

Цікава знахідка представника роду *Stigonema* C.Agardh ex Bornet et Flahault (*Stigonemataceae*, *Nostocales*, *Cyanobacteria*) в Національному природному парку «Подільські Товтри» (Хмельницька обл., Україна)

Виноградова О.М.¹ (<https://orcid.org/0000-0002-9243-8231>)

Нипорко С.О.¹ (<https://orcid.org/0000-0003-3451-0319>)

Козир М.С.² (<https://orcid.org/0000-0002-5135-7937>)

Ин-т ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

вул. Терещенківська, 2, Київ 01004, Україна

o.vinogradova@gmail.com

²*ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»,*

вул. Академіка Лебедева, 37, Київ 03143, Україна

Надійшла до редакції 01.02.2023. Підписана до друку 20.02.2023. Опублікована 22.03.2023

Реферат. Робота присвячена першій знахідці представника роду *Stigonema* в терестріальному екотопі Лісостепової зони України. В криптогамній ґрунтовій кірочці з домінуванням лишайників роду кладонія, відібраний з вапнякових відслонень, вкритих скельнодубово-грабовим лісом на високому березі Дністровського водосховища в НПП «Подільські Товтри», виявлено добре розвинену кірочку чорнуватого кольору, утворену кущистими розростаннями гетероцитної ціанобактерії зі справжнім галуженням, що відповідала опису виду *Stigonema minutum* Hassall ex Bornet et Flahault. Наведено відомості щодо морфологічних та розмірних ознак дослідженої популяції, мікрофотографії природного матеріалу, характеристика місцезростання. Обговорюються дані стосовно поширення виду в межах України, а також його екологічні та біогеографічні особливості.

Ключові слова: *Stigonema minutum*, нова знахідка, біологічна ґрунтова кірочка, Подільські Товтри, Україна

Ц и т у в а н н я : Виноградова О.М., Нипорко С.О., Козир М.С. 2023. Цікава знахідка представника роду *Stigonema* C.Agardh ex Bornet et Flahault (*Stigonemataceae*, *Nostocales*, *Cyanobacteria*) в Національному природному парку «Подільські Товтри» (Хмельницька обл., Україна). *Альгологія*. 33(1): 48–54. <https://doi.org/10.15407/alg33.01.048>

Рід *Stigonema* C. Agardh ex Bornet et Flahault має найбільш різноманітний видовий склад серед ціанобактерій із справжнім галуженням (Komárek, 2013). Його представники зустрічаються в різних, переважно наземних місцезростаннях по всьому світу, у т.ч., як формоутворюючий компонент біологічних ґрунтових кірочок (Belnap, Lange, 2003). Особливо помітну роль вони відіграють у північних та гірських районах, а також тропічних та аридних екосистемах (Komárek, 2013). Всього описано більше вісімдесяти видів *Stigonema*, з них у Європі достовірно ідентифікуються 12 видів (Komárek, 2013). В Україні за весь період альгофлористичних досліджень було знайдено 8 видів цього роду (Vinogradova, 2022), причому всі вони відомі за поодинокими чи нечисленними знахідками. Тому виявлення кожного нового місцезнаходження представника цього роду в нашій країні є цікавим з флористичної точки зору.



Рис. 1. Фрагмент криптогамного угруповання під бінокляром.
Стрілкою відмічено кірочку *Stigonema minutum*

У зразку лишайниково-мохового розростання, відібраному влітку 2022 р. при геоботанічному обстеженні ділянки дубово-грабового рідколісся на вапнякових відслоненнях із сірими лісовими ґрунтами, виявлено добре розвинену повстевидну кірочку чорнуватого кольору, утворену кущистими розростаннями гетероцитної ціанобактерії з багаторядними нитками та справжнім галуженням, властивим роду *Stigonema*. Ми провели морфологічне вивчення природного матеріалу в живому стані з використанням світлового мікроскопа Olympus BX 53 (Японія) з диференціальною інтерференційною оптикою Номарського (DIC). Мікрофотографії зроблені камерою Olympus UC30, приєднаною до мікроскопа, та оброблені за допомогою програмного забезпечення cellSens Entry.

