ЗАГАЛЬНА ТА ІСТОРИЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 551.72:56.074

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.92.01>

М. Решетник, канд. геол. наук, ст. наук. співроб.,

E-mail: reshetnykmariya@gmail.com;

В. Гриценко, канд. геол.-мінералог. наук, ст. наук. співроб.

E-mail: favosites@ukr.net;

Національний науково-природничий музей НАН України,

вул. Б. Хмельницького, 15, м. Київ, 03103, Україна;

А. Мартишин, асп.,

E-mail: podolimirus@gmail.com;

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ОЗНАКИ БАКТЕРІАЛЬНОЇ ПРИРОДИ ВЕНДСЬКИХ ОРГАНІЗМІВ *NEMIANA SIMPLEX*

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. В.В. Озарем)

Відбитки *Nemiana simplex* знайдено у вендських відкладах Придністров'я сто років тому. Вони містяться у верствах, для яких визначено вік 557 млн р. Усього місць з такими відбитками у світі чотирнадцять. *Nemiana simplex* є маркерами всіх відслонень ямпільських верств венду, тому для їхньої кореляції потрібен детальний аналіз інформації про ці організми. І до сьогодні точну їхню природу не визначено. Зазвичай ці фосилії мають вигляд опуклих лінзоподібних виступів на нижніх поверхнях пластів пісковика розмірами 1–40 мм. Їх вважали краплинами дощу, медузами та поліпами. Великі коливання розмірів і особливості просторового розташування говорять про їхню біологічну природу. Вони не мають жодних ознак ротового отвору та якихось інших морфологічних елементів целентерат. Є подібні до *Nemiana* відбитки *Beltanelliformis*. *Beltanelliformis* останнім часом визнано "бентосними колоніями ціанобактерій" за органічними петрифікованими плівками, що іноді зберігаються на їхніх відбитках. У відбитках *Nemiana* немає таких петрифікованих плівок на поверхні ядер, тому, спираючись на біохімічний аналіз, не можна з'ясувати, із чого вони склалися за життя (яку природу вони мали). *Nemiana* не схожа з *Beltanelliformis*: відмінними ознаками *Beltanelliformis* є відсутність яскраво виражених випуклих зліпків і концентричні складки по контуру плоских відбитків. Незважаючи на відмінності у формі відбитків, *Beltanelliformis* та *Nemiana* є найбільш схожими серед фосилій венду. Виходячи із того, що *Beltanelliformis* є відбитками ціанобактерій, можна припустити, що і *Nemiana* є теж ціанобактеріями. Розміри відбитків *Nemiana simplex* Палії близькі до розмірів сучасних кулеподібних колоній ціанобактерій *Nostoc prunum*. Великі колонії сучасних *Nostoc prunum* часто перебувають в оточенні колоній менших розмірів. Так само і у *Nemiana simplex* великі відбитки разом з меншими створюють "класер", і з таких класерів складаються цілі "поселення". Колонії *Nostoc* можуть з'являтися дуже близько від основної колонії, створюючи "бруньки", так само як і *Nemiana simplex*, що демонструють у відбитках таке "брунькування". Колонії ціанобактерій *Nostoc* поширені у прісних водоймах, рідше – у морях, *Nemiana* знаходять у відкладах величезних дельт, тобто теж у значно опріснених морських водах. Цілком вірогідно, що подібні до *Nostoc* форми існували давніше 550 млн років тому і збереглися до сьогодні у відбитках *Nemiana simplex* на ямпільських пісковицях. Відбитки *Nemiana simplex* трапляються на всіх сучасних континентах, що говорить про сполученість морських басейнів і про однорідні кліматичні умови на планеті у пізньовендську епоху. Відновлення "поселень" *Nemiana simplex*, що систематично засипались піщаними осадами, говорить про їхню високу здатність до виживання, варіативність розмноження.

Ключові слова: едіакарська система, венд Придністров'я, *Nemiana simplex*, колонії ціанобактерій.

Вступ. В останні роки наукова спільнота все більше уваги приділяє вивченню палеобіоти останнього періоду протерозою – едіакарію 541±1 – ~635 млн р. (*International Commission on Stratigraphy*, 2019). У Росії та в Україні пізній едіакарій корелюється з регіональним стратиграфічним підрозділом – вендом (*Гражданкин, 2016; Великанов, 2013*). У світі відомо 14 місцезнаходжень вендських відкладів: Австралія, Біле море, Південна Намібія, Поділля, Шотландія, Сибір, Китайський Тянь-Шань, Індія, Ньюфаундленд, Північно-західна Канада, США, Південна Америка та Урал (*Zakrevskaya, 2019*). Україна має на своїй території парастратотип верхнього венду: могиливі-подільську та канівську серії на Поділлі. Основне завдання сучасних стратиграфічних досліджень – кореляція відкладів венду по всьому світу. *Nemiana simplex* Палії (*Палій, 1976*) є стратиграфічним маркером могиливі-подільської серії, могиливіської світи, ямпільських верств (*Іванцов и др., 2015*). Саме з цими відбитками з верхньої межі ямпільських верств Е. Солдатенко були відібрані пісковики, що показали вік 556,78 млн р. (*Soldatenko et al., 2019*).

