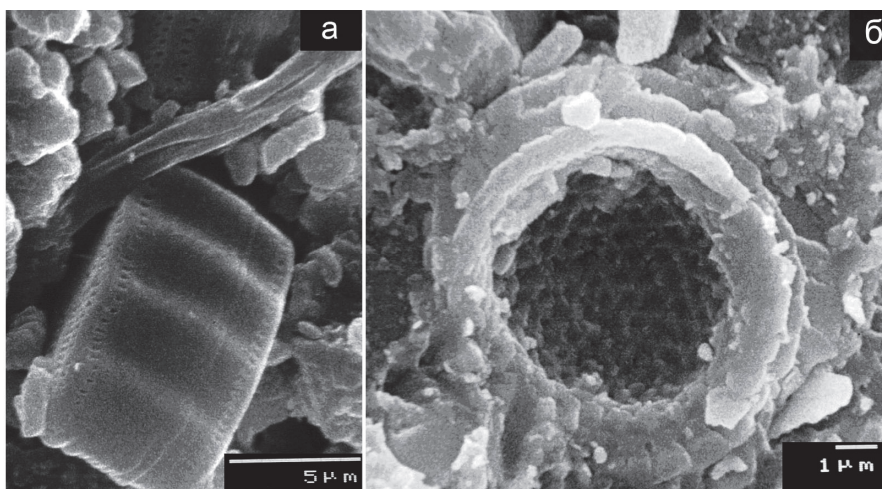


Рис. 4. Фрагмент діатомеї з прошарку кремня в мергелях сеноману (а) і коколїті з губкового горизонту мергелів маастрихту (б).

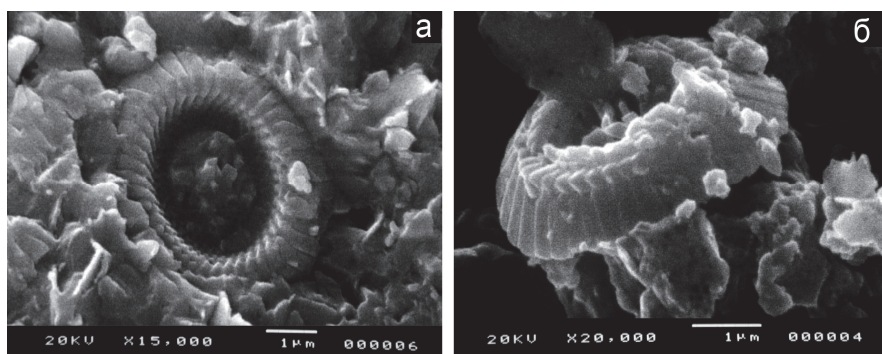


Рис. 5. Коколїті в чорних (а) і ясно-сірих (б) фосфоритах.

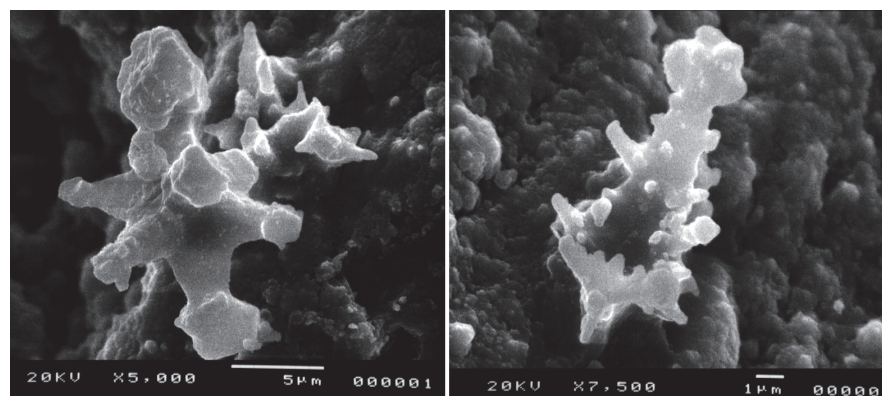


Рис. 6. Фрагменти губок у капілярах фосфатизованих водоростей.

За даними праці [10], давні фосфорити Азії сформовані за участю бентосних і планктонних мікроорганізмів, головню водоростей.

Досить цікавими виявились результати електронно-мікроскопічного вивчення мікроструктури глауконіту з палеогенових відкладів Криму [2]. Структура зернистих утворень глауконіту з поверхні сітчаста, а внутрішня – пластинчаста, пластівцеподібна, короткостовпчаста й сітчаста (рис. 7, 8). Це можуть бути мікрокристаліти глауконіту або форми викопних мікроорганізмів.