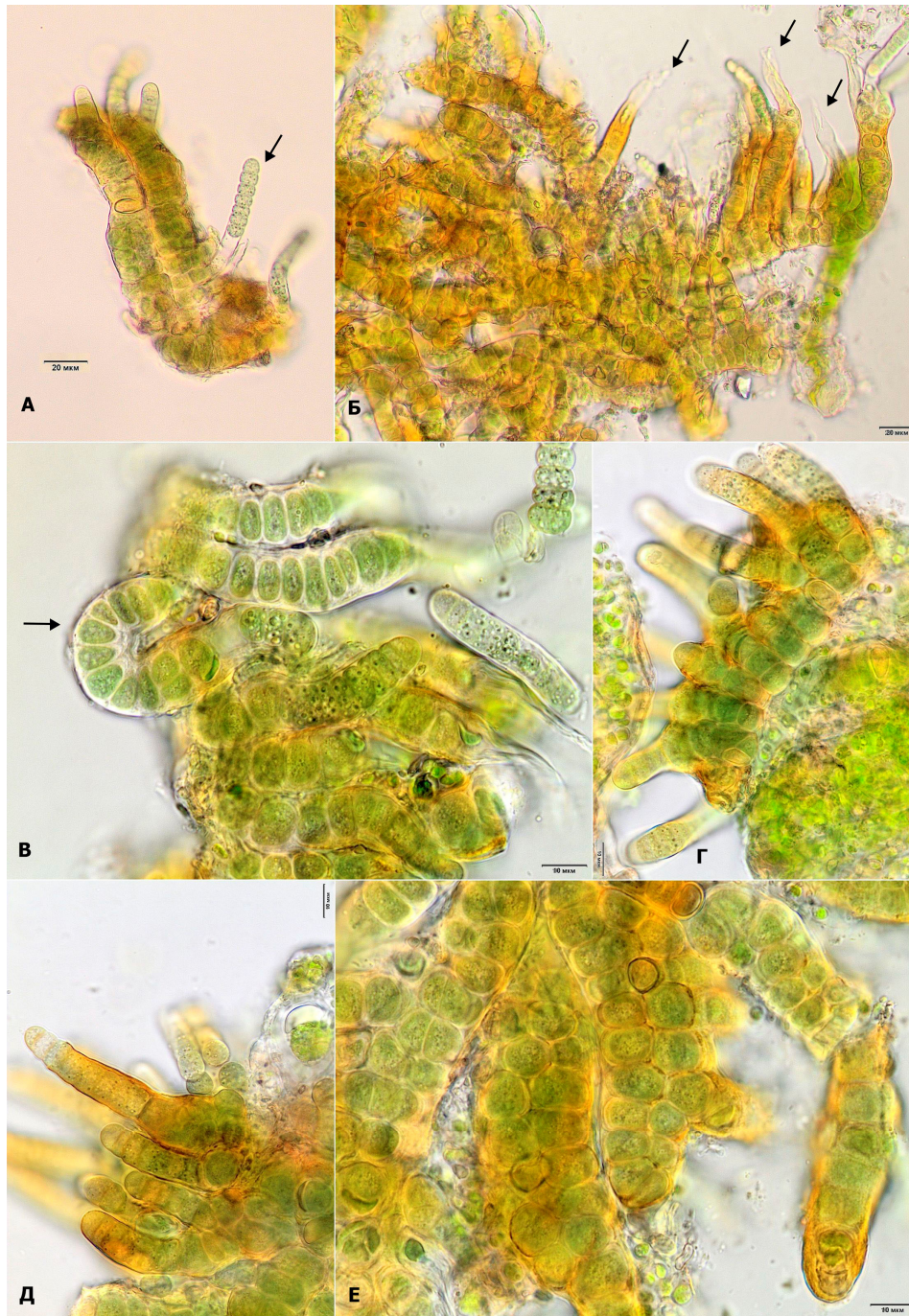


Рис. 2. *Stigonema minutum* з НПП «Подільські Товтри»: А – фрагмент талому з дворядними нитками, короткими бічними гілками та гормоном, що вивільняється (стрілка); Б – гілки після вивільнення гормонів (стрілки); В – молоді нитки з клітинами у власних слизових обгортках (стрілка) та безбарвних піхвах; Г – формування бічних гілок; Д – група гормонів на кінцях коротких бічних гілок; Е – багаторядні основні нитки із забарвленими піхвами. Масштаб: А, Б – 20 мкм, В–Е – 10 мкм

Досліджена популяція була ідентифікована як *Stigonema minutum* Hassall ex Bornet et Flahault. Це новий вид для ціанофлори Лісостепової зони України. Наводимо його детальний опис.

