

Том 30
4•2020

АЛГО
ЛОГІЯ

МІЖНАРОДНИЙ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ
ЖУРНАЛ

ALGOLOGIA

ЗАСНОВАНИЙ У БЕРЕЗНІ 1991 р. • ВИХОДИТЬ 1 РАЗ НА ТРИ МІСЯЦІ • КИЇВ

ЗМІСТ

Флора та географія

- 325** *Нурієва М.А., Виноградова О.М.* Ціанобактерії азербайджанського сектора Каспійського моря: перевірений список та еколого-географічні особливості
- 341** *Брянцева Ю.В.* Динофлагеляти Кримського півострова та його морського прибережжя
- 359** *Садогурський С.Ю., Садогурська С.С., Беліч Т.В., Садогурська С.О.* Поширення видів *Cystoseira* s. l. в Азовському морі
- 382** *Герасимюк В.П.* Мікроскопічні водорості деяких озер Північно-Західного Причорномор'я (Україна)
- 393** *Солоненко А.М., Брен О.Г.* Флористичний склад і таксономічна структура водоростей гіпергалінних водойм північно-західного узбережжя Азовського моря (Україна)
- 406** *Миронюк О.М., Ткаченко Ф.П.* Видове різноманіття водоростей малих річок Північно-Західного Причорномор'я
- 421** *Комулайнен С.Ф.* Фітоперифітон водотоків басейну Білого моря (Мурманська область, Республіка Карелія, Росія)
- 440** *Шаміна М.* Перші відомості про флору ціанобактерій острова Масіра (Султанат Оман)

Персоналії

452 Професор Тетяна Василівна Догадіна – почесний ювіляр

Наукові редактори випуску:

ВИНОГРАДОВА О.М., ГЕНКАЛ С.І., КІРПЕНКО Н.І., МІНІЧЕВА Г.Г., ЦАРЕНКО П.М.

Редактори

В.В. Несчетна, О.Є. Бондаренко

Адреса редакції: 01601 Київ, вул. Терещенківська, 2,
Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАНУ, тел. 235-13-11

Address of the Editorial Office: M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine,
2 Tereshchenkivska Str., 01601 Kyiv, tel. 235-13-11

e-mail: algologia@ukr.net

сайт: www.algologia.co.ua

Оригінал-макет виготовлено в редакції журналу «Альгологія»

Номер реєстраційного свідоцтва КВ-№ 21246-11046ПР від 27.02.2015

Затверджено до друку вченою радою Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАНУ
(протокол № 16 від 8 грудня 2020 р.)

Підп. до друку 01.12.2020. Формат 70×108/16. Ум.-друк. арк. 9,8. Обл.-вид. арк. 13,72.
Тираж 116 прим. Зам. №

Віддруковано ВД «Академперіодика» НАН України, вул. Терещенківська, 4, Київ 01601

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 544 від 27.07.2001

Caspian cyanobacteria of Azerbaijan: a complete checklist with ecological and geographical characteristics

Nuriyeva M.A.¹, Vinogradova O.M.²

¹*Institute of Botany, NAS of Azerbaijan,
40 Badamdar, Baku AZ1004, Azerbaijan,*

²*M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine,
2 Tereschenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine
mayanuriyeva123@gmail.com
o.vinogradova@gmail.com*

Received: 12 August 2020/Received and accepted 27 September 2020/Published on line 24 September 2020.

ABSTRACT: The article presents the results of a taxonomic revision of the species diversity of cyanobacteria in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea according to literature and original data. For the period from 1870 to 2019, 98 species from 44 genera of *Cyanophyceae* were found off the Caspian coast of Azerbaijan. *Phormidium* Kützinger ex Gomont, *Chroococcus* Nägeli, *Lyngbya* C. Agardh ex Gomont, *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont, *Merismopedia* F.J.F.Meyen and *Spirulina* Turpin ex Gomont lead in species number. 64 species from 32 genera were found in both plankton and benthos. 33 species from 20 genera of cyanobacteria were common for these communities. Off the coast of Azerbaijan, 64.7% of the genera and 48.0% of the species of cyanobacteria known for the Caspian Sea as a whole have been identified, which indicates that the marine cyanoflora of Azerbaijan has been studied quite fully. The analysis of ecological and biogeographic features of the identified species is given. Among the cyanobacteria of the Azerbaijani coast, the inhabitants of fresh waters are the most numerous (39.2%), followed by freshwater/brackish and brackish species (35.1% together), marine species are the third (16.5%). The predominance of freshwater and brackish forms reflects the specificity of the Caspian Sea as a closed water body with a lower salinity in comparison with oceanic waters. By ecotopic confinement, most of the species found are known as benthic (62.9%), the proportion of truly planktonic species is 29.9%. At the same time, film-forming species are widely represented not only in benthic communities (82.8%), but also in the water column, where they account for about half of the identified species (48.5%). This is related to the hydrological features of coastal ecotopes, where the surf-wave impact on the marine littoral contributes to the penetration of bottom filaments into the water column. The geographical spectrum is characterized by the predominance of species with a cosmopolitan (45.4%) and sub-cosmopolitan (30.9%) distribution, which reflects the tense ecological situation in the region.

Key words: cyanobacteria, species composition, phytoplankton, phytobenthos, ecology, general distribution, Caspian Sea, Azerbaijan

© Nuriyeva M.A., Vinogradova O.M., 2020

Introduction

The Caspian Sea, due to its geographic location, exceptional richness of natural resources and historical influence on the economy and life of coastal states, plays a special role in the region. The sustainable state of its ecosystem is not least provided by microalgae, among which the largest share of primary production, along with diatoms, is formed by cyanobacteria. Due to the unique structural and functional organization of cells and the ability to quickly adapt to changes in the environment, these ancient prokaryotic photoautotrophs provide the dynamics of oxygen, carbon, and nitrogen in the aquatic environment, influencing the diversity and abundance of aquatic organisms (Vincent, 2009). They can also have a negative impact on the water quality: under conditions of climatic changes and increased anthropogenic loads on the coastal zones of the Caspian Sea, not least due to the expansion of oil production, more and more cases of cyanobacterial water blooms, including potentially toxic species (Nasrollahzadeh, 2010; Tahami, 2014; Nuriyeva, 2018), are observed. This indicates the importance of studying cyanobacteria at the regional level.

The Caspian is an inland sea located in an extensive continental depression on the border between Europe and Asia. Based on the features of the bottom topography, it is divided into three parts: the North, Middle and South Caspian (Kosarev, 2005). Five countries are located on the shores of the Caspian Sea: Azerbaijan, Iran, Kazakhstan, Russia and Turkmenistan. The Caspian coast of Azerbaijan occupies the southwestern part of the sea within the Middle and South Caspian; the length of the coastline is 955 km. The geomorphological conditions of the littoral zone are quite diverse: from narrow beaches overlooking the sea cliffs to wide sandy areas near river mouths. Bottom sediments are represented by sands, sandy clays, shell rock, silts, as well as coarse and fine-grained sediments. The surface of stones protruding from the water is often covered with sandy soil mixed with shell rock. Water salinity ranges from 7.0‰ in the pre-estuary space of the Kura River up to 13.7‰ near Khara-Zira Island, averaging 12.0–13.0‰. Often, stones and rocks in the splash zone and at shallow depths are covered with algae, including blue-greens. Microscopic cyanobacteria form fouling visible to the naked eye in the form of muddy deposits, films, crusts, mats, etc. In some parts of the coast, in the littoral, there are thickets of algae-macrophytes (Petrov, 1967; Karaeva, Zaberzhinskaya, 2008). Oil production has been the main anthropogenic factor affecting the ecological situation in the Caspian Sea, including off the coast of Azerbaijan, for over 100 years (Éfendieva, 2000). Industrial, agricultural and urban wastewaters are added to the increased oil pollution, which makes the situation in the region quite tense. Therefore, the task of inventorying and monitoring biological diversity remains extremely urgent.

The beginning of the study of the algal flora of the Caspian Sea dates back to the second half of the 19th century (Nuriyeva, 2019a, b); however, over the next century, very little information was accumulated on the algae, including blue-greens, of the Azerbaijani coast of the Caspian. It is interesting that the first finds of cyanobacteria of the sea were made on the Baku coast and concerned

benthic filamentous cyanobacteria. Kovalevsky (1870) cited *Oscillatoria leptotricha* Alten (actually accepted name is *Geitlerinema splendidum*¹) and *O. nigra* Vaucher (= *Phormidium nigrum*). A little later (Grunow, 1878) in the samples collected by Schneider in the port of Baku *Lyngbya crispa* Agardh (= *Heteroscytonema crispum*) was identified. The next publication with data on the species of blue-green algae appeared 40 years later (Kiselev, 1938). The author investigated the phytoplankton of the Middle and South Caspian in February–March 1934. Since the temperature regime at the end of winter does not favor the vegetation of blue-greens, only 17 of the 122 discovered taxa of species and infraspecies rank belonged to *Cyanophyta*. Among them, four species of unicellular cyanobacteria were noted in samples taken off the coast of Azerbaijan. In the same period of time (1934–1938) Kireeva and Schapova studied the phytobenthos of the Caspian Sea, including its western coast and the islands of the Baku archipelago. Based on their own and published data, the authors indicate that by the time of this writing, 33 species of *Cyanophyta* were found in the benthos of the Caspian Sea, of which only 3 species (*Lyngbya estuarii* Lieberman ex Gomont, *L. majuscula* Harvey ex Gomont, *Oscillatoria nigra* Vaucher ex Gomont) were found in the western coast and near the islands of the Baku archipelago (Kireeva, Schapova, 1957). A special hydrobotanical study of the Caspian coastal zone near Azerbaijan was carried out in the summer of 1959 and 1962 (Petrov, 1967), which made it possible to obtain a detailed description of phytobenthos communities for 150 stations located along the Azerbaijani coast. These data served as the basis for the classification of underwater phytocenoses and identification of vegetation types, among which a separate type of vegetation was described: communities of blue-green algae, represented by three formations (*Rivularia*, *Symploca laeteviridis*, *Lyngbya*); each of them formed a single-species association of the same name (Petrov, 1967). The text mentions the names of several more genera of blue-green algae (*Anabaena*, *Oscillatoria*); all taxa are listed without authors.

In 1968, a fundamental summary on the phytoplankton of the Caspian Sea was published (Proshkina-Lavrenko, Makarova, 1968), which still remains the reference book of researchers of the Caspian microalgae. The authors carefully summarized and analyzed all the literature available at that time and original long-term observations of planktonic algae throughout the entire sea area. Their phytoplankton list contains valuable information on the occurrence of species in the Caspian Sea, with precise indications of location, ecological conditions and abundance at the time of sampling. The list adds to the previously mentioned records in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea six species of planktonic cyanobacteria, which are said to have been found throughout the sea. Although the monograph mentioned the works of Babaev (1963, 1965a, b), devoted to phytoplankton of the western part of the Middle and South Caspian (Proshkina-Lavrenko, Makarova, 1968, p. 21), his data were not included in the list. Totally, Babaev (1968a, b) identified 29 taxa of blue-greens. Thus, by the beginning of the 70s of the 20th century, 33 species (36 forms) of *Cyanophyta* were known

¹ The names of the authors of taxa are in the Table.

for the Azerbaijani coast, of which 31 taxa from phytoplankton and only 4 species were found in phytobenthos.

In the last quarter of the 20th century, special studies of *Cyanophyta* began in the western part of the Caspian Sea, which continue to this day (Nuriyeva, 1980 a, b, 1981, 1983, 1996, 2006, 2007, 2013, 2018, 2019a,b; Nuriyeva, Akhundova, 1992; Akhundova, 1996). A significant part of this data concerns the Azerbaijani sector. For the first time, within the framework of one study, cyanobacteria living in the water column, at the bottom and in fouling of various substrates were studied, which made it possible to significantly expand the list of blue-green algae of the Caspian Sea (Nuriyeva, 1991, 1992, 2010, 2019a).

The active introduction of an integrated approach into the practice of studying cyanoprokaryotes and the adoption of the monophyletic concept of the species (Johansen, Casamatta, 2005) contributed to the description of a large number of new taxa of various ranks and, accordingly, to radical changes in their taxonomy. Therefore, the data accumulated over more than a century needs to be updated through the nomenclature-taxonomic revision of both the systematic structure and the species diversity of the Caspian cyanobacteria of Azerbaijan. The taxonomic structure of *Cyanophyceae* in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea in accordance with current changes in the nomenclature is presented in our previous article (Nuriyeva, 2019b).

The purpose of the present work was to analyse the species diversity of marine cyanobacteria of the Azerbaijani coast, taking into account the biotopic confinement, ecological features and data on the distribution of species, as well as to compile their verified list.

Materials and Methods

To compile a verified list of cyanobacteria in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea, we analyzed all known literary sources containing the names of taxa, as well as systematic lists from the candidate dissertations of Babaev (1968b) and Nuriyeva (1983). The original materials included over a thousand algological samples taken by the first author of this communication during expedition trips to the western part of the Caspian Sea (including the Azerbaijani sector) and sea excursions along the Azerbaijani coast of the Caspian Sea, starting in 1973. Sampling was carried out in different months from the splash zone to a depth of 50 (less often 100) m by the methods accepted in phycology (Algae..., 1989). The water column, the bottom and surface of various substrates (rocks, stones, hydraulic structures, algae, etc.) were examined. When taking an algological sample, the temperature, transparency, color and active reaction of water were measured, and a sample was also taken to determine the water salinity. Particular attention was paid to the coast of the Absheron Peninsula, where sites for stationary observations were selected.

The identification of species was carried out using a number of keys (Elenkin, 1938-1949; Hollerbakh et al., 1953; Kondratyeva, 1968; Kondratyeva et al., 1984; Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005; Komárek, 2013). The dominant species were judged by the results of direct microscopy; the relative abundance of the species was assessed using the Starmach scale (Algae...,

1989). The frequency of occurrence (F) was determined as the ratio of the number of samples in which the species was identified to the total number of samples studied.

The list was compiled in accordance with the classification of the genera of cyanobacteria (Komárek et al., 2014), taking into account the changes that have appeared since its publication (Guiry, Guiry, 2020). For the convenience of using the list and due to the extreme inconsistency of the systematic position of taxa with a rank higher than the genus at the present stage of intensive development of phylogenetic studies, we do not list families and orders; we arrange the genera (and species within the genus) in alphabetical order. The ecological characteristics and data on the general distribution of species are given according to Kovalenko (2009) and the corresponding issues of *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005; Komárek, 2013); we also took into account information from *AlgaeBase* (Guiry, Guiry, 2020). We use the terms “plankton” and “benthos” in accordance with the definition of the EU Water Framework Directive (WFD, 2000; https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html).

Results and Discussion

According to the generalized literature and original data, 98 species from 44 genera of *Cyanophyceae* were found near the Caspian coast of Azerbaijan (Table). The richest in species genera are *Phormidium* (9 species), *Chroococcus*, *Lyngbya*, *Oscillatoria* (6 species each), *Merismopedia* and *Spirulina* (5 species each). More than half of the genera (59.1%) are represented by one species each (Table). High generic diversity against the background of a low genus/species ratio (1/2.2) is mostly related to active taxonomic rearrangement of the group based on molecular phylogenetic data and the splitting of morphological genera into smaller phylogenetic clusters of the generic level.

The overwhelming number of identified species are characterized by low rates of occurrence and abundance. *Kamptonema laetevirens*, *Planktolyngbya limnetica*, *Leptolyngbya perelegans*, *Oscillatoria tenuis*, *Coleofasciculus chthonoplastes*, species of genera *Spirulina* (*S. labyrinthiformis*, *S. subtilissima*, *S. tenuissima*) and *Phormidium* (*P. ambiguum*, *P. breve*), *Lyngbya lutea*, *Trichocoleus tenerrimus*, *Calothrix scopulorum*, *Nodularia harveyana*, *Rivularia atra* occurred more often than others. Mass development was noted for a number of filamentous cyanobacteria forming macroscopic accumulations in the water column, on the sea bottom and surface of various substrates. Among them *Limnothrix redekei*, *Lyngbya martensiana*, *L. lutea*, *Phormidesmis molle*, *Spirulina tenuissima*, *P. ambiguum*, *P. breve*, *Anabaenopsis tanganyikae*, *Chrysosporum minus*, *Rivularia atra*. Among the species found off the coast of Azerbaijan, 11 are known as toxic: *Aphanizomenon flosaquae*, *Chrysosporum bergii*, *Dolichospermum flosaquae*, *Kamptonema formosum*, *Limnothrix redekei*, *Lyngbya majuscula*, *Microcystis aeruginosa*, *M. flosaquae*, *Nodularia spumigena*, *Planktothrix agardhii*, *Snowella lacustris*.

According to the ecological and geographical analysis, the generalized list of marine cyanobacteria of Azerbaijan reflects the features of the Caspian

region, as well as the specifics of its algofloristic study. In relation to water salinity, among the cyanobacteria of the Azerbaijani coast, the inhabitants of fresh water bodies are most numerous (39.2%), followed by freshwater/brackish and brackish forms (35.1% altogether); marine species rank third (16.5%). Three species each belong to halobionts (*Coleofasciculus chthonoplastes*, *Gloeo-capsopsis crepidinum*, *Nodularia harveyana*) and ubiquists (*Dolichospermum flosaquae*, *Spirulina labyrinthiformis*, *S. major*). The predominance of freshwater and brackish taxa is associated with the specificity of the Caspian Sea as a closed water body with a lower salinity in comparison with oceanic waters.

Analysis of the list of cyanobacteria from the point of view of the correspondence of the ecological characteristics of the species with their occurrence in the ecotopes of the Azerbaijani Caspian made it possible to reveal some features of the ecotopic groups of the coast. According to literature data, significant portion of discovered species are known as representatives of phytobenthos (61, including 7 periphytic species) and phytoplankton (29 species); four species live both in the water column and on the surface of various substrates, and three species are characteristic of metaphyton. Interestingly, off the coast of Azerbaijan, film-forming filamentous cyanobacteria were widely represented not only in benthic communities (82.8%), but also in the plankton, where they account for about half of the identified species (48.5%). This is due to the hydrological features of coastal ecotopes, where the surf-wave impact on the sea littoral contributes to the penetration of bottom filaments into the water column. The share of planktonic species in benthic communities was significantly lower: 14.1%. In general, the discovered taxa were distributed as follows: 64 species from 32 genera were found in both plankton and benthos; 33 species from 20 genera of cyanobacteria were common for these ecotopic groups.

The biogeographic spectrum of marine cyanobacteria of Azerbaijan is characterized by the predominance of species with a cosmopolitan (45.4%) and sub-cosmopolitan (30.9%) type of range; nine species are known as inhabitants of temperate latitudes. Four species have the Eurasian range and three each belong to the Eurasian-African and Eurasian-American types of the range. Two species have been described from the Caspian Sea; of these, *Anabaena kisselevii* is also found in the northeastern Black Sea (Nesterova et al., 2006), and *Kamptonema capsicum* is presumably endemic to the Caspian region (Vinogradova, Nuriyeva, 2020). The predominance of cosmopolitan and widespread species in the cyanoflora of the Azerbaijani Caspian reflects the tense ecological situation in the region.

Comparison of the analyzed list of cyanobacteria with data for the entire Caspian Sea allows us to conclude that the marine cyanoflora of Azerbaijan has been studied quite fully: it comprises 64.7% of genera and 48.0% of species known for the sea as a whole. The list includes 15 species that were found in the Caspian Sea only off the coast of Azerbaijan. Among them are the previously mentioned historical finds: *Geitlerinema splendidum* (Kovalevsky, 1870) and *Heteroscytonema crispum* (Grunow, 1878) found in the Baku region. These are widespread inhabitants of the benthos of continental waters; further for the

Caspian Sea were not given. Also, only in the Azerbaijani sector were recorded such representatives of marine phytobenthos as the cosmopolitan *Oscillatoria corallinae* and two rather rare species of the genus *Symploca*, which should be mentioned separately. *Symploca laeteviridis* was cited as the edifier of the both association and formation described by Petrov on the basis of the samples collected at one station located on the small rocky island in the water area of the Absheron Peninsula. Cyanobacteria formed “filmy sinusia on rocky surfaces open by the surf in the splash zone from 0.75 m to 1 m above sea level.” (Petrov, 1967, p. 131). Revealing of thin-filamentous tropical cyanobacteria in hydrobotanical survey based on the dominant approach seems to us extremely doubtful. *S. laeteviridis* was described from the coast of Key West Isl. in the Gulf of Mexico. The range of this species covers the oceanic coasts of Southeast Asia, Australia, New Zealand and South America (Komárek, Anagnostidis, 2005; Guiry, Guiry, 2020). Morphologically, this species is indistinguishable from many representatives of oscillatorian algae with trichomes 1.5–3.5 µm wide. Considering the morphology and geographical distribution of *S. laeteviridis*, as well as the fact that identification was carried out without the use of immersion optics, we consider this identification doubtful. Another representative of the genus *Symploca*, *S. funicularis*, was found in a number of sites along the coast of the Middle and South Caspian, both in epilithic on stones in the splash zone and on silty bottom at a depth of 10–12 m (Nuriyeva, 1983). These findings do not contradict the ecological and geographical characteristics of this species: it was described from the Pacific coast of the United States, but also found in Europe (Scandinavian countries, Spain, including the Canary Islands). The rest of the species, found so far only off the coast of Azerbaijan, are widespread taxa with a wide ecological amplitude; therefore, their absence in other regions of the sea may be due to the fact that the benthic communities of the Caspian coast as a whole are much less studied than plankton ones.

Conclusions

As a result of a taxonomic revision of the literature and original data, a checklist of cyanobacterial genera and species of the Azerbaijani sector of the Caspian Sea was compiled. For the period from 1870 to 2019, 98 species from 44 genera of *Cyanophyceae* were recorded. The most diverse genera are *Phormidium*, *Chroococcus*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Merismopedia* and *Spirulina*; they account for 39.2% of all revealed species. Almost half of the genera (44.4%) are represented by one species each.

Sixty four species from 32 genera were found in both plankton and benthos; 33 species from 20 genera of cyanobacteria were common for these ecotopic groups. According to the ecotopic preference of the revealed species, most of them are known as benthic (62.9%), the proportion of truly planktonic species is 29.9%. At the same time, due to the surf-wave impact on the sea littoral, mat-forming filamentous cyanobacteria were widely represented not only in benthic communities (82.8%), but also in the samples of phytoplankton, where they account for about half of the identified taxa (48.5%).

In relation to water salinity, among the cyanobacteria of the Azerbaijani coast, the inhabitants of fresh waters are most numerous (39.2%), followed by freshwater/brackish and brackish forms (35.1% altogether); marine species rank third (16.5%). The predominance of freshwater and brackish species reflects the specificity of the Caspian Sea as a closed water body with a lower salinity in comparison with oceanic waters.

The biogeographical spectrum is characterized by the predominance of species with a cosmopolitan (45.4%) and sub-cosmopolitan (30.9%) ranges, which reflects the tense ecological situation in the region.

The list includes 64.7% of genera and 48.0% of species known for the Caspian Sea as a whole. 15 species were found only off the Azerbaijani coast. This is partly due to the fact that the benthic cyanobacteria of the northern and southern Caspian have hardly been studied.

REFERENCES

- Alfimov N.N. 1965. Species composition of algae-macrophytes and diatoms in clean and polluted waters of the Caspian Sea off the coast of the Apsheron Peninsula. In: *Mat. Transcaucasian Conf. on spore plants*. Baku: AN AzSSR Press. Pp. 36–39. [1]²
- Akhundova N.A. 1996. *Phytoplankton of the South Caspian: composition, ecology, quantitative development, value*: PhD. (Biol.) Abstract. Baku, 1996. 24 p. [2]
- Algae: Reference Book*. 1989. Ed. S.P. Wasser. Kyiv: Naukova Dumka. 489 p.
- Babaev G.B. 1963. To the study of phytoplankton of the coastal zones of the islands of the Baku archipelago. In: *Abstracts of the joint scientific session dedicated to the exploration of the Caspian Sea, the shores of the oceans and seas*. Baku: AN AzSSR Press. P. 78.
- Babaev G.B. 1965a. About phytoplankton of the western part of the Middle and South Caspian. *Hydrobiol. J.* 1(6): 11–19. [3]
- Babaev G.B. 1965b. On the study of the distribution of phytoplankton on the western coast of the Middle Caspian. In: *Materials of the scientific-theoretical conference of young scientists*. Baku: AN AzSSR Press. Pp. 185–188.
- Babaev G.B. 1968a. Composition and distribution of phytoplankton in the Middle and South Caspian. In: *Biology of the Middle and South Caspian*. Moscow: Nauka Press. Pp. 50–64. [4]
- Babaev G.B. 1968b. *Composition and distribution of phytoplankton in the western part of the Middle and South Caspian*: Diss. PhD. (Biol.). Baku. 286 p. [5]
- Éfendieva I.M. 2000. Ecological problems of oil exploitation in the Caspian Sea area. *J. Petrol. Sci. and Engineer.* 28(4): 227–231.
- Elenkin A.A. *Monographia Algarum Cyanophycearum Aquidulcium et Terrestrium in finibus URSS inventarum*, Spec. pt 1, 1938; pt 2, 1949. Moscow, Leningrad: Acad. Nauk USSR Press, 1908 p.
- Fedorov V.D., Kafar-zade L.K. 1978. Investigation of the regulatory action of algal metabolites (filtrates) on natural plankton. In: *Man and biosphere*. 2. Moscow: Moscow Univ. Press. Pp. 172–198. [6]

² The numbers in bold in square brackets indicate the sources used in compiling the list of species (Table).

- Grunow A. 1878. Algen und Diatomaceen aus dem Kaspischen Meere. In: *Naturwissenschaftliche Beiträge zur Kenntnis der Kaukasusländer, auf Grund seiner Sammelbeute*. Ed. O. Schneider. Dresden: Dresden Burdach. Pp. 98–132. [7]
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2020. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Hollerbach M.M., Kosinskaya E.K., Polianskiy V.S. 1953. *Identification Manual of Freshwater Algae of the USSR. Issue 2. Blue-green algae*. Moscow: Sov. Nauka Press. 450 p.
- Johansen J.R., Casamatta D.A. 2005. Recognizing cyanobacterial diversity through adoption of a new species paradigm, *Arch. Hydrobiol. Algol. Stud.* 117: 71–93.
- Kafar-zade L.K. 1976. Materials on phytoplankton of the Caspian Sea. In: *Algoflora and mycoflora of Central Asia*. Tashkent: Fan: 160–163. [8]
- Karaeva N.I., Zaberzhinskaya E.B. 2008. Dynamics of *Zostera noltii* Hornem near the Azerbaijani coast of the Caspian. *Bull. ONU.* 13(4): 196–199.
- Kireeva M.S., Schapova T.F. 1957. Materials on the systematic composition and biomass of algae and higher aquatic vegetation of the Caspian Sea. *Trudy Inst. Oceanol.* 23: 125–137. [9]
- Kiselev I.A. 1938. About phytoplankton of the Caspian Sea. In: *Materials on hydrobiology and lithology of the Caspian Sea*. Moscow, Leningrad: Publ. House USSR Acad. Sci. Pp. 229–254. [10]
- Komárek J. 2013. *Cyanoprokaryota*. 3rd pt: *Heterocytous genera*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19/3. Berlin, Heidelberg: Elsevier. 1130 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 1998. *Cyanoprokaryota*. 1. *Chroococcales*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19/1. Jena: Gustav Fischer Verlag. 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. *Cyanoprokaryota*. 2. *Oscillatoriales*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19/2. München: Elsevier Spectrum. 759 p.
- Komárek J., Kaštovský J., Mareš J., Johansen J.R. 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014 using a polyphasic approach. *Preslia*. 86(4): 295–235.
- Kondratyeva N.V. 1968. Class *Hormogoniophyceae*. In: *Identification manual of freshwater algae of Ukrainian SSR*. Vol. 1, pt 2. Kyiv: Naukova Dumka. 523 p. [Ukr.]
- Kondratyeva N.V., Kovalenko O.V., Prikhodkova L.P. 1984. *Identification manual of freshwater algae of Ukrainian SSR*. Vol. 1, pt 1. Class *Chroococcophyceae*. Class *Chamaesiphonophyceae*. Kyiv: Naukova Dumka. 388 p. [Ukr.]
- Kosarev A.N. 2005. Physico-Geographical Conditions of the Caspian Sea. In: *The Caspian Sea Environment*. Eds A.G. Kostianoy, A.N. Kosarev. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag. Pp. 59–81.
- Kovalenko O.V. 2009. Blue-green algae. Order *Chroococcales*. In: *Flora of algae of Ukraine*. Issue1, pt 2. Kyiv: Aristey. 387 p.
- Kovalevsky A.O. 1870. List of algae collected in the Caspian Sea. In: *Protocols of the Soc. Nat. of Kazan University for 1869–1870*. Pp. 67–68. [11]
- Nasrollahzadeh A. 2010. Caspian Sea and its ecological challenges. *Caspian J. Environ. Sci.* 8(1): 97–104.
- Nesterova D.A., Terenko L.M., Terenko G.V. 2006. List of phytoplankton species. In: *North-Western part of the Black Sea: biology and ecology*. Kyiv: Naukova Dumka. Pp. 557–576.
- Nuriyeva M.A. 1980a. Blue-green algae of the northern part of the Caspian Sea. *Hydrobiol. J.* 16(1): 26–31.