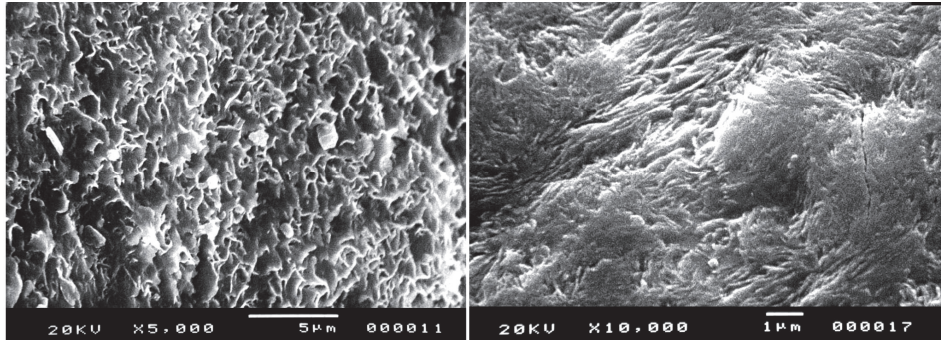


Рис. 7. Сітчасті мікроструктури поверхні глауконіту.

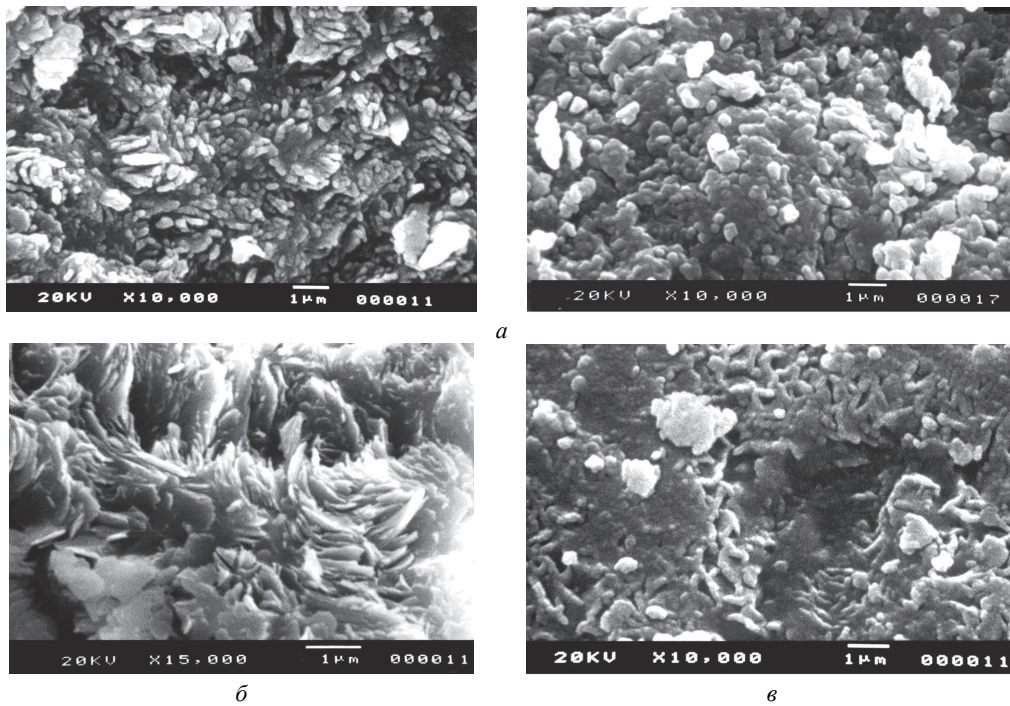


Рис. 8. Короткостовпчаста (а), пластинчаста (б) і сітчаста (в) мікроструктури глауконіту.

Зазначимо, що В. Вернадський в “Очерках геохимии” так описав формування глауконіту: “Його утворення, без сумніву, пов’язано з життям, проте характер впливу останнього точно не з’ясовано. Вплив живої речовини на утворення зерен глауконіту виявлений не тільки у факті скупчення цих останніх залишків мікроорганізмів (як, наприклад, черепашки форамініфер, голки губок, екскременти, завжди багаті життям, тощо) і в утворенні цих зерен у місцях, багатих на життя, а також у їхній будові... Зерна глауконіту містять губчасту масу органічної речовини...” [5, с. 163]. Учений зазначав, що вплив живої речовини в цих процесах, очевидно, дуже складний.

Про біогеохімічне походження шаруватих силікатів глауконіт-ілітового складу у відкладах кембрію Північного Верхояння йдеться у праці [7]. Автори зазначили, що Al-глауконіт у ядрах ханцелорій (губок) сформувався внаслідок перетворення первинного силікатного матеріалу за активної участі мікроорганізмів. Завдяки електронно-мікроскопічному вивченню Al-глауконіту виявлено низку біоморфних наноструктур, які беруть участь у будові ядер шипів ханцелорій. Зокрема, на відколі зелених глобулярних утворень добре видно типovu для глауконіту наноструктуру – примхливо зігнуті найтонші луски (або пелюстки) з рівними, іноді закругленими краями. Така наноструктура зберігається на всій площі відколу: добре видно агрегати лусочок, зібраних у пучки, що нагадують качани капусти, віяла й інші утворення. Дослідники припускають, що за життя ханцелорій порожнини їхніх шипів були заповнені органічною тканиною, а після загибелі вона стала, імовірно, сприятливим субстратом для розвитку мікроорганізмів.