З'єднання ниток макроскопічні, повстисті, чорнуваті (рис. 1). Під бінокуляром помітні різнонаправлені висхідні гілки, що надають розростанню волохатий вигляд. Головні нитки сланкі, оливково-жовтуваті, (13,7)–15,9–33,6 мкм завш. (рис. 2, Б, Е) Гілки переважно прямостоячі, рясні, часто скупчені по декілька разом, 8,9–12,0 мкм завш., на кінцях біля гормогоніїв дещо звужені (рис. 2, Б, Г). Піхви шаруваті, у зрілих нитках товсті, спочатку безбарвні, потім жовтуваті до золотисто-брунатних, з чіткими контурами. Трихоми складаються з 1–4 рядів клітин, у гілках одно-дворядні. Кінці ниток або короткі нитки цілком перетворюються на гормогонії, 6,2–9,2 мкм завш., 22,1–44,5 мкм завд. (рис. 2, А, Д). При зволоженні фрагменту кірочки, через добу, спостерігалось масове вивільнення гормогоніїв. Вегетативні клітини коротко-діжковидні, овальні, майже сферичні або неправильної форми, іноді оточені індивідуальними слизовими оболонками (рис. 2, В), 8,2–13,5 мкм завш., 5,1–11,8 мкм завд. Гетероцисти бічні та інтеркалярні, 7,8–9,2 мкм завш., 5,1–10,6 мкм завд.

Місцезростання. Хмельницька обл., Кам'янець-Подільський р-н, окол. с. Стара Ушиця, схил західної експозиції, 170 м над р. м., 48°36.403' пн. ш., 27°04.040' сх. д., скельнодубово-грабове рідколісся. У складі криптогамної кірочки, що розвивалася на тонкому прошарку ґрунту на вапнякових відслоненнях разом з лишайником роду *Cladonia*, печіночником *Cephaloziella divaricata* (Sm.) Schiffn. та мохами *Hypnum cupressiforme* Hedw. і *Bryoerythrophyllum recurvirostrum* (Hedw.) P.C.Chen. Колектор М. Козир.

В Україні *S. minutum* відома за двома знахідками в аквальних екотопах, одна з яких є сумнівною. Так, Н.В. Кондратьєва в своїй дисертації наводила *S. minutum* для болота в районі Шацьких озер у Волинській обл.; пізніше ці відомості були опубліковані (Kondratyeva, 1956). Однак у визначнику гормогонієвих водоростей (Kondratyeva, 1968) про поширення *S. minutum* зазначено, що вид в Україні **достовірно не знайдений**, але може зустрічатися в Поліссі. Також цей вид наводила М.Д. Жежера (Zhezhera, 2015) для болота в Чернігівській області. Обидва локалітети знаходяться в межах Українського Полісся, тобто відомості стосовно поширення *S. minutum* в Україні, як і роду *Stigonema* загалом, за невеликим виключенням, обмежуються Лісовою зоною. У Лісостепу, до якого належить територія НПП «Подільські Товтри», до нашої знахідки було відомо лише одне місцезростання представника цього роду. О.М. Матвієнко (1941) наводила *S. minutum* f. *turfaceum* (Cooke) Elenkin (нині розглядається

як самостійний вид *S. turfaceum* Cooke ex Bornet et Flahault) для Безлюдівського болота в околицях Харкова. Таким чином, наша знахідка розширює відомості про географічне та ектопічне поширення *S. minutum* в Україні.

За екологічною приуроченістю, *S. minutum* вважається субаерофітом. Мешкає на зрошуваних та пересихаючих скелях, заболоченому та піщаному ґрунті й старій деревині (Komárek, 2013). Роль *S. minutum* в наземних екосистемах залежить від кліматичних умов. В Арктиці та Антарктиці часто досягає рясного розвитку, виступаючи помітною складовою біологічних ґрунтових кірочок, в т.ч. асоційованих з моховинами (Kashyap et al., 1988; Starmach, 1995; Pandey et al., 2004; Singh et al., 2008; Davydov, 2016). Також *S. minutum* виступала ціанобактеріальним домінантом у високогірних мохових угрупованнях на горі Фуджі, Японія (Nakatsubo, Ohtani, 1991). В помірній зоні вид трапляється у вигляді невеликих розростань і, як правило, не відіграє домінуючої ролі в криптогамних рослинних угрупованнях (Starmach, 1962; Hoffmann, 1986; Hauer, 2008; John et al., 2011; Gkelis et al., 2016).