- Nuriyeva M.A. 1980b. Blue-green algae of the Caspian Sea near the Absheron Peninsula. *Ukr. Bot. J.* 37(5): 81–85. [12]
- Nuriyeva M.A. 1981. Blue-green algae of the western part of the Caspian Sea. *Ukr. Bot. J.* 38(6): 41–45. [13]
- Nuriyeva M.A. 1983. *Blue-green algae of the western part of the Caspian Sea*: PhD. (Biol.) Thesis. Baku. 396 p. [Rus.] [14]
- Nuriyeva M.A. 1991. *Cyanophyta* species new to the Caspian Sea. *Algologia*. 1(3): 61–66. [15]
- Nuriyeva M.A. 1992. Supplement to the *Cyanophyta* flora of the Caspian Sea. *Algologia*. 2(3): 87–90. [16]
- Nuriyeva M. A. 1996. A comparison of the Caspian and Black Sea blue-green algae. In: *Plant life in South-West and Central Asia*. Izmir: Ege University Press. Pp. 384–389.
- Nuriyeva M.A. 2006. Species diversity of *Hormogoniophyceae* (*Cyanophyta*) of the Northern Caspian Sea. *Proc. Inst. Bot. NAS Azerbaijan*. 26: 45–49.
- Nuriyeva M.A. 2007. To the algoflora of the Apsheron Peninsula of the Caspian Sea. *Proc. Inst. Bot. NAS Azerbaijan*. 27: 153–158. [17]
- Nuriyeva M.A. 2010. Diversity of *Oscillatoriaceae* (Kirchn.) Elenkin (*Cyanophyta*) of the South Caspian. *Proc. Inst. Bot. NAS Azerbaijan*. 30: 155–160. [18]
- Nuriyeva M.A. 2013. Blue-green algae of benthos of the Azerbaijani part of the Caspian Sea. *Proc. Inst. Bot. NAS Azerbaijan*. 33: 54–56. [19]
- Nuriyeva M. A. 2016. Blue-green algae of the *Nostocales* order in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea. *Proc. Inst. Bot. NAS Azerbaijan*. 36: 56–60. [20]
- Nuriyeva M.A. 2018. Blue-green algae (*Cyanoprokaryota*) of the Caspian Sea. *Bull. of the National Academy of Sciences of Azerbaijan*. 5(2): 34–38. [21]
- Nuriyeva M. A. 2019a. Blue-green algae in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea. Baku: Elm. 96 p. [22]
- Nuriyeva M.A. 2019b. Diversity and taxonomic structure of *Cyanoprokaryota* in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea. *Plant et Fungal Res.* 2(2): 2–10. [23]
- Nuriyeva M.A., Akhundova N.A. 1992. Species composition of *Chroococcophyceae* (*Cyanophyta*) of the Northern Caspian. *Algologia*. 2(1): 56–61.
- Petrov K.M. 1967. Underwater vegetation of the Caspian Sea coastal zone off the coast of Azerbaijan. In: *Experience of geological-geomorphological and hydrobiological studies of the coastal zone of the sea*. Leningrad: Nauka. Pp. 103–157. [24]
- Proshkina-Lavrenko A.I., Makarova I.V. 1968. *Plankton algae of the Caspian Sea*. Leningrad: Nauka. 291 p. [Rus.] [25]
- Tahami F.S. 2014. Study on species diversity, distribution, biomass and bloom of cyanobacteria in Southern Caspian Sea. 2nd International Conference on Oceanography. *J. Mar. Sci. Res. and Develop.* 70: 19.
- Vincent W.F. 2009. Cyanobacteria. In: *Protists, Bacteria and Fungi: Planktonic and Attached*. Laval (Canada): Elsevier Inc. Pp. 226–232.
- Vinogradova O.N., Nuriyeva M.A. 2020. Missed Taxon: on the Generic Affiliation of Cyanobacteria *Oscillatoria tanganyikae* var. *caspica* Usachev. *International Journal on Algae*. 22(3): 237–244. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v22.i3.40>

Recommended for publication by G.G. Minicheva

Нурієва М.А.¹, Виноградова О.М.². 2020. **Ціанобактерії азербайджанського сектора Каспійського моря: перевірений список та еколого-географічні особливості.** *Альгологія*. 30(4): 325–340.

¹ Інститут ботаніки НАН Азербайджану,
Бадамдарське шосе, 40, Баку 1004, Азербайджан

² Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська, 2, Київ 01601, Україна

У статті представлені результати таксономічної ревізії видового різноманіття ціанобактерій азербайджанського сектора Каспійського моря за літературними та оригінальними даними. За період 1870–2019 рр. біля каспійського узбережжя Азербайджану виявлено 98 видів з 44 родів *Cyanophyceae*. Найбільш різноманітно представлені роди *Phormidium* Kützinger ex Gomont, *Chroococcus* Nägeli, *Lyngbya* C. Agardh ex Gomont, *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont, *Merismopedia* F.J.F. Meyen и *Spirulina* Turpin ex Gomont. У планктоні і бентосі виявлено по 64 види з 32 родів ціанобактерій; спільними виявилися 33 види з 20 родів. Подано аналіз біотопічної приналежності, екологічних та біогеографічних особливостей знайдених видів. Серед ціанобактерій азербайджанського узбережжя найчисленнішими були мешканці прісних вод (39,2%), за ними йдуть прісноводно/солонуватоводні та солонуватоводні форми (разом 35, 1%), на третьому місці морські види (16,5%). Переважання прісноводних і солонуватоводних форм відбиває специфіку Каспійського моря як безстічної водойми зі зниженою, в порівнянні з океанічними водами, солоністю води. За екологічною приуроченістю більшість виявлених видів відомі як представники фітобентосу (62,9%), частка істинно планктонних видів становить 29,9%. При цьому види-плівкоутворювачі широко представлені не тільки в бентосних угрупованнях (82,8%), а й в товщі води, де на їхню частку припадає близько половини виявлених видів (48,5%). Це пов'язано з гідрологічними особливостями прибережних екотопів, де прибіжно-хвильовий вплив на морську літораль сприяє потраплянню донних нитчаток у товщу води. Географічний спектр характеризується переважанням видів з космополітним (45,4%) і субкосмополітним (30,9%) типами ареалу, що відображає напружену екологічну ситуацію в регіоні.

Ключові слова: ціанобактерії, видовий склад, фітопланктон, фітобентос, екологія, загальне поширення, Каспійське море, Азербайджан

Table. **Verified list of cyanobacteria of the Azerbaijani coast of the Caspian Sea**
(1 – ecotopic grouping, 2 – relation to the salinity of the environment, 3 – general distribution)

Taxon	Azerbaijani coast		Ecological and geographical characteristics of the species		
	1	Reference*	1	2	3
Anabaena Bory ex Bornet et Flahault, 1886					
<i>Anabaena kisselevii</i> Proshkina-Lavrenko	pl	20, 22, 23	pl	br	BS, CS
Anabaenopsis V.V.Miller, 1923					
<i>Anabaenopsis cunningtonii</i> W.R.Taylor	pl	20, 22, 23, 25	pl	fw	E, A, Af, S Am
<i>A. elenkinii</i> V.V.Miller	pl	5, 14	pl	br	wd
<i>A. raciborskii</i> Woloszynska	pl	5	pl	br	wd
<i>A. tanganyikae</i> (G.S.West) Woloszynska et V.V.Miller	pl	4, 5, 20, 22, 23, 25	pl	fw	wd
Anagnostidinema Strunecký, Bohunická, J.R.Johansen et J.Komárek, 2017					
<i>Anagnostidinema acutissimum</i> (Kufferath) Strunecký, Bohunická, J.R.Johansen et J.Komárek [<i>Oscillatoria acutissima</i> Kufferath]	pl, bn	12, 14, 15, 17, 18, 22	bn	fw	temp
Anathece (Komárek et Anagnostidis) Komárek, Kastovsky et Jezberová, 2011					
<i>Anathece clathrata</i> (W. et G.S.West) Komárek, Kastovsky et Jezberová [<i>Aphanothece clathrata</i> W. et G.S.West]	pl, bn	14, 17, 22	pl	fw/br	cosmo
Aphanizomenon Morren ex Bornet et Flahault, 1886					
<i>Aphanizomenon flosaquae</i> Ralfs ex Bornet et Flahault	pl	4, 5, 13, 14, 20, 21, 22, 23, 25	pl	fw	temp
Aphanocapsa Nägeli, 1849					
<i>Aphanocapsa grevillei</i> (Berkeley) Rhabenhorst [<i>Microcystis grevillei</i> (Hassall) Elenkin]	pl, bn	5, 13, 14, 22, 23	tr	fw	temp
<i>A. holsatica</i> (Lemmermann) G.Cronberg et Komárek [<i>M. pulvereae</i> f. <i>holsatica</i> (Lemmermann) Elenkin]	pl	22	pl	mar/fw	cosmo
Aphanothece Nägeli, 1849					
<i>Aphanothece elabens</i> (Brébisson ex Meneghini) Elenkin [<i>Aphanothece elabens</i> (Brébisson) Elenkin f. <i>minor</i>]	pl	14, 17, 22	pl/bn	fw	E, A, S Am
Arthrospira Sitenberger ex Gomont, 1892					
<i>Arthrospira platensis</i> Gomont [<i>Spirulina platensis</i> (Gomont) Geitler]	pl	14, 15, 21, 22, 23	pl/bn	mar/fw	wd
Calothrix C.Agardh ex Bornet et Flahault, 1886					
<i>Calothrix scopulorum</i> C.Agardh ex Bornet et Flahault	bn	12, 13, 14, 19, 20, 22, 23	bn	mar	cosmo
Chroococcus Nägeli, 1849					
<i>Chroococcus cohaerens</i> (Brébisson) Nägeli [<i>Gloeocapsa cohaerens</i> (Brébisson) Hollerbach]	bn, pl	13, 14, 17, 22	bn	aer	E, A, N Am
<i>C. dispersus</i> (Keissler) Lemmermann [<i>Gloeocapsa minor</i> (Kützing) Hollerbach f. <i>dispersa</i> (Keissler) Hollerbach]	pl	14, 22, 25	pl	fw/br	temp
<i>C. minimus</i> (Keissler) Lemmermann [<i>Gloeocapsa minima</i> (Keissler) Hollerbach; <i>Gloeocapsa minima</i> f. <i>smithii</i> Hollerbach]	pl, bn	13, 14, 17, 22	pl	fw	temp
<i>C. minor</i> (Kützing) Nägeli [<i>Gloeocapsa minor</i> (Kützing) Hollerbach]	pl, bn	10, 14, 17, 22	bn	fw/br	temp
<i>C. minutus</i> (Kützing) Nägeli [<i>Gloeocapsa minuta</i> (Kützing) Hollerbach]	pl	6, 14, 17, 22	pl	fw/br	cosmo
<i>C. turgidus</i> (Kützing) Nägeli [<i>Gloeocapsa turgida</i> (Kützing) Hollerbach]	pl, bn	6, 12, 14, 17, 19, 22	bn	fw	cosmo

Chrysosporum E.Zapomelová, O.Skácelová, P.Pumann, R.Kopp et E.Janecek, 2012					
<i>Chrysosporum bergii</i> (Ostenfeld) E.Zapomelová, O.Skácelová, P.Pumann, R.Kopp et E.Janecek [<i>Anabaena bergii</i> Ostenfeld]	pl	5, 20, 22, 23, 25	pl/bn	br	wd
<i>Chrysosporum minus</i> (Kiselev) Komárek [<i>Anabaena bergii</i> Ostenfeld f. <i>minor</i> Kiselev]	pl	4, 5, 14, 20, 22, 23, 25	pl	fw	E, A
Coleofasciculus M.Siegesmund, J.R.Johansen et T.Friedl, 2008					
<i>Coleofasciculus chthonoplastes</i> (Thuret ex Gomont) M.Siegesmund, J.R.Johansen et T.Friedl [<i>Microcoleus chthonoplastes</i> Thuret ex Gomont]	bn	12, 13, 14, 17, 22, 23	bn	hb	cos mo
Cuspidothrix P. Rajaniemi, J. Komárek, R.Willame, P.Hrouzek, K.Kastovská, L.Hoffmann et K.Sivonen, 2005					
<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> (Usachev) P.Rajaniemi, J. Komárek, R.Willame, P.Hrouzek, K.Kastovská, L.Hoffmann et K.Sivonen [<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i> (Usachev) Proshkina-Lavrenko]	pl	5	pl	fw/br	wd
<i>Cuspidothrix ussaczewii</i> (Proshkina-Lavrenko) P. Rajaniemi, J. Komárek, R.Willame, P. Hrouzek, K. Kastovská, L.Hoffmann et K. Sivonen [<i>Aphanizomenon ovalisporum</i> Forti f. <i>caspiica</i> Usachev]	pl	5	pl	fw	CS
Dolichospermum (Ralfs ex Bornet et Flahault) P. Wacklin, L.Hoffmann et J. Komárek, 2009					
<i>Dolichospermum flosaquae</i> (Brébisson ex Bornet et Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann et J.Komárek [<i>Anabaena flos-aquae</i> Brébisson in Brébisson et Godey]	pl	5, 13, 14, 20, 22, 23	pl	fw	cos mo
Geitlerinema (Anagnostidis et Komárek) Anagnostidis					
<i>Geitlerinema splendidum</i> (Greville ex Gomont) Anagnostidis [<i>Oscillatoria leptothricha</i> Alten]	bn	11	bn	fw/br	cos mo
Gloeocapsopsis Geitler ex Komárek, 1993					
<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i> (Thuret) Geitler ex Komárek [<i>Gloeocapsa crepidinum</i> (Thuret) Thuret]	bn	14, 17, 19, 22	bn	hb	cos mo
Gomphosphaeria Kützing, 1836					
<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing	pl	14, 22, 23, 25	pl	fw	cosmo
<i>G. cordiformis</i> (Wille) Hansgirg [<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing var. <i>cordiformis</i> Wille]	pl	10, 22	pl	fw	wd
<i>G. multiplex</i> Komárek [<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing var. <i>multiplex</i> Nygaard]	pl	22, 25	pl	fw	wd
Heteroleibleinia (Geitler) Hoffmann, 1985					
<i>Heteroleibleinia kossinskajae</i> (Elenkin) Anagnostidis et Komárek [<i>Lyngbya kossinskajae</i> Elenkin]	bn	22, 23	ep	fw	E, A
<i>H. kuetzingii</i> (Schmidle) Compère [<i>Lyngbya kuetzingii</i> Schmidle]	bn	14, 17, 18, 22, 23	ep	fw	cos mo
<i>H. ucrainica</i> (Shirshov in Elenkin) Anagnostidis et Komárek [<i>Lyngbya kuetzingii</i> f. <i>ucrainica</i> Shirshov]	bn	2, 18, 22, 23	ep	fw	E, CS
Heteroscytonema McGregor et Sendall, 2018					
<i>Heteroscytonema crispum</i> (Bornet ex De Tony) G.B.McGregor et Sendall [<i>Lyngbya crispa</i> C. Agardh]	bn	7	bn	fw	wd
Jaaginema Anagnostidis et Komárek, 1988					
<i>Jaaginema geminatum</i> (Schwabe ex Gomont) Anagnostidis et Komárek [<i>Oscillatoria geminata</i> Schwabe ex Gomont]	pl, bn	6, 14, 18	ep	fw/br	cos mo
<i>J. pseudogeminaum</i> (G.Schmid) Anagnostidis et Komárek [<i>Oscillatoria pseudogeminata</i> G.Schmid]	pl, bn	14, 17, 18, 22	pl/bn	fw	E, A, S Am
Kamptonema Strunecký, Komárek et J.Smarda, 2014					
<i>Kamptonema capsicum</i> (Usachev) O.Vinogradova et M. Nuriyeva [<i>Oscillatoria tanganyikae</i> f. <i>caspiica</i> Usachev]	pl	5	pl	fw/br	CS
<i>K. formosum</i> (Bory ex Gomont) Strunecký, Komárek et J.Smarda [<i>Oscillatoria formosa</i> Bory ex Gomont]	bn	14, 17, 18, 22	bn	fw/br	cos mo
<i>K. laetevirens</i> (H.M.Crouan et P.L.Crouan ex Gomont) Strunecký, Komárek et J.Smarda [<i>Oscillatoria laetevirens</i> (H.M.Crouan et P.L.Crouan ex Gomont)]	pl, bn	14, 17, 18, 19, 22, 23	bn	mar/hb	E, N Am

<i>Kamptomena okenii</i> (C.Agardh ex Gomont) Strunecký, Komárek et J.Smarda [<i>Oscillatoria okenii</i> C.Agardh ex Gomont]	pl, bn	12, 13, 14, 17, 18, 22	bn	fw/br	cos mo
Leptolyngbya Anagnostidis et Komárek, 1988					
<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek [<i>Phormidium fragile</i> Gomont]	bn	14, 18, 22	bn	mar	cos mo
<i>Leptolyngbya perelegans</i> (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek [<i>Lyngbya perelegans</i> Lemmermann]	bn	12, 14, 15, 17, 18, 22	bn	fw	cos mo
<i>L. tenuis</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek [<i>Phormidium tenue</i> Gomont]	bn	14, 18, 22	bn/tr	fw	wd
<i>L. valderiana</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek [<i>Phormidium valderiae</i> f. <i>majus</i> Hollerbach]	bn	14, 15, 17, 22	bn	fw	cos mo
Limnococcus (Komárek et Anagnostidis) Komárková, Jezberová, O.Komárek et Zapomelová, 2010					
<i>Limnococcus limneticus</i> (Lemmermann) Komárková, Jezberová, O.Komárek et Zapomelová [<i>Gloeocapsa limnetica</i> (Lemmermann) Hollerbach]	pl, bn	5, 6, 10, 14, 17, 19, 22, 23, 25	pl	fw/br	cos mo
Limnothrix M.-E.Meffert, 1988					
<i>Limnothrix redekei</i> (Goor) Meffert [<i>Oscillatoria redekei</i> Goor]	pl, bn	12, 13, 14, 16, 17, 18, 21, 22, 23	pl	fw	temp
Lyngbya C.Agardh ex Gomont, 1892					
<i>Lyngbya aestuarii</i> Liebman ex Gomont	bn	9, 12, 13, 14, 16, 22, 23	bn	mar	cos mo
<i>L. confervoides</i> C.Agardh ex Gomont	bn	14, 17, 18, 22	bn	mar	cos mo
<i>L. lutea</i> Gomont ex Gomont	bn	12–15, 17–19, 21–23	bn	fw/br	cos mo
<i>L. majuscula</i> Harvey ex Gomont	bn pl	3, 5, 9, 14, 17, 18, 21, 22	bn	mar	cos mo
<i>L. martensiana</i> Meneghini ex Gomont	pl, bn	1, 4, 12, 14, 17, 18, 21, 22	mph	fw/br	cos mo
<i>L. semiplena</i> J.Agardh ex Gomont	bn	12, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23	ep, el	mar	cos mo
Merismopedia Meyen, 1839					
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenberg) Kützinger	pl, bn	5, 10, 12, 14, 17, 22, 23, 25	bn/pl	fw	cos mo
<i>M. mediterranea</i> Nägeli [<i>Merismopedia glauca</i> f. <i>mediterranea</i> (Nägeli) Collins]	pl	3, 4, 5, 14, 17, 22	bn	mar	wd
<i>M. minima</i> G.Beck	pl, bn	5, 13, 14, 22	bn/tr	fw	temp
<i>M. punctata</i> Meyen	pl, bn	5, 6, 10, 12, 13, 14, 17, 22, 23, 25	pl	fw	cos mo
<i>M. tenuissima</i> Lemmermann	pl, bn	5, 6, 10, 12, 14, 17, 22, 25	bn	fw/br	cos mo
Microcoleus Desmazieres ex Gomont, 1892					
<i>Microcoleus amoenus</i> (Gomont) Strunecký, Komárek et R.J.Johansen [<i>Oscillatoria amoena</i> Gomont]	pl, bn	13–15, 17, 18, 22, 23	bn/tr	fw	wd
<i>M. beggiatoiformis</i> (Gomont) Strunecký, Komárek et R.J.Johansen [<i>Oscillatoria beggiatoiformis</i> (Gomont) f. <i>maxima</i> (Copeland) Kondratyeva]	pl	14, 15, 17, 22	bn	fw	E, A
<i>Microcoleus subtorulosus</i> Gomont ex Gomont	bn	14, 17	bn	fw	wd

Microcystis Kützing ex Lemmermann, 1907					
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	pl	5, 8, 13, 14, 21, 22, 23	pl	fw/br	cos mo
<i>M. flosaquae</i> (Wittrock) Kirchner [<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing f. <i>flos-aquae</i>]	pl	22	pl	fw	temp
<i>M. pulvereae</i> (H.C.Wood) Forti	pl, bn	3, 4, 5, 14, 17, 22, 23, 25	bn	fw	cos mo
Nodularia Mertens in Jürgens ex Bornet et Flahault, 1888					
<i>Nodularia harveyana</i> Thuret ex Bornet et Flahault	pl	4, 5, 12, 14, 17, 20, 22, 23, 25	pl/ bn	mar/ fw	cos mo
<i>N. spumigena</i> Mertens ex Bornet et Flahault	pl	4, 5, 20, 21, 22, 23, 25	aq/tr	mar	cos mo
Oscillatoria Vaucher ex Gomont, 1892					
<i>Oscillatoria corallinae</i> Gomont ex Gomont	bn	12, 14, 17, 18, 22	bn	mar	cos mo
<i>O. levis</i> (N.L.Gardner) Anagnostidis [<i>Oscillatoria tenuis</i> f. <i>levis</i> (N.L.Gardner) Kondratyeva]	pl	13, 14, 17, 18	bn	fw	E, A, S Am
<i>O. limosa</i> C.Agardh ex Gomont	pl, bn	6, 14, 17, 22	bn	fw	wd
<i>O. margaritifera</i> Kützing ex Gomont	bn	5, 14, 17, 18	bn	mar	wd
<i>O. sancta</i> Kützing ex Gomont	bn	12, 14, 17–19, 21–23	bn	fw	cosmo
<i>O. tenuis</i> C.Agardh ex Gomont	pl, bn	12, 14, 17, 18, 22	bn	fw	cos mo
Oxynema Chatchawan, Strunecký, Komárek, Smarda et Peerapornpisal, 2012					
<i>Oxynema lloydianum</i> (Gomont) Chatchawan, Strunecký, Komárek, Smarda et Peerapornpisal [<i>Oscillatoria lloydiana</i> Gomont]	bn	14, 17, 22	bn	mar	E
Phormidesmis Turicchia, Ventura, Komárková et Komárek, 2009					
<i>Phormidesmis molle</i> (Gomont) Turicchia, Ventura, Komárková et Komárek [<i>Phormidium molle</i> Gomont]	pl, bn	14, 15, 17, 22	bn	fw/br	cos mo
Phormidium Kützing ex Gomont, 1892					
<i>P. ambiguum</i> Gomont	bn	12–14, 16–19, 21–23	bn	mar/ fw	cos mo
<i>P. boryanum</i> (Bory ex Gomont) Anagnostidis et Komárek [<i>Oscillatoria boryana</i> Bory ex Gomont]	pl, bn	14, 15, 17, 22	bn	fw	wd
<i>P. breve</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis et Komárek [<i>Oscillatoria brevis</i> Kützing ex Gomont]	bn, pl	5, 12, 13, 14, 17–19, 22, 23	bn	fw/br	cos mo
<i>P. chalybeum</i> (Mertens ex Gomont) Anagnostidis et Komárek [<i>Oscillatoria chalybea</i> Mertens ex Gomont]	pl, bn	14, 17, 18, 22	bn	mar/ fw	cos mo
<i>P. irriguum</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis et Komárek [<i>Oscillatoria irrigua</i> Kützing ex Gomont]	pl, bn	12, 14, 17, 18, 22	bn/tr	fw	cos mo
<i>P. nigrum</i> (Vaucher ex Gomont) Anagnostidis et Komárek [<i>Oscillatoria nigra</i> Vaucher ex Gomont]	bn	9, 11	bn	fw	wd
<i>P. papyraceum</i> Gomont ex Gomont	bn	14, 16, 17, 18, 22	bn	fw/mar	cos mo
<i>P. tergestinum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis et Komárek [<i>Oscillatoria tenuis</i> f. <i>tergestina</i> (Kützing) Elenkin; <i>Oscillatoria tenuis</i> f. <i>uralensis</i> (Woronichin) Elenkin]	pl, bn	14, 15, 17, 18, 22, 23	bn	fw	wd
<i>P. variabile</i> (Wille) Anagnostidis et Komárek [<i>Oscillatoria variabilis</i> (Wille) Kondratyeva]	bn	22	bn	hb	E, A

Planktolyngbya Anagnostidis et Komárek, 1988					
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komáreková-Legnerová et Cronberg [<i>Lyngbya limnetica</i> Lemmermann]	pl, bn	5, 6, 8, 12, 13, 14, 17, 18, 22	pl	fw	cos mo
Planktothrix Anagnostidis et Komárek, 1988					
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek [<i>Oscillatoria agardhii</i> Gomont]	pl	5, 12, 14, 17, 18, 22	pl	fw	cos mo
Pseudanabaena Lauterborn, 1915					
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek [<i>Oscillatoria limnetica</i> (Kützinger) Gomont]	pl	12, 13, 14, 17, 18, 22	bn, pl	fw	cos mo
Rivularia C.Agardh ex Bornet et Flahault, 1886					
<i>Rivularia atra</i> Roth ex Bornet et Flahault	bn	12, 14, 17, 19, 20, 22, 23	bn	mar	wd
Schizothrix Kützinger ex Gomont, 1892					
<i>Schizothrix lenormandiana</i> Gomont	bn	14, 17, 22	bn/tr	fw	E
Snowella Elenkin, 1938					
<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek et Hindák [<i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat]	pl, bn	4, 5, 14, 22, 25	pl	fw	cos mo
Spirulina Turpin ex Gomont, 1892					
<i>Spirulina labyrinthiformis</i> Gomont	bn	12, 13, 17–19, 21–23	pl	uq	wd
<i>S. major</i> Kützinger ex Gomont	bn	14, 17, 18, 22	pl	mar/fw	cosmo
<i>S. subsalsa</i> Oersted ex Gomont	pl	22, 23	el, ep	mar/fw	cosmo
<i>S. subtilissima</i> Kützinger ex Gomont	pl, bn	12–14, 17, 18, 22, 24	el, ep	mar/fw	cosmo
<i>S. tenuissima</i> Kützinger	pl, bn	12, 13, 14, 17, 18	bn	mar	E, A, Af
Symploca Kützinger ex Gomont, 1892					
<i>Symploca funicularis</i> Setchell et N.L.Gardner	bn	14, 15, 17, 18	bn	mar	E, A, N, Am
<i>S. laeteviridis</i> Gomont	bn	22, 24	bn	mar	S As, S Am, A et NZ
Tolypothrix Kützinger ex Bornet et Flahault, 1886					
<i>Tolypothrix distorta</i> Kützinger ex Bornet et Flahault	pl	3, 4, 5, 20, 22	bn	fw	wd
Trichocoleus Anagnostidis, 2001					
<i>Trichocoleus tenerrimus</i> (Gomont) Anagnostidis [<i>Microcoleus tenerrimus</i> Gomont]	bn	12, 13, 14, 17, 22	bn	br	cos mo
Woronichinia Elenkin, 1933					
<i>Woronichinia compacta</i> (Lemmermann) Komárek et Hindák [<i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat f. <i>compacta</i> (Lemmermann) Elenkin]	pl	5, 10, 22, 25	pl	fw/br	temp
* Literary sources are numbered as indicated in the list of references (numbers in bold in square brackets). Abbreviations: AC – Azerbaijani coast of the Caspian Sea, pl – plankton, mph – metaphyton, bn – benthos, el – epilithon, ep – epiphyton; fw – freshwater, br – brackish, mar – marine, hb – halobiont, tr – terrestrial, aq – aquatic, aer – aerophytic; uq – ubiquist; cosmo – cosmopolitan, wd – widespread (subcosmopolitan), temp – common in temperate latitudes; E – Europe, As – Asia, Af – Africa, N Am – North America, S Am – South America, A et NZ – Australia and New Zealand; BS – Black Sea, CS – Caspian Sea.					