Постановка проблеми та огляд попередніх досліджень. *Nemiana simplex* Палії зазвичай мають вигляд опуклих овальних виступів на нижніх поверхнях пластів пісковика (так званий позитивний гіпорельєф) розмірами 0,1–4 см. Розрізнити більш дрібні відбитки складно, адже вони розташовані переважно у пісковицях, де розміри кварцових зерен породи часто перевищують 0,05 см. Перші дослідники вважали, що відбитки, відомі сьогодні як *Nemiana simplex*, є механогліфами, зокрема, їх розглядали

як заповнені піском "кратери", що утворені великими краплями дощу (*Красовський, 1916*). Складно уявити, що краплини могли бути такими різномірними і таких великих розмірів. У більш пізніх дослідженнях з'явилася гіпотеза про можливу належність відбитків целентерат (*Палій, 1976*). Але у целентерат є ротовий отвір, що якимось чином мав би проявитися у відбитках. У процесі детальних обстежень численних зразків жодних ознак того, що відбитки мають структурні елементи целентерат – чашки, умбрели, вінчики зі щупальців, не було виявлено.

Існують близькі до *Nemiana* відбитки *Beltanelliformis* (*Sokolov, 1972*). У публікації (*Ivantsov et al., 2014*) наведено характеристики, що вказують на їхню подібність. Іноді в глинистих породах на відбитках *Beltanelliformis* знаходять тонкі плівки петрифікованої органічної речовини. Це дало можливість порівняти органічні сполуки на цих відбитках зі сполуками на відбитках водоростей. І. Бобровським виявлено на відбитках *Beltanelliformis* значно більші концентрації гопану, що притаманно ціанобактеріям (*Bobrovskiy et al., 2018*). Отже, біохімічний аналіз показав, що *Beltanelliformis* є колоніями ціанобактерій.

Nemiana та *Beltanelliformis* мають низку суттєвих відмінностей (*Leonov, 2007*). Так, *Nemiana* знаходять переважно в пісковицях і значно рідше в алевролітах, це говорить про інші, ніж у *Beltanelliformis*, умови навколишнього середовища (чи середовища захоронення), адже для відбитків *Beltanelliformis* характерно знаходження у глинах, аргілітах чи вапняках. *Nemiana* мають у більшості випадків яскраво виражену випуклу форму, зрідка на

відбитках можна розрізнити різнонаправлені складки, що є результатом деформації під час захоронення. *Beltanelliformis* практично не мають випуклих зліпків і ключовою їхньою ознакою є концентричні складки по контуру плоских відбитків.

Ціль статті. Залишається актуальним питання, які істоти залишили відбитки *Nemiana simplex* Palij? Щоб вирішити це питання, поставлено завдання – виявити закономірності морфології відбитків *Nemiana simplex*, які могли б допомогти розшифрувати їхню природу.

Матеріали і методи. Матеріал, що став основою цих досліджень, відібрано переважно в кар'єрі на лівому березі р. Дністер поблизу греблі Дністровської ГЕС неподалік с. Бернашівка на протилежному березі від м. Новодністровськ (Вінницька обл.). Це місце описано в роботах (Мартишин, 2012; Dzik, 2015; Деревська, 2018; Гриценко, Решетник, 2019, а). У середині 80 рр. минулого сторіччя у кар'єрі було розкрито пісковики з відбитками фауни ямпільських верств. Завдяки розробці пісковиків вибухами утворилися товсті й тонкі плити розміром від 0,5 до кількох десятків квадратних метрів. На жаль, у процесі експлуатації виробки великі плити і блоки були розбиті та використані для укріплення берегів річища Дністра – водосховища Дністровської ГЕС-2, гребля якої розташована в кількох кілометрах нижче головної греблі. Тому для дослідження удалося відібрати 30 зразків у вигляді плиток, площа яких варіює від 0,02 м² до 0,4 м². На цих плитках нараховано більше двох з половиною тисяч відбитків. Середнє значення діаметра відбитку – 1,3 см; дисперсія – 0,5 см; коливання розмірів *Nemiana simplex* – від 0,8 до 1,8 см; ентропія – 3,16. У деяких плитках найбільш імовірно натрапити на відбитки діаметром 0,8–1 см, в інших діаметр відбитків коливається близько 1,3 см (Гриценко, Решетник, 2019б).