За світовою географією знахідок, *S. minutum* відносять до видів із космополітним типом ареалу, хоча трапляється цей вид нечасто. І. Комарек (2013) зазначав, що під назвою *S. minutum* у літературі наводяться дуже різні морфотипи, особливо з тропічних популяцій південно-східної Азії, Африки та Південної Америки, тому для вирішення питання про біогеографію виду необхідні комплексні дослідження із залученням морфолого-молекулярного аналізу.

Висловлюємо вдячність спонсорам за допомогу та підтримку в отриманні обладнання, на якому виконано дану роботу: фонд Олександра фон Гумбольдта, Німеччина (Alexander von Humboldt Stiftung, Deutschland) та ООО «Світмед», Україна.

Список літератури

- Belnap J., Lange O.L. 2003. *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*. Ecol. Stud. Ser. 150. Berlin: Springer-Verlag. 506 p.
- Davydov D. 2016. Diversity of the Cyanoprokaryota in polar deserts of Innvika cove North-East Land (Nordautlandet) Island, Spitsbergen. *Czech Polar Rep.* 6(1): 66–79.
- Ferreira V., Branco L.H. Z., Kaštovský J. 2013. True branched nostocalean cyanobacteria from tropical aerophytic habitats and molecular assessment of two species from field samples. *Rev. Biol. Trop.* 61(1): 455–466.
- Gkelis S., Ourailidis I., Panou M., Pappas N. 2016. Cyanobacteria of Greece: an annotated checklist. *Biodivers. Data J.* 4: 1–103.

- Hauer T. 2008. Epilithic cyanobacterial flora of Mohelenská hadcová steppe Nature Reserve (western Moravia, Czech Republic) 70 years ago and now. *Fottea*. 8(2): 129–132.
- Hentschke G.S., Rigonato J., Genuário D.B., Laughinghouse H.D., Sant'Anna C.L. 2019. Morphological and molecular characterization of *Stigonema jureiense* sp. nov. (*Nostocales*, *Cyanobacteria*) from the Atlantic Rainforest, São Paulo, Brazil. *Fottea*, Olomouc. 19(2): 185–191.
- Hoffmann L. 1986. Cyanophycées aériennes et subaériennes du Grand Duché de Luxembourg. *Bull. Nat. Plant. Belg.* 56(1–2): 77–127.
- John D.M., Whitton B.A., Brook A.J. 2011. *The freshwater algal flora of the British Isles: An identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 878 p.
- Kashyap A.K., Gupta R.K., Pandey K.D. 1998. Check list of cyanobacteria occurring in Schirmacher oasis, Antarctica. *J. Sci. Res.* 47: 171–179.
- Komárek J. 2013. *Cyanoprokaryota: 3rd part: Heterocytous Genera*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19/3. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. 1130 p.
- Kondratyeva N.V. 1956. Blue-green algae of some Polissia swamps. *Ukr. Bot. J.* 13(2): 89–98. [Кондратьєва Н.В. 1956. Синьозелені водорості деяких боліт Полісся. *Укр. бот. журн.* 13(2): 89–98]. [Ukr.]
- Kondratyeva N.V. 1968. *Hormogoniophyceae*. In: *Identification manual of freshwater algae of the Ukrainian SSR*. Issue. 1. *Blue-green algae – Cyanophyta*. Pt. 2. Kyiv: Nauk. Dumka. 523 p. [Кондратьєва Н.В. 1968. *Hormogoniophyceae*. В кн.: *Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. Вип. 1. *Синьозелені водорості – Cyanophyta*. Ч. 2. Київ: Наук. думка. 523 с.]. [Ukr.]
- Mareš J., Lara Y., Dadáková I., Hauer T., Uher B., Wilmotte A., Kaššovský J. 2015. Phylogenetic analysis of cultivation-resistant terrestrial cyanobacteria with massive sheaths (*Stigonema* spp. and *Petalonema alatum*, *Nostocales*, *Cyanobacteria*) using single-cell and filament sequencing of environmental samples. *J. Phycol.* 51(2): 288–297.
- Matviyenko O.M. 1941. Algae of swamps of Kharkiv Region. *Uch. zap. Khark. univ.* 22(4): 19–39. [Матвієнко О.М. 1941. Водорості боліт Харківської області. *Уч. зап. Харк. унів.* 22(4): 19–39]. [Ukr.]
- Nakatsubo T., Ohtani S. 1991. Nitrogen-fixing (C₂H₂-reducing) cyanobacteria epiphytic on moss communities in the alpine zone of Mt. Fuji. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.* 4: 75–81.
- Pandey K.D., Shukla S.P., Giri D.D., Singh J.S., Singh P., Kashyap A.K. 2004. Cyanobacteria in Antarctica: ecology, physiology and cold adaptation. *Cell. Mol. Biol.* 50(5): 575–584.
- Singh Sh.M., Singh P., Thajuddin N. 2008. Biodiversity and distribution of cyanobacteria at Dronning Maud Land, East Antarctica. *Acta Bot. Malac.* 33: 17–28.
- Song G., Xiang X., Wang Z., Li R. 2015. Polyphasic characterization of *Stigonema dinghuense*, sp. nov. (*Cyanophyceae*, *Nostocophycidae*, *Stigonemaceae*), from Dinghu Mountain, south China. *Phytotaxa*. 213: 212–224.
- Starmach K. 1962. Glony żyjące na ścieżkach w nadrzecznych wierzbiniach – Algae found growing on footpaths in willow thickets near the Mszanka and Raba rivers (Polish Western Carpathians). *Fragm. Florist. Geobot.* 8(1): 81–88.