Динофлагеляти Кримського півострова та його морського прибережжя

Брянцева Ю.В.

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська, 2, Київ 01601, Україна
brekall5@gmail.com

Надійшла до редакції 11.08.2020. Після доопрацювання 11.09.2020

Підписана до друку 13.09.2020. Опублікована 24.12.2020

Реферат. Уперше на основі аналізу літературних даних і результатів власних досліджень, отриманих у 8 науково-дослідних експедиціях (1987, 1992–1993 і 2011 рр.) в акваторії Чорного моря, складено список видів динофлагелят Кримського прибережжя (Чорного і Азовського морів) України, а також різних типів водойм території півострова. Список видів *Dinoflagellata* дослідженого регіону налічує 196 видів (206 видових і внутрішньовидових таксонів), які відносяться до 64 родів, 36 родин, 15 порядків і 3 класів. Вісімнадцять видів відмічені для найменш вивченого району – території Криму, в прісних і солоних водоймах та грязевих вулканах, половина з них траплялася також у морських акваторіях. Динофлагеляти азовського прибережжя Криму та Керченської протоки подібні за кількістю видів, проте значно відрізняються за складом (26 і 31 відповідно, тільки 13 (25%) з них – спільні). Основна кількість видів динофлагелят – це представники чорноморського прибережжя Криму, їх у 2,3 рази менше відомих для Чорного моря (196 і 447 відповідно). Для порівняння видового багатства динофлагелят з різних районів Криму велике значення мають дані зйомок усіх районів дослідження за короткий проміжок часу. Всього біля берегів Криму виявлено 74 види динофлагелят, які відносяться до 3 класів, 11 порядків, 22 родин та 30 родів. Найбільш багаті видами роди *Protoperidinium* Bergh (17), *Dinophysis* Ehrenb. (8), *Gymnodinium* F.Stein (7) і *Prorocentrum* Ehrenb. (6). На основі аналізу оригінальних і літературних даних та критерію подібності видового складу динофлагелят Криму запропоновано виділити 5 альгофлористичних районів: західне чорноморське прибережжя Криму (від Каркінітської затоки до м. Айя); південно-східне (від м. Айя до м. Такіль), Керченську протоку, азовоморське прибережжя Криму та сушу (в свою чергу, вона ділиться на степовий і гірськокримський райони) відповідно до районування.

Ключові слова: *Dinoflagellata*, видове різноманіття, Крим, Азовське море, Чорне море, Україна

Вступ

З усіх причорноморських країн Україна має найдовшу берегову лінію – 1540 км, більшу половину якої займає кримське узбережжя (945 км). На від-

© Брянцева Ю.В., 2020

стані 600 км простягається азовоморська берегова лінія України, близько 250 км якої припадає на Кримський п-ів. Таким чином, сумарна протяжність кримського морського узбережжя становить близько 1195 км. Наявність двох морів, що омивають з усіх боків півострів, та протоки, що їх з'єднує, з широким діапазоном океанографічних параметрів обумовлюють високу видову різноманітність фітоценозів Криму. Відомо, що найбільш значущі для просторового розподілу фітопланктону параметри такі, як температура води, визначаються кліматичними особливостями окремих районів моря, а солоність – кількістю опадів і річкового стоку (Суховей, 1986). Тому в північно-східній частині Криму на кордоні з Азовським морем спостерігається розпріснення води із солоністю нижче 17‰, а з південного боку Кримського п-ва – вище 17‰. Уздовж південного та південно-західного узбережжя півострова вона перевищує 18‰. У північній частині Сиваша завдяки кліматичним і орографічним умовам солоність води сягає 160‰. Таким чином, води території Криму з морським прибережжям представляють всю шкалу солоності – від прісних водойм (річки, водосховища, кілька прісних озер) до гіперсолоних озер.

Історія вивчення динофлагелят Чорного моря налічує понад 130 років. Уперше дослідження були проведені в районі Севастополя (Переяславцева, 1886). На сьогодні в результаті ревізії динофлагелят для Чорного моря виявлено 420 видів (447 видових і внутрішньовидових таксонів, ввт) з 92 родів, які відносяться до 47 родин, 16 порядків, 4 класів (Krakhmalnyi et al., 2018). Однак загального огляду щодо динофлагелят Криму (прибережжя і суші) досі не існує, незважаючи на великий інтерес до екосистеми цього унікального регіону.

Історично склалося, що різні ділянки прибережжя Криму досліджені нерівномірно. Найбільш вивченим є Севастопольський регіон, що входить до 5-го Євпаторійсько-Севастопольського району (Калугина-Гутник, 1975), з якого в окремий, 6-й флористичний район, виділена Севастопольська бухта. Відомо понад 28 робіт, що містять відомості про динофлагеляти цього регіону. Менш досліджена різноманітність динофлагелят південного та східного прибережжя Криму – єдиний, 7-й район – Південний берег Криму (Калугина-Гутник, 1975) – 17 робіт, Керченська протока – 8-й Прикерченський район (Калугина-Гутник, 1975) – 6 робіт. Вкрай мало даних про динофлагеляти Каркінітської затоки в 4-му Прикерченському районі, а також Азовського прибережжя Криму й різних місць трапляння на його території (3–7 робіт).

Кількість визначених видів по районах свідчить передусім про ступінь їхньої вивченості, ніж про реальні відмінності. Робити висновки про достовірність відмінностей у видовому різноманітті динофлагелят коректніше на основі даних, отриманих у морських експедиціях, коли дослідженнями одночасно були охоплені всі райони.

У даній роботі проаналізовані літературні джерела за 134 роки досліджень, які доповнено власними даними, отриманими під час науково-дослідних експедицій в Чорному морі наприкінці XX – початку XXI ст. (1987, 1992–1993, 2011).

Мета роботи – аналіз видового різноманіття динофлагелят на Кримському п-ві та їхнього розподілу в різних середовищах існування на суші та в морських акваторіях Чорного та Азовського морів, прилеглих до берегів Криму, на основі власних і літературних джерел.

Попередньо необхідно було створити чек-лист видів, а також провести порівняльний аналіз подібності фітоценозів досліджених районів морського прибережжя Криму.

Матеріали та методи

В ході аналізу літературних джерел була створена база даних динофлагелят, яка розміщена на сайті (<https://bs-phyto.marine-research.org/index.php>), розробленому на базі відділу фікології, бріології та ліхенології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (м. Київ) спільно з О.В. Сергєєвою (ІнБПМ, м. Севастополь). Кожен вид на сайті має свою електронну сторінку, де відображено його систематичне положення, екологічні характеристики та відомості про місцезнаходження, де він був виявлений (із зазначенням конкретного джерела). Всі синонімічні найменування водоростей відповідають прийнятим нині назвам (Guiry, Guiry, 2020; www.algaebase.org), за винятком родів *Ceratium* F.Schrank / *Triplos* Bory.

Власні дані щодо видового складу динофлагелят отримані за результатами обробки проб фітопланктону в Чорному морі в різні роки (табл. 1) під час наукових експедицій на суднах: 56-й і 57-й рейси, «Бугаєв»; 57–59-і рейси, «Кренкель»; 60-й і 61-й, «Ушаков» (III, V, VII, IX, XI, XII місяці, 1992 р.; II, IX, 1993 р.); 70-й рейс, «Професор Водяницький» (VIII, 2011 р), а також океанографічних зйомок у Керченській протоці та Каркінітській затоці, зроблених співробітниками ПівденНДРО (м. Керч) у липні 1987 р. Схема розташування станцій відбору проб представлена на рисунку.

Таблиця 1. Кількість станцій досліджень в районах Чорного моря в різні роки

Район	Рік			
	1987	1992, 1993	2011	Всього
	Станції			
Каркінітська затока	1–4	5	6	6
Західне прибережжя Криму	–	7, 8	9–11	5
Південне прибережжя Криму	–	12, 16	13–15	5
Східне прибережжя Криму	–	17	18–20	4
Прикерченське прибережжя Криму	–	21, 22	23, 24	4
Керченська протока	25–53	–	–	29
Усього	33	8	12	53

Методика обробки проб у різні місяці 1992 та 1993 рр. описана в дисертації Ю. Брянцевої (2000). Результати досліджень за 1987 р. раніше

не були опубліковані (звіти лабораторії ПівденНДРО та дипломний проект автора, 1988 р.). Усі проби відібрані за єдиною методикою з використанням 5-літрового батометра, зі стандартних горизонтів (0, 10, 25, 50 м), а також з горизонтів, що відповідають значенням: 100, 50, 25, 10 і 1% від освітлення (по диску Секки, з діаметром 35 см). Проби в серпні 2011 р. (70-й рейс) відібрані за методикою, описаною в роботі Ю. Брянцевої та В. Горбунова (2012), з поверхні води та шару максимальної біоломінесценції, попередньо виміряної приладовим комплексом «Сальпа» (Токарев и др., 2009).

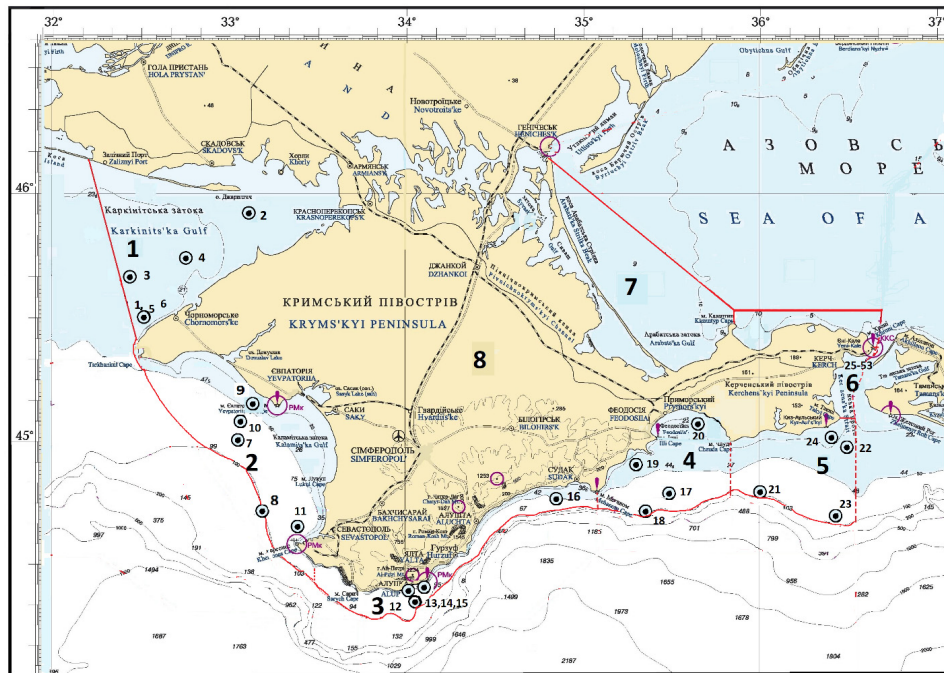


Рисунок. Розташування станцій (1–53, власні дані) відбору проб (позначені дрібним шрифтом), виконаних на різних ділянках (1–5, великим шрифтом) чорноморського прибережжя Криму й в Керченській протоці (6), для ділянок 7, 8 – наведено літературні дані. Червоною лінією позначені межі досліджуваних ділянок (за оригінальними і літературними даними): 1 – Каркінітська затока; 2 – західне чорноморське прибережжя Криму; 3 – південне чорноморське узбережжя Криму; 4 – східне чорноморське прибережжя Криму; 5 – прикерченське чорноморське прибережжя Криму; 6 – Керченська протока; 7 – азовоморське прибережжя Криму; 8 – територія Криму

Частина проб попередньо згущували методами зворотної фільтрації або декантації, фіксували розчином Люголя або 40%-м розчином формальдегіду (остаточна концентрація 4%). Проби обробляли в лічильних камерах об'ємом 0,4–2,0 мл під світловими мікроскопами МБІ-3 (ЛОМО) і Primo Star (Carl Zeiss) при збільшенні в 100–400 разів.

Для порівняльного аналізу фітоценозів досліджених ділянок кримського прибережжя використовували коефіцієнт видової подібності Жаккара (Jaccard, 1901).

Відповідно до альгофлористичного районування України, її територію розділено на альгофлористичні райони, округи та підпровінції, які входять до складу Східно-Європейської провінції Європейської альгофлористичної області (Паламарь-Мордвинцева, Царенко, 2014). Степова зона Криму входить до Причорноморсько-Азовського альгофлористичного округу Дніпровсько-Причорноморської підпровінції, а Південний берег Криму з гірським масивом – до Гірсько-Кримського округу одноіменної підпровінції (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2015).

Морські територіальні води України включають акваторії Чорного та Азовського морів. На основі місцезростання водоростей-макрофітів чорноморське прибережжя було поділено на 8 флористичних районів (Калугина-Гутник, 1975). На основі цієї системи М.О. Гусяков (2002) провів географічний аналіз діатомових водоростей бентосу Чорного моря. Докладний аналіз біогеографії флори Азово-Чорноморського басейну було представлено раніше (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2011).

Для фітопланктону, зв'язаного з течіями та системою круговоротів, традиційно виділяють нерітичну (в межах шельфу до глибини 200 м) і відкриту (межею яких є 200-метрова ізобата) зони моря. Раніше нами була запропонована схема районування Чорного моря на основі статистичного розподілу чисельності фітопланктону (Kovalchuk, Bryantseva, 2001). Шляхом перевірки відповідності закону лог-нормального розподілу чисельності виділено 4 райони в межах всього Чорного моря: північно-західний, східний прибережний, південний прибережний і центральний глибоководний. Український сектор морських акваторій включає всі райони, крім південного (прибережжя Туреччини), а її нерітична зона ділиться на північно-західний шельф (куди входить також західне прибережжя Криму), південно-східне прибережжя (як частина східного прибережного району Чорного моря), Керченську протоку та частину Азовського моря до кордону з Росією.

У даній роботі розглянута лише прибережна акваторія Криму, межею якої є 100-метрова ізобата (межа фотичного шару) і територія самого півострова (8-а ділянка). Всю прибережну зону поділено на 7 умовних ділянок, які частково збігаються з районами, виділеними О.А. Калугіною-Гутник (1975). По 7-й і 8-й ділянках використовували тільки літературні джерела, по інших – аналізували власні та літературні дані. В електронному додатку* літературні джерела наведені в порядку занесення їх у базу даних (зростання їхнього номера).

* Див. електронний додаток до статті на сайті журналу: https://algologia.co.ua/pdf/30/4/alg-2020-30-4-341_supp.pdf.

Результати та обговорення

За аналізом даних, отриманих у морських експедиціях у різні роки, складено список видів динофлагелат, які траплялися в досліджуваних ділянках Чорного моря (табл. 2). Всього біля берегів Криму відмічено 74 види динофлагелат, які відносяться до 3 класів, 11 порядків, 22 родин та 30 родів. Багатством видів вирізнялися роди *Protoperidinium* Bergh (17), *Dinophysis* Ehrenb. (8), *Gymnodinium* F.Stein (7) і *Prorocentrum* Ehrenb. (6)

Види *Ceratium furca*, *Glenodinium paululum*, *Prorocentrum bidens* (= *P. compressum*), *Protoperidinium divergens* і *P. steinii*, широко поширені в Чорному морі, траплялися в усіх досліджуваних ділянках. *Glenodinium pilula*, *G. najadeum*, *Lessardia elongata*, *Phalacroma rotundatum*, *Prorocentrum aporum*, *Protoceratium reticulatum* траплялися скрізь, крім Керченської протоки, а *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *Gymnodinium wulffii*, *Gyrodinium fusiforme*, *Kryptoperidinium triquetrum*, *Lingulodinium polyedra*, *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, *Protoperidinium bipes* і *Scrippsiella acuminata* пізніше були знайдені також у Керченській протоці (Брянцева і др., 2008, 2010; Заремба, 2011, 2013). Усі види Керченської протоки поширені в усьому чорноморському прибережжі Криму крім *Oxytoxum sphaeroideum*, що траплявся лише в районі Карадага.

Таблиця 2. Список видів динофлагелат, виявлених в Чорному морі в різні роки

Таксон	Досліджувані ділянки акваторії Криму											
	1			2		3		4		5		6
	Рік дослідження											
	1987	1992	2011	1992	2011	1992	2011	1992	2011	1992	2011	1987
<i>Akashiwo sanguinea</i> (K.Hirasaka) Gert Hansen & Moestrup				+		+		+	+	*		
<i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech & Tangen					*						*	
<i>Amphydinium longum</i> Lohmann			*					+				
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenb.) Clap. & J.Lachm.	+	+	+	+	+	+	+		+	*	*	+
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenb.) Dujardin	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	*	
<i>Ceratium tripos</i> (O.F.Müller) Nitzsch	+		+	+	+	+			+	*	*	
<i>Dinophysis acuminata</i> Clap. & J.Lachm.	*			+		+	+					
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenb.							*					

<i>Dinophysis caudata</i> W.S.Kent					+		+		+	*		
<i>Dinophysis fortii</i> Pavill.					+				+			
<i>Dinophysis odiosa</i> (Pavill.) L.S.Tai & Skogsb.									*			
<i>Dinophysis sacculus</i> F.Stein									+			*
<i>Dinophysis</i> <i>sphaerica</i> F.Stein				+								
<i>Dinophysis</i> <i>sphaeroidea</i> (J.Schiller) Balech						+						*
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	+			+	+	+	+		+	*	*	
<i>Durinskia agilis</i> (Kof. & Swezy) Saburova, Chomérat & Hoppenrath				+		*						
<i>Glenodinium</i> <i>obliquum</i> C.H.G.Pouchet							+					*
<i>Glenodinium</i> <i>paululum</i> Er.Lindem.	*	+	+	+	+	+	+		+	*	*	+
<i>Glenodinium pilula</i> (Ostenf.) J.Schiller	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*		
<i>Gonyaulax digitalis</i> (C.H.G.Pouchet) Kof.	+			+	+		+		+			*
<i>Gonyaulax minima</i> Matzen.	*			+		+				*		
<i>Gonyaulax</i> <i>polygramma</i> F.Stein							+		+			
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Clap. & J.Lachm.) Diesing	*											
<i>Gymnodinium</i> <i>agiliforme</i> J.Schiller				+						*		
<i>Gymnodinium</i> <i>kowalevskii</i> Pitzik		*		+		+		+				
<i>Gymnodinium</i> <i>lacustre</i> J.Schiller		*		+								
<i>Gymnodinium</i> <i>najadeum</i> J.Schiller	+		+	+	+	+	+		+	*	*	
<i>Gymnodinium</i> <i>rhomboides</i> F.Schütt				+								
<i>Gymnodinium</i> <i>variabile</i> Herdman				+		*		+				
<i>Gymnodinium wulffii</i> J.Schiller		*	*	+		+	+	+	+	*	*	

<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kof. & Swezy	*			+	+	+	+	+		*		
<i>Gyrodinium fusus</i> (Meunier) Akselman					+							
<i>Gyrodinium lacryma</i> (Meunier) Kof. & Swezy						+				*		
<i>Gyrodinium pingue</i> (F.Schütt) Kof. & Swezy				+					+			
<i>Kapelodinium vestifici</i> (F.Schütt) Boutrup, Moestrup & Daugbjerg						+				*		
<i>Kryptoperidinium triquetrum</i> (Ehrenb.) U.Tillmann, M.Gottschling, Elbr., W.H.Kusber & Hoppenrath		+		+		+		+	+	*		
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor			*		+		*		*		*	
<i>Lingulodinium polyedra</i> (F.Stein) J.D.Dodge	+			+	+		+		+	*		
<i>Margalefidinium citron</i> (Kof. & Swezy) Gómez, Richlen & D.M. Anderson							*					
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick				+		+						
<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kof. & Swezy			+		+		+		+		+	
<i>Oblea rotunda</i> (M.Lebour) Balech & Sournia							*					
<i>Oxyrrhis marina</i> Dujardin						+						*
<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> F.Stein												*
<i>Phalacroma rotundatum</i> (Clap. & J.Lachm.) Kof. & Michener			*		+	+	+		+		*	
<i>Polykrikos schwartzii</i> Bütschli						+						

<i>Prorocentrum</i> <i>aporum</i> (J.Schiller) J.D.Dodge			*	+	+	*	*	+		*		
<i>Prorocentrum</i> <i>balticum</i> (Lohmann) A.R.Loeblich					+		+	+				*
<i>Prorocentrum</i> <i>bidens</i> J.Schiller	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	*	+
<i>Prorocentrum</i> <i>cordatum</i> (Ostenf.) J.D.Dodge	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	*	
<i>Prorocentrum</i> <i>lima</i> (Ehrenb.) F.Stein				+								+
<i>Prorocentrum</i> <i>micans</i> Ehrenb.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	*	
<i>Protoceratium</i> <i>reticulatum</i> (Clap. & J.Lachm.) Bütschli			*		+		+		+		*	
<i>Protodinium simplex</i> Lohmann		*	*	+	+	+	+		+		*	*
<i>Proto-peridinium</i> <i>bipes</i> (Paulsen) Balech	*			+	+	+		+		*		
<i>Proto-peridinium</i> <i>brevipes</i> (Paulsen) Balech						+						
<i>Proto-peridinium</i> <i>crassipes</i> (Kof.) Balech									+			
<i>Proto-peridinium</i> <i>decipiens</i> (O.Jørg.) Parke & J.D.Dodge								+		*		
<i>Proto-peridinium</i> <i>depressum</i> (Bailey) Balech									*			
<i>Proto-peridinium</i> <i>divergens</i> (Ehrenb.) Balech	+	+	+		+	+	+		+	*	*	+
<i>Proto-peridinium</i> <i>granii</i> (Ostenf.) Balech	+					+						
<i>Proto-peridinium</i> <i>oblongum</i> (Auriv.) Parke & J.D.Dodge									*			
<i>Proto-peridinium</i> <i>oceanicum</i> (Vanhöffen) Balech									+			
<i>Proto-peridinium</i> <i>pallidum</i> (Ostenf.) Balech					+				+			
<i>Proto-peridinium</i> <i>pedunculatum</i> (F.Schütt) Balech	*											

<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh		*		+						*		
<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech	*											
<i>Protoperidinium pyriforme</i> subsp. <i>breve</i> (Paulsen) Balech	+					+	+			*		
<i>Protoperidinium quarnerense</i> (Schröd.) Balech						+		+		*		*
<i>Protoperidinium solidicorne</i> (Mangin) Balech	*											
<i>Protoperidinium steinii</i> (O.Jörg.) Balech	+		+	+	+	+	+	+	+	*	*	*
<i>Pselodinium fusus</i> (F.Schutt) Gómez	*											
<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenb.) Kretschmann, Elbr., Zinssmeister, S.Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling		+	+	+	+	+	+	+	+	*	*	
<i>Spatulodinium pseudonociluca</i> (Pouchet) J.Cachon & M.Cachon						*						

Умовні позначення: + – вид, знайдений в досліджуваній ділянці прибережжя; * – виявлений в даній ділянці вид раніше не згадувався в літературі. Межі ділянок 1–6 див. на рисунку.

За результатами зйомок 1987, 1992 і 2011 рр. для Каркінітської затоки вперше вказано 20 видів, які відносяться до 14 родів, не відмічених для цього району.

Севастопольське прибережжя найбільш детально вивчене з усіх чорноморських районів, проте в ньому виявлено лише один новий вид – *Dinophysis sphaerica* (в 1992 р.), зазначений для бухт Ласпі та Батіліман (Сеничева, 2008). Новими для південнобережного району виявилися 8 видів, які раніше вказували тільки для прибережних зон Севастополя та Карадага. *Spatulodinium pseudonociluca* – рідкісний вид, відмічений в 1992 р. тільки в південному районі, та знайдений нами в Севастопольському прибережжі (Bryantseva et al., 2016). *Dinophysis odiosa*, який М.І. Сеничева описала для севастопольського прибережжя в 2001 р. як новий для Чорного моря вид (Сеничева, 2002), уперше знайдений нами в східній частині Криму в серпні 2011 р. Крім того, 3 види, відомі з

Севастопольського району, вперше вказані для східного прибережжя: *Lessardia elongata*, *Protoperidinium depressum* і *P. oblongum*. Для Прикерченського району ми не знайшли джерел, що стосуються динофлагелят, тому всі знайдені в цьому районі 34 види вважаємо новими для даної ділянки. За результатами зйомок 1987 р., видовий склад фітопланктону Керченської протоки поповнився 10 новими видами.

Були виділені рідкісні види з локальним розподілом (у межах Криму), які трапляються в інших районах Чорного моря: *Protoperidinium pyriforme*, відомий раніше тільки для північно-західній частини моря та лиманів північного Причорномор'я (Теренько, 2005; Нестерова и др., 2006), уперше знайдений в Каркінитській затоці. *Oxytoxum sphaeroideum*, уперше вказаний для Керченської протоки (1987 р.), за літературними даними траплявся біля берегів Карадага (Сеничкина и др., 2004; Сеничева, 2008). Необхідно провести додаткові дослідження, щоб підтвердити ці дані.

Аналіз на основі критерію подібності видового складу проб, зібраних на станціях на різних ділянках прибережжя Криму в серпні 2011 р., показав, що всі досліджені ділянки від Каркінитської затоки до Керченської протоки (1–5) можна віднести до одного умовного району (індекс подібності між сусідніми станціями становить понад 50%). Суттєво відрізнялася від інших ділянок лише Керченська протока (індекс подібності 16,7–29,3). Однак при співставленні фітоценозів по станціях в різних ділянках були виявлені відмінності за рівнем розвитку і різноманітності між західним і південно-східним прибережжями. При цьому станція біля берегів Севастополя мала схожі показники з такими біля південного берега Криму. Якщо в Каркінитській затоці та біля берегів Євпаторії домінував за чисельністю представник дрібноклітинних безпанцирних динофітових *Gymnodinium simplex*, то біля південного берега (навпроти Ялти) і навпроти Керченської протоки домінували дрібноклітинні панцирні динофітові *Prorocentrum cordatum* і *Glenodinium paululum*. На інших станціях за чисельністю переважали діатомові (*Nitzschia tenuirostris* – у Феодосійській затоці) і дрібні джгутикові водорості. На станціях західного прибережжя зафіксовані максимальні значення чисельності динофлагелят для всього досліджуваного району (48,6 млн кл/м³), тоді як біля східного прибережжя ці показники були менші в 4–5 разів.

Видове багатство динофлагелят збільшувалося від мілководних і відносно розпріснених акваторій (Каркінитської затоки та Керченської протоки, ділянки 1 та 6, табл. 3) до південного берега Криму (ділянка 3), характерною особливістю якого є близькість до берега звалювання глибин і фронтальної зони. Часто внаслідок згінних вітрів у цьому районі утворюється місцевий апвелінг (Суховей, 1986), що також сприяє збільшенню різноманітності в угрупованні мікроводоростей. Саме там були виявлені види динофлагелят, типові для відкритих вод моря.

