

Перша знахідка представника роду *Tenebriella* (Cyanobacteria, Oscillatoriales) на мисі Казантип (Азовське море, Україна)

Михайлюк Т.І., Виноградова О.М.

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська, 2, Київ 01601, Україна
t-mikhailyuk@ukr.net

Михайлюк Т.І. (<https://orcid.org/0000-0002-7769-2848>)

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

Надійшла до редакції 28.06.2022. Після доопрацювання 28.07.2022. Підписана до друку 28.07.2022.
Опублікована 29.09.2022

Реферат. Вперше виявлено представника роду *Tenebriella* в Україні. Вивчаючи наземні водорості Казантипського природного заповідника (Керченський п-ів) та його околиць, у біологічній ґрунтовій кірочці, що розвивалася на поверхні глинистого осипу, виявлена морфологічно примітна гомоцитна нитчаста ціанобактерія з трихомами пурпурового відтінку. Ціанобактерію згодом було визначено як представника нещодавно описаного роду *Tenebriella* Hauerová, Hauer et Kaštovský. Рід, виділений з *Oscillatoria sensu lato*, характеризується темно забарвленими трихомами і є новою знахідкою для України. Визначення проведено на основі морфологічних ознак. Вид є морфологічно та екологічно близьким до *T. amphibia* Hauerová, Hauer et Kaštovský, проте характеризується помітно тоншими трихомами. Наведено його морфологічний опис, представлені мікрофотографії, відомості щодо екології, місцезростання в межах України та порівняння з літературними даними.

Ключові слова: ціанобактерії, водорості, біологічні ґрунтові кірочки, *Tenebriella*, мис Казантип, Азовське море, Україна

Citation. Mikhailyuk T.I., Vinogradova O.M. 2022. The first record of the representative of genus *Tenebriella* (Cyanobacteria, *Oscillatoriales*) at Cape Kazantip (the Sea of Azov, Ukraine). *Algologia*. 32(3): 264–270. <https://doi.org/10.15407/alg32.03.264>

© Михайлюк Т.І., Виноградова О.М., 2022

Сучасна систематика ціанобактерій характеризується бурхливим розвитком та активним описом нових таксонів на основі інтегративного (поліфазного) підходу, тобто комплексного використання методів класичної морфології і молекулярної філогенії, доповнених детальними дослідженнями ультраструктури, біохімічних ознак тощо (Osorio-Santos et al., 2014; Mai et al., 2018; Villanueva et al., 2018; Martins et al., 2019; Komárek et al., 2020; Jung et al., 2021; та ін.). Новий погляд на різноманіття *Cyanobacteria* виявляє все більше нових таксонів, у тому числі й тих, що характеризуються прихованими (криптичними) ознаками. В той же час, частими є знахідки морфологічно яскравих представників, відокремленість яких як родів та видів підтверджується молекулярними даними: *Oculatella* Zammit, Billi et Albertano, *Roholtiella* Bohunická, Pietrasiak et Johansen, *Phormidesmis* Turicchia, Ventura, Komárková et Komárek, *Drouetiella* Mai, Johansen et Pietrasiak та ін. (Zammit et al., 2012; Bohunická et al., 2015; Mai et al., 2018; Raabová et al., 2019). Саме такий, морфологічно яскравий новий знахідці для флори України присвячено дане повідомлення.

Вивчаючи наземні водорості Казантипського природного заповідника (Керченський п-ів, АР Крим) та його околиць, у біологічній ґрунтовій кірочці, що розвивалася на поверхні глинистого осипу у бухті Широка, ми виявили цікаву гомоцитну нитчасту ціанобактерію із темно забарвленими трихомами пурпурового відтінку. Попри своєрідне забарвлення та досить великі розміри, за морфологічними ознаками нам не вдалося визначити нашу знахідку навіть до роду, а провести молекулярні дослідження було неможливо, оскільки виділити її з накопичувальної у альгологічно чисту культуру нам не вдалося. Тому ми не включили цей вид до нашої публікації, присвяченої терестріальній альгофлорі мису Казантип (Mikhailyuk et al., 2018).