Дослідження відбитків давніх викопних організмів спирається на принцип актуалізму, що має пріоритетне значення для аналізу решток викопних організмів венду (едіакарію). Адже у відкладах цього часу є переважно відбитки і ядра тіл іхнофосилій, де майже відсутня органічна речовина (гопани, стерони у петрифікованих рештках). За принципом актуалізму підбираємо, які сучасні істоти можуть залишити відбитки морфологічно ідентичні знайденим у давніх відкладах, за аналогією припускаємо, що істота з минулого мала схожу будову та близьку природу. Просте "проектування" сучасних організмів у давноминулу екосистему дозволяє створити її модель у першому наближенні. У побудові більш точних уявлень варто добре усвідомлювати, що біосфера минулого була іншою, необхідно брати до уваги комплекс палеоекологічних факторів, дані щодо особливості середовища, ступінь розвитку способів живлення, розмноження та співіснування у тодішніх біоценозах.

Результати дослідження. Для екосистеми пізнього венду був характерний тотальний розвиток бактеріальних матів, сформованих різними видами ціанобактерій, про що свідчать його численні різновиди. Як зазначено вище, *Beltanelliformis* є відбитками бентосних колоній ціанобактерій. Тож, ідучи шляхом від найпростішого, розглянемо, чи можуть відбитки *Nemiana* теж належати колоніям ціанобактерій, адже венд був часом бурхливого розвитку цих організмів.

Розмір сучасних клітин ціанобактерій змінюється в діапазоні 10⁻⁴–10⁻² м. Такі розміри не можуть бути ідентифіковані у відбитках на грубозернистих пісковиках ямпільських верств Поділля. Однак колонії ціанобактерій можуть мати великі розміри та бути сферичної форми, як, наприклад, сучасні колонії ціанобактерій *Nostoc* (родини *Nostocaceae*), що в основному мають розміри 1–2 см (Baker, n.d.). За зовнішнім виглядом і розмірами

колонії сучасних *Nostoc* схожі на відбитки викопних *Nemiana* (рис. 1).

Рис. 1. Зображення приведені до однакового масштабу. Видно що розміри *Nemiana simplex* (б) близькі до розмірів колоній *Nostoc prunum* (а) (Baker, n.d.)

Колонії ціанобактерій *Nostoc* поширені в ґрунтах та у прісних водоймах, рідше у морях на невеликих глибинах. Відбитки *Nemiana* переважно сконцентровані в породах ямпільських верств, що вміщують піщані відклади із структурами "tidal sigmoid", притаманними мілководним відкладам літоралі та фації продельти. У кар'єрі, з якого відбиралися зразки ямпільських пісковиків, розробляється граніт, що становить виступ докембрійського фундаменту, який можливо був островом (Великанов, 1986). Осадкові верстви облямовують його з усіх боків. Отже, накопичення відкладів могло відбуватися на невеликих глибинах (метри, десятки метрів). За результатами геохімічного аналізу зразків глинистої фракції цих відкладів було показано, що вони утворилися в солонуватоводних умовах (Дегтярева та ін., 1972). *Nemiana* могли розселятися у прибережній території чи навколо островів. Крім того, відбитки *Nemiana simplex* часто трапляються в грубозернистих пісковиках, а грубі піщані відклади притаманні річковому алювію дельти. Отже, картина часу існування *Nemiana* могла виглядати таким чином: із краю тодішньої суші (теперішнього Українського щита) стікали потоки, що в Дністровській протоці формували величезні дельти, де й утворювалися сприятливі умови для розселення вендобіонтів. Наведені обставини наближають середовище існування імовірних ціанобактерій венду до параметрів сучасної обстановки, які комфортні для існування роду *Nostoc*.

Разом із тим, ямпільські відклади вміщують глауконіт (Деревська, 2008), який формується на великих глибинах. Це може говорити про насичення глауконітом під час значного пониження рельєфу території досліджень.

Оскільки *Nemiana* могли існувати в дельтах річок, на мілководді, то вони були в достатньо освітлених частинах водойм. Знайдено відбитки, де *Nemiana simplex* розташовані просто на алювіальних відкладах або на бактеріальних матах. Логічно припустити, що основним способом їхнього живлення був фотосинтез, що є ключовим у життєдіяльності ціанобактерій. Є відбитки *Nemiana*, що перекриті зверху "водоростево-бактеріальними матами", а це говорить, про те, що вони могли існувати якийсь час під бактеріальним покривом без світла або з недостатнім освітленням. Сучасні колонії

Nostoc prunum можуть рости в темряві та в анаеробних умовах, використовуючи для живлення органічні сполуки. Можливо припустити, що *Nemiana simplex* мали здатність існувати в подібних умовах. Така імовірна міксотрофність давала можливість колоніям "ціанобактерій" *Nemiana simplex* швидко заселяти мілководні літоральні та продельтові зони, що простягалися вздовж краю континенту.

