



Володимир Ширококов
доктор мед. наук,
академік НАН України,
член-кореспондент АМН України,
завідувач кафедри мікробіології,
імунології та вірусології
Національного медичного
університету ім. О.О. Богомольця,
м. Київ



Дмитро Янковський
доктор біол. наук,
генеральний директор
НПК "О.Д. Пролісок",
м. Київ



Галина Димент
канд. техн. наук,
директор наукового центру
НПК "О.Д. Пролісок",
м. Київ

Мікробний літопис біосфери Землі

Частина II

Думка щодо походження цих організмів (космічне або земне) є суперечливою, проте присутність їх у настільки давніх породах підтверджує реліктовий характер виявлених прокариотів.

Зростає інтерес до "глиняної" гіпотези зародження життя на Землі. Вона базується на тому, що унікальні геохімічні процеси на поверхні Землі, які призвели до формування осадових глинистих матеріалів шаруватої структури зі специфічними кристалоструктурними і фізичними властивостями, можуть бути пов'язані з розвитком початкового біогенезу Землі — становленням біосфери.

Згідно з "глиняною" гіпотезою першою моделлю життя могли бути не хімічні реакції, а статичні електричні заряди на поверхні глини, що покриває дно океану. При цьому збирання складних біологічних молекул відбувалося не в результаті випадкових комбінацій, а завдяки електронам на поверхні глини, яка утримує невеликі молекули разом під час їх збирання в більші молекули.

Глини на берегах стародавніх океанів було в надлишку. Вона і сьогодні є найпоширенішим природним матеріалом, що становить 11% об'єму земної кори і 80% маси ґрунтового покриву. Незважаючи на позірну однорідність, будь-яка глина має складну внутрішню структуру. В основі такої структури містяться кристали двох видів: в одному обов'язково присутній

атом кремнію, в іншому — атом алюмінію. Частинки об'єднуються в хімічно однорідні тонкі шари. Як і класичні кристали, глинисті частинки демонструють здатність до зростання. Потрапляючи у воду, вони набухають. Проникаючи в міжблочний простір, вода розсовує сусідні шари, в результаті чого весь "брикет" розшаровується і розпадається на тонші "брикети" і пластини. При додаванні в воду каталізувальних інгредієнтів кожна пластинка здатна реплікувати іншу, подібну собі пластину. У результаті глиняний пакет не розпадається, а потовщується, множачи число пластин, що входять до нього. Ефект "розмноження" глинистих частинок нагадує самокопіювання нуклеїнових кислот у живому організмі.

Кристали двох видів глини, які формуються і зростають у певних умовах, показані на малюнку 20.

Ще в 50-х рр. XX століття англійський кристалограф *Джон Бернал* припустив, що важливу роль у "первинному бульйоні" у процесі побудови біополімерів могла відіграти звичайна глина, яка в достатній кількості висилає дно будь-якої водойми. Мінерали глини сприяли утворенню біополімерів і виникненню механізму спадковості. Гіпотеза *Д. Бернала* з роками міцніла і знаходила все більше прихильників і послідовників.

Дослідження показали, що опромінені ультрафіолетом глинисті частинки зберігають отриманий запас

Картина Миколи Ковальова "Доісторичний пейзаж"
(фото з сайта <http://macroevolution.narod.ru/paleobas.htm>)

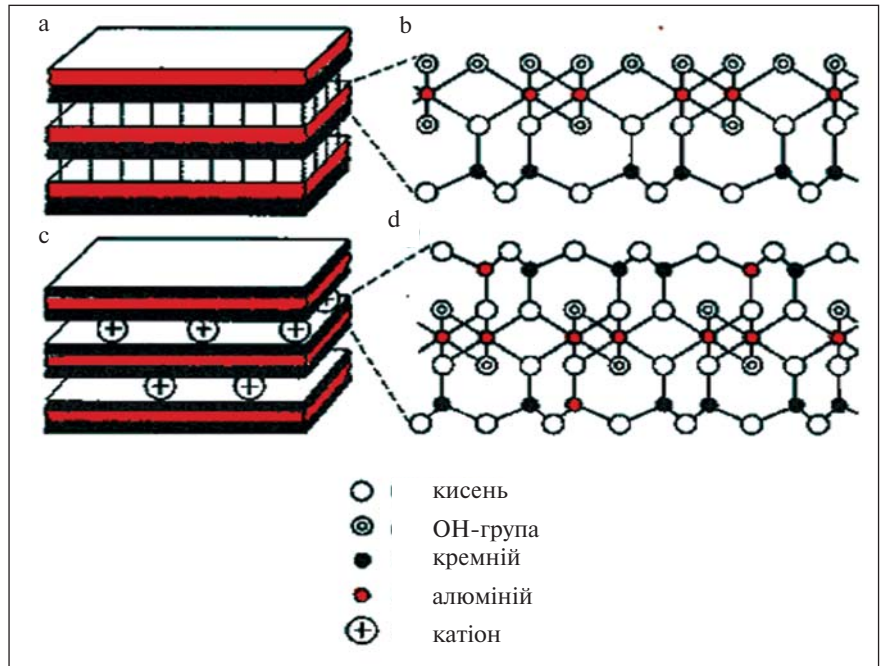


Рис. 21. Структура глини: в каолініті (а) асиметричні шари з'єднані водневими зв'язками, кожний шар створений сіткою з атомів алюмінію та гідроксильних груп, що злита вєдино з сіткою із атомів кремнію і кисню (б); в інших глинах шари симетричні, в них кремнієкиснева сітка з обох сторін злита з метал-гідроксильною сіткою (с, d) (малюнок з сайта <http://macroevolution.narod.ru/glina.htm>).