Ситуація змінилася в кінці минулого року, коли з'явилася стаття чеських авторів із промовистою назвою «*Tenebriella* gen. nov. – темний близнюк *Oscillatoria*» (Hauerová et al., 2021). Описана в цій роботі ціанобактерія морфологічно та екологічно дуже подібна до нашої казантипської знахідки. Автори провели комплексне дослідження низки осцилаторієподібних штамів, виділених із водних та наземних місцезростань переважно Центральної Європи, які характеризувались, серед іншого, темним (до пурпурового) забарвленням трихомів. Філогенетичний аналіз на основі гену 16S *r*РНК і двох додаткових локусів (*rpoC1*, *rbcLX*) показав їх високу спорідненість та об'єднання у монофілетичну кладу рангу роду в межах порядку *Oscillatoriales*. Ця кладка на філогенетичному дереві значно віддалена від групи таксонів, що

репрезентують *Oscillatoria sensu stricto*. Найближчими до неї є *Hydrocoleum lyngbyaceum* Kützing ex Gomont (штам НВС7, EU249124) та група штамів із родів *Lyngbya* Agardh ex Gomont, *Dapis* Engene, Tronholm et Paul, *Trichodesmium* Ehrenberg ex Gomont та *Okeania* Engene, Paul, Вугум, Gerwick, Thor et Ellisman (Hauerová et al., 2021). Виходячи з того, що генетично найближчі до *Tenebriella* роди *Trichodesmium*, *Dapis* та *Hydrocoleum* Kützing ex Gomont належать до родини *Microcoleaceae*, автори зазначають, що новий рід також представляє цю родину.

Всередині «темної» клади за морфологічними і молекулярними ознаками виокремлюються два види, з яких один виявився новим для науки і був описаний як типовий вид роду *Tenebriella* Hauerová, Haueret Kaštovský – *T. amphibia* Hauerová, Hauer et Kaštovský, а інший відповідає вже існуючому морфовиду *Oscillatoria curviceps* Agardh ex Gomont, тому було запропоновано нову комбінацію – *T. curviceps* (Agardh ex Gomont) Hauerová, Hauer et Kaštovský. Судячи з описів, згадані види морфологічно та екологічно дуже подібні; *T. curviceps* відрізняється дещо меншою шириною трихомів (10–17 мкм, на кінцях трихомів 9–12 мкм, проти 14–24 мкм, на кінцях (10)–12–20 мкм у *T. amphibia*) та закінченням трихомів, які гачковидно або слабкоспіралевидно вигнуті на кінцях (Hauerová et al., 2021). Філогенетичний аналіз ділянки 16S–23S ITS та порівняння гіпотетичних вторинних структур підтвердили самостійність цих двох видів, а також засвідчили існування ще одного, поки що не описаного, морфологічно криптичного виду *Tenebriella* sp.

Згідно з першоописом, представники роду *Tenebriella* мають вигляд ізополарних ниток, здатних формувати бентосні мати. Піхви трапляються факультативно, безбарвні, іноді шаруваті, кожна оточує лише один трихом, несправжнє галуження відсутнє. Трихоми, від блідо-сірувато-зелених до золотисто-брунатних та пурпурових, дещо звужуються до обох кінців, біля клітинних перегородок не перетягнуті або слабо перетягнуті, часто з грануляціями. Клітини короткі, їхня довжина помітно менша за ширину; останні декілька клітин трихому часто жовтуваті. Кінцеві клітини на верхівці округлі, іноді з каліптрою.

Мешкають представники *Tenebriella* у бентосі стоячих прісних водойм, також відомі з ґрунту і каміння в оранжереях та мангрових заростях в Індії. Аквальні форми, вірогідно, віддають перевагу водоймам із підвищеним сумарним вмістом солей (підвищеною електропровідністю) та рН води (Hauerová et al., 2021).