Здатність жити в різних умовах сьогодні дозволяє ціанобактеріям бурхливо розмножуватися у водоймах. Проверстки з відбитками *Nemiana simplex* чергуються через 1–10 см. Отже, популяції змінювали одна одну доволі часто, що залежало від швидкості накопичення кожного ритму піщаного матеріалу (засипані колонії гинули). А це говорить про високу здатність до відновлення поселень. Якщо порівнювати вендські скам'янілості з колоніями *Nostoc*, то можна апроксимувати шлях їхнього розмноження на ціанобактерії венду. Є різновидність *Nostoc prunum*, колонії якої мають сферичний вигляд, їхні клітини з'єднані в нитки – трахоми. Коли шматок трахоми – гормогонія, що відривається по азотфіксуючих клітинах,

випадає з колонії, то він стає основою для формування нової колонії. Такі колонії можуть з'являтися безпосередньо біля основної колонії, створюючи своєрідні "бруньки" (рис. 2, а). Серед зібраних нами матеріалів є відбитки *Nemiana simplex*, які, на нашу думку, можуть демонструвати результат такого "брунькування" (рис. 2, б-г). У клітинах гормогоній можуть з'являтися вакуолі з газом, це допомагає їм спливати та переміщуватися у водних потоках і заселяти значні площі (рис. 3, а). Відбитки поселень *Nemiana simplex* зустрічаються на площах кілька квадратних метрів, що може свідчити про аналогічний спосіб їхнього поширення. Судячи з морфології скам'янілостей, ці імовірні колонії ціанобактерій були серед перших істот, які заселяли поверхню морського дна. Гормогонії, що опинились неподалік "материнської" колонії, можуть утворювати ланцюжки з колоній або нові "кластери" колоній (рис. 3, б). Поселення в яких великі особини перебувають в оточенні колоній менших розмірів, є типовим для кластерів сучасних *Nostoc prunum* (рис. 3, в); подібну картину ми бачимо і у відбитках *Nemiana simplex* (рис. 3, г).

Рис. 2. Колонії *Nostoc prunum* у вигляді "бруньок" (а) (Егорова, 2019) і вірогідне "брунькування" у відбитках *Nemiana simplex* (б-г), (поділкі на масштабній лінійці 10 мм)

Рис. 3. Відбитки *Nemiana simplex* ніби ланцюжки оточують і поширюються від найбільшого відбитку:
а – *Nostoc* з вакуолями; б – кілька кластерів *Nemiana simplex* на одній плиті;
в – кластер сучасних колоній ціанобактерій *Nostoc prunum* в прісноводній водоймі (Baker, n.d.);
г – фрагмент кластера *Nemiana simplex* (поділкі на масштабній лінійці 10 мм).

Характер розташування різних відбитків поселень *Nemiana simplex* – вірогідних колоній ціанобактерій венду, є типовим для колоній сучасних *Nostoc prunum*. На відбитках викопних вендських *Nemiana* зберігся макроефект на рівні поселення (колонії) від тих процесів розмноження, що відбуваються на мікрорівні в ціанобактерій. Завдяки таким простим, але ефективним стратегіям *Nemiana* розселилися по багатьох палеобасейнах і проіснували рекордно довгий час.

Висновки. Цілком припустимо, що відбитки *Nemiana simplex* сформовані сферичними колоніями ціанобактерій. Їхні розміри та форма дуже схожі на колонії ціанобактерії *Nostoc*.

Грубозернистий пісок у ямпільських пісковиках свідчить про його продельтову седиментацію, отже, і *Nemiana*, що жили в цих пісках, могли бути жителями дельти і прибережних мілководних ділянок моря. Тобто ці організми могли бути подібними до *Nostoc*, які сьогодні поширені в прісноводних водоймах. Також невеликі глибини

існування *Nemiana* можуть бути зумовлені тим, що вони теж, як і *Nostoc*, були фотосинтезуючими організмами.

Аналіз положення та структури скупчень відбитків *Nemiana* свідчить про такі способи розростання колоній, як брунькування, кластерування та утворення ланцюжків.

Подяка. Авторі щиро вдячні керівництву ННПМ НАН України та ННІ "Інститут геології" Київського національного університету імені Тараса Шевченка за сприяння в проведенні польових робіт і камеральних досліджень. Висловлюємо вдячність керівникам і співробітникам Дністровської ГАЕС за дозвіл працювати в кар'єрі.

Список використаних джерел

- Веліканов, В.Я. (1986). Про тектонічну природу Бернашівського підняття (Середнє Придністров'я). *Короткі наукові повідомлення*, 23, 123–127.
Веліканов, В.Я., Мельничук, В.Г. (2013). Вендська система. У: П.Ф. Гожик (ред.). Стратиграфія верхнього протерозою та мезозою України. К.: Логос, 49–145.
Гражданкин, Д.В. (2016). На пути к ярусному расчленению эдиакария и место венда в международной стратиграфической шкале. *Материалы Межведомственного рабочего совещания "Общая стратиграфическая шкала и методические проблемы разработки региональных стратиграфических шкал России"*, 17–20 окт. 2016, СПб., 51–53.