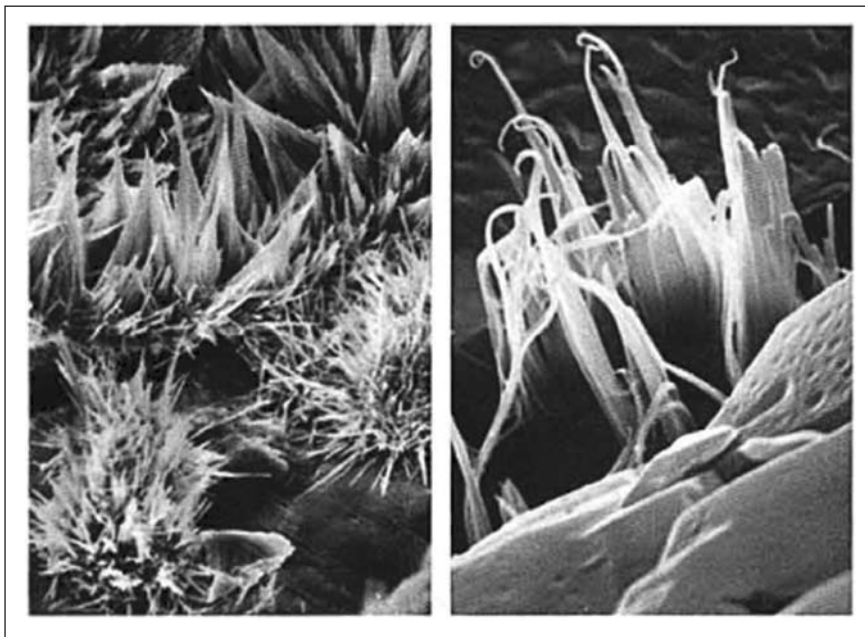


Рис. 20. Кристалізація глини: зліва - кристали галойзитової глини, що ростуть у воді, просочуються крізь тріщини в граніті (електронна мікрофотографія, X3750); справа - кристали іліта, що ростуть у порах пшаника (електронна мікрофотографія, X16000) (малюнок з сайта <http://macroevolution.narod.ru/glina.htm>).

енергії, яку витрачають на реакцію збирання біополімерів. У присутності глини мономери збираються в само-реплікувальні молекули, на зразок молекул РНК, яким останнім часом приписують головну роль у процесі зародження життя. Більшість глинистих матеріалів схожі за своєю структурою на полімери. Вони складаються з величезної кількості шарів, з'єднаних між собою слабкими хімічними зв'язками.

Така мінеральна стрічка росте сама собою, кожен наступний шар повторює попередній, а іноді трапляються дефекти-мутації, як у біологічних генах (рис. 21).

Передбачають, наприклад, що комплекс таких структур як рибозими (молекули РНК з ферментативною активністю), міг виникнути абіогенно з випадкових причин. Концепція РНК-світу свідчить, що перші само-

реплікувальні системи виникли на основі молекул РНК. Комбінаторне об'єднання реакцій, що каталізуються рибозимами, запустило б цикл сполучених реакцій, який і став би основою майбутнього життя. Причому, на початку, коли ще не всі рибозими створилися, прогалини в цьому метаензимному циклі могли заповнюватися такими неорганічними каталізаторами як глини.

Потрапляючи між шарами глинистих часток, органічні молекули, що виникли в результаті хімічної еволюції, взаємодіяли з ними і переймали спосіб зберігання інформації та зростання. Якийсь час глинисті мінерали і протожиття мирно співіснували, але незабаром стався розрив (генетичне захоплення), після чого життя покинуло "мінеральний дім" і почало свій власний розвиток.

Незважаючи на суперечливі думки щодо механізму зародження життя на нашій планеті, тісний зв'язок між біогенною та абіогенною ланками біосфери заперечувати неможливо. З цього погляду участь глинистих мінералів у формуванні первісних біогенних субстанцій уявляється вельми правдоподібною.

Простежити увесь надзвичайно тривалий шлях найскладніших перетворень безперервно взаємодіючих неорганічних і органічних систем, які мали місце в процесі формування та еволюції біосфери, неможливо. Однак про реальність зародження і розвитку життя на глиняних підкладках свід-

чить низка фактів. Наприклад, виявлення структурної орієнтації каталітичних центрів у ферментах бактеріальних клітин на структури тих мінералів, з якими вони функціонально пов'язані, дозволяє стверджувати про спеціалізацію ферментів у ході еволюції системи життя, що від початку протікало на глині, та її генетичну з нею спорідненість. Крім того, експериментально простежені життєзабезпечувальні взаємозв'язки природних бактерій з певним видом глини, з її енергогустиною, кристалоструктурними й електрофізичними властивостями. Цей зв'язок не може бути випадковим. Очевидно, він є відображенням початку життя на підкладках із глини.

Дослідження глин віком 500-800 млн. років показали зміну їх мінерального складу, що дослідники пов'язують із життєдіяльністю стародавніх прокаріотів. Причому, кількість "хімічних" глин різко зросла в період бурхливого розвитку прокаріотичного світу і формування специфічної "мікробіологічної фабрики" з виробництва глин.

Зв'язок прокаріотів з глинами спостерігаємо й у сучасних умовах. Низка мікроорганізмів прекрасно існує в глинах, використовуючи у своїй життєдіяльності їхні мінерали (рис. 22).