Найменша кількість представників динофлагелят спостерігалася в мілководній частині Керченської протоки, що характеризується нестійким

гідрологічним режимом, який дуже залежить від напрямку вітру. Повторюваність течій з Азовського моря становить 58%, з Чорного – 38%. У результаті більш розпріснені води Азовського моря проникають у прибережні води Керченського п-ва, знижуючи різноманітність динофлагелят.

Таблиця 3. Кількість видів динофлагелят на досліджуваних ділянках чорноморського прибережжя Криму та в Керченській протоці

Термін	Кількість видів (од.) на ділянках					
	1	2	3	4	5	6
Серпень 2011 р.	19*	27	30	33	18	–
За всі роки	37	43	48	42	34	15

* – Тільки в приповерхневому шарі; «–» – не досліджували. Межі ділянок див. на рисунку.

Однак в окремі сезони або роки максимум видового багатства може змінюватися в залежності від особливостей атмосферної циркуляції та, відповідно, інтенсивності основної чорноморської течії. Так, наприклад, у серпні 2011 р. тривалі північні й північно-східні вітри сприяли збільшенню багатства на східному узбережжі до максимальних значень на всій досліджуваній території (див. табл. 3).

Таким чином, отримані нами в морських експедиціях дані істотно розширюють уявлення про розподіл видів мікроводоростей і дозволяють співставляти видове різноманіття з різних районів Кримського прибережжя, оскільки використовується інформація, одержана з великого простору за максимально стислий термін.

Об'єднавши результати власних досліджень з багаторічними літературними даними, ми склали список, який включає 196 видів і 10 ввт, які відносяться до 64 родів, 36 родин, 15 порядків і 3 класів. Десять видів не увійшли до списку, оскільки, можливо, були помилково зазначені. Так, прісноводні види *Bernardinium ucrainicum* (Proschk.-Lavr.) Javornicky (як = *Hemidinium ucrainicum* Proschk.-Lavr.), *Bysmatrum subsalsum* (Ostenf.) M.A.Faust & Steidinger (як = *Peridinium subsalsum* Ostenf.), *Glenodinium alpestre* Chodat, *Gymnodinium chiastosporum* (T.M.Harris) Cridland, *Gymnodinium albulum* Er.Lindem., *Naiadinium polonicum* (Wołosz.) Carty (як = *Glenodinium gymnodinium* Penard) наведені тільки для гіперсолоних озер Криму (Сеничева и др., 2008), що не відповідає їхній екологічній характеристиці. Цим же автором прісноводний *Palatinus apiculatus* (Ehrenb.) Craveiro, Calado, Daughjerg & Moestrup (як = *Peridinium palatinum* Lauterborn) вказаний для севастопольського прибережжя, що, вочевидь, є помилкою визначення, або це була випадкова знахідка клітин, що потрапили з Чорноріченського водосховища у відкриті води. Більш ніхто з дослідників не вказував цей вид для даного району. *Hyphnodinium sphaericum* G.A.Klebs, вказаний Н.В. Морозовою-Водяницькою для севастопольського прибережжя (1948), пізніше був згаданий І.А. Кисельовим для Чорного моря, але з приміткою: «район Севастополя – вказівка

сумнівна» (1954). Також не ввійшов до списку *Ceratium tripos* f. *lata* J.Lachm., наведений для вод Криму (Стройкіна, 1950; Прокудіна, 1952). Мабуть, це *potem nudum*. У доступній для нас літературі щодо роду *Ceratium* він не був знайдений.

Alexandrium tamiyavanichii Balech, знайдений в пробі з грязевого вулкану Криму, був указаний як новий для Чорного моря (Рябушко, Бондаренко, 2020). Цей вид описаний з вод Таїланду (Faust, Gullledge, 2002, цит. за: Guiry, Guiry, 2020) і знахідка його в селевому вулкані в Криму сумнівна. На жаль, фотографія клітини, наведена в статті, не дозволяє нам визначити його таксономічну приналежність.

На основі аналізу власних і літературних даних, з урахуванням подібності видового багатства динофлагелят, Кримський регіон (суша та прибережна акваторія українського сектора) поділено на 5 районів: західне чорноморське прибережжя Криму (від Каркінітської затоки до м. Айя), південно-східне (від м. Айя до м. Такіль), Керченська протока, азово-морське прибережжя Криму та суша (Кримський п-ів).

Видове багатство динофлагелят у західному та південно-східному районах було високим – 158 (165 ввт) і 141 видів (145 ввт) відповідно, і на порядок вище, ніж у всіх інших районах (31 – в Керченській протоці; 26 – на азовоморському узбережжі Криму і 18 видів (20 ввт) – на суші). З одного боку, це обумовлено ступенем вивченості району, з іншого – тим, що динофлагеляти мешкають переважно в морських акваторіях.

Серед 206 таксонів видового та внутрішньовидового рангу 51 є унікальними знахідками, тобто згадуються лише один раз у літературних джерелах, тому потребують додаткових досліджень.

Незважаючи на те, що динофлагеляти Азовського прибережжя Криму та Керченської протоки представлені майже однаковою кількістю видів, їхній склад суттєво відрізняється (13 загальних видів і 34 відмінних, тобто представлені вони лише в одному з указаних районів). *Phalacroma ovatum* (Clar. & J.Lachm.) Jorg. ніде, крім Керченської протоки, не знайдений. Труднощі з ідентифікації видів із морфологічно близьких родів (*Dinophysis*/*Phalacroma*) потребують детальнішої перевірки.

Найменша кількість видів зазначена для водойм і грязевих вулканів Криму. Серед них ендемік *Amphidinium operculatum* f. *minutum* (Massart) Litv., описаний як нова комбінація для солоних озер Криму (3–17%) (Матвієнко, Литвиненко, 1977). *Biecheleria ordinata* (Skuja) Moestrup і *Tovellia coronata* (Wołosz.) Moestrup, Lindberg & Daugbjerg, відомі з водойм України, вказані для ставків Джанкойського району, а широко поширені в Україні *Ceratium hirundinella* (O.Müll.) Dujardin, *Parvodinium gosslaviense* (Wołosz.) S.Carty, *Peridiniopsis quadridens* (F.Stein) Bourr. виявлені у Сімферопольському водосховищі (Потоцкая, 1957; Матвієнко, Литвиненко, 1977). У водоймах низини Дніпра та в Криму траплявся ще один вид – *Parvodinium pusillum* (Penard) S.Carty, який набув значного поширення в прісних водоймах України, а також описаний для акваторії

поблизу о-ва Зміїний у Чорному морі (Дерезюк, 2008). Для грязевих вулканів Булганакського сопочного поля наведено два види (Рябушко, Бондаренко, 2020), один з яких – *Prorocentrum lima* – потенційно токсичний вид, широко поширений у прибережних районах Криму (як чорноморського, так і азовоморського), а знахідка іншого – *Alexandrium tamiyavanichii*, як зазначено вище, є сумнівною. Через нестачу даних необхідно провести додаткові дослідження різноманітності динофлагелят Криму, число яких для чорноморського прибережжя півострова лише в 2,3 раза менше їхньої кількості для всього Чорного моря.

Висновки

1. За результатами наукових рейсів, здійснених у 1987, 1992 і 2017 рр. біля берегів Криму, визначено 74 види динофлагелят, які відносяться до 3 класів, 11 порядків, 22 родин і 30 родів. Найбільше видів налічували роди *Protoperidinium* (17), *Dinophysis* (8), *Gymnodinium* (7) і *Prorocentrum* (6).
2. Для Каркінітської затоки вперше вказуються 20 видів, раніше не відомих для цього району; фітоцен Керченської протоки поповнився 10 новими видами. Для севастопольського прибережжя відмічено лише один новий вид – *Dinophysis sphaerica*. Для південнобережної ділянки новими є 8 видів, для східної – 4. Для Прикерченського району літературні дані відсутні, тому вважаємо 34 види новими для цього району.
3. Порівняння видового багатства динофлагелят на виділених ділянках прибережжя за індексом Жакара показало схожість ділянок (з 1 до 5) між собою та істотну (в 2–2,5 раза) відмінність від них Керченської протоки.
4. Видове багатство динофлагелят збільшувалося від мілководних до розпріснених акваторій, від Каркінітської затоки та Керченської протоки до Південного берега Криму.
5. Чек-лист на основі результатів власних досліджень і літературних даних включає 196 видів (206 ввт), які відносяться до 64 родів, 36 родин, 15 порядків і 3 класів.
6. Видове різноманіття динофлагелят у західному (158 видів, 165 ввт) і південно-східному (141 вид, 145 ввт) районах було набагато вищим, ніж в інших районах (31 – у Керченській протоці; 26 – на азовоморському узбережжі Криму та 18 видів (20 ввт) – на суші).
7. Запропоновано виділити в окремі райони наступні ділянки Кримського регіону: західне чорноморське прибережжя Криму; південно-східне; Керченську протоку; азовоморське прибережжя Криму та сушу (Кримський п-ів).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Брянцева Ю.В. 2000. *Изменчивость структурных характеристик фитопланктона в Черном море*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь. 21 с.
- Брянцева Ю.В., Горбунов В.П. 2012. Пространственное распределение основных параметров фитопланктона в северной части Черного моря. *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. 7: 126–137.

- Брянцева Ю.В., Заремба Н.Б., Слипецкий Д.Я. 2008. Состояние фитопланктонного сообщества в районе Керченского пролива после техногенной аварии 2007 года. В кн.: *Современные проблемы Азово-Черноморского региона*: Мат. IV Междунар. конф. (Керчь, 8–9 окт. 2008 г.). Керчь: Изд-во ЮгНИРО. С. 76–81.
- Брянцева Ю.В., Силаков М.И., Слипецкий Д.Я., Данилова О.Н. 2010. Состояние фитопланктона в районе Керченского пролива в августе 2009 г. В кн.: *Современные проблемы экологии региона Азовского и Черного морей*: Мат. V Междунар. конф. (Керчь, 8–9 окт. 2009 г.). Керчь: Изд-во ЮгНИРО. С. 26–32.
- Гусяков М.О. 2002. *Діатомові водорості бентосу Чорного моря та суміжних водойм (морфологія, систематика, екологія, біогеографія)*: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Київ. 37 с.
- Дерезюк Н.П. 2008. В кн.: *Острів Зміїний. Екосистема прибережних вод*. Під ред. В.А.Смитніна, В.І.Медінець, І.О.Сушков. Одеса: Астропринт. Т. 12. С. 208–218.
- Заремба Н.В. 2011. Изменение фитопланктонного сообщества в южной части Керченского пролива в осенний период 2003–2008 гг. *Труды ЮгНИРО*. 49: 72–79.
- Заремба Н.В. 2013. Фитопланктонное сообщество южной части Керченского пролива в поздневесенний период 2009–2012 годов. *Труды ЮгНИРО*. 51: 40–43.
- Калугина-Гутник А.А. 1975. *Фитобентос Черного моря*. Киев: Наук. думка. 247 с.
- Матвієнко О.М., Литвиненко Р.М. 1977. *Пірофітові водорості – Pyrrophyta. Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. Т. III. Ч. 2. Київ: Наук. думка. 386 с.
- Морозова-Водяницкая Н.В. 1948. Суточные изменения фитопланктона в районе Ялты. *Труды Севастоп. биол. ст.* 10: 3–7.
- Нестерова Д.А., Теренько Л.М., Теренько Г.В. 2006. В кн.: *Список видов фитопланктона. Северо-западная часть Черного моря: Биология и экология*. Ред. Ю.П. Зайцев, Б.Г. Александров. Киев: Наук. думка. С. 557–576.
- Паламарь-Мордвинцева Г.М., Царенко П.М. 2014. Принципы альгофлористического районирования пресных вод Украины. *Альгология*. 24(3): 237–242. <http://algologia.co.ua/archive/24/3>
- Переяславцева С.М. 1886. *Protozoa* Черного моря. *Зап. Новорос. общ-ва естествоисп.* 10(2): 79–114.
- Потоцкая И.В. 1957. Фитопланктон Симферопольского водохранилища в первый год его существования. *Труды Карадаг. биол. ст.* 14: 70–81.
- Прокудина Л.А. 1952. Каталог фауны и флоры Черного моря района Карадагской биол. ст. *Труды Карадаг. биол. ст.* 12: 116–127.
- Рябушко Л.И., Бондаренко А.В. 2020. Микроводоросли грязевого вулкана Булганакского сопочного поля Крымского полуострова. *Мор. биол. журн.* 5(1): 64–77.
- Сеничева М.И. 2002. Новые и редкие виды диатомовых и динофлагеллят в Черном море. *Экол. моря*. 62: 25–29.
- Сеничева М.И. 2008. Видовое разнообразие, сезонная и межгодовая изменчивость микроводорослей в планктоне у берегов Крыма. В кн.: *Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. С. 5–18.
- Сеничева М.И., Губелит В., Празукин А.В., Шадрин Н.В. 2008. Фитопланктон гиперсоленых озер Крыма. В кн.: *Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. С. 163–165.
- Сеничкина Л.Г., Сеничева М.И., Костенко Н.С. 2004. Динофитовые водоросли. В кн.: *Карадаг. Гидробиологические исследования*. Симферополь: СОНАТ. С. 235–243.

- Стройкина В.Г. 1950. О фитопланктоне Черного моря в районе Карадага и его сезонная динамика. *Труды Карадаг. биол. ст.* 10: 38–52.
- Суховой В.Ф. 1986. *Моря Мирового океана*. М.: Гидрометеониздат. 286 с.
- Теренько Л.М. 2005. *Динофлагелляты прибрежной зоны Черного моря: разнообразие и экология*: дис. ... канд. биол. наук. Приложение А. Севастополь. С. 191–197.
- Токарев Ю.Н., Василенко В.И., Жук В.Ф. 2009. Новый гидробиофизический комплекс для экспрессной оценки состояния прибрежных экосистем. В кн.: *Современные методы и средства океанологических исследований*: Мат. XI Междунар. научн.-техн. конф. (Москва, 25–27 нояб. 2009 г.). М.: Изд-во РАН. С. 23–27.
- Bryantseva Yu.V., Krakhmalnyi A.F., Velikova V.N., Sergeeva A.V. 2016. Dinoflagellates in the Sevastopol coastal zone (Black Sea, Crimea). *Int. J. Algae*. 18(1): 21–32. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v18.i1.20>
- Jaccard P. 1901. Distribution de la flore alpine dans le Bassin des Dranses et dans quelques regions voisines. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.* 37(140): 241–272.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2020. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Kovalchuk L.A., Bryantseva Yu.V. 2001. A method for determining the validity of assessments of abundance and biomass of phytoplankton communities in the Black Sea. *Hydrobiol. J.* 37(1): 53–59.
- Krakhmalnyi A.F., Okolodkov Yu.B., Bryantseva Yu.V., Sergeeva A.V., Velikova V.N., Derezyuk N.V., Terenko G.V., Kostenko A.G., Krakhmalnyi M.A. 2018. Revision of the dinoflagellate species composition of the Black Sea. *Algologia*. 28(4): 428–448. <https://doi.org/10.15407/alg28.04.428>
- Palamar-Mordvintseva G.M., Tsarenko P.M. 2011. Biogeography of algae of the Ukraine: Current status, features trends, problems and perspectives. *Int. J. Algae*. 13(4): 305–329. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v13.i4.10>
- Palamar-Mordvintseva G.M., Tsarenko P.M. 2015. Algorfloristic zoning of Ukraine. *Int. J. Algae*. 17(4): 303–338. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v17.i4.10>

Підписала до друку Г.Г. Мінічева

REFERENCES

- Bryantseva Yu.V. 2000. *Variability of the Black Sea phytoplankton structural characteristics*: PhD. (Biol.) Abstract. Sevastopol. 21 p. [Rus.]
- Bryantseva Yu.V., Gorbunov V.P. 2012. Spatial distribution of the main parameters of phytoplankton in the northern part of the Black Sea. *Ecosystems, their optimization and protection*. 7: 126–137.
- Bryantseva Yu.V., Zarembo N.B., Slipetskyi D.Ia. 2008. In: *Modern problems of the Azov-Black Sea Region*: Proc. IV Int. Conf. (Kerch, 8–9 Oct., 2008). Kerch: YugNIRO Publ. Pp. 76–81. [Rus.]
- Bryantseva Yu.V., Silakov M.I., Slipetsky D.Ya., Danilova O.N. 2010. In: *Modern problems of Azov and Black seas region ecology*: Mat. V Int. Conf. (Kerch, 8–9 Oct., 2009). Kerch: YugNIRO Publ. Pp. 26–32. [Rus.]
- Bryantseva Yu.V., Krakhmalnyi A.F., Velikova V.N., Sergeeva A.V. 2016. Dinoflagellates in the Sevastopol coastal zone (Black Sea, Crimea). *Int. J. Algae*. 18(1): 21–32. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v18.i1.20>

- Derezyuk N.P. 2008. In: *Zmyiniy island. Ecosystem of coastal waters*. Odesa: Astroprint Vol. 12. Pp. 208–218. [Ukr.]
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2020. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Gusliyakov M.A. 2002. *Diatoms of benthos of the Black Sea and adjacent reservoirs (morphology, taxonomy, ecology, biogeography)*: Dr. Sci. (Biol.) Abstract. Kyiv. 37 p. [Ukr.]
- Jaccard P. 1901. Distribution de la flore alpine dans le Bassin des Dranses et dans quelques regions voisines. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.* 37(140): 241–272.
- Kalugina-Gutnik A.A. 1975. *Fitobenthos of the Black Sea*. Kyiv: Naukova Dumka. 247 p. [Rus.]
- Kovalchuk L.A., Bryantseva Yu.V. 2001. A method for determining the validity of assessments of abundance and biomass of phytoplankton communities in the Black Sea. *Hydrobiol. J.* 37(1): 53–59.
- Krakhmalnyi A.F., Okolodkov Y.B., Bryantseva Yu.V., Sergeeva A.V., Velikova V.N., Derezyuk N.V., Terenko G.V., Kostenko A.G., Krakhmalnyi M.A. 2018. Revision of the dinoflagellate species composition of the Black Sea. *Algologia*. 28(4): 428–448. <https://doi.org/10.15407/alg28.04.428>
- Matvienko O.M., Litvinenko R.M. 1977. *Pyrophyta algae – Pyrrophyta. The booklet of the freshwater algae of the Ukrainian RSR*. Vol. III, pt 2. Kyiv: Naukova Dumka. 386 p. [Ukr.]
- Morozova-Vodyanitskaya N.V. 1948. Daily changes in phytoplankton in the Yalta region. *Trudy Sevastopol. Biol. St.* 10: 3–7.
- Nesterova D.A., Terenko L.M., Terenko G.V. 2006. In: *List of phytoplankton species. Northwestern Black Sea: Biology and Ecology*. Kyiv: Naukova Dumka. Pp. 557–576. [Rus.]
- Palamar-Mordvintseva G.M., Tsarenko P.M. 2011. Biogeography of algae of the Ukraine: Current status, features trends, problems and perspectives. *Int. J. Algae*. 13(4): 305–329. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v13.i4.10>
- Palamar-Mordvintseva G.M., Tsarenko P.M. 2014. Principles of algofloristic zoning of fresh waters in Ukraine. *Algologia*. 24(3): 237–242. <http://algologia.co.ua/archive/24/3>
- Palamar-Mordvintseva G.M., Tsarenko P.M. 2015. Algofloristic zoning of Ukraine. *Int. J. Algae*. 17(4): 303–338. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v17.i4.10>
- Pereyaslavtseva S.M. 1886. Protozoa of the Black Sea. *Not. Novoros. Nat. Soc.* 10(2): 79–144.
- Pototskaya I.V. 1957. Phytoplankton of the Simferopol reservoir in the first year of its existence. *Trudy Karadag. Biol. St.* 14: 70–81.
- Prokudina L.A. 1952. Catalog of the fauna and flora of the Black Sea region of the Karadag biological station. *Trudy Karadag. Biol. St.* 12: 116–127.
- Ryabushko L.I., Bondarenko A.V. 2020. Microalgae of the mud volcano Bulganak volcano field of the Crimean Peninsula. *Mar. Biol. J.* 5(1): 64–77.
- Senicheva M.I. 2002. New and rare species of the diatoms and dinoflagellate in the Black Sea. *Ecol. Mor.* 62: 25–29.
- Senicheva M.I. 2008. In: *The Black Sea microalgae: problems of biodiversity preservation and biotechnological usage*. Sevastopol: ECOSY-Gydrofizika. Pp. 5–18. [Rus.]
- Senicheva M.I., Gubelit V., Prazukin A.V., Shadrin N.V. 2008. In: *The Black Sea microalgae: problems of biodiversity preservation and biotechnological usage*. Sevastopol: ECOSY-Gydrofizika. Pp. 163–165. [Rus.]
- Senichkina L.G., Senicheva M.I., Kostenko N.S. 2004. In: *Karadag. Hydrobiological research. Collection of scientific papers dedicated to the 90th anniversary of the Karadag scientific*

- station and the 25th anniversary of the Karadag Natural Reserve of the NAS of Ukraine. Book 2. Simferopol: SONAT. Pp. 235–243. [Rus.]
- Stroikina V.G. 1950. Phytoplankton of the Black Sea in the Karadag region and its seasonal dynamics. *Trudy Karadag. Biol. St.* 10: 38–52.
- Sukhovey V.F. 1986. *Pacific Ocean seas*. Moscow: Gydrometeoizdat. 286 p. [Rus.]
- Terenko L.M. 2005. *Dinoflagellates of the northwestern Black Sea coastal zone: biodiversity and ecology*: Ph.D. (Biol.) Abstract. Appendix A. Sevastopol. Pp. 191–197. [Rus.]
- Tokarev Yu.N., Vasilenko V.I., Zhuk V.F. 2009. In: *Modern methods and means of oceanological research*: Mat. XI Int. sci.-techn. conf. (Moscow, 25–27 Nov. 2009). Moscow: Publ. House RAS. Pp. 23–27. [Rus.]
- Zaremba N.V. 2011. Change in the phytoplankton community in the southern part of the Kerch Strait in the autumn 2003–2008. *Trudy YugNIRO*. 49: 72–79.
- Zaremba N.V. 2013. Phytoplankton community of the southern Kerch Strait during late spring period in 2009–2012. *Trudy YugNIRO*. 51: 40–43.

Bryantseva Yu.V. 2020. **Dinoflagellates of the Crimean Peninsula and its coastal waters.** *Algologia*. 30(4): 341–358.

M.G. Kholodnyi Institute of Botany, NAS of Ukraine,
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine

The article is devoted to the generalization of the existing information concerning dinoflagellates of the Crimea. A list of dinoflagellate species of continental waters of the peninsula and the Crimean coast (Black and Azov seas) of Ukraine was compiled. It is based on the analysis of literature and original data obtained in 1987, 1992–1993 and 2011 in the Black Sea. The list of dinoflagellata species of Crimea includes 196 species (206 infraspecific taxa) belonging to 64 genera, 36 families, 15 orders and 3 classes. Eighteen species have been recorded in the fresh and salt water bodies and mud volcanoes of the least studied continental part of Crimea; half of them were also found in marine waters. Dinoflagellates of the Azov coast of Crimea and the Kerch Strait are similar in number of species, but differ significantly in composition (26 and 31 species, respectively; only 13 (25%) of them are common). The greatest number of species of dinoflagellates found on the Black Sea coast of Crimea. It is almost half of all species known for the Black Sea (196 and 447, respectively). To compare the species richness of dinoflagellates from different regions of the Crimea, survey data covering all areas in a short period of time are of great importance. A total of 74 species of dinoflagellates belonging to 3 classes, 11 orders, 22 families and 30 genera were found off the coast of Crimea. The most species-rich genera are *Protoperidinium* Bergh (17), *Dinophysis* Ehrenb. (8), *Gymnodinium* F.Stein (7) and *Prorocentrum* Ehrenb. (6). Based on the analysis of original and literature data and the criterion of similarity of the species composition of Crimean dinoflagellates, it's division into five algofloristic regions is proposed: the western Black Sea coast of Crimea (from Karkinitzky Bay to Cape Aya); southeastern (from Ayia to Takil), Kerch Strait, Azov coast of Crimea and land (which, in turn, is divided into steppe and mountainous Crimean regions). It is in compliance with the algofloristic zoning of Ukraine.

Key words : dinoflagellates, species diversity, Crimea, Azov Sea, Black Sea, Ukraine

Поширення видів *Cystoseira* s. l. в Азовському морі

Садогурський С.Ю.¹, Садогурська С.С.², Беліч Т.В.¹, Садогурська С.О.¹

¹Нікітський ботанічний сад – Національний науковий центр,
смт Нікіта, Ялта 98648
ssadogurskij@gmail.com

²Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська, 2, Київ 01601, Україна
s.sadogurska@gmail.com

Надійшла до редакції 25.08.2020. Після доопрацювання 21.09.2020

Підписана до друку 22.09.2020. Опублікована 24.12.2020

Реферат. За результатами оригінальних досліджень та літературними даними охарактеризовано поширення представників роду *Cystoseira* s. l. в акваторії Азовського моря (АМ). Вперше їх виявлено поблизу м. Хроні та п-ова Казантип 100 років тому. Донині уздовж південного берега АМ вказано 18 пунктів (17 поблизу кримської та один – таманської ділянок), для яких є 22 повідомлення про реєстрацію представників *Cystoseira* s. l. Серед двох видів найбільш широко розповсюджений *Treptacantha barbata* (Stackh.) Orellana et Sansón (= *Cystoseira barbata* (Stackh.) C. Agardh) (17 пунктів), якби формує заростеві угруповання з біомасою 1,5–3,5 кг/м². *Carpodesmia crinita* (Duby) Orellana et Sansón (= *Cystoseira crinita* Duby) виявлена в двох пунктах у незначній кількості. Встановлено, що сучасні межі азовоморського фрагмента ареалу роду *Cystoseira* s. l. збігаються з межами Передпроточного району АМ, де солоність істотно вища, ніж у всіх інших його районах. Фрагмент ареалу має лінійну конфігурацію: охоплює кримське узбережжя від м. Красний Кут на заході до м. Хроні на сході, переривається відкритою акваторією Керченської протоки і простягається далі на таманському березі від м. Ахілеон до м. Пекли. Поза межами зазначеного району види *Cystoseira* s. l. не трапляються навіть за наявності твердого субстрату. Це свідчить про лімітуючий вплив фактора солоності на поширення в АМ видів *T. barbata* і *C. crinita*. Система внутрішніх морів Середземноморського басейну, до якої належить також АМ, у минулому зазнала низку трансгресивних і регресивних фаз, у результаті чого неодноразово змінювалися межі, екологічні умови і склад біоти в усьому басейні та його окремих частинах. Припущено, що види *Cystoseira* s. l. у минулому неодноразово оселялися в сучасних межах АМ. Останнє вселення в передпроточчя АМ і закріплення в ньому дотепер мало відбутися в пізньому голоцені 3,4–3,1 тис. років тому. Подальше чергування регресій і трансгресій, безумовно, супроводжувалося флуктуаціями меж ареалу, які то відступали до Керченської протоки, то знову наступали на його південні береги. Нині внаслідок коливань солоності вони також можуть обмежено флуктувати, особливо на кримському березі, де широко поширені тверді ґрунти. На фоні осолонення АМ, що триває через кліматично обумовлене зниження річкового стоку, ймовірно є поширення представників *Cystoseira* s. l. на Акмонайському

© Садогурський С.Ю., Садогурська С.С., Беліч Т.В., Садогурська С.О., 2020

узбережжі навіть до вершини Арабатської затоки. Все це не дозволяє відносити їх до категорії видів-вселенців до АМ. Але за сучасних умов стала вегетація видів *Cystoseira* s. l. з утворенням заростевих угруповань є неможливою на значній відстані від його Перед-проточного району. Це слід враховувати при формуванні штучних рифів і розробці природоохоронних стратегій.