Гриценко, В.П., Решетник, М.М. (2019, а). Геологічні музеї просто неба та ідея створення такого музею в кар'єрі біля с. Бернашівка (Поділля). *Праці наукової конференції "Природничі музеї в Україні: становлення та перспективи розвитку"*, 7–8 жовт. 2019, Київ, 153–158.

Гриценко, В.П., Решетник, М.М. (2019б). Особливості відбитків фауни венду в ямпільських пісковицях с. Бернашівка Вінницької області. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Розвиток промисловості та суспільства"*, 22–24 трав. 2019, Кривий Ріг, 30–35.

Деревська, К.І. (2008). Палеогеотермальний режим літогенезу та гіпогенного рудоутворення в межах балтійсько-дністровської перикратонної зони прогинів у рифей-фанерозой: автореф. дис. ... д-ра геол. наук: 04.00.27. Київ.

Деревська, К., Руденко, К., Гриценко, В., Сільченко, Г. (2018). Перспективи організації мережі Геологічних музеїв "просто неба" Дністрянщини. *Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції "Геотуризм: практика і досвід"*, 26–28 квіт. 2018, Львів, 236–237.

Дехтярева, Л.В., Заика-Новацкий, В.С., Нечаев, С.В. и др. (1972). Разработка критериев поисков флюорита и свинцово-цинкового оруднения в верхнепротерозойско-нижнепалеозойских формациях западного склона Украинского щита в связи с геологической съемкой масштаба 1 : 50000. *Отчет. Фонды Правобережной ГРЭ ПГО "Севкргеология"*.

Егорова, И.Н., Шамбуева, Г.С., Шергина, О.В., Шинен, Н.К. (2019). Экологии *Nostoc commune* (Cyanoprokaryota) из Южной Сибири и Монголии. *Сибирский лесной журнал*, 1, 16–29.

Иванцов, А.Ю., Гриценко, В.П., Палий, В.М., Великанов, В.А., Константиненко, Л.И., Менасова, А.Ш., Федонки, М.А., Закревская, М.А., Сережников, Е.А. (2015). Макрофоссилии верхнего венда Восточной Европы. Среднее Приднепровье и Волынь. Москва : ПИН РАН.

Красовский, А.В. (1916). Из геологических наблюдений в Подольской губернии (предварительное сообщение). *Зап. Имп. о-ва любителей естествоисл., антроп. и этн. Геол. отд.*, 3, 22–27.

Мартиншин, А.О. (2012). Едіакарська фауна ямпільських пісковиць венду Поділля. *Геолог України*, 40(4), 97–104.

Палий, В.М. (1976). Остатки бесскелетной фауны и следы жизнедеятельности из отложений верхнего докембрия и нижнего кембрия Подолии. В: А.Б. Ивановский, И.Б. Иванов (ред.). Палеонтология и стратиграфия верхнего докембрия и нижнего палеозоя юго-запада Восточно-Европейской платформы. К. : Наук. думка, 63–77.

Соколов, Б.С. (1972). Докембрийская биосфера в свете палеонтологических данных // *Вестник АН СССР*, 8, 48–54.

Baker, A.L. (n.d.). Sait "Phytoplankton key". University of New Hampshire. *Nostoc* (Cyanophyceae). Retrieved from http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Cyanobacteria/cyano_filaments/cyano_unbranched_fil/untapered_filaments/heterocysts/vis_sheath/NOSTOC/Nostoc_image_page.html

Bobrovskiy, I., Hope, J.-M., Krasnova, A., Ivantsov, A., Brocks, J.-J. (2018). Molecular fossils from organically preserved Ediacara biota reveal cyanobacterial origin for Beltanelliformis. *Nature Ecology & Evolution*, 2, 437–440. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0438-6>.

Dzik, J., Martyshyn, A. (2015). Taphonomy of the Ediacaran Podolimirus and associated dipleurozoans from the Vendian of Ukraine. *Precambrian Research*, 269, 139–146.

Ivantsov, A.Y., Grytsenko, V.P., Konstantynenko, L.I., Zakrevskaya, M.A. (2014). Revision of the problematic Vendia macrofossils *Beltanelliformis* (=Beltanelloides, Nemiana). *Paleontological Journal*, 48 (13), 1–26.

Leonov, M.V. (2007). Comparative taphonomy of Vendian genera Beltanelloides and Nemiana: taxonomy and lifestyle. In: P. Vickers, R.P. Komarower (Eds.). The Rise and Fall of the Ediacaran Biota. London: Published by The Geological Society, 259–267.

Sait "International Commission on Stratigraphy". (2019, may). International Chronostratigraphic Chart. Retrieved from <http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2019-05.jpg>

Seilacher, A. (1992). Vendobionta and Psammocorallia: Lost constructions of Precambrian evolution. *Journal Geological Society*, 149, 607–613.