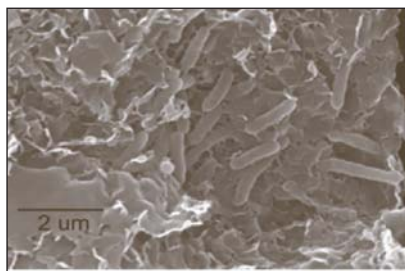


Рис. 22. Бактерії, що використовують мінерали глини для клітинного дихання (фото з сайту www.biogeosciences.org)

Автори цієї статті провели мікробіологічні дослідження бентонітової глини, зразок якої понад 40 років тому був відібраний з місця Курцівського родовища (Крим) і з того часу зберігався в лабораторних умовах, що не допускають контамінації сторонньою мікрофлорою. Досліджувана нами бентонітова глина виявилася рясно заселеною дивовижно різноманітною прокаріотично-еукаріотичною спільнотою, життєдіяльність якої значною мірою вдалося відновити. У реанімованому співтоваристві присутні кілька дуже стійких політаксономічних консорціумів, що розрізняються мікробним складом (рис. 23).

Дивовижно високою виявилася резистентність "бентонітових" кон-

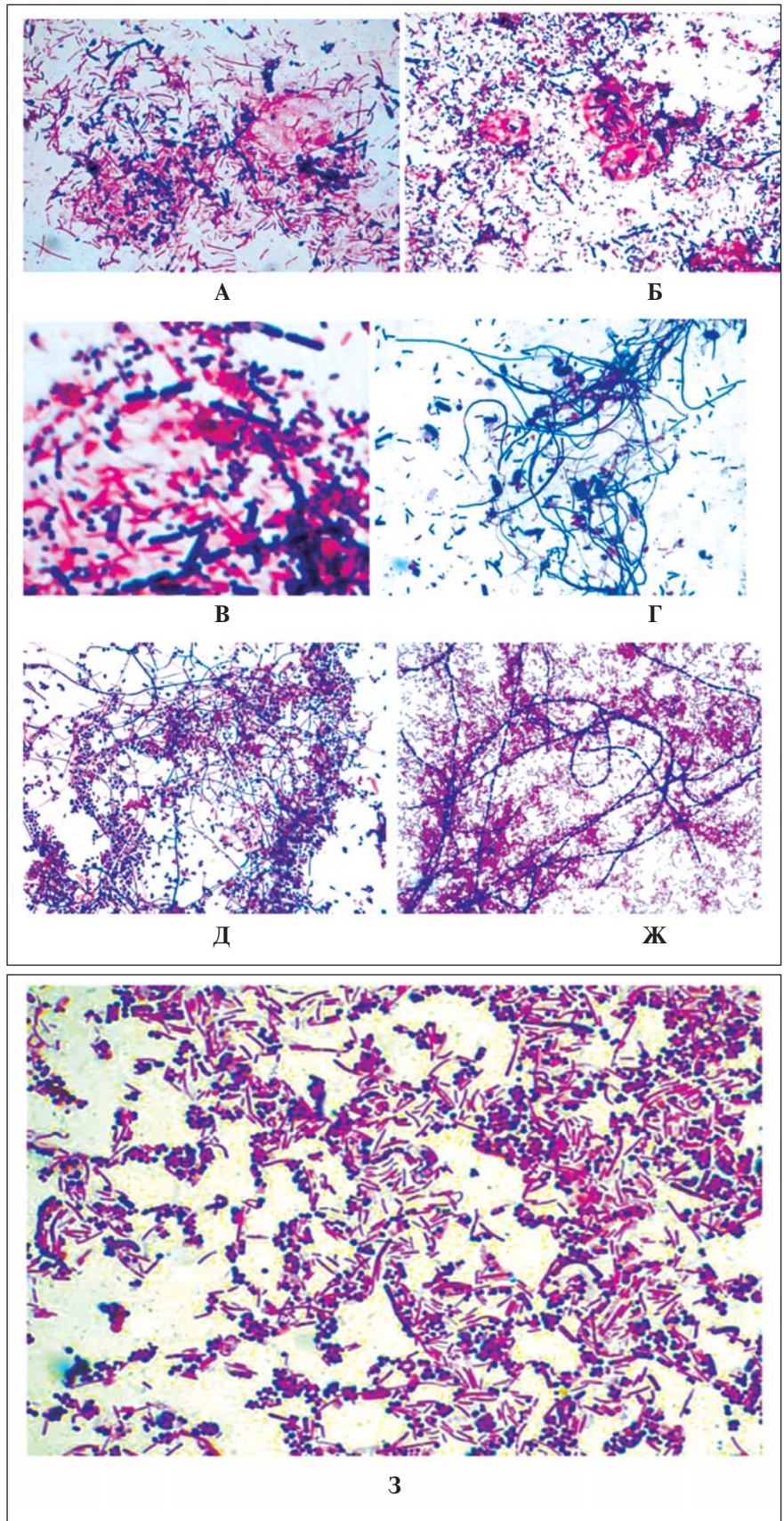


Рис. 23. Мікробні консорціуми, ізолювані з бентонітової глини: А і Б - консорціуми прокаріотів та амебоподібних еукаріотів; В - консорціум з перевагою великих паличковидних та кокцидних прокаріотів; Г - консорціум дріжджів, нокардіоформних актиноміцетів та паличковидних прокаріотів; Д - консорціум з перевагою нокардіоформних актиноміцетів та великих коків; Ж - консорціум з перевагою грамположитивних стрептобактерій та грамнегативних паличковидних прокаріотів; З - поліморфний консорціум грамположитивних та грамнегативних прокаріотів (фото авторів).