Ключові слова: Азовське море, макрофітобентос, поширення, *Carpodesmia crinita*, *Cystoseira* s. l., *Treptacantha barbata*

Вступ

Вивчення сучасного розподілу та динаміки поширення ареалів рослинних організмів є одним з ключових завдань, що стоять перед ботанічною наукою (Global..., 2012). Воно є актуальним як в теоретичному аспекті, оскільки стосується питань флористики, фітогеографії, філогенії тощо, так і в прагматичному. Насамперед коли йдеться про масові види, яким притаманна висока середовищеутворююча здатність. Це безпосередньо стосується однієї з найгостріших проблем сучасності – збереження довкілля, а в підсумку – середовища існування людської популяції та сталого розвитку суспільства.

В акваторіях Чорного та Азовського морів до ценозоутворюючих видів належать бурі водорості роду *Cystoseira* s. l. Їхні багаторічні заростеві угруповання розвиваються на твердих природних і антропогенних субстратах і формують структурно-функціональну основу низки ключових прибережно-морських біотопів, які вирізняються високими показниками продуктивності та багатим видовим складом. Тенденції до зменшення загального поширення і головних популяційних параметрів у межах загального ареалу та навіть повне зникнення в окремих його частинах обумовили активізацію зусиль щодо захисту цих видів. Вони підпадають під дію Барселонської (Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution; Barcelona, 1976) та Бухарестської (Convention on the Protection of the Black Sea Against Pollution; Bucharest, 1992) конвенцій, включені в Червоний список Чорного моря (Black Sea Red Data List) і Червону книгу Чорного моря (Black Sea Red Data Book) (Black..., 1997; Black..., 1999; Proposal..., 2009). Сформовані ними угруповання та біотопи підлягають особливій охороні згідно з Бернською конвенцією, а також з Оселищною Директивою ЄС (Council Directive 92/43/EEC; 1170 – рифи) (Interpretation..., 2007). Закономірно ці види та їхні угруповання є об'єктами наших багаторічних досліджень азово-чорноморського фітобентосу біля берегів Кримського п-ва. Тому поява статті «Бурые водоросли рода *Cystoseira* в Азовском море: вселение или расширение ареала?» (Степаньян, 2020) привернула нашу увагу. Ознайомлення з цією роботою обумовило нагальну потребу інтегрувати та проаналізувати наявну відповідну інформацію з метою виправлення низки помилкових тверджень автора згаданої роботи.

Мета нашої публікації – за результатами власних гідроботанічних спостережень і літературними даними охарактеризувати поширення видів роду *Cystoseira* s. l. в Азовському морі задля встановлення динаміки їхніх ареалів та уточнення стану природного фіторізноманіття регіону.

Коротка характеристика району досліджень

Район досліджень охоплює кримську й таманську ділянки південного берега Азовського моря від Арабатської затоки на заході до Темрюкської затоки на сході загальною протяжністю уздовж урізу води близько 140 км без урахування Керченської протоки, ширина якої в північному створі між мисами Хроні та Ахілеон становить трохи більше 15 км (рис. 1).

Обстежене кримське узбережжя (близько 130 км) характеризується чергуванням дрібнобухтових абразійних ділянок, приурочених до комплексів великих високих мисів, що мають півострівну або майже півострівну конфігурацію, а також до широких увігнутих терас великих бухт і заток з акумулятивними берегами. Миси складаються з рифових вапняків, які підстилаються глинами, що легко розмиваються; акумулятивні утворення складені черепашково-піщаними, рідше гравійними відкладами (Зенкович, 1958). На мисах висота активних і відмерлих кліфів сягає 10 м. Біля їхнього підніжжя домінує бриловий навал, місцями формуються вузькі (до 1,5–3,0 м шир.) ділянки галькових, черепашково-галькових і гравійно-галькових пляжів.

Ґрунт морського дна біля мисів утворений валунно-бриловим навалом (діаметр брил до 3–5 м). До вершин бухт кількість брил та їхні розміри зменшуються (до 1–2 м). Тут переважають валунно-брилові та черепашково-галькові (місцями гравійно-галькові) ґрунти. Зі збільшенням глибини валуни та брили поступово "занурюються" в пісок, від центрів бухт і далі в бік моря домінують черепашково-піщані та піщані ґрунти (аж до верхньої межі мулу, що вкриває дно Азовського моря).

Фрагмент таманського берега, який нас цікавить (протяжністю близько 10 км), геологічно та геоморфологічно подібний до кримського. Але він більш вирівняний, оскільки високі уривчасті береги, що сформовані верхньотретинними відкладами, містять лише окремі включення рифових вапняків.

Солоність води в даному районі зазвичай коливається в межах 11–12‰, хоча біля створу Керченської протоки вона може зростати до 14‰, а в Арабатській та Темрюкській (в яку впадає р. Кубань) затоках може знижуватися до 10‰ і нижче (Екологический..., 2011). Середня температура води влітку 23–24 °С, взимку (в південній частині Азовського моря) 1–3 °С, при цьому просторовий розподіл літніх і зимових температур досить однорідний (Екологический..., 2011).

Матеріали та методи

Матеріал відбирали вздовж кримського берега Азовського моря (АМ) під час експедиційно-польових досліджень 1997, 1998, 2001, 2002, 2004, 2006,

2008, 2009 і 2012 рр. Відбір гідроботанічних проб проводили під час самостійних занурень з використанням легководолазного спорядження в літній період за загальноприйнятою гідроботанічною методикою (Калугина-Гутник, 1975).

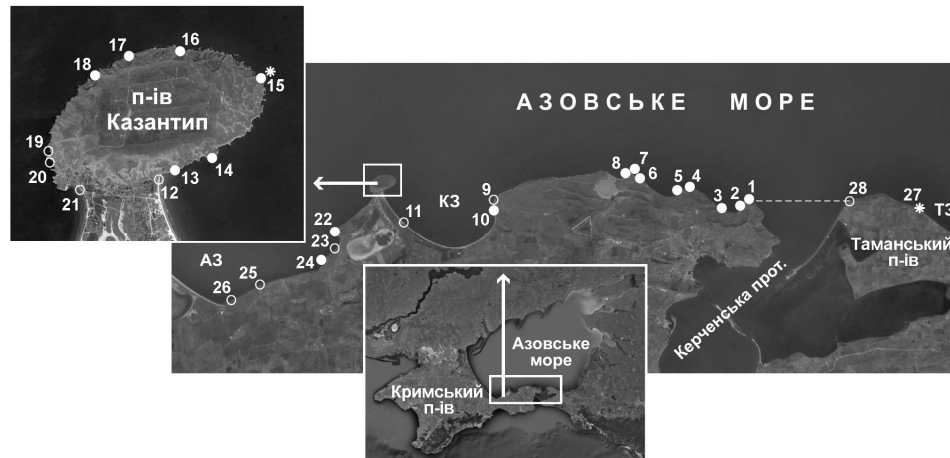


Рис. 1. Поширення видів *Cystoseira* s. l. вдовж південних берегів Азовського моря в пунктах 1–28. Пункти, де в складі макрофітобентосу відмічено *Treptacantha barbata* (●) і *Carpodesmia crinita* (*), або зареєстровано макрофітобентос, проте представників *Cystoseira* s. l. не відмічено (○).

●1 – м. Хроні (Волков, 1940; Садогурський, Садогурская, 2013; Садогурський, 2014); ●2 – м. Газан (Садогурський, Садогурская, 2013; Садогурський, 2014); ●3 – б. Булганак, верхів'я (Садогурський, Садогурская, 2012; Садогурський, 2014); ●4 – м. Тархан (Садогурський, Садогурская, 2012; Садогурський, 2014); ●5 – б. Рифів, сх. частина (Садогурський, Садогурская, 2012; Садогурський, 2014); ●6 – б. Рифів, зах. частина (Садогурський, 2001); ●7 – м. Зюк сх. бік (Степаньян, 2020); ●8 – м. Зюк зах. бік (Садогурський, 2001); ○9 – м. Чагани (Маслов, 2004; Садогурський, 2007); ●10 – ск. Крокодил біля м. Чагани (Степаньян, 2020); ○11 – р-н с. Азовське (Мурина и др., 2006); ○12 – б. Татарська, кутова частина, п-ів Казантип (Садогурський, Белич, 2003); ●13 – б. Татарська, півн. частина, п-ів Казантип (Мурина и др., 2006); ●14 – б. Казінаус, п-ів Казантип (Садогурський, Белич, 2003); ●15 – м. Тітарь, п-ів Казантип (Садогурський, Белич, 2003); *15 – м. Тітарь, п-ів Казантип (Громов, 2000); ●16 – б. Широка, п-ів Казантип (Садогурський, Белич, 2003); ●17 – б. Шовковиця Руська, п-ів Казантип (Маслов, 2004; Мурина и др., 2006); ●18 – б. Друга Сенькіна, п-ів Казантип (Садогурський, Белич, 2003); ○19 – б. Довга, на півн. від м. Довгий, п-ів Казантип (Мурина и др., 2006); ○20 – б. Голубники, на півд. від м. Довгий, п-ів Казантип (Садогурський, Белич, 2003); ○21 – б. Мисова, п-ів Казантип (Садогурський, Белич, 2003); ●22 – м. Китень (Садогурський, Белич, 2004); ○23 – б. Китеньська (Садогурський, Белич, 2004); ●24 – м. Червоний Кут (Садогурський, Белич, 2004); ○25 – зат. Арабатська, поблизу закинутого кар'єру (Садогурський, Белич, 2000); ○26 – зат. Арабатська, поблизу верхів'я (Маслов, 2004; Садогурський, Белич, 2000); *27 – м. Пекли (Афанасьев и др., 2009); ○28 – м. Ахілеон (Лисовская, Степаньян, 2009).

АЗ – Арабатська зат., КЗ – Казантипська зат., ТЗ – Темрюкська зат.; ----- – північна межа Керченської протоки

Уздовж перпендикулярних до берега профілів на станціях, закладених на стандартних глибинах (при необхідності з коригуванням у бік

збільшення числа станцій відповідно до змін характеру бентосного рослинного покриву), відбирали по п'ять гідроботанічних проб. Для визначення репрезентативності фактичного матеріалу перед відбором проводили візуальні рекогносцирувальні спостереження. Вздовж берега охоплювали відстань до 0,5–1,0 км в обидва боки від пункту перетину профілем урізу води, в бік моря – до нижньої межі поширення донної рослинності (за її наявності). Додатково використовували опубліковані гідроботанічні дані.

Результати та обговорення

Останнім часом номенклатура та систематичне положення «цистозір» зазнали істотних змін (Draisma et al., 2010; Bruno de Sousa et al., 2019). Так, за результатами молекулярно-генетичних досліджень і морфологічного аналізу, рід *Cystoseira* s. l. був розділений на три окремих роди: *Cystoseira* C.Agardh, s. str., *Carpodesmia* Grev., gen. emend. і *Treptacantha* Kütz., gen. emend. (Orellana et al., 2019). Згідно з цим *Cystoseira barbata* (Stackh.) C.Agardh і *Cystoseira crinita* Duby, які для берегів Кримського п-ва та Північного Причорномор'я вказуються більшістю авторів, як правильні назви отримали нові номенклатурні комбінації: *Treptacantha barbata* (Stackh.) Orellana et Sansón і *Carpodesmia crinita* (Duby) Orellana et Sansón відповідно (Orellana et al., 2019). Деякі дослідники вважають, що *C. crinita* є середземноморським ендеміком і в Чорному морі не поширена, тому екземпляри, які в його межах ідентифіковані як *C. crinita* f. *crinita* та *C. crinita* f. *bosporica*, належать до *Cystoseira bosporica* Sauv. (Berov et al., 2015). Звичайно, вирішити питання щодо таксономічного положення чорноморських «цистозір» може лише комплексний молекулярно-генетичний аналіз зразків з Чорного та Азовського морів, але це окреме спеціальне дослідження. Щоб уникнути різночитань, у даній роботі ми використовуємо назви, запропоновані для цих таксонів у роботі S. Orellana et al. (2019) і прийняті авторитетним ресурсом AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2020).

Обидва види – багаторічні нижньобореальні макрофіти, які погано витримують низьку солоність (морська група) та евтрофікацію (олігосапробіонти) (Калугина-Гутник, 1975). Вони широко поширені в басейні Середземного моря, включаючи Чорне та Азовське моря. Знахідки *T. barbata* в Східній Атлантиці, на думку деяких дослідників (Berov et al., 2015; Bruno de Sousa et al., 2019), можуть бути результатом некоректного визначення. Деякі сумніви викликають також свідчення щодо виявлення *T. barbata* в Індійському океані (узбережжя Пакистану, Індії та Шрі-Ланки) (Guiry, Guiry, 2020).

Поширенню представників *Cystoseira* s. l. в Атлантично-Середземноморському регіоні присвячено чимало публікацій. Навіть їхній простий перелік буде завеликим, проте інформацію, що вони містять, досить повно узагальнено в роботі E. Fabbrizzi et al. (2020). У той самий час, єдиною спробою узагальнення даних про поширення «цистозір» в АМ донедавна

була стаття О.В. Степаньяна (2020), ключовими твердженнями якої є наступні:

- на кінець 2019 р. для всього кримського узбережжя АМ був опублікований лише один локалітет *T. barbata* в передпроточному районі біля м. Хроні (посилання зроблено на: Садогурський, 2014), інформація для Таманського узбережжя невизначена;

- уздовж кримського берега на захід від м. Хроні представників *Cystoseira* s. l. ніхто ніколи не вказував (у т.ч. біля берегів Казантипу);

- на підставі двох кримських знахідок *T. barbata* 2014 і 2017 рр. навколо м. Зюк і м. Чагани зроблено висновок про швидке просування «цистозіри» на захід і дано прогноз про їхню появу найближчим часом біля Казантипу;

- знахідка талому *T. barbata* (що визначений як *C. barbata* f. *hoppei*)* у штормових викидах на косі Довгій свідчить про можливість розселення чорноморських водоростей на більшій частині акваторії АМ аж до Таганрозької затоки.

Незважаючи на багаторазове згадування *C. crinita*, її наявність або відсутність в АМ в роботі О. Степаньяна (2020) не обговорюється. Питання про типовість або чужорідність представників *Cystoseira* s. l. для АМ, поставлене в назві згаданої роботи, не отримало однозначної відповіді.

Яка ж ситуація з «цистозірами» в Азовському морі насправді?

Вище зазначалося, що Керченська протока розділяє південний берег АМ на велику кримську та меншу таманську частини (див. рис. 1). З огляду на тезу про швидку експансію *Cystoseira* s. l. на захід уздовж кримського берега (Степаньян, 2020), від створу протоки ми пронумерували ті пункти, де коли-небудь виявляли макрофітобентос. Включаючи навіть ті, де «цистозіри» не знайдено, бо ця інформація теж важлива. Не вказані лише пункти, де донна рослинність була повністю відсутня. Далі за годинниковою стрілкою розташовані західний, північний і північно-східний береги АМ. Відсутність представників *Cystoseira* s. l. по всій їхній довжині переконливо демонструють дослідження В.В. Громова та Д.Ф. Афанасьєва зі співавт. (Громов, 1999, 2012; Афанасьев и др., 2009). У нашій роботі через обмеження обсягу ми не аналізуємо фітобіоту цих берегів і завершуємо нумерацію пунктів на Таманській частині південного берега.

На кримському березі від північного створу Керченської протоки** до м. Зюк тягнеться узбережжя Осовинського степу. Тут 100 р. тому Л.І. Волков під час першого гідроботанічного обстеження АМ (матеріали 1919–1924 рр.) виявив *T. barbata* поблизу м. Хроні (п. 1) (Волков, 1940). За результатами наших досліджень в цьому районі в 2009 р. *T. barbata* виявлена у всіх пунктах (пп. 1–5), де зареєстровано донну рослинність (Садогурський, Садогурская, 2012, 2013; Садогурський, 2014) (див. рис. 1).

* Ймовірно, саме ця форма мається на увазі в роботі (Степаньян, 2020, с. 114).

** Поширення представників *Cystoseira* s. l. в акваторії Керченської протоки ми не аналізуємо.

Далі на захід поблизу м. Зюк, розташованого на межі Осовинського та Караларського степів, за результатами досліджень 1998 г. *T. barbata* виявлена нами у двох пунктах (пп. 6, 8) (Садогурский, 2001). Нову знахідку відмічено безпосередньо біля них (Степаньян, 2020). Вона фактично підтверджує вже наявну інформацію, але ми позначаємо її окремо (п. 7) (див. рис. 1).

На захід до Казантипської затоки простягається узбережжя Караларського степу. Досі в гідроботанічному відношенні це одна з найменш вивчених ділянок. Ані І.І. Масловим у 1983 р., ані нами у 2004 р. поблизу м. Чагани (п. 9) «цистозір» не виявлено (Маслов, 2004; Садогурский, 2007). Отже знахідку в цьому районі (п. 10), але трохи південніше (Степаньян, 2020), можна вважати цілком новою.

З іншого боку Казантипську затоку обмежує п-ів Казантип. Це унікальний територіально-аквально-геологічний комплекс, рідкісний геологічний і геоморфологічний феномен, а також один з ключових центрів біологічного різноманіття в регіоні. Цим обумовлено надання йому в 1998 р. найвищого природоохоронного статусу – природного заповідника (Садогурский и др., 2019). Казантип завжди вабив дослідників, тому всупереч твердженням (Степаньян, 2020), що тут лише очікується поява «цистозіри», в реальності для цього об'єкта оприлюднена максимальна кількість знахідок. Проте не завжди вдається чітко їх локалізувати. Тому ми зробили наступне. У чотирьох із семи обстежених нами пунктів і в двох з чотирьох, обстежених колегами, були знайдені «цистозіри» (Садогурский, Белич, 2003; Мурина и др., 2006). До цих пунктів (пп. 13–18), з урахуванням відомостей про характер та конфігурацію узбережжя, ми прив'язали знахідки з невизначеною локалізацією. В ході першого ж гідроботанічного обстеження АМ *Treptacantha barbata* біля берегів Казантипу виявив Л.І. Волков, але без точного зазначення місця відбору (Волков, 1940). Пізніше, за даними спостережень 1983–1985 рр. (повторно в 2001 р.), цей таксон зареєстрував І.І. Маслов (п. 17), хоча результати опубліковано ним значно пізніше (Маслов, 2004). У 1989 р. на сході Казантипу (п. 15) вперше для АМ В.В. Громовим вказана *Cystoseira crinita* (Громов, 2000). Він також зазначив, що до цього її тут не було (від себе додамо, що пізніше вона знову зникла).

У 2001 р. ми провели детальне гідроботанічне дослідження прибережної акваторії біля Казантипу (Садогурский, Белич, 2003) з повторним обстеженням у 2006–2008 рр. (неопубл. дані) та візуальними спостереженнями в 2012 р. В чотирьох пунктах (пп. 13, 15, 16, 18) нами була виявлена *T. barbata*. За результатами комплексних досліджень колег у 2006 р. таксон вказано ще для двох пунктів (пп. 13, 17) (Мурина и др., 2006). З огляду на соціологічне значення та високий статус заповідника, дані про макрофітобентос біля берегів Казантипу широко використано при написанні різних довідкових видань (їх не цитуємо), а всю флористичну інформацію узагальнено у зведеннях 2006 р. (Садогурская и др., 2006) і 2019 р. (Садогурский и др., 2019; Electronic..., 2019).

Далі, на захід в акваторії Арабатської затоки, за даними спостережень 2002 р., *T. barbata* зареєстрована нами лише в його східній частині неподалік від Казантипу (пп. 22, 24) (Садогурський, Белич, 2004).

Що стосується таманського фрагмента південного берега АМ, то за даними 2007 р., в районі м. Ахілеон (п. 28) представники *Cystoseira* s. l. не виявлені (Лисовская, Степаньян, 2010). Але східніше, біля м. Пекли в 2005–2006 рр. зареєстровано другий для АМ локалітет *C. crinita* (Афанасьев и др., 2009).

Перш ніж перейти до аналізу даних, слід відзначити наступне. У статті О.В. Степаньяна (2020) переважна частина вищезазначених локалітетів не вказана, оскільки відповідні літературні джерела в ній просто не згадуються, хоча вони розміщені у відкритому доступі. На інші публікації, де йдеться про поширення представників *Cystoseira* s. l. в АМ (Волков, 1940; Громов, 2000; Садогурський, 2014; Садогурський и др., 2019; Electronic..., 2019), автор посилається, проте підкреслює відсутність в них такої інформації, що взагалі незрозуміло. Відсутність «цистозір» біля Казантипу в 2018 р. (Степаньян, 2020) можна пояснити лише тим, що пошуки велися не в тому місці (див. рис. 1).

Аналіз наявних даних свідчить, що вздовж південного берега АМ у різний час різними фахівцями зазначено 18 пунктів (17 біля кримської частини і один – таманської), для яких є 22 повідомлення про реєстрацію представників *Cystoseira* s. l. (див. рис. 1). Уздовж кримського узбережжя вони нерівномірно розташовані від самого створу Керченської протоки (п. 1) до східного узбережжя Арабатської затоки (п. 24). Подібна нерівномірність пояснюється двома основними причинами. По-перше, види *Cystoseira* s. l. розвиваються тільки на твердих субстратах, які в даному районі локалізовані біля скельних мисів. Раніше ми показали, що макроскопічна бентосна рослинність внаслідок специфіки гідрологічних умов біля кримського узбережжя АМ тяжіє до мисів і розвивається під їхнім захистом* (Садогурський, Белич, 2003). Це відноситься також і до вищої водної рослинності. Тому рухливі ґрунти у верхів'ях і в центральних частинах великих бухт і заток зазвичай позбавлені постійного макроскопічного рослинного покриву, але влітку протягом тривалих штилів на мушлях молюсків можуть розвиватися ефемерні альгоценози (Садогурський, Белич, 2004). По-друге, слід визнати, що скельні комплекси привертають увагу дослідників значно більше, ніж монотонні береги, і це додає нерівномірності (найяскравіший приклад – Казантип). Відзначимо, що під час візуального обстеження і рекогносрування ми спостерігали зарості «цистозіри» в районах, прилеглих до пунктів відбору проб. Тому треба розуміти, що поширення *T. barbata* має зовсім не точковий характер, як може здатися при ознайомленні з картосхемою (див. рис. 1). Ситуація з *C. crinita* прямо протилежна – всього два локалітети, де її відмічено в невеликій кількості.

* Наявність літофільної рослинності в п. 3, розташованому поблизу верхів'я б. Булганак, не змінює загальної ситуації, адже пункт знаходиться в зоні абразії невеликого мису.

Загалом наявність або відсутність *T. barbata* на більшій частині обстеженого кримського узбережжя визначається характером субстрату. На всій відстані від м. Хроні (п. 1) до західного берега п-ва Казантип (п. 18) на валунно-брилових навалах і місцями на підводних скельних грядках вона формує угруповання з досить високою біомасою (здебільшого 1,5–2,1 кг/м², максимум 3,5 кг/м²) і найбільш різноманітною макроальгофлорою (яка переважно розвивається в епіфітоні *T. barbata*) (Садогурский, Белич, 2003; Садогурский, 2014). Але ситуація докорінно змінюється в Арабатській затоці: в пп. 22 і 24 у невеликій кількості (до 0,1 кг/м²) і переважно на стадії проростків *T. barbata* все ще зустрічається (Садогурский, Белич, 2004). Далі до верхів'я Арабатської затоки розташоване абразійне Акмонайське узбережжя, де біля підніжжя високих вапнякових кліфів ґрунт дна також сформований валунно-бриловим навалом. Проте, за спостереженнями 1983 р. (Маслов, 2004) і 1997 р. (Садогурский, Белич, 2000), представники *Cystoseira* s. l. тут (пп. 25, 26) вже не трапляються навіть як проростки, що підтвердило також візуальне обстеження 2006 та 2012 рр. Від верхів'я Арабатської затоки і далі за годинниковою стрілкою майже до Таганрозької затоки та гирла Дону простягаються акумулятивні береги, вздовж яких представники *Cystoseira* s. l. ніким не виявлені за всю історію спостережень.

Заростеві угруповання *T. barbata* біля кримського берега якщо й формуються, то у вигляді вузької переривчастої смуги. Їхня верхня межа найчастіше розташовується на глибині 1 м, тобто відносно далеко від берега, а нижня межа, що обумовлена поширенням твердих ґрунтів, зазвичай не перевищує 2,0–2,5 м (Садогурский, Белич, 2003; Мурина и др., 2006; Садогурский, 2014). Відомий лише один випадок виявлення проростків *T. barbata* в псевдоліторалі АМ (Садогурский, Белич, 2003). Вважаємо, що це обумовлено комплексом чинників, які ускладнюють закріплення великорозмірних багаторічних «цистозір» на цілком придатних субстратах в псевдоліторалі та в найбільш мілководних частинах субліторалі. Насамперед це механічний вплив штормових хвиль (та абразивних часток), які через мілководність АМ при підході до берега деформуються і набувають руйнівної сили (Садогурский, Белич, 2003), а також прибережних льодів, які при утворенні торосів майже повністю обдирають прибережні скелі. Додамо, що льодовитість АМ в останні роки збільшується, незважаючи на загальне потепління (Экологический..., 2011).

Обсяг інформації щодо поширення представників *Cystoseira* s. l. біля таманського берега обмежений. Тому так важливі результати експерименту з вивчення обростання штучних субстратів на ділянці від м. Пекли і до верхів'я Темрюкської затоки, де тверді ґрунти вже не представлені (Афанасьев и др., 2009). У перифітоні *C. crinita* відзначена поблизу м. Пекли (п. 27), і це другий локалітет цього виду в АМ. У верхині затоки, куди відкривається гирло р. Кубань, вона не спостерігається ані на природному субстраті (через його відсутність), ані на експериментальному. З огляду на те, що вимоги до субстрату обох обговорюваних видів

збігаються, цим пунктом ми визначаємо також східну (ймовірну) межу поширення *T. barbata* в АМ. Відсутність локалітетів на ділянці від м. Ахілеон (п. 28) (створ Керченської протоки) до мисів Кам'яного та Пекли на сході ми пояснюємо недостатньою гідроботанічною вивченістю, тому що для розвитку цих видів тут підходять і солоність, і ґрунти (хоча останні представлені фрагментарно). Даних просто немає, тому виявлення нових локалітетів видів *Cystoseira* s. l. на згаданій ділянці, мабуть, лише питання часу. В той самий час на схід від м. Пекли тверді ґрунти більше не трапляються до самої Таганрозької затоки й гирла Дону, який обумовлює сильне опріснення прибережних вод цієї частини АМ. Тут представників *Cystoseira* s. l. як на заході, так і на півночі АМ не виявлено за всю історію спостережень.

Так який фактор лімітує поширення представників *Cystoseira* s. l. в АМ? М.М. Кніпович запропонував схему районування АМ за комплексом фізико-географічних критеріїв, а М.В. Федосов і Є.В. Виноградова пізніше використовували її при районуванні (зонуванні) АМ за розподілом солоності (Кніпович, 1938; Федосов, Виноградова, 1955) (рис. 2).

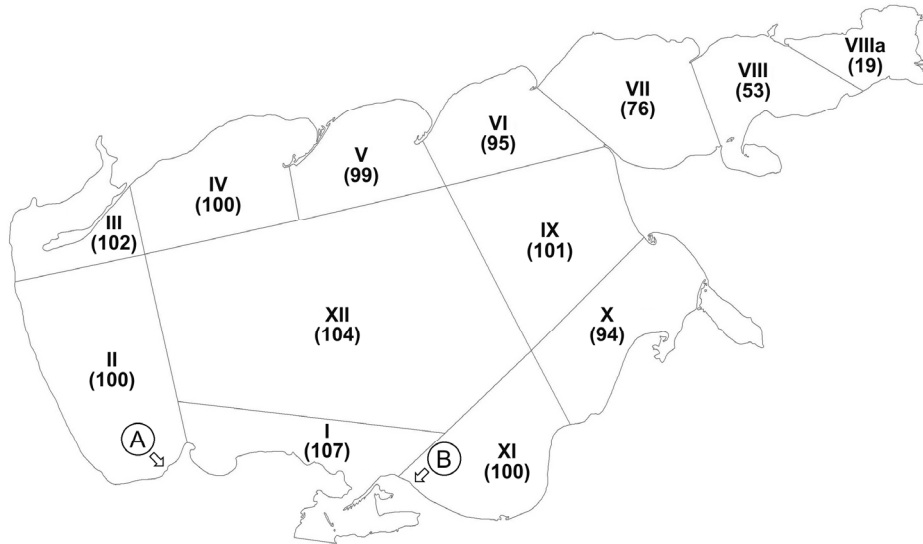


Рис. 2. Районування Азовського моря (АМ) за середньою солоністю (в ‰ середньої по АМ, за: Федосов, Виноградова, 1955) та межі поширення представників роду *Cystoseira* s. l. в його акваторії.