Зразок, виявлений нами на Казантипі влітку 2012 р., відповідає наведеному діагнозу роду *Tenebriella*. Ціанобактерії досліджували методом культур на агаризованому середовищі Болда (1N BBM) (Bischoff, Bold, 1963), починаючи з третього тижня культивування. Морфологічні дослідження виконані за допомогою світлового мікроскопа Olympus IX70 з диференціальною інтерференційною оптикою Номарського (DIC). Мікрофотографії отримані з використанням камери ColorView II, що приєднана до мікроскопа, і опрацьовані за допомогою програмного забезпечення analySIS. Детально відбір проб та умови культивування описані в нашій попередній роботі (Mikhailyuk et al., 2018). Нижче наводимо опис нового для флори України роду та виду.

В накопичувальній культурі траплялися групи ізополярих темно забарвлених ниток 13,5–15,1 мкм шир. Піхви вузькі, безбарвні, іноді шаруваті, трапляються зрідка (рисунок, в, з). Трихоми від сірувато-зеленкуватого до рожево-пурпурового кольору (рисунок, а–е), циліндричні, слабо перетягнуті біля клітинних перегородок, 9,1–10,0 мкм шир., на кінцях 7,0–7,5 мкм шир. Довжина клітин 2,1–3,5(4.0) мкм. Клітини на кінцях трихомів іноді жовтуваті (рисунок, а). Кінцеві клітини на верхівці округлі, іноді з каліптрою (рисунок, б, в).

Місцезнаходження – узбережжя Азовського моря, Казантипський природний заповідник, північна частина мису Казантип, бухта Широка, ніжна ціанобактериальна кірочка (з домінуванням *Microcoleus vaginatus* Desmazières ex Gomont) на глинистому схилі (30 м від моря). Вища рослинність розріджена, являє собою ксерофітний полиновий степ.

Видова приналежність знайденої ціанобактерії залишається під питанням. Для того, щоб зафіксувати присутність представника роду у флорі України, ми попередньо позначаємо нашу знахідку як *Tenebriella* cf. *amphibia*, оскільки габітус ниток і трихомів повністю відповідає опису цього виду, проте ширина ниток (13–15 мкм) та трихомів (9–10 мкм, на кінцях 7–7,5 мкм) помітно менша. Екологічна характеристика нашої знахідки також відповідає такій *T. amphibia*, оскільки декілька її штамів були ізольовані з ґрунту й каміння в оранжереях (Hauerová et al., 2021).

З біокірочки, відібраний в бухті Широка, була виділена інша цікава ціанобактерія, описана нами як новий вид роду *Oculatella* – *O. kazantipica* O.M.Vynogr. et Mikhailyuk (Mikhailyuk et al., 2016; Vinogradova et al., 2017). Проте остання ціанобактерія мешкала в біокірочці, що розвивалася на пляжі з ракушнякового піску поблизу моря (10 м від урізу води).