У процесі вивчення викопних мікроорганізмів в осадових відкладах та їхньої ролі в утворенні осадових порід, руд і мінералів щораз більше з’являються перспективи нових досліджень стосовно участі мікроорганізмів в мінералоутворенні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білоніжка П. Фосфорити з палеогенових відкладів Криму / П. Білоніжка, Ю. Дацюк // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. – 2011. – Вип. 25. – С. 114–124.
2. Білоніжка П. Електронно-мікроскопічне вивчення глауконіту з палеогенових відкладів Криму / П. Білоніжка, Ю. Дацюк // Мінерал. зб. – 2013. – № 63, вип. 2. – С. 106–113.
3. Білоніжка П. Мінеральний склад і мікроструктура кременів із верхньокрейдових і палеогенових відкладів басейну р. Бодрак (Крим) / П. Білоніжка, Ю. Дацюк // Мінерал. зб. – 2014. – № 64, вип. 1. – С. 118–125.
4. Вернадский В. И. Живое вещество / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1978. – 358 с.
5. Вернадский В. И. Живое вещество и каолиновые алюмосиликаты / В. И. Вернадский // Очерки геохимии. – М. : Наука, 1983. – С. 161–167.
6. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1988. – 520 с.
7. Гептнер А. Р. К вопросу о биохимическом происхождении слоистых силикатов глауконит-илитового состава (кембрий, Северное Верхоянье) / А. Р. Гептнер, Т. А. Ивановская, Г. Т. Ушатинская // Литология и полезные ископаемые. – 1994. – № 1. – С. 79–91.
8. Имшенецкий А. А. Микроорганизмы / А. А. Имшенецкий // Большая советская энциклопедия. Т. 16. – М., 1974. – С. 685–687.

9. Розанов А. Ю. Ископаемые бактерии и новый взгляд на процессы осадкообразования / А. Ю. Розанов // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 10. – С. 63–67.
10. Розанов А. Ю. К проблеме генезиса древних фосфоритов Азии / А. Ю. Розанов, Е. Л. Жигалло // Литология и полезные ископаемые. – 1989. – № 3. – С. 67–82.

*Стаття: надійшла до редакції 07.09.2015
прийнята до друку 23.10.2015*

THE INVOLVEMENT OF MICROORGANISMS IN THE FORMATION OF SEDIMENTARY ROCKS, ORES AND MINERALS

P. Bilonizhka, Yu. Datsuyk

*Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskiy St., 79005 Lviv, Ukraine
E-mail: yudat@ukr.net*

The views of V. Vernadsky about the impossibility of spontaneous generation of living organisms from non-living natural bodies and of the important role of microorganisms in geological processes occurring in the upper shell of the Earth throughout geologic time are described. A major breakthrough in the study of microorganisms in sedimentary formations took place thanks to the use of a scanning electron microscope. In recent decades, the study of fossil organisms in sedimentary formations becomes widely accepted in many countries. There is even a new direction in palaeontology – bacterial palaeontology.

We found many fossil microorganisms in pelitomorphic limestones, cherts and phosphorites, which are common in Upper Cretaceous and Palaeogene sediments of Bodrak river basin (Crimea). For example, white pelitomorphic limestones of Turonian age (mountain Kreminna) and white and pink limestones from the edge of the Trudolyubivka-village (Turonian–Cognac?) are rich in coccoliths. We found silicon sponges, diatoms and radiolarians in the cherts from thin layers, nodules and from sponge horizons. It is noteworthy that they are not around the stratigraphic section of carbonate rocks, but only in some intervals. This can be explained by the fact that they have evolved in conditions of high SiO₂ content in the seawater (this is caused by the receipt of silicon in marine basin with hydrothermal solutions or in the form of volcanic ash).

We also found coccoliths, net-like bacterial formations and sponge fragments (in the capillaries of fossilized algae) in phosphorites, which overlie the eroded surface of the Maastricht and Thanet stages of Crimea.

Net-like, plate, flake-like and short-column microstructures have been found in granular glauconite formations. It is possible that these nanostructures are of biogenic nature.

The prospect of new research on the participation of microorganisms in mineral formation is increasingly appearing in the study of fossil organisms in sediments.

Key words: V. Vernadskyi, microorganisms, scanning electron microscope, chert, phosphorite, glauconite, coccolith, diatoms, silicic sponges, Radiolaria, biogenic mineral formation.