Райони: I – Передпроточний; II – Південно-Західний; XI – Прикубансько-Темрюкський (назви інших районів АМ не наводяться).

Межі поширення видів *Cystoseira* s. l. уздовж берега: А – західна (р-н м. Червоний Кут); В – східна (р-н м. Пекли)

Легко помітити, що майже всі відомі в АМ локалітети видів *Cystoseira* s. l. чітко вкладаються в межі його Передпроточного району (I), де середня солоність становить 107‰ середньої по АМ (див. рис. 1 та 2). У двох

прилеглих районах, де показники середньої солоності знижуються, ці водорості трапляються або в незначній кількості як проростки біля самої межі з районом I (р-н II з боку Криму), або не трапляються зовсім (р-н XI з боку Тамані). І це за наявності в них відповідних твердих субстратів – природних (р-н II) або експериментальних штучних (р-н XI). В інших районах показник середньої солоності ще нижчий. Тому вважаємо, що саме солоність лімітує поширення представників *Cystoseira s. l.* в АМ. При цьому, відповідно до багаторічних коливань значень цього фактора західна (кримська) межа поширення повинна дещо зміщуватися: до вершини Арабатської затоки в періоди осолонення або до Казантипу при опрісненні. Біля таманського берега можна припустити наявність подібних коливань східного кордону при опрісненні, а при осолоненні зафіксувати лише експериментально. Зважаючи на кліматогенне зменшення річкового стоку в АМ, яке зафіксоване в останні роки (Екологический..., 2011), ми не виключаємо появи *T. barbata* біля Акмонайського узбережжя Арабатської затоки (можливо, вона там вже є, і якщо це так, то не назавжди).

Разом із тим, враховуючи особливості циркуляції вод (Екологический..., 2011), перенесення окремих таломів і їхнє виявлення в штормових викидах уздовж всього південно-східного узбережжя АМ дуже ймовірні, особливо при західних і південно-західних вітрах. Тому знахідка зразка *T. barbata* у викидах на косі Довгій (біля південного входу в Таманську затоку) (Степаньян, 2020) не дивина. Велика акумулятивна макроформа, розташована практично поперек струменя течії, є ідеальною пасткою для будь-яких об'єктів, що потрапляють з Чорного до АМ через Керченську протоку. Але ми не погоджуємося з висновком, що це свідчить «про можливість вселення чорноморських водоростей на більшу частину акваторії Азовського моря» (Степаньян, 2020). З огляду на вище представлену інформацію, а також на схему районування АМ за критерієм середньої солоності (див. рис. 2), вважаємо, що з віддаленням від Передпроточного району стала вегетація представників *Cystoseira s. l.* з утворенням ними заростевих ценозів нині неможлива. Навіть за наявності твердих субстратів, що треба враховувати, наприклад, при проектуванні штучних рифів.

Відзначимо, що на поширення «цистозір» також може впливати й термічний фактор. Так, відомо, що за температури 25–30 °С фотосинтетична активність *T. barbata* знижується, а при тривалому впливі цього чинника її таломи пошкоджуються, проте вони здатні регенерувати після відновлення сприятливих умов (Baghdadli et al., 1990). Температури вище 30 °С летальні, насамперед для молодих екземплярів, які найменш стійкі (Orfanidis, 1991). В АМ температура води, дійсно, може наблизитися до вказаних критичних значень, але такі періоди відносно нетривалі, а головне те, що розподіл літніх температур практично однорідний по всій акваторії (Екологический..., 2011).

Отже, в АМ рід *Cystoseira* s. l. формує лінійний ареал*, який біля його південного берега охоплює Передпроточний район, але переривається відкритою акваторією північного створу Керченської протоки (рис. 1, 2). Така форма ареалу характерна для більшості макрофітів, які мешкають у прибережно-морських водах. Нині межі ареалу роду, що визначаються величиною солоності морських вод, розташовані на кримському узбережжі в районі м. Червоний Кут в Арабатській затоці (західна межа) та на таманському узбережжі поблизу м. Пекли в Темрюкській затоці (східна межа). Поширення *T. barbata* (17 локалітетів) показано в межах всього азовоморського ареалу роду (доведено на кримській ділянці та припущено на таманській через брак даних). У тих самих межах трапляється також *C. crinita*, при цьому з двох відомих локалітетів (по одному на кримській і на таманській ділянках) один визначає східний кордон азовоморського ареалу роду *Cystoseira* s. l. Причину такого нерівного співвідношення в поширенні цих видів в АМ визначити складно. Тим більше, що за нашими спостереженнями, наприклад, біля південного берега Криму спостерігається протилежна ситуація: нині зарості формує переважно *C. crinita*, а становище *T. barbata* майже маргінальне.

У вищезгаданій статті (Степаньян, 2020, с. 116) зазначено, що ми в своїй роботі (Садогурський, 2014) не коментуємо можливості вселення «цистозір» в АМ. Це так, оскільки таке завдання тоді не стояло, і навіть у цитаті з нашої публікації мова йде не про вселення «чорноморських» макрофітів у АМ, а про подальше просування з Передпроточного району. Питання про можливість застосування статусу вселенця для видів *Cystoseira* s. l. в АМ у роботі О.В. Степаньяна (2020) поставлене, проте однозначної відповіді немає. Щоб її отримати, необхідно реконструювати ймовірну динаміку азовоморського ареалу «цистозір» у минулому.

Внутрішні Середземне, Чорне та Азовське моря є частиною єдиного Середземноморського басейну. В своїй геологічній історії вони пройшли низку трансгресій та регресій, що змінювали екологічні умови та характер біоти в окремих частинах басейну. Найбільш істотних трансформацій зазнавали найвіддаленіші частини цієї системи – Чорне море та особливо Азовське. Періодизація фаз і уявлення про умови існування гідробіонтів значною мірою базуються на результатах біостратиграфії (насамперед, за аналізом викопних решток малакофауни та діатомової флори в донних відкладах). Склад макрофлори побудований переважно на припущеннях, висування яких ускладнюється кількома обставинами.

Насамперед, немає загальноприйнятої схеми трансгресивно-регресивних циклів АМ, у багатьох публікаціях відрізняються терміни настання та завершення, назви та навіть кількість фаз (Матишов и др., 2016; Ковалёва, 2019). Цим зумовлено широкі часові діапазони, що обговорюються нижче. Крім того, є регіональні особливості, пов'язані з відносною ізоляваністю АМ, через що немає повного збігу з чорноморськими трансгресивно-

* Безумовно, йдеться лише про азовоморський фрагмент загального ареалу (роду, виду), але для спрощення говоримо про азовоморський ареал.

регресивними циклами. З огляду на це, ми спробуємо відновити лише деякі аспекти проникнення та розселення представників *Cystoseira* s. l. в АМ, використовуючи дані фахівців в галузі біостратиграфії (Набоженко, 2013; Матишов и др., 2016; Ковалёва, 2019 тощо).

У плейстоцені 130–80 тис. років тому (р.т.) на частині земної поверхні, що нас цікавить, існував великий Карангатський морський басейн. Його рівень був вищим за сучасний на 6–8 (12) м, а солоність тієї частини, яку нині займає АМ, сягала 20‰ (до 30‰ в його передпроточному районі) (Чепалыга..., 2002; Набоженко, 2013). Босфорська та Керченська протоки були глибшими, водообмін і міграція біоти значно інтенсивнішими, що визначало різноманітність і багатство донних біоценозів середземноморського типу (Panin, Popescu, 2007). Вважаємо, що види роду *Cystoseira* s. l. були широко поширені в Карангатському морі та його «азовоморській» частині. Певно, їх було навіть не два, а більше, адже центром видового різноманіття *Cystoseira* s. l. є Середземне море, де рід еволюціонував останні 6 млн років після Мессинської кризи солоності (Roberts, 1978; Draisma et al., 2010). Цей етап напряду не стосується історії сучасного Азовського моря і формування його сучасної флори, але він демонструє взаємозв'язок і взаємозалежність трьох внутрішніх морів у межах всього Середземноморського басейну.

Унаслідок потужної Новоевксинської регресії, пов'язаної з похолоданням, у Чорноморській западині сформувався напівпрісноводний Новоевксинський басейн з мінералізацією до 5‰ (тому морська біота зникла), ізольований від Середземного моря на піку заledenіння, адже рівень вод був на 80–100 (120) м нижчим за сучасний. У ранньому голоцені внаслідок гляціоевстатичного підняття рівня моря Чорноморська западина катастрофічно стрімко стала заповнюватися через відновлену Босфорську протоку середземноморськими водами, і сформувався Бугазький басейн (Ryan et al., 1997; Balabanov, 2006). Для нас важливо, що на місці АМ весь цей період існувала суша з мілководними лиманами, яку перетинали русла палеорічок Дону і Кубані. Але 7,0–6,5 тис. р.т. в ході Новочорноморської (Джеметинської) трансгресії чорноморські води через Керченську протоку ринули вглиб цієї території (Павлидис, Никифоров, 2007; Матишов и др., 2019).

З цього моменту починається історія АМ як самостійної постійної водойми, яка пов'язана системою проток з Чорним і Середземним морями. Її древньоазовський період становить від 7,5–6,5 до 3,5–3,1 тис. р.т. Приблизно 5,5 тис. р.т. почали затоплюватись низовинні межиріччя Дону й Кубані, та десь 3,5–3,1 тис. р.т. в АМ сформувалися умови, найближчі до сучасних, що ознаменувало початок новоазовського періоду (Павлидис, Никифоров, 2007; Набоженко, 2013; Матишов и др., 2019).

Вже в древньоазовський період у межах Каламітського напівморського басейну, що існував на той час (із солоністю 10–15‰), середземноморські біоценози знову почали розселятися в АМ (Yanko-Hombach, 2006). Склад малакофауни вже наблизився до сучасного збідненого чорноморського варіанту, але діатовий аналіз надає дещо суперечливі результати щодо

екологічних умов й солоності через домінування евригалінних форм (Набоженко, 2013; Матишов и др., 2016; Ковалёва, 2019). Вселення, а тим більше остаточне закріплення в АМ представників роду *Cystoseira* s. l. у древньоазовський час, ми вважаємо малоімовірним. Особливо з урахуванням вкрай суперечливих поглядів фахівців щодо рівня морських вод у цей період та того, чи мала місце Кундукська (Хаджибейська) регресія, яка, можливо, переривала трансгресивну фазу 4,3–4,1 тис. р.т. (Чепалыга, 2002). Тоді АМ могло знову значно зменшитися, обміліти та опріснитися, зі зрозумілими наслідками для об'єкта нашого дослідження.

Але більшість авторів вважає, що при будь-якому сценарії рівень води в межах АМ досяг максимуму на початку новоазовського періоду приблизно 3,4–3,1 тис. р.т., коли в сформованому Джеметинському басейні екологічні умови та характер біоти максимально наблизилися до сучасних. За даними біостратиграфії, новоазовські відклади, датовані цим періодом, включають мушлі стеногалінних молюсків і морські діатомеї, що свідчить про солоність близько 15‰ на значній частині акваторії АМ, і мабуть ще вищу в передпроточному районі (Набоженко, 2013; Матишов и др., 2016; Ковалёва, 2019). Вважаємо, що саме в цей період в АМ знову вселилися і закріпилися до теперішнього часу чимало морських макрофітів. Особливо літофітів, які потребували затоплення вапняків південного узбережжя в Передпроточному районі АМ. Повною мірою це стосується й представників *Cystoseira* s. l.

Погляди на подальшу динаміку рівня вод і загалом екологічних умов в АМ різняться залежно від об'єкта та методів біостратиграфічних досліджень. Деякі дані (у т.ч. діатомовий аналіз) підтверджують існування Фанагорійської, Корсунської регресій, а також Німфейської та Ординської трансгресій (Матишов и др., 2016, 2019; Ковалёва, 2019). В такому разі Фанагорійська регресія (за різними джерелами від 3,1–2,8 до 2,4–1,9 тис. р.т.) могла бути найкритичнішим етапом для представників *Cystoseira* s. l. в АМ за весь новоазовський період. Проте аналіз малакофауни фанагорійської пори (2,7–2,3 тис. років тому) виявив багатий комплекс стеногалінних середземноморських видів (які надають перевагу солоності близько 17‰) на різних ділянках АМ, що переконує в прямо протилежному (Набоженко, 2013). Крім того, це, ймовірно, наслідок існування двох проток між Чорним і Азовським морями – Боспора Кімерійського та Боспора Кубанського (з архіпелагом островів між ними), а також впадіння р. Кубань у Чорне море в період високого рівня вод (Дикарёв, 2011; Набоженко, 2013). Розташування морських відкладів і залишків грецьких поселень Фанагорійської пори відносно до сучасної берегової лінії також свідчить про деяке зростання рівня АМ порівняно із сучасним, що співпадає із загальною ситуацією в Середземноморському басейні на той час (Дикарёв, 2011). У такому разі, навпаки, це був чи не найсприятливіший період для розселення представників *Cystoseira* s. l. в АМ за увесь голоцен. Безумовно, подальше чергування регресивних і трансгресивних фаз у новоазовський час (які були відносно невеликими) супроводжувалося деякими флуктуаціями їхніх ареалів (та ареалів інших

морських макроводоростей) у межах Передпроточного району АМ та протоки (проток). Внаслідок низки трансформацій голоценової доби флора макрофітів Чорного моря сформувалася як збіднена флора Середземного моря (Паламарь-Мордвинцева, Царенко, 2010). Від себе додамо, що флора АМ за генезисом, складом і структурою, в свою чергу, є ще більш збідненою флорою Чорного моря.

Враховуючи вищезгадане, з огляду на те, що перше ж гідроботанічне дослідження 100 років тому (і майже всі наступні) виявило в АМ представників *Cystoseira s. l.*, чи можемо ми вважати їх вселенцями в АМ? Впевнені, що ні, як й інші види макрофітів, що кілька тисяч років тому природним шляхом проникли з Середземного моря в Чорне, а потім і в Азовське. Їхні ареали за розмірами та конфігурацією продовжують флуктувати залежно від динаміки клімату, структури водного балансу та інших умов у цій складній системі внутрішніх морів. Тому розрахунок «ймовірного статусу вселенця» (ЙСВ) (Звягинцев и др., 2012) для представників *Cystoseira s. l.* в АМ, як це зроблено в згаданій роботі (Степаньян, 2020), є некоректним, адже використання невірних передумов визначає помилковий результат.

Як відмічено вище, в прибережно-морських акваторіях регіону угруповання видів роду *Cystoseira s. l.* формують структурну та функціональну основу багатьох ключових біотопів, що характеризуються високими показниками продуктивності й фіторізноманіття. Скорочення їхнього поширення аж до локального зникнення в деяких районах (Ткаченко, 2004; Bologna, Sava, 2006; тощо) часто обумовлені вже не стільки динамікою природних факторів, скільки антропогенною трансформацією довкілля. Тому проблема збереження та відновлення природного фіторізноманіття прибережно-морських акваторій досить актуальна. Проте цей аспект заслуговує на окрему публікацію.

Висновки

Аналіз даних щодо поширення представників роду *Cystoseira s. l.* (*Treptacantha barbata* (= *Cystoseira barbata*) та *Carpodesmia crinita* (= *Cystoseira crinita*)) в акваторії АМ показав, що перше виявлення поблизу м. Хроні та п-ва Казантип відбулося 100 років тому. Інформація про локалітети, популяційні параметри, якісні та кількісні показники угруповань видів *Cystoseira s. l.* постійно доповнюються даними, отриманими в пізніших дослідженнях. Отже, в різний час і різними фахівцями біля південного берега АМ вказано 18 пунктів (17 на кримській і один на таманській ділянці), для яких є 22 повідомлення про реєстрацію представників *Cystoseira s. l.* Встановлено, що межі азовоморського ареалу роду *Cystoseira s. l.* нині збігаються з межами Передпроточного району АМ, що виокремлені за показником середньої солоності, яка значно перевищує таку в усіх інших районах і в АМ загалом. Ареал роду має лінійну конфігурацію й охоплює кримське узбережжя від м. Червоний Кут на заході до м. Хроні на сході, переривається відкритою акваторією

Керченської протоки і продовжується далі на таманському березі від м. Ахілеон до м. Пекли. Поза межами зазначеного району обидва види роду *Cystoseira* s. l. не трапляються навіть за наявності природного або штучного твердого субстрату, що свідчить про лімітуючий вплив чинника солоності на їхнє поширення в АМ. Серед них найчастіше трапляється *T. barbata* (17 локалітетів), поширення якої показано в межах всього азовоморського ареалу роду *Cystoseira* s. l. (доведено на кримській ділянці, де вона утворює угруповання з біомасою 1,5–2,1 (макс. 3,5) кг/м², і припущено на таманській через відсутність даних). У тих самих межах у невеликій кількості *C. crinita* виявлена в двох локалітетах (по одному на кримській і таманській ділянках). При цьому один з них позначає східну межу азовоморського ареалу роду. Система внутрішніх морів Середземноморського басейну, до якої належить й АМ, у минулому зазнала низку трансгресивних і регресивних фаз, тому межі, екологічні умови та склад біоти як в усьому басейні, так і в окремих його частинах неодноразово змінювалися.

Аналіз опублікованої інформації дозволяє обґрунтовано припустити, що в минулому види *Cystoseira* s. l. неодноразово розселялися в межах водойм, що існували на місці сучасних Чорного й Азовського морів. Останнє їхнє вселення в Передпроточчя АМ та закріплення в ньому аж донині вочевидь мало відбутися не пізніше 3,4–3,1 тис. р.т. (пізній голоцен). У подальшому чергування регресій та трансгресій мало супроводжуватися флуктуаціями межі ареалу, яка то відступала з АМ до Керченської протоки, то знову насувалася на його південні береги. Нині внаслідок коливань солоності межі азовоморського ареалу роду також можуть дещо флуктувати, насамперед західна межа на Кримському п-ві, де широко поширені природні тверді ґрунти. На фоні осолонення АМ через кліматогенне зниження річкового стоку ймовірно є розселення «цистозір» на Акмонайському узбережжі аж до верхів'я Арабатської затоки. Результати досліджень свідчать про те, що віднесення цих двох представників роду *Cystoseira* s. l. до категорії видів-вселенців до АМ є некоректним, тому що внаслідок природних процесів вони давно ввійшли до складу його флори. Проте за сучасних умов у АМ їхня стала вегетація з утворенням заростевих угруповань на значній відстані від Передпроточного району неможлива. Це слід враховувати при формуванні штучних рифів і розробці природоохоронних стратегій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Афанасьев Д.Ф., Корпакова И.Г., Барабашин Т.О., Едеский Б.Д. 2009. Характеристика перифитона искусственных рифовых систем Темрюкского залива Азовского моря. *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. (11): 18–31.
- Волков Л.И. 1940. Материалы к флоре Азовского моря. *Тр. Ростов. обл. биол. общ-ва*. 4: 114–137.
- Громов В.В. 1999. Донная морская и прибрежно-водная растительность. В кн.: *Современное развитие эстуарных экосистем на примере Азовского моря*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. С. 130–166.

- Громов В.В. 2000. Появление бурой водоросли *Cystoseira crinita* в Азовском море. В кн.: *Виды-вселенцы в европейских морях России*: Тез. докл. науч. семинара (Мурманск, 27–28 янв. 2000 г.). Мурманск. С. 31–32.
- Громов В.В. 2012. Водная и прибрежно-водная растительность северного и западного побережья Азовского моря. *Журн. Сиб. федерал. ун-та*. Сер. Биология. 5(2): 121–137.
- Дикарев В.А. 2011. О фанаторийской регрессии Черного моря. *Вестн. Моск. ун-та*. Сер. 5: География. 1: 35–40.
- Звягинцев А.Ю., Ивин В.В., Кашин И.А., Бегун А.А., Городков А.Н. 2012. Чужеродные виды в Дальневосточном морском государственном природном биосферном заповеднике. *Изв. ТИНРО*. 170: 60–81.
- Зенкович В.П. 1958. *Берега Чёрного и Азовского морей*. М.: Географгиз. 373 с.
- Калугина-Гутник А.А. 1975. *Фитобентос Чёрного моря*. Киев: Наук. думка. 248 с.
- Книпович Н.М. 1938. *Гидрология морей и солоноватых вод (в применении к промысловому делу)*. М., Л.: Пищепромиздат. 514 с.
- Ковалева Г.В. 2019. Биостратиграфия голоценовых отложений Азовского моря по результатам диатомового анализа. *Вопр. соврем. альгологии*. 20: 215–219.
- Лисовская О.А., Степаньян О.В. 2009. Разнообразие макроводорослей побережья Таманского п-ва (Россия) в летний период. *Альгология*. 19(4): 341–348.
- Маслов И.И. 2004. Фитобентос некоторых заповедных и естественных аквальных комплексов Азовского моря. *Сб. науч. тр. Никит. бот. сада*. 123: 68–75.
- Матишов Г.Г., Дюжова К.В., Ковалева Г.В., Польшин В.В. 2016. Новые данные об осадконакоплении и биостратиграфии древне- и новоазовских отложений (Азовское море). *Докл. Академии наук*. 467(4): 463–467.
- Матишов Г.Г., Польшин В.В., Титов В.В., Шевердяев И.В. 2019. Голоценовая история азовского шельфа. *Наука юга России*. 15(1): 42–53.
- Мурина В.В., Евстигнеева И.К., Гринцов В.А., Лисицкая Е.В., Ковригина Н.П., Чекменева Н.И., Богданова Т.А., Танковская И.Н. 2006. К изучению биоразнообразия прибрежной акватории Казантипского природного заповедника и прилегающих районов. *Сб. науч. тр. Никит. бот. сада*. 126: 295–305.
- Набоженко М.В. 2013. Реконструкция и динамика таксоценоза двустворчатых моллюсков (*Mollusca: Bivalvia*) Азовского моря в позднем голоцене в связи с изменением солености. *Тр. Зоол. ин-та РАН*. (Прил.). 3: 182–191.
- Павлидис Ю.А., Никифоров С.Л. 2007. *Обстановки морфолитогенеза в прибрежной зоне Мирового океана*. М.: Наука. 455 с.
- Паламарь-Мордвинцева Г.М., Царенко П.М. 2010. Биогеография водорослей Украины, ее особенности, проблемы и перспективы. *Альгология*. 20(3): 253–280.
- Садогурская С.А., Садогурский С.Е., Белич Т.В. 2006. Аннотированный список фитобентоса Казантипского природного заповедника. *Сб. науч. тр. Никит. бот. сада*. 126: 190–208.
- Садогурский С.Е. 2001. Макрофитобентос мягких грунтов у мыса Зюк (Азовское море). *Бюл. Никит. бот. сада*. 84: 48–52.
- Садогурский С.Е. 2007. К изучению макрофитобентоса у берегов Караларской степи (Крым, Азовское море). *Заповід. справа в Україні*. 13(1–2): 46–51.
- Садогурский С.Е. 2014. Макрофитобентос у берегов Осовинской степи (Азовское море–Керченский пролив, Украина). *Альгология*. 24(1): 75–93. <https://doi.org/10.15407/alg24.01.075>
- Садогурский С.Е., Белич Т.В. 2000. К изучению водорослей-макрофитов Арабатского залива (Азовское море). *Заповід. справа в Україні*. 6(1–2): 16–20.
- Садогурский С.Е., Белич Т.В. 2003. Современное состояние макрофитобентоса Казантип-

- ского природного заповедника (Азовское море). *Заповід. справа в Україні*. 9(1): 10–25.
- Садогурський С.Е., Белич Т.В. 2004. К описанию макрофитобентоса южных берегов Азовского моря (Крым). *Сб. науч. тр. Никит. бот. сада*. 123: 76–84.
- Садогурський С.Е., Садогурская С.А. 2012. Фитобентос в районе мыса Тархан (Азовское море): современное состояние и пути сохранения. *Заповід. справа в Україні*. 18(1–2): 12–20.
- Садогурський С.Е., Садогурская С.А. 2013. Фитобентос в районе мыса Хрони (Азовское море): современное состояние и пути сохранения. *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. 8: 3–16.
- Садогурський С.Е., Белич Т.В., Садогурская С.А. 2019. Макрофиты прибрежно-морских акваторий природных заповедников Крымского полуострова (Чёрное и Азовское моря). *Альгология*. 29(3): 322–351. <https://doi.org/10.15407/alg29.03.322>
- Степаньян О.В. 2020. Бурые водоросли рода *Cystoseira* в Азовском море: вселение или расширение ареала? *Рос. журн. биол. инвазий*. 2: 112–119.
- Федосов М.В., Виноградова Е.В. 1955. Основные черты гидрохимического режима Азовского моря. *Тр. ВНИРО*. 31(16): 9–55.
- Чепалыга А.Л. Чёрное море. 2002. В кн.: *Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130 000 лет. Атлас-монография «Развитие ландшафтов и климата Северной Евразии. Поздний плейстоцен – голоцен – элементы прогноза»*. Вып. II. Общая палеогеография. М.: ГЕОС. С. 170–182.
- Экологический атлас Азовского моря*. Гл. ред. Г.Г. Матишов. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. 2011. 328 с.
- Baghdadli D., Tremblin G., Pellegrini M., Coudret A. 1990. Effects of environmental parameters on net photosynthesis of a free-living brown seaweed, *Cystoseira barbata* forma *repens*: determination of optimal photosynthetic culture conditions. *J. Appl. Phycol.* 2(3): 281–287.
- Balabanov I.P. 2006. Holocene sea-level changes of the Black Sea. In: *The Black Sea flood question: changes in coastline, climate and human settlement*. Dordrecht: Springer Sci. & Busin. Med. Pp. 711–730.
- Berov D., Ballesteros E., Sales M., Verlaque M. 2015. Reinstatement of species rank for *Cystoseira bosphorica* Sauvageau (*Sargassaceae*, *Phaeophyceae*). *Cryptogamie, Algologie*. 36(1): 65–80.
- Black Sea Red Data Book*. 1999. Ed. H.J. Dumont. New York: Unit. Nat. Office Project Services. 413 p.
- Black Sea Red Data List*. 1997. URL: <http://www.grid.unep.ch/bsein/redbook/about/datalist.htm> (searched on 15.07.2020).
- Bologa A.S., Sava D. 2006. Progressive decline and present trend of Romanian Black Sea macroalgal flora. *Cer. Mar.* 36: 31–60.
- Bruno de Sousa C., Cox C.J., Brito L., Pavão M.M., Pereira H., Ferreira A., Ginja C., Campino L., Bermejo R., Parente M., Varela J. 2019. Improved phylogeny of brown algae *Cystoseira* (*Fucales*) from the Atlantic-Mediterranean region based on mitochondrial sequences. *PloS One*. 14(1): e0210143.
- Draisma S.G.A., Ballesteros E., Rousseau F., Thibaut T. 2010. DNA sequence data demonstrate the polyphyly of the genus *Cystoseira* and other *Sargassaceae* genera (*Phaeophyceae*). *J. Phycol.* 46: 1329–1345.
- Electronic Supplement to: Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V., Sadogurskaya S.A. 2019. Macrophytes of the marine water areas of the nature reserves in the Crimean Peninsula (Black Sea and*

- Azov Sea). *Algologia*. 2019. 29(3). 7 p. https://algologia.co.ua/pdf/29/3/alg-2019-29-3-322_supp.pdf (accessed 15.07.2020).
- Fabbri E., Scardi M., Ballesteros E., Benedetti-Cecchi L., Cebrian E., Ceccherelli G., De Leo F., Deidun A., Guarnieri G., Falace A., Fraissinet S., Giommi C., Mačić V., Mangialajo L., Mannino A. M., Piazzì L., Ramdani M., Rilov G., Rindi L., Rizzo L., Sarà G., Souissi J. B., Taskin E., Fraschetti S. 2020. Modeling Macroalgal Forest Distribution at Mediterranean Scale: Present Status, Drivers of Changes and Insights for Conservation and Management. *Front. Mar. Sci.* 7: 1–18.
- Global Strategy for Plant Conservation: 2011–2020*. 2012. Bot. Gardens Cons. Int. Richmond, UK. 40 p.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2019. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway.
- Interpretation Manual of European Union Habitats. EUR 27*. 2007. Eur. Commis, DG Environ. Brussels. 144 p.
- Orellana S., Hernández M., Sansón M. 2019. Diversity of *Cystoseira sensu lato* (Fucales, *Phaeophyceae*) in the eastern Atlantic and Mediterranean based on morphological and DNA evidence, including *Carpodesmia* gen. emend. and *Treptacantha* gen. emend. *Europ. J. Phycol.* 54(3): 447–465.
- Orfanidis S. 1991. Temperature Responses and Distribution of Macroalgae Belonging to the Warm-temperate Mediterranean-Atlantic Distribution Group. *Bot. Mar.* 34(6): 541–552.
- Panin N., Popescu I. 2007. The Northwestern Black Sea: climatic and sea-level changes in the late quaternary. In: *The Black Sea flood question: changes in coastline, climate and human settlement*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Springer. Pp. 387–404.
- Proposal for a Council Decision COM*. 2009. Brussels, 26.10.2009. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009PC0585&from=EN>. 13 p. (accessed 15.07.2020)
- Roberts M. 1978. Active speciation in the taxonomy of the genus *Cystoseira* C.Ag. In: *Modern approaches to the taxonomy of Red and Brown Algae*. 10. Syst. Assoc. Spec. London: Acad. Press. Pp. 399–422.
- Ryan W.B., Pitman III W.C., Major C.O., Shimkus K., Moskalenko V., Jones G.A., Dimitrov P., Görür N., Sakiç M., Yüce H. 1997. An abrupt drowning of the Black Sea shelf. *Mar. Geol.* 138(1–2): 119–126.
- Yanko-Hombach V.V. 2006. Controversy over Noah's Flood in the Black Sea: geological and foraminiferal evidence from the shelf. In: *The Black Sea flood question: changes in coastline, climate and human settlement*. Dordrecht: Springer Sci. & Busin. Med. Pp. 149–204.