- Starmach K. 1995. Freshwater algae of the Thala Hills oasis (Enderby Land, East Antarctic). *Polish Polar Res.* 16(3–4): 113–148.
- Vinogradova O.M. 2022. Cyanobacteria of Ukraine: actual diversity, trends of taxonomic changes, features of zonal and ectopic distribution. *Algologia*. 32(4): 309–339. [Виноградова О.М. 2022. Ціанобактерії України: актуальне різноманіття, тенденції таксономічних змін, особливості зонального та ектопічного поширення. *Альгологія*. 32(4): 309–339]. [Ukr.] <https://doi.org/10.15407/alg32.04.309>
- Zhezhera M.D. 2015. Algae of different types of water bodies of the Left Bank Polissia: Dys. ... kand. biol. nauk. Kyiv. 476 p. [Жежера М.Д. 2015. Водорості різних типів водойм Лівобережного Полісся: Дис. ... канд. біол. наук. Київ. 476 с.]. [Ukr.]

Підписав до друку С.П. Вассер

Vinogradova O.M.¹ (<https://orcid.org/0000-0002-9243-8231>)

Nyporko S.O.¹ (<https://orcid.org/0000-0003-3451-0319>)

Kozyr M.S.² (<https://orcid.org/0000-0002-5135-7937>)

Interesting record of the representative of genus *Stigonema* C.Agardh ex Bornet et Flahault (*Stigonemataceae*, *Nostocales*, *Cyanobacteria*) in the Podilsky Tovtry National Nature Park (Khmelnyski Region, Ukraine). *Algologia*. 33(1): 48–54.

¹M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine,

2 Tereshchenkivska St., Kyiv 01601, Ukraine

²Institute for Evolutionary Ecology, NAS of Ukraine,

37 Akademika Lebedeva St., Kyiv 03143, Ukraine

The paper deals with first record of the representative of the nostocalean genus *Stigonema* in the terrestrial ecotope in the Forest-Steppe Zone of Ukraine. It was revealed in *Cladonia* dominated cryptogamic soil crust sampled from limestone outcrops with a rock-oak-hornbeam forest on the high bank of the Dniester Reservoir (Podilskyi Tovtry NNP). Heterocytous cyanobacterium with true branching identified as *Stigonema minutum* Hassal ex Bornet et Flahault formed prostrate blackish felty films on the surface of the crust. Information on morphological and dimensional features of the studied population, photomicrographs of natural material, characteristics of the habitat are given. Data on the distribution of the species within Ukraine, as well as ecological and biogeographic features of *S. minutum* are discussed.

Key words: *Stigonema minutum*, new record, biological soil crust, Podilsky Tovtry, Ukraine

Citation. Vinogradova O.M., Nyporko S.O., Kozyr M.S. 2023. Interesting record of the representative of genus *Stigonema* C. Agardh ex Bornet et Flahault (*Stigonemataceae*, *Nostocales*, *Cyanobacteria*) in the Podilsky Tovtry National Nature Park (Khmelnyski Region, Ukraine). *Algologia*. 33(1): 48–54. <https://doi.org/10.15407/alg33.01.048>