сорціумів мікроорганізмів до різноманітних факторів, що спричиняють екстремально жорстку дію на життєдіяльність звичайної мікрофлори. Зокрема, автоклавування водного гелю бентоніту при тиску 0,5 атм. (112°C) протягом 30 хвилин, витримка його в 70%-му спирті або 3%-му перекисі водню протягом двох діб, обробка концентрованими кислотами та лугами не призводили до загибелі мікроорганізмів або руйнування консорціуму.

Мікробіологічні дослідження показали, що при переведенні бентоніту в стан дрібнодисперсного водного гелю, технологія приготування якого передбачає використання екстремальних фізичних і хімічних стресових факторів, природна мікрофлора глини не тільки не гине, але помітно активізується. Це стало стимулом для детальнішого вивчення цих мікроорганізмів, оскільки здатність ними переживати істотні стресові впливи в процесі одержання гелю бентоніту, свідчить про екстремофільність цих організмів, що дозволяє припустити їхню спорідненість зі стародавніми представниками біосфери. Великий інтерес мікробіологічні аспекти бентоніту викликають також у зв'язку з появою результатів досліджень, що свідчать на користь участі мікроорганізмів як живих каталізаторів усіх процесів, пов'язаних з геохімічною трансформацією глин у природі. Дуже цікавим є припущення про те, що бактерії здатні скопіювати практично всі процеси, які призводять до синтезу або розчинення різних типів глини.

Цікавим є той факт, що чисті культури, ізолювані з бентоніту, значно знижують або повністю втрачають властивості екстремофільності. Це підтверджує припущення про тісний зв'язок мікрофлори з мінералами, з якими вони екологічно пов'язані в єдину систему, і пройшли спільний етап геобіологічної еволюції.

Досліджуваний глинистий мінерал також удосталь містить релікти незвичайної морфології, вік яких поки не визначено. Вважаючи на розміри, переважна частина виявлених реліктів належить до стародавніх еукаріотів (рис. 24).

Оскільки глина є значною частиною літосфери, вивчення її автохтонної мікрофлори, яка є невід'ємною частиною глобального біосферного мікробного співтовариства, розширює уявлення про мікробну екологію біосфери в цілому та про її еволюцію. Особливий інтерес представляє екстремофільність мікроорганізмів, що дозволяє припустити їх зв'язок з дав-

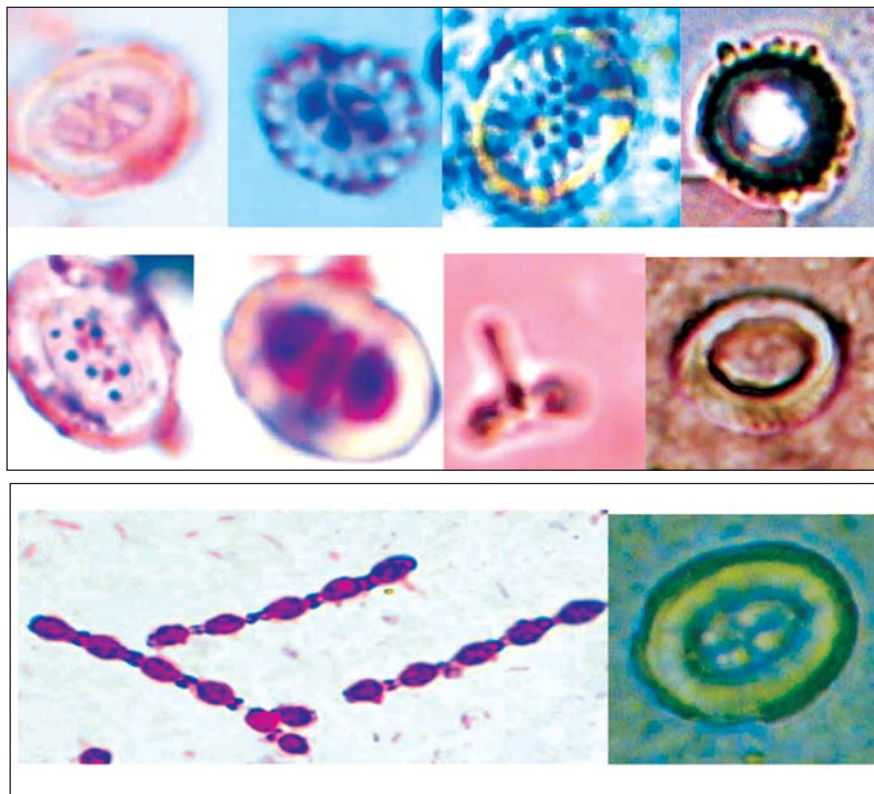


Рис. 24. Релікти, знайдені в бентонітовій глині (фото авторів)

німи прокариотами, які мешкають в екстремальних умовах.

Надбана в первісні часи екстремофільність дозволяє нащадкам стародавніх прокариотів заселяти найрізноманітніші природні системи, навіть з умовами, на перший погляд, несумісними з життям. Крім особливостей метаболізму екстремофільних мікроорганізмів, здатності їх формувати багатовидові спільноти оптимального складу, переходити в некультивований стан, значну роль у підвищенні виживання в несприятливих умовах відіграють морфологічні особливості клітин. Деякі мікроорганізми мають складні життєві цикли, що включають стадію анабіозу, який виникає у відповідь на виснаження поживних речовин у середовищі або інші несприятливі зміни умов життя. Зокрема, здатність до синтезу спор, цист (плодових тіл), чохла, простек, стеблин, капсул, джгутиків та інших морфологічних структур, значно збільшує адаптивний потенціал мікроорганізмів, які заселяють специфічні біогеоценозні системи.