Підписала до друку Г.Г. Мінічева

REFERENCES

- Afanasiev D.F., Korpakova I.G., Barabashin T.O., Edetsky B.D. 2009. Periphyton of artificial reefs in the Sea of Azov Temryuk Bay. *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse*. (11): 18–731.
- Baghdadli D., Tremblin G., Pellegrini M., Coudret A. 1990. Effects of environmental parameters on net photosynthesis of a free-living brown seaweed, *Cystoseira barbata* forma *repens*: determination of optimal photosynthetic culture conditions. *J. Appl. Phycol.* 2(3): 281–287. <https://doi.org/10.1007/bf02179786>
- Balabanov I.P. 2006. In: *The Black Sea flood question: changes in coastline, climate and human settlement*. Dordrecht: Springer Sci. & Busin. Med. Pp. 711–730.

- Berov D., Ballesteros E., Sales M., Verlaque M. 2015. Reinstatement of species rank for *Cystoseira bosphorica* Sauvageau (*Sargassaceae*, *Phaeophyceae*). *Cryptogamie. Algologie*. 36(1): 65–80. <https://doi.org/10.7872/crya.v36.iss1.2015.65>
- Black Sea Red Data Book*. 1999. Ed. H.J. Dumont. New York: Unit. Nat. Office Project Services. 413 p.
- Black Sea Red Data List*. 1997. URL: <http://www.grid.unep.ch/bsein/redbook/about/datalist.htm> (searched on 15.07.2020).
- Bologa A.S., Sava D. 2006. Progressive decline and present trend of Romanian Black Sea macroalgal flora. *Cer. Mar.* 36: 31–60.
- Bruno de Sousa C., Cox C.J., Brito L., Pavão M.M., Pereira H., Ferreira A., Ginja C., Campino L., Bermejo R., Parente M., Varela J. 2019. Improved phylogeny of brown algae *Cystoseira* (*Fucales*) from the Atlantic-Mediterranean region based on mitochondrial sequences. *PloS One*. 14(1): e0210143. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210143>
- Chepalyga A.L. 2002. In: *Dynamics of terrestrial landscape components and inland and marginal seas of Northern Eurasia during the last 130 000 years. Atlas-monograph "Evolution of landscapes and climates of Northern Eurasia. Late Pleistocene – Holocene – elements of prognosis. II. General paleogeography"*. II. General paleogeography. Moscow: GEOS. Pp. 170–182. [Rus.]
- Dikarev V.A. 2011. About the Phanagorian Regression of the Black Sea. *Vestn. Mosk. un-ta*. Ser. 5: Geography. 1: 35–40.
- Draisma S.G.A., Ballesteros E., Rousseau F., Thibaut T. 2010. DNA sequence data demonstrate the polyphyly of the genus *Cystoseira* and other *Sargassaceae* genera (*Phaeophyceae*). *J. Phycol.* 46: 1329–1345. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2010.00891.x>
- Ecological atlas of Sea of Azov*. 2011. Ed. G.G. Matishov. Rostov-on-Don: UNC RAN Press. 328 p. [Rus.]
- Electronic supplement to: Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V., Sadogurskaya S.A.* 2019. Macrophytes of the marine water areas of the nature reserves in the Crimean Peninsula (Black Sea and Azov Sea). *Algologia*. 2019. 29(3): 1–7. https://algologia.co.ua/pdf/29/3/alg-2019-29-3-322_supp.pdf (accessed 15.07.2020)
- Fabbrizzi E., Scardi M., Ballesteros E., Benedetti-Cecchi L., Cebrian E., Ceccherelli G., De Leo F., Deidun A., Guarnieri G., Falace A., Fraissinet S., Giommi C., Mačić V., Mangialajo L., Mannino A. M., Piazzi L., Ramdani M., Rilov G., Rindi L., Rizzo L., Sarà G., Souissi J. B., Taskin E., Fraschetti S. 2020. Modeling Macroalgal Forest Distribution at Mediterranean Scale: Present Status, Drivers of Changes and Insights for Conservation and Management. *Front. Mar. Sci.* 7: 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00020>
- Fedosov M.V., Vinogradova E.V. 1955. The main features of hydrochemical regime of the Azov Sea. *Trudy VNIRO*. 31(16): 9–55.
- Global Strategy for Plant Conservation: 2011–2020*. 2012. Richmond, UK: Bot. Gardens Conserv. Int. 40 p.
- Gromov V.V. 1999. In: *Contemporary development of estuarine ecosystems on example of the Azov Sea*. Apatity: KSC RAS Publ. Pp. 130–166. [Rus.]
- Gromov V.V. 2000. In: *Invasive species in the European seas of Russia*: Proc. sci. sem. (Murmansk, 27–28 Jan., 2000). Murmansk. Pp. 31–32. [Rus.]
- Gromov V.V. 2012. Aquatic and Coastal Vegetation of the Northern and Western Coast of the Azov Sea. *J. Sib. Fed. Univ. Ser. Biology*. 5(2): 121–137.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2019. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (searched on 15.07.20)
- Interpretation Manual of European Union Habitats. EUR 27*. 2007. Brussels: Eur. Commis., DG Environ. 144 p.

- Kalugina-Gutnik A.A. 1975. *Phytobenthos of the Black Sea*. Kiev: Naukova Dumka Press. 248 p. [Rus.]
- Knipovich N.M. 1938. *Hydrology of the seas and brackish waters (as applied to the extraction of marine resources)*. Moscow, Leningrad: Pishchepromizdat. 514 p. [Rus.]
- Kovaleva G.V. Biostratigraphy of the Holocene deposits of the Azov Sea based on the results of diatom analysis. *Voprosy sovremen. algologii*. 20: 215–219.
- Lisovskaya O.A., Stepanian O.V. 2009. Diversity of macroalgae of Taman Peninsula coast (Russia) in summer. *Algologia*. 14(4): 341–348.
- Maslov I.I. 2004. Phytobenthos of some reserved and natural aquatic complexes of the Azov Sea. *Sbornik nauch. trudov Nikit. bot. sada*. 123: 68–75.
- Matishov G.G., Dyuzhova K.V., Kovaleva G.V., Pol'shin V.V. 2016. New data on sedimentation and biostratigraphy of ancient and new azov deposits (Sea of Azov). *Dokl. Akademii nauk*. 467(4): 463–467.
- Matishov G.G., Pol'shin V.V., Titov V.V., Sheverdyayev I.V. 2019. Holocene history of the Sea of Azov shelf. *Nauka yuga Rossii*. 15(1): 42–53.
- Murina V.V., Evstigneeva I.K., Grintsov V.A., Lisitskaja E.V., Kovrigina N.P., Chekmeneva N.I., Bogdanova T.A., Tankovskaja I.N. 2006. Study of biodiversity of the coastal water area of kazantip nature reserve and its locality. *Sbornik nauch. trudov Nikit. bot. sada*. 126: 295–305.
- Nabozhenko M.V. 2013. Reconstruction and dynamics of bivalves taxocenoses (Mollusca: Bivalvia) of the Sea of Azov in Late Holocene in connection with change of salinity. *Trudy ZIN RAN (Appl.)*. 3: 182–191.
- Orellana S., Hernández M., Sansón M. 2019. Diversity of *Cystoseira sensu lato* (Fucales, Phaeophyceae) in the eastern Atlantic and Mediterranean based on morphological and DNA evidence, including *Carpodesmia* gen. emend. and *Treptacantha* gen. emend. *Eur. J. Phycol.* 54(3): 447–465. <https://doi.org/10.1080/09670262.2019.1590862>
- Orfanidis S. 1991. Temperature Responses and Distribution of Macroalgae Belonging to the Warm-temperate Mediterranean-Atlantic Distribution Group. *Bot. Mar.* 34(6): 541–552. <https://doi.org/10.1515/botm.1991.34.6.541>
- Palamar-Mordvintseva G.M., Tsarenko P.M. 2010. Biogeography of algae of Ukraine, its features, problems and prospects. *Algologia*. (20)3: 253–280.
- Panin N., Popescu I. 2007. In: *The Black Sea flood question: changes in coastline, climate and human settlement*. Berlin, Heidelberg: Springer Sci. & Business Media. Pp. 387–404.
- Pavlidis Yu.A., Nikiforov S.L. 2007. *The situation of morpholithogenesis in the coastal zone of the World Ocean*. Moscow: Nauka. 455 p. [Rus.]
- Proposal for a Council Decision COM*. 2009. Brussels, 26.10.2009. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009PC0585&from=EN>. 13 p. (accessed 15.07.2020)
- Roberts M. 1978. In: *Modern approaches to the taxonomy of Red and Brown Algae*. Vol. 10. Syst. Assoc. Spec. London: Acad. Press. Pp. 399–422.
- Ryan W.B., Pitman III W.C., Major C.O., Shimkus K., Moskalenko V., Jones G.A., Dimitrov P., Gortür N., Sakinç M., Yüce H. 1997. An abrupt drowning of the Black Sea shelf. *Mar. Geol.* 138(1–2): 119–126.
- Sadogurskiy S.Ye. 2001. Macrophytobenthos of soft soils near Cape Zyuk (The Sea of Azov). *Bull. Nikit. bot. sada*. 84: 48–52.
- Sadogurskiy S.Ye. 2007. To the study of macrophytobenthos at the coasts of Karalarskaya steppe (Crimea, Azov Sea). *Zapovid. sprava v Ukraini*. 13(1–2): 10–25.
- Sadogurskiy S.Ye. 2014. Macrophytobenthos at the coasts of Osovinskaya Steppe (Azov Sea – Kerch strait, Ukraine). *Algologia*. 24(1): 75–93. <https://doi.org/10.15407/alg24.01.075>

- Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V. 2000. To the study of macroalgae of Arabatsky Bay (Azov Sea). *Zapovid. sprava v Ukraini*. 6(1–2): 16–20.
- Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V. 2003. Contemporaneous state of macrophytobenthos in Kazantip Nature Reserve (Azov Sea). *Zapovid. sprava v Ukraini*. 9(1): 10–25.
- Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V. 2004. To description of macrophytobenthos of south coast of Azov Sea (Crimea). *Sbornik nauch. trudov Nikit. bot. sada*. 123: 76–84.
- Sadogurskiy S.Ye., Sadogurskaya S.A. 2012. Phytobenthos in the area of the Cape Tarkhan (Azov Sea): its modern state and the ways of preservation. *Zapovid. sprava v Ukraini*. 18(1–2): 12–20.
- Sadogurskiy S.Ye., Sadogurskaya S.A. 2013. Phytobenthos in the area of the cape Khrony (Azov Sea – Kerch Strait): its modern state and the ways of preservation. *Ekosistemy, ikh optimizatsiya i okhrana*. 8: 3–16.
- Sadogurskaya S.A., Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V. 2006. Annotated list of phytobenthos of the Kazantip Nature Reserve. *Sbornik nauch. trudov Nikit. bot. sada*. 126: 190–208.
- Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V., Sadogurskaya S.A. 2019. Macrophytes of the marine water areas of the nature reserves in the Crimean Peninsula (Black Sea and Azov Sea). *Algologia* 29(3): 322–351. <https://doi.org/10.15407/alg29.03.322>
- Stepanyan O.V. 2020. Brown algae of the genus *Cystoseira* in the Sea of Azov: settling or expansion of the range? *Ros. J. Biol. Invaz.* 2: 112–119.
- Volkov L.I. 1940. Materials to the flora of the Azov Sea. *Trudy Rostov. obl. biol. obshch.* 4: 114–137.
- Yanko-Hombach V.V. 2006. In: *The Black Sea flood question: changes in coastline, climate and human settlement*. Dordrecht: Springer Sci. & Busin. Med. Pp. 149–204.
- Zenkovich, V.P. 1958. *Coast of the Black and Azov seas*. Moscow: Geografiz. [Rus.]
- Zvyagintsev A.Yu., Ivin V.V., Kashin I.A., Begun A.A., Gorodkov A.N. 2012. Nonindigenous species in the Far-Eastern Marine State Natural Biospheric Reserve. *Izv. TINRO*. 170: 60–81.

Sadogurskiy S.Yu.¹, Sadogurska S.S.², Belich T.V.¹, Sadogurskaya S.O.¹ 2020. **Distribution of *Cystoseira* s. l. species in the Sea of Azov.** *Algologia*. 30(4): 359–381.

¹Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center,
Nikita Vil., Yalta 98648

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

The information on distribution of the *Cystoseira* s. l. species in the Sea of Azov (SA) is presented based on the results of our own research and literature data. It is shown that the first record was made 100 years ago at Cape Khroni and at the Kazantyp Peninsula (Crimean coast). Currently, 22 reports from 18 sites have been registered along the Southern coast of the SA (17 along the Crimean coast and one at the Taman Peninsula). *Treptacantha barbata* (Stackh.) Orellana et Sansón (= *Cystoseira barbata* (Stackh.) C.Agardh) is the most widespread of the two species (17 sites). It forms dense communities with a biomass of 1.5–3.5 kg/m². *Carpodesmia crinita* (Duby) Orellana et Sansón (= *Cystoseira crinita* Duby) was found in a small number only at two locations. It was found that the modern boundaries of the Azov fragment of the *Cystoseira* s. l. distribution range coincide with the boundaries of the Pre-Strait area of the SA, where salinity significantly

higher, than in other areas. The distribution range has a linear configuration: it covers the Crimean coast from Cape Krasny Kut in the west to Cape Khroni in the east; is interrupted by the open water area of the Kerch Strait, and continues further on the Taman coast from Cape Achilleion to Cape Pekly. Outside the specified area, *Cystoseira* s. l. do not occur even if hard substrates are present. This shows, that salinity is limiting factor for the distribution of *T. barbata* and *C. crinita* in SA. In the past the system of marginal seas of the Mediterranean basin (to which SA also belongs) went through a series of transgressive and regressive phases. As a result, the boundaries, ecological conditions, and composition of biota have been changed several times in the entire basin and in its individual parts. The assumption was made that in the past *Cystoseira* s. l. species several times settled in the modern boundaries of the SA. The last invasion into the Pre-Strait area of SA (and inhabiting it up to the present time) should have happened in the Late Holocene 3.4–3.1 thousand years ago. Further alternation of regressions and transgressions, certainly, was accompanied by fluctuations of the distribution range boundaries, which either receded from the SA to the Kerch Strait, or again came back to its southern shores. At present, they can also fluctuate to a limited extent, following the salinity fluctuations. It is mostly relevant to the Crimean coast, where hard substrates are widespread. Considering the continuing salinization of the SA due to the climatically caused decrease in river runoff, the spread of *Cystoseira* s. l. species is possible on the Akmonay coast up to the top of the Arabat Bay. All this does not allow us to classify them as alien species in SA. However, in SA under modern conditions, the sustainable vegetation of the *Cystoseira* s. l. species with the formation of dense communities at a considerable distance from the Pre-Strait area is impossible. This must be taken into account when artificial reefs are installed and conservation strategies are developed.

Key words: Sea of Azov, macrophytobenthos, distribution, *Carpodesmia crinita*, *Cystoseira* s. l., *Treptacantha barbata*

Мікроскопічні водорості деяких озер Північно-Західного Причорномор'я (Україна)

Герасимюк В.П.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, кафедра ботаніки,
вул. Дворянська, 2, Одеса 65026, Україна
Gerasimyuk2007@ukr.net

Надійшла до редакції 27.01.2020. Після доопрацювання 17.09.2020

Підписана до друку 25.09.2020. Опублікована 24.12.2020

Реферат. Наведено дані про 339 видів мікроскопічних водоростей 10 озер Північно-Західного Причорномор'я (Біле, Кагул, Каргал, Катлабух, Китай, Кугурлуй, Писарське, Сасик, Саф'яни і Ялпуг). Виявлені водорості відносяться до 135 родів, 62 родин, 30 порядків, 10 класів та 7 відділів. За кількістю видів *Bacillariophyta* (198), *Chlorophyta* (62) і *Cyanophyta* (40) переважали *Euglenophyta* (18), *Charophyta* (15), *Ochrophyta* (5) і *Dinophyta* (1). У досліджених озерах знайдено 13 нових видів для Придунайських озер і 4 нових – для водойм Північно-Західного Причорномор'я та території України. Серед них *Pinnularia fonticola* Hust. виявився новим для території Європи. Роди *Nitzschia* Hassall (26), *Navicula* Bory (15), *Cymbella* C.Agardh (9), *Tryblionella* W.Sm. (9), *Desmodesmus* (F.Chodat) An, Friedl et E.Hegew. (9), *Caloneis* Cleve (8), *Gomphonema* (C.Agardh) Ehrenb. (8), *Euglena* Ehrenb. (7), *Cosmarium* Corda et Ralfs (7) і *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont (7) формували основу видового складу водоростей озер. Серед альгофлори нараховувалося 189 видів одноклітинних, 119 колоніальних і 31 багатоклітинних водоростей. З них рухомих форм – 157, нерухомих – 182. Простежувалася неоднакова кількість водоростей на різних типах субстратів. Так, в обростаннях макрофітів відмічено 148 видів, в обростаннях бетонних плит – 42, каменів – 38, на мулистих ґрунтах – 110 і піщаних – 41 вид. За відношенням до рівня мінералізації води в озерах домінували прісноводні форми (281 вид), серед яких індіференти становили 221 вид, галофіли – 58 і галофоби – 2. Солонуватоводних (мезогалобів) нараховувалося 52 види, морських (полігалобів) – 6. За кількістю видів водоростей домінували озера Ялпуг (198 видів), Кугурлуй (198) і Катлабух (192).

Ключові слова: вид, водорості, мікрофітобентос, фітопланктон, перифітон, озеро, Північно-Західне Причорномор'я

Вступ

Мікроскопічні водорості становлять майже четверту частину (25 млрд т вуглецю) органічної речовини, що синтезується на нашій планеті. Під час фотосинтезу вони виділяють кисень, утилізують вуглекислий газ, перероб-

© Герасимюк В.П., 2020

ляють неорганічні й органічні сполуки у воді, беруть участь у формуванні деяких геологічних порід (строматолітів, діатомітів, крейди, нафти і т.д.), є частиною харчових ланцюгів різних гідробіонтів (інфузорій, черв'яків, ракоподібних, риб та ін.). У господарській діяльності водорості використовуються у харчовій промисловості, як добрива, будівельні та фільтраційні матеріали, вибухові речовини. Застосовуються вони також в електроніці, архітектурі, медицині, курортології, нанотехнологіях та інших галузях промисловості (Водоросли, 1989; Саут, Уиттик, 1990).

На теперішній час у світі нараховується близько 117 млн озер. Наприклад, у Росії – 2 млн, Фінляндії – 187,8 тис., Канаді – 31,7 тис., в Україні – 20 тис. У районі досліджень знаходиться близько 280 озер.

Північно-Західне Причорномор'я (ПЗП) розташоване в центральній частині Євразії, в південно-східній частині Європи, на південному заході України.

Озера району досліджень відносяться до двох типів: заплавні і лиманно-лагунні. Сучасні заплавні озера розташовані в заплавах Дунаю та Дністра (Біле, Писарське) і являють собою затоплені гирла річок. На півдні знаходяться Придунайські озера (Кагул, Картал, Катлабух, Китай, Кугурлуй, Саф'яни і Ялпуг), які є прісноводним гідрокомплексом лівобережної системи низин р. Дунай. За походженням це лимани степових річок, які були з'єднані з древнім лиманом р. Дунай. Через одамбування їх також можна вважати водосховищами (Поліщук, 1974).

Назви більшості озер збігаються з назвами річок, які впадають у них. Всі озера мають витягнуту форму у напрямку течії. Вони пов'язані з Дунаєм природними протоками або штучними каналами, на яких побудовані гідротехнічні споруди для регулювання водообміну і пропуску риби. За площею водного дзеркала вони різні (табл. 1). Загальна площа їх акваторій становить 471 км², об'єм – понад 800 млн м³.

Озера ПЗП в альгологічному відношенні вивчені недостатньо. Відомі роботи присвячені дослідженню мікрофітобентосу, перифітону і фітопланктону окремих озер (Владимирова, 1957, 1961; Ролл, 1961; Костикова, 1969; Гусяков, Косенко, 2001; Герасимюк, Ковтун, 2002; Ковалева, Мединец, 2002; Герасимюк, 2003, 2008; Герасимюк, Герасимюк, 2009; та ін.). Однак узагальнюючої роботи стосовно мікроскопічних водоростей фітопланктону, перифітону та бентосу озер ПЗП, в якій би розглядалися питання сучасної систематики, екології та біогеографії мікрофітів, на жаль, ще немає.

Метою роботи було вивчення сучасного стану мікроскопічних водоростей деяких озер ПЗП.

Матеріали та методи

Дослідження проводили в 10 озерах ПЗП: Біле та Писарське в 2006–2007 рр.), Кагул, Картал, Катлабух, Китай, Кугурлуй, Саф'яни та Ялпуг (у 2000–2002 рр., 2013–2014 рр., Сасик у 2004 р.

Таблиця 1. Морфометричні показники озер Північно-Західного Причорномор'я (за даними Атласу світу, 2004)

Озеро	Довжина, км	Ширина, км	Глибина, м	Площа, км ²
Ялпуг	39	15	5–6	149
Кагул	33	2–11	7	82–93,5
Кугурлуй	20	5–6,4	2–2,5	82
Сасик	29	3–12	1,2	71
Катлабух	21	1–11	4	67
Китай	24	3–3,5	5	60
Картал	5	2	2,4	15
Саф'яни	6,5	1	3,5–4	2,5–4,2
Біле	1,7	0,8	1,5	1,3

Проби відбирали в фітопланктоні, обростаннях макроскопічних водоростей і вищих водних рослин, каменів, штучних субстратів (бетонних плит), на поверхні м'яких ґрунтів (пісках і мулах). Вивчали такі екологічні угруповання водоростей, як фітопланктон, мікрофітобентос (епімікрофітон, літофітон, псаммон, епіпелон) і перифітон.

Протягом усього періоду зібрано та оброблено 338 проб на 40 станціях і виготовлено 338 тимчасових і 95 постійних препаратів. Живі проби вивчали за допомогою світлових мікроскопів XSP-104 (Росія), PZO (Польща) і Ergaval (Zeiss-Jena, Німеччина) зі збільшенням 16×10, 40×10, 100×10.

Видовий склад мікроводоростей встановлювали з використанням монографій Н.В. Кондратьєвої (1968), П.М. Царенка (1990), М.О. Гусякова та ін. (1992), визначників і атласів: *Визначник прісноводних водоростей України* (1938–1993), *Диатомовий аналіз* (1949–1950), *Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные* (1974, 1988, 2002), А. Schmidt (1874–1959), F. Hustedt (1927–1966), F. Hindák et al. (1975), K. Starmach (1985), K. Krammer, H. Lange-Bertalot (1986–2001), J. Komárek, K. Anagnostidis (1988), A. Witkowski et al. (2000), J. Komárek (2013) та ін. Сучасні назви водоростей узгоджені з *AlgaeBase* (Guiry, Guiry, 2019) та *Algae of Ukraine...*, 2006, 2009, 2011, 2014.

Результати та обговорення

У результаті проведених досліджень в озерах ПЗП виявлено 339 видів мікроводоростей, які відносяться до 135 родів, 62 родин, 29 порядків, 10 класів, 7 відділів, 4 царств і 2 доменів (табл. 2). Повний перелік видів водоростей та їхній розподіл представлено в систематичному списку мікроскопічних водоростей озер ПЗП*. Для порівняння, в лиманах ПЗП (Gerasimiuk, 2018) знайдено 553 видів мікроскопічних водоростей, в річ-

*Див. електронний додаток до статті на сайті журналу: https://algologia.co.ua/pdf/30/4/alg-2020-30-4-382_supp.pdf.

ках – 441 (Gerasimiuk, 2019), ставках – 187, водосховищах – 124, ефемерних водоймах – 106 і струмках – 76. Таким чином, в озерах ПЗП виявлено видів водоростей менше, ніж у лиманах і річках, але більше, ніж у ставках, водосховищах, струмках і калюжах (табл. 3).

Таблиця 2. Загальний таксономічний спектр водоростей озер ПЗП

Домен	Царство	Кількість					
		відділів	класів	порядків	родин	родів	видів
<i>Prokaryota</i>	<i>Eubacteria</i>	1	1	5	12	23	40
<i>Eukaryota</i>	<i>Chromista</i>	3	5	18	34	70	205
	<i>Protozoa</i>	1	1	2	4	8	18
	<i>Plantae</i>	2	3	4	12	34	76
Всього	4	7	10	29	62	135	339

Таблиця 3. Таксономічний розподіл видів за різнотипними водоймами ПЗП

Відділ	Водойми						
	Лимани	Річки	Озера	Ставки	Водосховища	Калюжі	Струмки
<i>Bacillariophyta</i>	380	273	198	88	100	76	62
<i>Cyanoprokaryota</i>	81	61	40	37	11	17	10
<i>Chlorophyta</i>	54	57	62	33	6	7	2
<i>Euglenophyta</i>	14	21	18	9	4	3	2
<i>Charophyta</i>	12	13	15	12	2	2	–
<i>Ochromytha</i>	5	11	5	5	–	–	–
<i>Dinophyta</i>	6	4	1	3	1	1	–
<i>Xanthophyta</i>	–	1	–	–	–	–	–
<i>Haptophyta</i>	1	–	–	–	–	–	–
Всього	553	441	339	187	124	106	76

Найбільше видове різноманіття мікрowodоростей характерне для озер Кугурлуй (198 видів) та Ялпуг (198). Друге місце за кількістю видів мікрофітів належить оз. Катлабух (192), третє – оз. Кагул (169). Найменше видове різноманіття мікроскопічних водоростей виявлено в озерах Сасик (79) і Писарське (64). Решта озер за кількістю видів зайняли проміжне положення. В усіх досліджених озерах переважали *Bacillariophyta* (54–139 видів), *Chlorophyta* (3–35) та *Cyanophyta* (6–25). Решта відділів відрізнялися меншою кількістю видів (табл. 4).