Soldatenko, Y., El Albani, A., Ruzina, M., Fontaine, C., Nesterovsky, V., Paquette, J.-L. et al. (2019). Precise U–Pb age constraints on the Ediacaran biota in Podolia, East European Platform, Ukraine. *Scientific Report*, 9, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38448-9>

Zakrevskaya, M. (2019). Paleobiogeographic Analysis of the Assemblages of Late Vendian Macrofossils. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 5(27), 603–611.

References

Baker, A.L. (n.d.). Sait "Phytoplankton key". University of New Hampshire. *Nostoc* (Cyanophyceae). Retrieved from http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Cyanobacteria/cyano_filaments/cyano_unbranched_fil/untapered_filaments/heterocysts/vis_sheath/NOSTOC/Nostoc_image_page.html

Bobrovskiy, I., Hope, J.-M., Krasnova, A., Ivantsov, A., Brocks, J.-J. (2018). Molecular fossils from organically preserved Ediacara biota reveal

cyanobacterial origin for Beltanelliformis. *Nature Ecology & Evolution*, 2, 437–440. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0438-6>.

Dekhtyareva, L.V., Zaika-Novatskiy, V.S., Nechayev, S.V. i dr. (1972). Razrabotka kriteriyev poiska flyuorita i svintsovo-tsinkovogo orudena v verkhneproterozoyso-kizhnepaleozoysskikh formakh zapadnogo sklona Ukrainskogo shchita v svyazi s geologicheskoy s'yemkoy masshtaba 1 : 50000. *Otchet. Fondy Pravoberezhnoy GRE PGO "Sevukrggeologiya"*. [in Russian]

Derevska, K., Rudenko, K., Hrytsenko, V., Silchenko, H. (2018). Perspektyvy orhanizatsiyi merezhi Heolohichnykh muzeyiv "prосто neba" Dnistrianshchyny. *Materialy III mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi "Heoturizm: praktyka i dosvid"*, April 26–28, 2018, Lviv, 236–237. [in Ukrainian]

Derevska, K.I. (2008). Palaeothermal conditions of Riphean to Phanerozoic lithogenesis and ore formation within the Baltic-Dniester pericratonic belt. *Extended abstract of Doctor's thesis (Geol.)*: 04.00.27. Kyiv. [in Ukrainian]

Dzik, J., Martyshyn, A. (2015). Taphonomy of the Ediacaran Podolimirus and associated dipleurozoans from the Vendian of Ukraine. *Precambrian Research*, 269, 139–146.

Ehorova, Y.N., Shambueva, H.S., Sherhyna, O.V., Shynen, N.K. (2019). Ékolohyy *Nostoc commune* (Cyanoprokaryota) yz Yuzhnoy Sybyry y Monholy. *Sybrskyy lesnoy zhurnal*, 1, 16–29. [in Russian]

Hrazhdankyn, D.V. (2016). Na puty k yarusnomu raschlenenyyu édyakanyya y mesto venda v mezhdunarodnoy stratyhrafycheskoy shkale. *Materialy Mezhdunarodnogo rabocheho soveshchanyya "Obshchaya stratyhrafycheskaya shkala y metodycheskye problemy razrabotky rehyonal'nykh stratyhrafycheskykh shkal Rossyy"*, October 17–20, 2016, Sankt-Peterburh, 51–53. [in Russian]

Hrytsenko, V.P., Reshetnyk, M.M. (2019a). Heolohichni muzeyi просто neba ta ideya stvorenniya takoho muzeyu y karyeri bilya s. Bernashivka (Podillya). *Pratsi naukovoї konferentsiyi "Pryrodnychi muzeyi v Ukraini: stanovlennya ta perspektyvy rozvytku"*, October 7–8, 2019, Kyiv, 153–158. [in Ukrainian]

Hrytsenko, V.P., Reshetnyk, M.M. (2019b). Osoblyvosti vidbytkiv fauny vendu v yampil's'kykh piskovykakh s. Bernashivka Vinnyts'koyi oblasti. *Materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi "Rozvytok promyslovosti ta suspilstva"*, may 22–24, 2019, Kryvyi Rih, 30–35. [in Ukrainian]

Ivantsov, A.Y., Grytsenko, V.P., Konstantynenko, L.I., Zakrevskaya, M.A. (2014). Revision of the problematic Vendia macrofossils *Beltanelliformis* (=Beltanelloides, Nemiana). *Paleontological Journal*, 48 (13), 1–26.

Ivantsov, A.YU., Hrytsenko, V.P., Paliy, V.M., Velykanov, V.A., Konstantynenko, L.Y., Menasova, A.SH., Fedonky, M.A., Zakrevskaya, M.A., Serezhnykova, E.A. (2015). Makrofossyliy verkhneho venda Vostochnoy Evropy. Srednee Prydnestrov'e y Volyn. Moskva: PYN RAN. [in Russian]

Krasovskyy, A.V. (1916). Yz heolohycheskykh nablyudeny y Podolskoy hubernyy (predvartelnoe soobshchenye). *Зап. Ymp. o-va lyubiteley estestv., antrop. y étn. Heol. otd.*, 3, 22–27. [in Russian]

Leonov, M.V. (2007). Comparative taphonomy of Vendian genera Beltanelloides and Nemiana: taxonomy and lifestyle. In: P. Vickers, R.P. Komarower (Eds.). The Rise and Fall of the Ediacaran Biota. London: Published by The Geological Society, 259–267.