Бактерії, здатні утворювати спори, можуть витримувати тривалі періоди стресу і зберігати життєздатність протягом багатьох років у місцепроживаннях, бідних на поживні субстрати. Спори також резистентні до бактеріцидної дії хімічних і фізичних факторів, що вбивають вегетативні клітини. Утворення спор, з одного боку, є ефек-

тивним способом пристосування бактерій до несприятливих умов середовища і дозволяє їм переживати тривалі періоди стресу. З іншого боку, спори забезпечують поширення бактерій у навколишньому середовищі, що дозволяє їм колонізувати різноманітні екосистеми. Спори можуть переноситися на величезні відстані потоками повітря і дощовою водою, а також живими організмами. У вигляді спор мікроорганізми можуть залишатися неактивними упродовж багатьох років, поки навколишнє середовище не стане сприятливим для росту клітин. Це є однією з причин широкого розповсюдження спороутворювальних бактерій у біосфері.

На малюнку 25 показана споруляція прокариотів, виділених з кримського бентоніту.

Капсули, що оточують слизовим шаром мікробні клітини, є потужним захисним фактором, що оберігає клітини від висихання, несприятливих фізичних і хімічних чинників, атак бактеріофагів, а також вони можуть служити джерелом живлення при голодовому стресі, сприяти адгезії клітин. Капсули зазвичай складаються з полісахаридів і води, але можуть також містити поліпептиди, суміш полісахаридів і пептидів або целюлозу. Капсульний матеріал пов'язаний з компонентами клітинної стінки іонними зв'язками й у деяких випадках ковалентними зв'язками. Чохол схо-

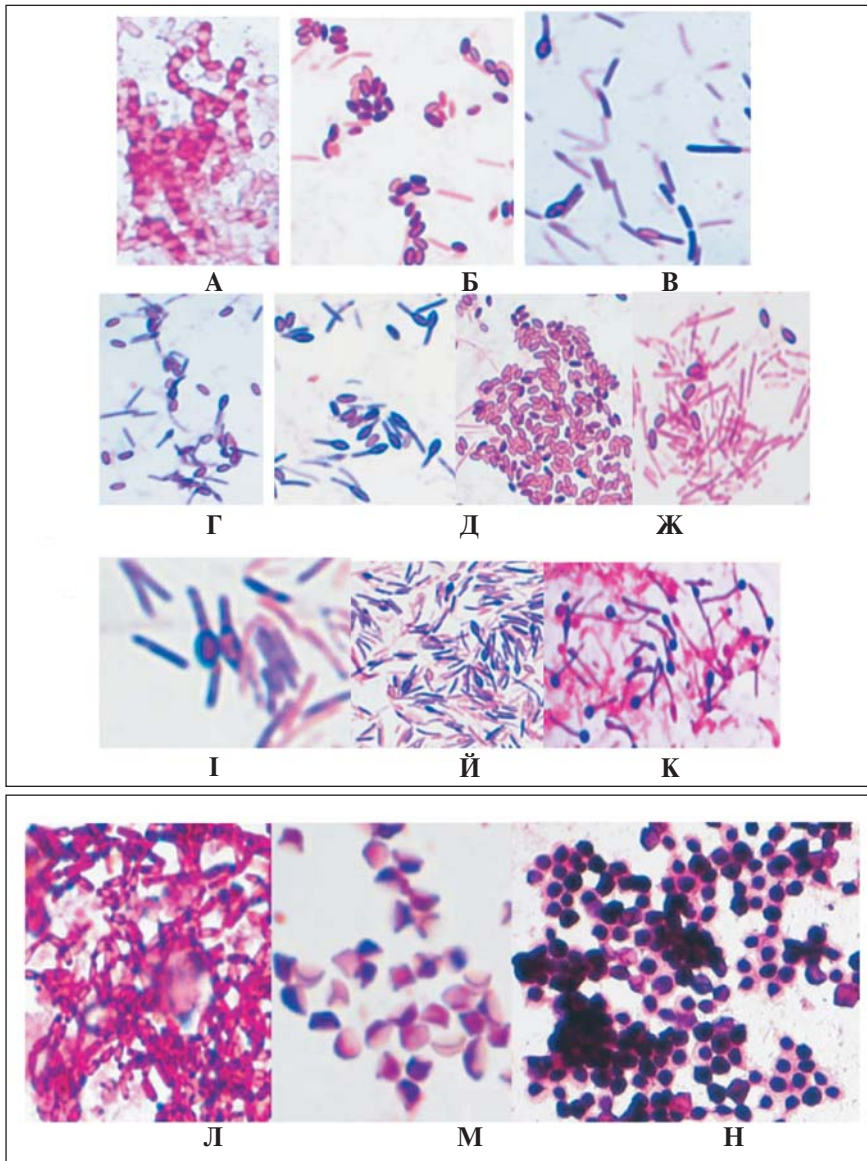
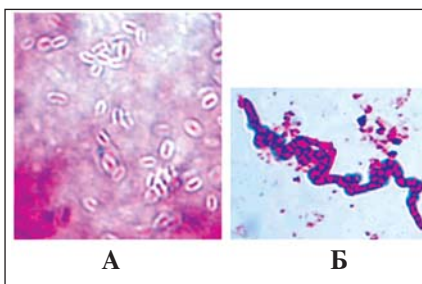


Рис. 25. Спорюляція бактерій бентоніту: А-Л - спори різних прокариотів; М, Н - спори невідомих еукаріотів (фото авторів).