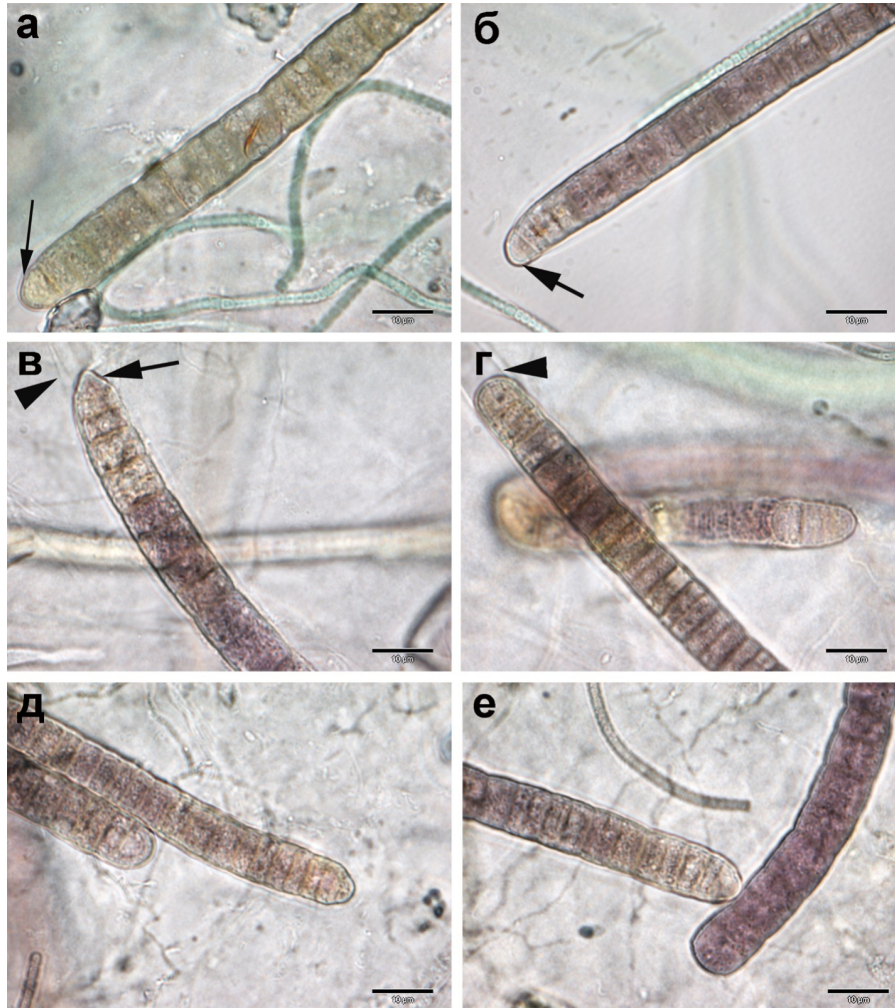


Рисунок. *Tenebriella* cf. *amphibia* з біокірочки Казантипського природного заповідника у накопичувальній культурі: *a–e* – різноманіття морфології ниток. Тонка стрілка (*a*) вказує на кінцеву клітину жовтуватого кольору, товсті стрілки (*b, c*) – на каліптру, головки стрілок (*c, d*) – на безбарвну піхву. Масштаб 10 мкм

Список літератури

- Bischoff H.W., Bold H.C. 1963. Phycological studies. IV. Some soil algae from Enchanted Rock and related algal species. *Univ. Texas Publ.* 6318: 1–95.
- Bohunická M., Pietrasiak N., Johansen J.R., Gómez E.B., Hauer T., Gaysina L.A., Lukešová A. 2015. *Roholtiella*, gen. nov. (*Nostocales*, *Cyanobacteria*) – a tapering and branching cyanobacteria of the family *Nostocaceae*. *Phytotaxa*. 109(1): 36–44.