Martyshyn, A.O. (2012). Ediakarska fauna yampil'skykh piskovykiv vendu Podillya. *Heoloh Ukrayiny*, 40(4), 97–104. [in Ukrainian]

Paliy, V.M. (1976). Ostatky besskeletnoy fauny y sledy zhynzneyatel'nosty yz otlozhenyy verkhneho dokembryya y nyzhnego kembryya Podoly. In: A.B. Yvanovskyy, Y.B. Yvanov (Eds.). Paleontolohyya y staty'hrafiyya verkhneho dokembryya y nyzhnego paleozoya yuho-zapada Vostochno-Evropeyskoy platformy. Kyev: Naukova dumka, 63–77. [in Russian]

Sait "International Commission on Stratigraphy". (2019, may). International Chronostratigraphic Chart. Retrieved from <http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2019-05.jpg>

Seilacher, A. (1992). Vendobionta and Psammocorallia: Lost constructions of Precambrian evolution. *Journal Geological Society*, 149, 607–613.

Sokolov, B.S. (1972). Dokembryyskaya byosfera v svete paleontolohycheskykh dannyykh. *Vestnyk AN SSSR*, 8, 48–54. [in Russian]

Soldatenko, Y., El Albani, A., Ruzina, M., Fontaine, C., Nesterovsky, V., Paquette, J.-L. et al. (2019). Precise U–Pb age constraints on the Ediacaran biota in Podolia, East European Platform, Ukraine. *Scientific Report*, 9, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38448-9>

Velikanov, V.Ya. (1986). Pro tektonichnu pryrodu Bernashivskoho pidnyattya (Serednye Prydnistroya). *Korotki naukovy povidomlennya*, 23, 123–127. [in Ukrainian]

Velikanov, V.YA., Melnychuk, V.H. (2013). Vendska sistema. In: P.F. Hozhyk (Eds.). Stratyhafiya verkhneho proterozoyu ta mezozoyu Ukrayiny. Kyiv: Logos, 49–145. [in Ukrainian]

Zakrevskaya, M. (2019). Paleobiogeographic Analysis of the Assemblages of Late Vendian Macrofossils. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 5(27), 603–611.

Надійшла до редакції 10.11.2020

M. Reshetnyk, PhD (Geol.), Senior Researcher,
E-mail: reshetnykmariya@gmail.com;
V. Gritsenko, PhD (Geol.-Min.), Head of Department of Geology,
E-mail: favosites@ukr.net;
The National Museum of Natural History at the NAS of Ukraine,
15 Khmel'nitsky Str., Kyiv, 01601, Ukraine;
A. Martyshyn, PhD Student,
E-mail: podolimirus@gmail.com;
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology,
90 Vasylkivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

EVIDENCE OF THE BACTERIAL NATURE OF THE WENDOMAN ORGANISMS NEMIANA SIMPLEX

Nemiana simplex were found in Vendian deposits of Transnistria a hundred years ago. They are present in layers with determined age of 557 million. There are fourteen places with such fossils in the world. *Nemiana simplex* are the markers of all deposits of the Yampilian layers of the Vendian. We need to take a closer look at the *Nemiana simplex* analysis, as their exact nature has not been determined so far. They were considered to be raindrops, jellyfish or polyps, which is not justified. The large fluctuations in their size, and the peculiarities of their location relative to each other, indicate their biological nature. Usually, these fossils have the appearance of convex lenticular projections on the lower surfaces of sandstone layers 1-40 mm in size. They do not have any signs of the mouth opening and any other structural elements of the intestinal cavity. There are similar *Nemiana* prints of *Beltanella* and *Beltanelliformis*. *Beltanelliformis* has recently been recognized as "benthic colonies of cyanobacteria" by organic petrified films, sometimes preserved on their prints. *Nemiana*'s prints do not contain such petrified films on the surface of the nuclei, so one cannot ascertain from biochemical analysis what they were during lifetime. *Nemiana* is not similar to *Beltanelliformis*: the distinctive features of *Beltanelliformis* are the absence of pronounced convex casts and concentric folds along the contour of flat prints. Although there are differences in the shape of the prints, *Beltanelliformis* and *Nemiana* are the most similar among the Vendian fossils. Given that *Beltanelliformis* are reflections of cyanodactylaria, we can assume that *Nemiana* is also a cyanobacterium. The print sizes of *Nemiana simplex* Palij are close to the size of modern spherical colonies of cyanobacteria *Nostoc prunum*. Large colonies of modern *Nostoc prunum* are often surrounded by smaller colonies, and in *Nemiana simplex* prints large prints together with smaller ones create a "cluster". Such clusters consist of entire "settlements". *Nostoc* colonies can appear very close to the main colony, creating "kidneys", with *Nemiana simplex* prints showing such "buds". Colonies of *Nostoc* cyanobacteria are widespread in fresh water, less often in the seas; *Nemiana* is found in deposits of huge deltas, that is, also in significantly desalinated seawater. It is likely that such *Nostoc* forms existed earlier than 550 million years ago and are still preserved in the *Nemiana simplex* prints on the Yampilian sandstones. *Nemiana simplex* prints are found on all modern continents, which indicates the conjugacy of the sea basins and the homogeneous climatic conditions on the planet during the Upper Vendee. The restoration of "settlements" of *Nemiana simplex*, which were systematically covered with sandy sediments, indicates their high ability to survive and the variability of reproduction.