жий з капсулою і часто має вигляд довгої порожньої трубки, що містить групу чи ланцюжок бактеріальних клітин. Чохли на відміну від капсул мають тонку структуру. Нерідко в них знаходять декілька шарів з різною будовою.

На рисунку 26 показано утворення капсул та чохла прокаріотами, ізолюваними з кримського бентоніту: А — клітини, оточені капсулами; Б — ланцюжок клітин, поміщений у чохол (фото авторів).



На рис. 26 показано утворення капсул та чохла прокаріотами, ізолюваними з кримського бентоніту: А — клітини, оточені капсулами; Б — ланцюжок клітин, поміщений у чохол (фото авторів).

ізолюваними з кримського бентоніту.

У клітинах прокариотів часто присутні різні за хімічною природою продукти клітинного метаболізму, звичайно нерозчинні. Часто вони становлять значну частку сухої речовини клітини. Це запасні поживні з'єднання і відкла-

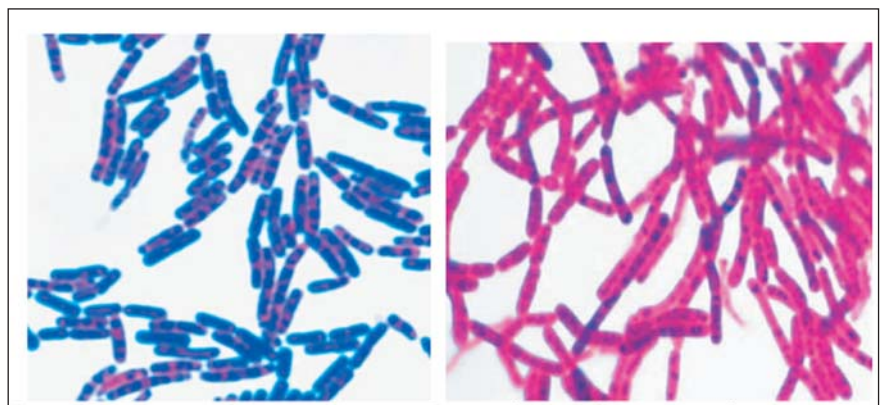


Рис. 27. Включення в клітинах бактерій, ізолюваних із бентоніту (фото авторів).

даються вони у вигляді полімерних гранул усередині клітини (мал.27). Ці запасні речовини використовуються при метаболічному стресі або інших несприятливих умовах життя. Деякі включення, такі як газові вакуолі і магнетосоми, сприяють поліпшенню орієнтації прокариотичних клітин у навколишньому середовищі.

Багато вчених, посилаючись на універсальний механізм біорепродукції, припускають, що найстародавніше життя походить від спільного предка "прогенота". Принципова подібність генетичного коду, організації макромолекул і біохімічного апарату синтезу білка свідчать про єдність походження всіх живих організмів. Це дозволило припустити, що "прогенот" міг дати початок трьом самостійним гілкам еволюційного дерева (археям, бактеріям і еукаріотам). Однак ця позиція залишається досить спірною і широко дискутується серед вчених.

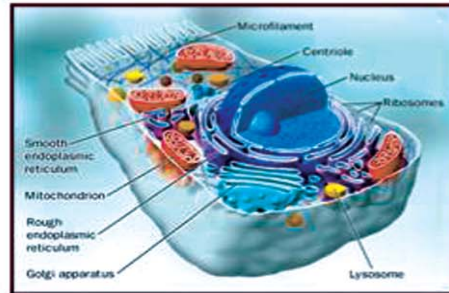
На думку академіка Г.А. Заварзіна, стійке існування біосфери можливе тільки за умови відносної замкнутості біогеохімічних циклів, що може бути реалізоване лише в рамках різноманітного угруповання мікроорганізмів. В іншому разі живі істоти дуже швидко витратять усі ресурси або отруять себе продуктами власної життєдіяльності. Організм, здатний поодиночці замкнути кругообіг, на думку вченого, так само неможливий, як вічний двигун. Про первісне різноманіття життя на Землі стверджував і творець вчення про біосферу В.І. Вернадський.

Виходячи з таких уявлень, передбачають, що спільним предком усього живого було поліморфне прокариотичне співтовариство, в якому відбувався активний обмін спадковим матеріалом між організмами, а початковими властивостями земного життя були різноманітність, симбіоз, спеціалізоване розділення функцій, активний інформаційний обмін. Підтвердженнями цього припущення, зокрема, є

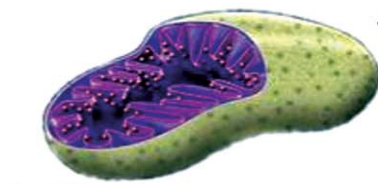
Theory of symbiogenesis

• Konstantin Sergeevich Mereschkovsky
"Symbiogenesis and the Origin of Species" (1926)

• Ivan Emanuel Wallin
"Symbiogenesis and the Origin of Species" (1927)



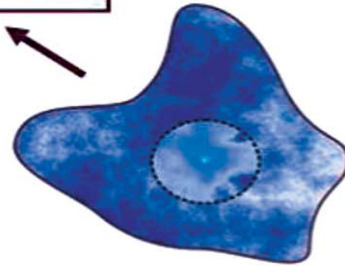
Lynn Margulis



1. **Mitochondria**
(Alphaproteobacteria)



2. **Plastids**
(Cyanobacteria)



3. **Nucleocytoplasm**
? Archaea ?
? Chronocyte ?
? Chimera ?