- Hauerová R., Hauer T., Kaštovský J., Komárek J., Lepšová-Skácelová O., Mareš J. 2021. *Tenebriella* gen. nov. – the dark twin of *Oscillatoria*. *Mol. Phyl. Evol.* 165: 107293. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2021.107293>
- Jung P., Azua-Bustos A., Gonzalez-Silva C., Mikhailyuk T., Zabicki D., Holzinger A., Lakatos M., Büdel B. 2021. Emendation of the coccooid cyanobacterial genus *Gloeocapsopsis* and description of the new species *Gloeocapsopsis diffluens* sp. nov. and *Gloeocapsopsis dulcis* sp. nov. isolated from the coastal range of the Atacama desert (Chile). *Front. Microbiol.* 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.671742>
- Komárek J., Johansen J.R., Šmarda J., Strunecký O. 2020. Phylogeny and taxonomy of *Synechococcus*-like *Cyanobacteria*. *Fottea*. 20(2): 171–191.
- Mai T., Johansen J.R., Pietrasiak N., Bohunická M., Martin M.P. 2018. Revision of the *Synechococcales* (*Cyanobacteria*) through recognition of four families including *Oculatellaceae* fam. nov. and *Trichocoleaceae* fam. nov. and six new genera containing 14 species. *Phytotaxa*. 365(1): 001–059.
- Martins M.D., Machado-de-Lima N.M., Branco L.H.Z. 2019. Polyphasic approach using multilocus analyses supports the establishment of the new aerophytic cyanobacterial genus *Pycnacronema* (*Coleofasciculaceae*, *Oscillatoriales*). *J. Phycol.* 55: 146–159.
- Mikhailyuk T.I., Vinogradova O.N., Glaser K., Karsten U. 2016. New taxa for the flora of Ukraine, in the context of modern approaches to taxonomy of *Cyanoprokaryota*/*Cyanobacteria*. *Int. J. Algae*. 18(4): 301–320. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v18.i4.10>
- Mikhailyuk T.I., Vinogradova O., Glaser K., Demchenko E., Karsten U. 2018. Diversity of terrestrial algae of cape Kazantip (the Sea of Azov, Ukraine) and some remarks on their phylogeny and ecology. *Int. J. Algae*, 20(4): 313–338. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v20.i4.10>
- Osorio-Santos K., Pietrasiak N., Bohunická M., Miscoc L.H., Kováčik L., Martin M.P., Johansen J.R. 2014. Seven new species of *Oculatella* (*Pseudanabaenales*, *Cyanobacteria*): taxonomically recognizing cryptic diversification. *Eur. J. Phycol.* 49(4): 450–470.
- Raabová L., Kovacik L., Elster J., Strunecký O. 2019. Review of the genus *Phormidesmis* (*Cyanobacteria*) based on environmental, morphological, and molecular data with description of a new genus *Leptodesmis*. *Phytotaxa*. 395(1): 001–016.
- Villanueva C.D., Hašler P., Dvořák P., Pouličková A., Casamatta D.A. 2018. *Brasilonema lichenoides* sp. nov. and *Chroococciopsis lichenoides* sp. nov. (*Cyanobacteria*): two novel cyanobacterial constituents isolated from a trip artite lichen of headstones. *J. Phycol.* 54: 224–233.
- Vinogradova O.M., Mikhailyuk T.I., Glaser K., Holzinger A., Karsten U. 2017. New species of *Oculatella* (*Synechococcales*, *Cyanobacteria*) from terrestrial habitats of Ukraine. *Укр. бот. журн.* 74(6): 451–465.
- Zammit G., Billi D., Albertano P. 2012. The subaerophytic cyanobacterium *Oculatella subterranea* (*Oscillatoriales*, *Cyanophyceae*) gen. et sp. nov.: a cytomorphological and molecular description. *Eur. J. Phycol.* 47: 341–354.

Підписав до друку П.М. Царенко

Mikhailyuk T.I., Vinogradova O.M. 2022. **The first record of the representative of the genus *Tenebriella* (Cyanobacteria, *Oscillatoriales*) at Cape Kazantip (the Sea of Azov, Ukraine).** *Algologia*. 32(3): 264–270.

M.G. Kholodny Institute of Botany NAS of Ukraine,
2 Tereschenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine

Studying terrestrial algae of the Kazantip Nature Reserve (Kerch Peninsula) and its environs, a morphologically distinctive homocytic filamentous cyanobacterium with dark coloured trichomes was found in the biological soil crust from the surface of the clay scree. Despite the peculiar coloration and rather large dimensions of the filaments, we failed to identify it even to the genus based on morphological features. Unfortunately, a molecular study of this material was impossible since an attempt to isolate it in the unialgal culture was unsuccessful. The recently described genus *Tenebriella* Hauerová, Hauer et Kaštovský separated from *Oscillatoria* sensu lato, has morphological features very close to our material. They include dark colored filaments, trichomes pale-greyish green to purple, slightly constricted at the cross walls, with short cells, gently tapering to the ends, and several last cells of the trichome often yellowish. Morphologically and ecologically Ukrainian record is very close to *T. amphibia* Hauerová, Hauer et Kaštovský, but is characterized by noticeably thinner trichomes. Morphological description of this species, photomicrographs, information on habitat in Ukraine and ecology, comparison with literature data are given.

Key words: cyanobacteria, algae, biological soil crusts, *Tenebriella*, Cape Kazantip, Sea of Azov, Ukraine