Keywords: Precambrian, Vendian, Ediacaran biota, Vendian Transnistria, *Nemiana simplex*, colonies of cyanobacteria, reproduction of cyanobacteria, photosynthesis of cyanobacteria.

М. Решетник, канд. геол. наук, ст. науч. сотруд.,
E-mail: reshetnykmariya@gmail.com;
В. Гриценко, канд. геол.-минералог. наук, ст. науч. сотруд.,
E-mail: favosites@ukr.net,
Национальный научно-природоведческий музей НАН Украины,
ул. Б. Хмельницкого, 15, г. Киев, 03103, Украина;
А. Мартишин, асп.,
E-mail: podolimirus@gmail.com;
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, УНИ "Институт геологии",
ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ПРИЗНАКИ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ПРИРОДЫ ВЕНДСКИХ ОРГАНИЗМОВ NEMIANA SIMPLEX

Отпечатки *Nemiana simplex* найдены в вендских отложениях Приднестровья сто лет назад. Они находятся в слоях, для которых определен возраст 557 млн лет. Всего мест с такими отпечатками в мире четырнадцать. *Nemiana simplex* являются маркерами всех отложений ямпольских слоев венда, поэтому для их корреляции необходим более детальный анализ информации об этих организмах. До сих пор точная их природа не определена. Обычно эти фоссилии имеют вид выпуклых линзовидных выступов на нижних поверхностях слоев песчаника размерами 1–40 мм. Их считали каплями дождя, медузами и полипами. Но большие колебания их размеров и особенности их расположения друг по отношению к другу говорят об их биологической природе. Кроме того, они не имеют никаких признаков ротового отверстия и каких-то других структурных элементов кишечнополостных. Есть подобные *Nemiana* отпечатки *Beltanella* и *Beltanelliformis*. *Beltanelliformis* в последнее время признаны бентосными колониями цианобактерий по органическому петрифицированному пленкам, иногда сохранившимся на их отпечатках. В отпечатках *Nemiana* нет таких петрифицированным пленок на поверхности ядер, потому, опираясь на биохимический анализ, нельзя выяснить, из чего они состояли при жизни. Отличительными признаками *Beltanelliformis* является отсутствие ярко выраженных выпуклых слепков и концентрические складки по контуру плоских отпечатков. Но, хотя и есть различия в форме отпечатков, однако *Beltanelliformis* и *Nemiana* являются наиболее похожими среди фоссилий венда. Исходя из того, что *Beltanelliformis* являются отражениями цианодактрий, можно предположить, что и *Nemiana* тоже цианобактерии. Размеры отпечатков *Nemiana simplex* Palij близки к размерам современных шарообразных колоний цианобактерий *Nostoc prunum*. Большие колонии современных *Nostoc prunum* часто находятся в окружении колоний меньших размеров, и в отпечатках *Nemiana simplex* большие отпечатки вместе с меньшими создают "кластер", из таких кластеров состоят целые "поселения". Колонии *Nostoc* могут появляться очень близко от основной колонии, создавая "почки", есть отпечатки *Nemiana simplex*, демонстрирующие такое "почкование". Колонии цианобактерий *Nostoc* распространены в пресных водоемах, реже в морях, *Nemiana* находят в отложениях огромных дельт, то есть тоже в значительно опресненных морских водах. Вполне вероятно, что подобные *Nostoc* формы существовали ранее 550 млн лет назад и сохранились до сих пор в отпечатках *Nemiana simplex*. Отпечатки *Nemiana simplex* встречаются на всех современных континентах, что говорит о сопряженности морских бассейнов и об однородных климатических условиях на планете во времена верхнего венда. Восстановление "поселений" *Nemiana simplex*, которые систематически засыпались песчаными осадками, говорит об их высокой способности к выживанию, вариативности размножения.

Ключевые слова: эдиакарий, Венд Приднестровья, *Nemiana simplex*, колонии цианобактерий.