Мал. 28. Симбіогенез (малюнок з сайту <http://macroevolution.narod.ru/>).

результати досліджень геологічних відкладень, які встановили, що мікроорганізми далекого минулого характеризувалися поліморфізмом. В досліджених відкладеннях виявлені практично всі з наявних нині форм бактерій.

Багато прихильників має теорія симбіогенезу, згідно з якою перші еукаріоти походять від прокаріотів шляхом симбіотичного ускладнення структури клітини. Головна відмінність еукаріотичної клітини — наяв-

ність внутрішньоклітинних мембран. Відповідно до теорії симбіогенезу, вони виникли в клітинах стародавніх прокаріотів, завдяки випинанням їхніх оболонок всередину. Утворені пухирці поступово перетворилися в травні вакуолі, лізосоми і цистерни ендоплазматичної мережі. Це надбання дало стародавнім організмам явну перевагу: вони менше залежали від навколишнього середовища, тому що створювали запаси їжі усередині клітин. Такий організм вже міг перейти

до живлення прокаріотами, захоплюючи їх випинаннями клітинної оболонки і укладаючи в утворені травні вакуолі. Можливо, "хизак", що з'явився, не відразу міг переварити всі поглинені прокаріотичні клітини, які могли набути здатність виживати всередині еукаріотичної клітини, а з часом аеробні бактерії могли перетворитися в мітохондрії, які забезпечують клітину-господаря енергією. Синьо-зелені водорості (ціанобактерії), у свою чергу, могли перетворитися в пластиди (хлоропласти і хромопласти) і стали виконувати функції фотосинтезу та деякі інші функції (рис. 28).

При дослідженні мікробної екології кримських бентонітових глини нами виявлені мікробні спільноти, в яких у великій кількості були присутні амєбоподібні організми, що поглинають прокаріотичну флору (рис. 29). Можливо, ці еукаріоти є нащадками перших варіантів ускладнених прокаріотів, що сформувалися внаслідок симбіогенезу.

Прокаріоти — це типові аборигени нашої планети, що активно засвоюють найбільш несприятливі природні субстрати й відіграли велику роль у появі, еволюції та підтриманні життєдаль-

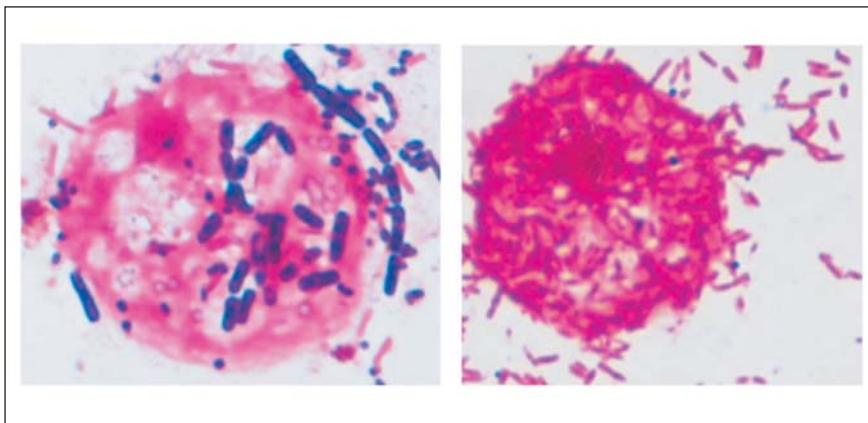


Рис. 29. Амєбоподібні організми мікробного консорціуму бентонітової глини, які харчуються прокаріотами, що містяться в консорціумі (фото авторів).

ності еукаріотичних організмів. Протягом тривалого періоду еволюції прокаріоти не тільки не втрачали свої екологічні ніші, але й постійно їх розширювали. У нинішню епоху, коли Земля рясно заселена різноманітними еукаріотичними організмами, прокаріоти як і раніше, домінують у біосфері і відіграють головну роль у забезпеченні біогеохімічних циклів кругообігу речовин і енергії. Досконаліші еукаріотичні організми не можуть існувати без прокаріотів. Адже еукаріоти з'явилися на Землі, яка вже була заселена прокаріотичними організмами, і вони ввійшли у вже сформовану прокаріотами біосистему, вступаючи з ними у взаємовигідні відносини. Кожний новий, складніший інтегративний рівень життя виникав на основі вже сформованої попередньої системи, пристосовувався до неї, і без неї існувати вже не міг.

Широка розповсюдженість мікробів пояснюється їхньою унікальною здатністю знаходити й утилізувати найрізноманітніші й нікчемні джерела енергії, вуглецю та азоту для підтримки своєї життєдіяльності. Колосальна генетична різноманітність зумовлює дивовижну адаптацію мікробів до екстремальних умов проживання. Винятково інтенсивна життєдіяльність величезного числа різноманітних мікробів є найважливішим чинником забезпечення динамічної рівноваги земної біосфери.

Мікроорганізми підтримують практично всі біосферні процеси і забезпечують до 80% кругообігу речовин на Землі. Тварини разом із людиною забезпечують всього лише 3% кругообігу вуглецю на Землі.

У наш час концепція мікробної домінантності, що свідчить про значне превалювання біомаси мікроорганізмів над сумою біомас рослин і тварин, переконливо доведена і є загально визнаною. Згідно зі спеціальними підрахунками, кількість клітин прокаріотів на Землі, дорівнює $4 - 6 \cdot 10^{30}$, а загальна маса вуглецю, що міститься в клітинах прокаріотів, досягає 550 млрд. тонн. Це приблизно стільки ж, скільки у всіх рослинах і тваринах разом узятих.

Всі "вищі" живі істоти — рослини, тварини і люди — постійно взаємодіють з мікробами, які є невід'ємною, життєво необхідною частиною їхнього тіла. Крім того, вищі організми часто служать не тільки живими "резервуарами" різноманітних мікроорганізмів, але і їх розповсюджувачами. Взаєморізноспівіснування мікро-і макроорганізмів реалізується на рівні симбіозу мікроорганізмів практично з

будь-якими вищими організмами, які стоять на різних рівнях організації. Нерозривний зв'язок життєдіяльності вищих організмів з мікрофлорою визначається на генетичному рівні. Наприклад, встановлено, що в геномі людини присутні не менш як 1500 генів мікробного походження.

Теоретично життя на Землі могло б зникнути через дефіцит конструктивного матеріалу, якщо б не було мікроорганізмів, які здатні розщеплювати всі органічні речовини, серед інших синтезовані тваринами і рослинами. До того ж, мікроби можуть самостійно здійснювати синтез і розклад власної біомаси до вихідних елементів. У природі немає органічних сполук, які б не руйнувалися мікроорганізмами.

Сучасна концепція біосфери має на увазі, що всі нині наявні екосистеми Землі об'єднані в глобальну екосистему, а неодмінною умовою її існування та розвитку служить постійний кругообіг основних хімічних елементів. У цьому полягає головна функція біосфери. Глобальний біотичний кругообіг здійснюється за участю всіх організмів, що населяють планету. Він полягає в циркуляції хімічних елементів між ґрунтом, атмосферою, гідросферою і живими організмами. Завдяки біотичному кругообігу речовин можливе тривале існування та розвиток життя при обмеженому запасі доступних хімічних елементів. Використовуючи неорганічні речовини, фототрофні організми за рахунок енергії Сонця створюють органічні сполуки, які руйнуються гетеротрофами, а продукти цього руйнування знову використовуються фототрофами для нових органічних синтезів.

У біосферному круговороті дуже важливу, унікальну роль відіграють мікроорганізми, особливо прокаріоти. Висока швидкість розмноження, екологічна пластичність і здатність прокаріотів проникати у важкодоступні і мало придатні для інших організмів місця проживання визначили їхню роль у сучасній біосфері. Практично немає жодного природного процесу, в якому не брали б участь прокаріоти.

У біосфері мікроорганізми існують у вигляді сталих спільнот і залежать один від одного щодо отримання енергії, поживних сполук і різних екологічних факторів. Мікробні консорціуми здатні існувати тривалий час тільки за умови раціонального комбінування симбіонтів за трофічними й енергетичними особливостями. Крім того, співтовариство може використовувати у своїх цілях енергію, яка надходить ззовні, зокрема сонячну або хімічну, наприклад як у гідротермаль-

них спільнотах. Незважаючи на високу стійкість, спільнота розвивається і має sukcesію форм.

Основу взаємовідносин у співтоваристві представляють трофічні зв'язки, що забезпечують повне використання енергії органічних речовин, завдяки спеціалізації членів співтовариства з використовуваних субстратів. У кожному мікробному співтоваристві формується трофічна мережа, представлена врівноваженими гілками продуцентів і деструкторів. Окремі види мікроорганізмів не можуть тривалий час існувати поза спільнотою, оскільки не утворюють стійку систему.

Так само як співтовариства будь-яких організмів, мікробні біоценози, що колонізують всі природні системи, є не випадковими скупченнями, а організованими об'єднаннями популяцій, що володіють колективними функціями і взаємодією. Такі об'єднання характеризуються високою стабільністю, і різноманітні впливи на довкілля не руйнують типових для такого субстрату ценозів. Важливою властивістю мікробних асоціацій є їхня здатність до авторегуляції складу і діяльності.

Таким чином, основу біосфери становлять мікроорганізми, давні предки яких першими заселили планету і відіграли виняткову роль у ретворенні літо-, гідро-, атмосфери в історії Землі та формуванні сучасної "живої" планети. Зона толерантності мікробного світу справді грандіозна і забезпечує мікроорганізмам практично безмежний розвиток на планеті. Мікробне співтовариство біосфери — це своєрідні мікроскопічні "космополіти", які поширені всюди. Вони населяють ґрунт, повітря, воду, рослини, організм людини і тварин і беруть активну участь у підтримці єдності біосфери.

Здійснювані мікроорганізмами ретворення оцінюють глобальними масштабами і засновані на широкому розмаїтті їхніх екологічних і фізіологічних властивостей. Мікробіота сучасної біосфери продовжує активно брати участь в утворенні корисних копалин, у регуляції біогеохімічних процесів і підтримці гомеостазу біосфери в цілому. Мікроорганізми в силу своєї численності і функцій, власне, є середовищем, в якому розвиваються інші форми живої матерії, і рушійною силою в еволюції біосфери. Представляючи собою "первинний генофонд" Землі, мікроорганізми будуть існувати рівно стільки, скільки буде тривати життя на нашій планеті.