До 10 провідних родин увійшло 50% загальної кількості видів (табл. 5). Роди *Nitzschia* (26), *Navicula* (15), *Cymbella* (9), *Tryblionella* (9), *Desmodesmus* (9), *Caloneis* (8), *Gomphonema* (8), *Euglena* (7), *Cosmarium* (7) і *Oscillatoria* (7) формують основу видового багатства водоростей досліджуваних озер.

Таблиця 4. Таксономічна структура мікроводоростей деяких озер ПЗП

Озеро	Кількість видів у відділі, од.							Загалом
	<i>Cyanoprokaryota</i>	<i>Euglenophyta</i>	<i>Ochrophyta</i>	<i>Bacillariophyta</i>	<i>Dinophyta</i>	<i>Chlorophyta</i>	<i>Charophyta</i>	
Ялпуг	16	13	3	128	–	31	7	198
Кугурлуй	21	5	1	139	1	24	7	198
Катлабук	25	8	3	115	–	35	6	192
Кагул	20	6	2	103	–	35	3	169
Китай	24	8	2	97	1	30	1	163
Картал	12	2	–	96	–	11	1	122
Біле	6	–	–	94	–	3	1	104
Саф'яни	10	2	–	71	–	10	1	94
Сасик	6	–	–	68	–	4	1	79
Писарське	7	–	–	54	–	3	–	64
Всього	40	18	5	198	1	62	15	339

Таблиця 5. Провідні родини альгофлори озер ПЗП

Місце	Родина	Кількість видів	% загальної кількості видів
1	<i>Bacillariaceae</i>	38	11,2
2	<i>Naviculaceae</i>	28	8,2
3	<i>Scenedesmaceae</i>	25	7,4
4	<i>Fragilariaceae</i>	16	4,7
5	<i>Surirellaceae</i>	15	4,4
6	<i>Gomphonemataceae</i>	14	4,1
7–8	<i>Cymbellaceae</i>	9	2,6
7–8	<i>Euglenaceae</i>	9	2,6
9–10	<i>Achnanthaceae</i>	8	2,4
9–10	<i>Oscillatoriaceae</i>	8	2,4
Всього		170	50

Знайдено 13 нових видів для придунайських озер: *Oscillatoria komarovii* Anissimova, *Anabaenopsis knipowitschii* (Usachev) Komárek, *Mallomonas coronata* Boloch., *M. helvetica* Pascher et Ruttner, *Parlibellus crucicula* (W.Sm.) Witkowski, Lange-Bert. et Metzeltin, *Pinnularia fonticola* Hust., *Diploneis mauleri* (Brun) Cleve, *Luticola heufleriana* (Grunow) D.G.Mann, *Navicula alineae* Lange-Bert., *Astasia skadowskii* Korschikov, *Lepocinclis cyclidiopsis* M.S.Bennett et Triemer, *Eutreptia pyrenoidifera* Matv. та *Euglena satelles* Brasl.-Spect.

Нові регіональні види для ПЗП і нові види для території України представлені 4 видами: *Mallomonas coronata* Bolocho., *Diploneis mauleri* (Brun) Cleve, *Pinnularia fonticola* Hust., *Luticola heufleriana* (Grunow) D.G.Mann (див. рисунок).

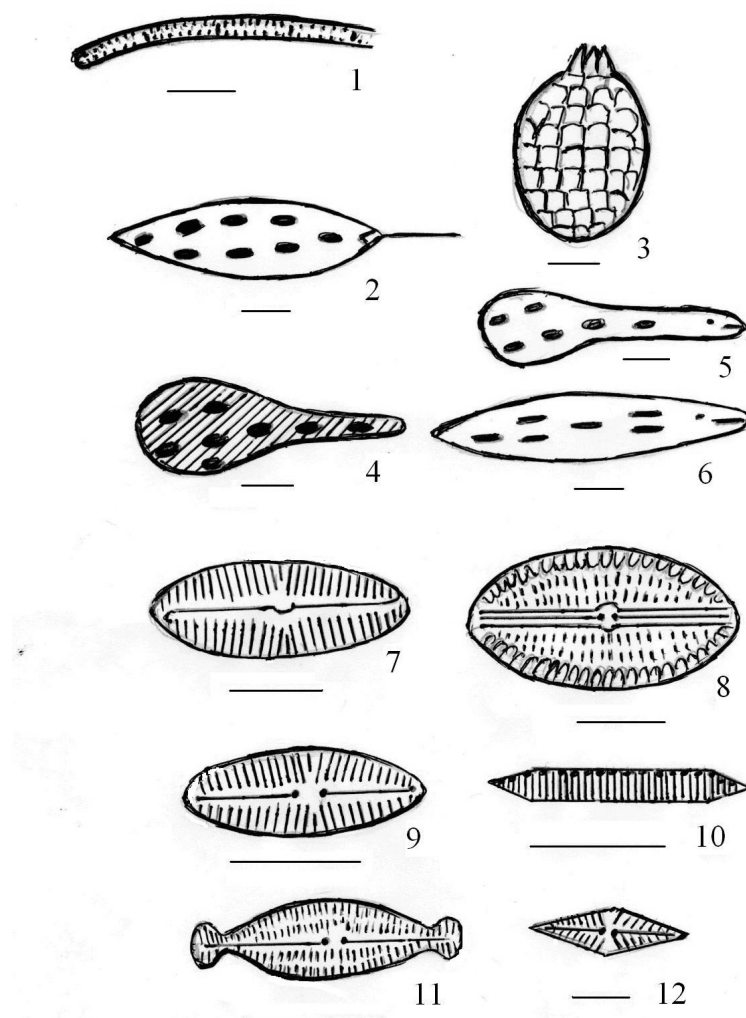


Рисунок. Деякі нові і рідкісні види водоростей для Придунайських озер, водойм Північно-Західного Причорномор'я і території України: 1 – *Oscillatoria komarovii*; 2 – *Astasia skadowskii*; 3 – *Mallomonas coronata*; 4 – *Eutreptia pyrenoidifera*; 5 – *Euglena satellites*; 6 – *Lepocinclis cyclidiopsis*; 7 – *Pinnularia fonticola*; 8 – *Diploneis mauleri*; 9 – *Parlibellus crucicula*; 10 – *Nitzschia vitrea*; 11 – *Luticola heufleriana*; 12 – *Hippodonta costulata*. Масштаб 10 мкм

Вид *Pinnularia fonticola* вперше представлено для водойм ПЗП, території України та Європи.

Нижче наводимо його опис.

P. fonticola Hust. 1922. Bacill. Inn.: 130, pl. 9, fig. 2.

Стулки лінійні 52–157 мкм завд., 15–20 мкм завш., 5–9 рядів ареол у 10 мкм.

Зустрічається на мулистих ґрунтах в оз. Білому. Вперше наводиться для водойм ПЗП, території України і Європи.

Бентосний, прісноводний, олігогалолюбний, індіферентний, бореальний вид.

Розповсюджений у водоймах Азії (Китай, Таджикистан).

До цікавих флористичних знахідок (рідкісних видів) відносяться 9 видів: *Coelomoron pusillum* (Van Goor) Komárek, *Spirulina laxa* G.M.Sm., *Cavinula lacustris* (W.Greg.) D.G.Mann et Stickle, *Hippodonta costulata* (Grunow) Lange-Bert., D.Metzeltin et A.Witkowski, *Parlibellus protractus* (Grunow) A.Witkowski, Lange-Bert., D.Metzeltin, *Tryblionella acuta* (Cleve) D.G.Mann, *Nitzschia vitrea* G.Norman, *Euglena pavlovskoensis* (V.I.Poljansky) T.G.Porova і *Ankyra judayi* (G.M.Sm.) Fott.

Серед альгофлори озер налічується 189 одноклітинних, 119 колоніальних і 31 вид багатоклітинних водоростей. З них рухомі форми становлять 157, нерухомі – 182 одиниці. За відношенням до типів морфологічної диференціації тіла переважають кокоїдні (282), нитчасті становлять 31, монадні – 26 видів.

Проаналізовано екологічні особливості мікроскопічних водоростей в зв'язку з такими факторами середовища, як тип місцезростання, солоність і сапробність води, рН середовища.

Щодо місцезростання, то переважали бентосні водорості (147 видів) над планктонними (109) і перифітонними (83).

За рівнем мінералізації води в озерах домінували прісноводні форми (281 вид), серед яких індіферентів налічувалося 221, галофілів – 58 і галофобів – 2, солонуватоводних (мезогалофів) – 52, морських (полігалофів) всього 6 видів.

За відношенням до активної реакції середовища (рН) переважали алкаліфіли (282 види), індіферентами виявилися 49 видів, ацидофілами – всього 8 видів.

Виявлено 217 видів індикаторів сапробності. З них домінували мезо-сапроби (173 види), до них належали β-мезосапроби (127), α-мезосапроби (32), β-α-мезосапроби (14). Налічувалося 26 олігосапробів, о-β-мезосапробів – 9, ксеносапробів – 4, полісапробів – 2, α-полісапробів – 2, ксено-олігосапробів – 1.

Трапляння водоростей на різних типах субстратів було неоднаковим. Так, в обростаннях макрофітів відзначено 148 видів, бетонних плит – 42; каменів – 38, на мулистих і піщаних ґрунтах – 110 і 41 вид відповідно.

Кількість видів мікроскопічних водоростей в обростаннях вищих водних рослин було неоднаковим. Так, в очереті звичайному (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) виявлено 99, на рясці малій (*Lemna minor* L.) – 97, рдеснику гребінчастому (*Stukenia pectinata* (L.) Börner) – 73, роголистняку зануреному (*Ceratophyllum demersum* L.) – 66, на рогозі вузьколистому (*Typha angustifolia* L.) – 36, вербі вавилонській (*Salix*

babylonica L.) – 35, сальвінії плаваючій (*Salvinia natans* (L.) All.) – 35, уруті колосистій (*Myriophyllum spicatum* L.) – 21 та на осоці (*Carex* sp.) – 18. У той же час розподіл мікроскопічних водоростей в обростаннях таломів макроскопічних водоростей був дещо іншим. Так, в обростаннях *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. виявлено 92, *Spirogyra decimina* (O.Müll.) Dumort. – 79, *Chara fragilis* L. – 41, *Vaucheria* sp. – 31, *Oedogonium* sp. – 30, *Cladophora fracta* (O.Müll. ex Vahl.) Kütz. – 28 і *Ulothrix implexa* (Kütz.) Kütz. – 13 видів мікрофітів.

За типом біогеографічного розповсюдження водорості були представлені космополітною (199 видів) і бореальною (130) групами з північно-альпійськими (4), аркто-бореальними (1), бореально-нотальними (1) і бореально-тропічними (1) елементами.

Висновки

1. В озерах ПЗП знайдено 339 видів мікроскопічних водоростей, які належать до 135 родів, 62 родин, 29 порядків, 10 класів та 7 відділів.
2. З них 13 видів водоростей виявилися новими для Придунайських озер, 4 – новими регіональними видами для ПЗП і території України, 1 вид, *Pinnularia fonticola* – новий для території України та Європи.
3. Озера Кугурлуй (198 видів) і Ялпуг (198) відрізнялися найбільшим, а оз. Писарське (64) найменшим видовим різноманіттям мікрowodоростей.
4. За відношенням до рівня мінералізації води траплялися прісноводні (283 видів), солонуватоводні (39) і морські (6) організми.
5. Космополітна (199) і бореальна (130) групи видів з північно-альпійськими (4), аркто-бореальними (1), бореально-нотальними (1) і бореально-тропічними (1) елементами формували альгофлору озер ПЗП.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Атлас світу. 2004. Київ: Картографія. 139 с.
- Визначник прісноводних водоростей України. 1938–1993. Т. 1–12. Київ: Вид-во АН України.
- Владимирова К.С. 1957. Микрофитобентос придунайских лиманов. *Вопросы экологии*. 1: 12–20.
- Владимирова К.С. 1961. Микрофитобентос Придунайских водоемов. *Труды Ин-та гидробиол. АН УССР*. 36: 242–262.
- Водоросли: Справочник. 1989. Под ред. С.П. Вассера. Киев: Наук. думка. 608 с.
- Герасимюк В.П. 2003. Флористичний аналіз водоростей бентосу придунайських водойм. *Вісн. ОНУ*. 8(1): 37–42.
- Герасимюк В.П. 2008. Мікрофітобентос водойм басейну Нижнього Дністра. *Вісн. ОНУ*. 13(4): 70–81.
- Герасимюк В.П., Герасимюк Н.В. 2009. Сравнительная характеристика видового состава водорослей придунайских озер (Украина). *Альгология*. 19(2): 206–215.
- Герасимюк В.П., Ковтун О.А. 2002. Микрофитобентос придунайских озер. *Вісн. ОНУ*. 7(2): 81–87.
- Гусяков М.О., Косенко С.Ю. 2001. Видовий склад водоростевого компонента у живленні товстолибиків придунайських озер. *Вісн. ОНУ*. 6(1): 81–87.

- Гусяков Н.Е., Закордонец О.А., Герасимюк В.П. 1992. *Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов*. Киев: Наук. думка, 252 с.
- Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. 1974, 1988, 2002. Т. 1–3. Л.: Наука.
- Диатомовый анализ. 1949, 1950. Кн. 1–3. М., Л.: Госгеолитиздат.
- Ковалева Н.В., Мединец В.И. 2002. Исследование фотосинтетической активности фитопланктона в придунайских озерах в 2001–2002 гг. *Вісн. ОНУ*. 7(2): 63–69.
- Кондратьева Н.В. 1968. *Клас гормогонієві – Hormogoniophyceae*. Київ: Наук. думка. 523 с.
- Костикова Л.Е. 1969. *Фитопланктон придунайських лиманов*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев. 19 с.
- Поліщук В.В. 1974. *Гідрофауна пониззя Дунаю в межах України*. Київ: Наук. думка. 419 с.
- Ролл Я.В. 1961. Фитопланктон придунайских водоемов. *Труды Ин-та гидробиол. АН УССР*. 36: 222–229.
- Саут Р., Уиттик А. 1990. *Основы альгологии*. М.: Мир. 597 с.
- Царенко П.М. 1990. *Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР*. Киев: Наук. думка. 208 с.
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. 2006, 2009, 2011, 2014. Vol. 1–4. Eds P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag.
- Gerasimiuk V.P. 2018. Microalgae of the North-Western Black Sea Coast estuaries. *Int. J. Algae*. 20(2): 109–120. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v20.i2.10>
- Gerasimiuk V.P. 2019. Microscopic algae of benthos of rivers of the North-Western Black Sea (Ukraine). In: *Advances in modern phycology: Mat. VI Int. Conf. (Kyiv, 15–17 May, 2019)*. Kyiv. Pp. 39–40.
- Guiry G.M., Guiry M.D. 2019. *AlgaeBase*. World-wide electronic publ., Natl. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Hindák F., Komárek J., Marvan P., Ruzicka J. 1975. *Klíč na určovanie výtrusných rastlín*. Bratislava: Sloven. Ped. Naklad. 396 p.
- Hustedt F. 1927–1966. Die Kieselalgen Deutschlands Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. In: *Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland. Österreich und der Schweiz. Bd 7*. Leipzig. 816 p.
- Komárek J. 2013. *Cyanoprokaryota*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19(3). Berlin, Heidelberg: Elsevier. 1130 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 1988. *Cyanoprokaryota. 1. Chroococcales*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19(1). Jena: G. Fischer. 548 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986–2001. *Bacillariophyceae*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2(1–4). Stuttgart, New York: G. Fischer Verlag.
- Schmidt A.W.F. 1874–1959. *Atlas der Diatomaceenkunde*. Leipzig. 240 p.
- Starmach K. 1985. *Chrysophyceae und Haptophyceae*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 1. Stuttgart, New York: Fischer Verlag. 515 p.
- Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 2000. *Diatom flora of marine coasts*. 1. Vol. 7. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G. 925 p.

Підписав до друку П.М Царенко

REFERENCES

- Algae: Reference Book*. Ed. S.P. Wasser. Kyiv: Naukova Dumka. 1989. [Rus.]
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. 2006, 2009, 2011, 2014. Vol. 1–4. Eds P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G.
- Atlas of world*. 2004. Kyiv: Kartografiya. 139 p. [Ukr.]
- Diatom analysis*. 1949, 1950. Book 1–3. Moscow, Leningrad: Gosgeoltekhizdat. [Rus.]
- Diatoms of the USSR. Fossil and modern*. 1974, 1988, 2002. Vol. 1–3. Leningrad: Nauka Press. [Rus.]
- Gerasimiuk V.P. 2003. Floristic analysis of benthos algae of Lower Danube Lakes. *Visnyk ONU*. 8(1): 37–41.
- Gerasimiuk V.P. 2008. Microphytobenthos of water bodies of the Lower Dniester basin. *Visnyk ONU*. 13(4): 70–81.
- Gerasimiuk V.P. 2018. Microalgae of the North-Western Black Sea Coast Estuaries. *Int. J. Algae*. 20(2): 109–120. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v.20.i2.10>
- Gerasimiuk V.P. 2019. In: *Advances in modern phycology*: Mat. VI Int. Conf. (Kyiv, 15–17 May, 2019). Kyiv. Pp. 39–40.
- Gerasimiuk V.P., Gerasimiuk N.V. 2009. Comparasion of species diversity of algae of the Lower Danube Lakes (Ukraine). *Algologia*. 19(2): 206–215.
- Gerasimiuk V.P., Kovtun O.A. 2002. Microphytobenthos of the Lower Danube Lakes. *Visnyk ONU*. 7(2): 81–87.
- Guiry G.M., Guiry M.D. 2019. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Natl. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Guslyakov N.E., Kosenko S.U. 2001. Species composition of algal component in the feeding of silver carp and bighead in Lower Danube lakes. *Visnyk ONU*. 6(1): 81–87.
- Guslyakov N.E., Zakordonets O.A., Gerasimiuk V.P. 1992. *Atlas of diatoms of benthos of the north-western part of the Black Sea and adjoining reservoirs*. Kyiv: Naukova Dumka. 252 p. [Rus.]
- Hindák F., Komárek J., Marvan P., Ruzicka J. 1975. *Klíč na určovanie výtrusných rastlín*. Bratislava: Sloven. Ped. Naklad. 396 p.
- Hustedt F. 1927–1966. In: *Rabenhorst's Kryptogamen-Flora van Deutschland*. Österreich und der Schweiz. Bd 7. Leipzig. 816 p.
- Komárek J. 2013. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19(3). Berlin, Heidelberg: Elsevier. 1130 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 1988. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19(1). Jena: G. Fischer. 548 p.
- Kondratyeva N.V. 1968. In: *Identification manual of freshwater algae of Ukrainian SSR*. Vol. 1, pt. 2. Kyiv: Naukova Dumka. 524 p. [Ukr.]
- Kostikova L.E. 1969. *Phytoplankton of the Lower Danube Estuaries*. PhD. (Biol.) Abstracts. Kyiv. 19 p. [Rus.]
- Kovaleva N.V., Medinets V.I. 2002. Studies of photosynthetic activity of the Lower Danube lakes in 2001–2002. *Visnyk ONU*. 7(2): 63–69.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986–2001. In: *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2(1–4). Stuttgart, New York: G. Fischer Verlag.

- Polishuk V.V. 1974. *Hydrofauna of the Lower Danube within the borders of Ukraine*. Kyiv: Naukova Dumka. 419 p. [Ukr.]
- Roll Ya.V. 1961. Phytoplankton of Lower Danube Reservoirs. *Trudy Inst. Gidrobiol. AN USSR*. 36: 222–229.
- Saut R., Uittik A. 1990. *Fundamentals of algology*. Moscow: Mir Press. 597 p. [Rus.]
- Schmidt A.W.F. 1874–1959. *Atlas der Diatomaceenkunde*. Leipzig. 240 p.
- Starmach K. 1985. In: *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Bd 1. Stuttgart, New York: Fischer Verlag. 515 p.
- The key to freshwater algae of Ukraine*. 1938–1993. Vol. 1–12. Kyiv: Acad. Sci. Ukraine Press. [Ukr.]
- Tsarenko P.M. 1990. *Concise guide to chlorococcales algae of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Naukova Dumka. 207 p. [Rus.]
- Vladimirova K.C. 1957. Microphytobenthos of the Danube Lower Estuaries. *Voprosy ekologii*. 1: 12–20.
- Vladimirova K.C. 1961. Microphytobenthos of the Lower Danube Reservoirs. *Trudy Inst. Hydrobiol. Acad. Sci. UkrSSR*. 36: 242–262.
- Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 2000. *Diatom flora of marine coasts*. 1. Vol. 7. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G. 925 p.

Gerasimiuk V.P. 2020. **Microscopic algae of some lakes of the North-Western Black Sea coast (Ukraine)**. *Algologia*. 30(4): 382–392

Odesa National I.I. Mechnikov University, Department of Botany,
2 Dvoryanska Str., Odesa 65026, Ukraine

Paper summarizes information on the diversity of microscopic algae of 10 lakes of the north-western Black Sea coast (Bile, Kahul, Kartal, Katlabukh, Kytai, Pysarske, Sasyk, Safyany and Yalpug). A total of 339 species belonging to 135 genera, 62 families, 30 orders, 10 classes, 7 divisions were identified. The richest divisions were *Bacillariophyta* (198) and *Chlorophyta* (62) and *Cyanophyta* (40). Representatives of *Euglenophyta* (18), *Charophyta* (15), *Ochrophyta* (5) and *Dinophyta* (1) were less diverse. In the studied lakes, 13 new species were found for the Danube lakes and four species are first cited for the water bodies of the North-Western Black Sea Coast and the territory of Ukraine. Among them *Pinnularia fonticola* Hustedt is new record to Europe. Genera *Nitzschia* Hassall (26), *Navicula* Bory (15), *Cymbella* C.Agardh (9), *Tryblionella* W.Sm. (9), *Desmodesmus* (F.Chodat) An, Friedl et E.Hegew. (9), *Caloneis* Cleve (8), *Gomphonema* (C.Agardh) Ehrenb. (8), *Euglena* Ehrenb. (7), *Cosmarium* Corda et Ralfs (7) and *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont (7) formed the basis of the species composition of algae in studied lakes. Morphologically, 189 species are unicellular, 119 colonial and 31 multicellular algae. Of these, 157 species are known as motile and 182 as immotile forms. On different types of substrates different numbers of microalgae species were identified. 148 species grew epiphytically on macrophytes; on solid substrates, 42 species were revealed on concrete and 38 on stones. On the bottom, 110 species were found on silt and 41 on sand. In relation to the level of water mineralization in the lakes freshwater species dominated (281). They include 221 species of indifferent, 58 halophiles and 2 halophobes. Mesohalobes were represented by 52 species, six species are marine (polyhalobes). Lakes Yalpug (198 species), Kugurluy (198) and Katlabukh (192) were the richest in microalgae species.

Key words: species, algae, microphytobenthos, phytoplankton, periphyton, lake, North-West Black Sea region

Флористичний склад і таксономічна структура водоростей гіпергалінних водойм північно-західного узбережжя Азовського моря (Україна)

Солоненко А.М., Брен О.Г.

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького,
кафедра ботаніки та садово-паркового господарства,
вул. Гетьманська, 20, Мелітополь 72312, Запорізька обл., Україна
anatol8@ukr.net

Надійшла до редакції 22.06.2020. Після доопрацювання 15.09.2020.

Підписана до друку 17.10.2020. Опублікована 24.12.2020

Реферат. Наведено результати багаторічних альгологічних досліджень гіпергалінних водойм північно-західного узбережжя Азовського моря. Відображено особливості флористичного складу та таксономічної структури водоростей водних (водна товща і дно), водно-наземних (уріз води, пересохлі ложа, зона обсихання) і наземних (незатоплювані підвищені ділянки) середовищ існування. Специфічною рисою досліджуваної альгофлори є відсутність представників деяких відділів водоростей, характерних для солонowodних і незасолених наземних і водних місцезростань на території України. Встановлено, що видовий склад досліджених водойм є збіднілим порівняно з незасоленими і морськими екосистемами. Всього виявлено 123 види водоростей з 7 відділів, 10 класів, 27 порядків, 47 родин і 68 родів. Найбільшою кількістю видів вирізнялися 3 відділи: *Cyanoprocarvota* (65 видів, 52,9% загальної кількості видів), *Bacillariophyta* (26 видів, 21,1%), *Chlorophyta* (22, 17,9%). Перші місця серед 6 провідних порядків займали *Oscillatoriales*, *Nostocales*, *Chroococcales* і діатомові водорості порядку *Naviculales*. Серед родин найбільшою кількістю видів представлені *Nostocaceae*, *Pseudanabaenaceae* і *Phormidiaceae*. Високим видовим багатством відзначилися 23 роди, середній показник якого перевищував 1,81. На всіх таксономічних рівнях альгофлора гіпергалінних водойм демонструвала риси не тільки засолених місцезростань, але й прісноводних, морських і наземних екстремальних екосистем. Така різноманітність водоростей свідчить про мінливий гідрологічний режим, складні зв'язки водообміну і зв'язок гіпергалінних водойм з прилеглими терестріальними та аквальними місцезростаннями.

Ключові слова: водорості, гіпергалінні водойми, солоність, Азовське море, узбережжя, пелоїди

Вступ

Одним з основних природних ресурсів, який використовують в бальнеологічній, медичній та рекреаційній практиці, є пелоїди. В Україні

© Солоненко А.М., Брен О.Г., 2020

найбільш відомі мулові сульфідні пелоїди, які утворюються на дні солоних водойм. Найбільш відомими родовищами в Україні є озера Сакське, Сиваш і Куяльницький лиман. Водночас, пелоїди трапляються і в невеликих водоймах з непостійним гідрологічним режимом (Исаченко, 1951; Водоп'ян, 1970; Герасименко и др., 2003; Samulina et al., 2010). Такі водойми в літературі згадуються як амфібіальні, ефемерні або гіпергалінні (Приходькова, 1971а, б; Виноградова, 2006, 2012; Солоненко, 2011а, б, 2015; Захаров, 2019).

Особливістю території північно-західного узбережжя Азовського моря є наявність численних гіпергалінних водойм. Вони характеризуються частковим або повним пересиханням, а солоність їхніх вод може досягати високих значень. При повному пересиханні на поверхні лож може утворюватися сольова кірка. За таких екстремальних умов відбувається процес утворення мулових сульфідних пелоїдів при активній участі водоростей (Солоненко, 2012; Солоненко и др., 2015; Solonenko, 2014, 2016; Solonenko et al., 2014).

Тому метою нашої роботи було вивчення видового складу і таксономічної структури водоростей, які беруть участь у процесі утворення мулових сульфідних пелоїдів в гіпергалінних водоймах території північно-західного узбережжя Азовського моря.

Матеріали та методи

Проби відбирали на 21 полігоні протягом 1997–2011 рр. у ході маршрутних і стаціонарних досліджень. Полігони розташовувалися на північно-західному узбережжі Азовського моря на території трьох областей – Донецької, Запорізької та Херсонської (рис. 1).



Рис. 1. Полігони дослідження території північно-західного узбережжя Азовського моря

До їхнього складу входили різні за походженням і водним режимом водойми і прилеглі території, які генетично з ними зв'язані (уріз води, пересохлі ложа водойм або зона обсихання) і підвищені незатоплювані ділянки з вищою рослинністю). У водних, водно-наземних і наземних

місцезростаннях відібрано 618, 771 і 396 зразків відповідно. Їх відбирали за методами, прийнятими в гідробіології та ґрунтовій альгології (Голлебах, Штина, 1969; Абакумов, 1983; Зилов, 2009).

Ідентифікацію водоростей здійснювали за допомогою прямого мікроскопіювання і культуральних методів з використанням ґрунтових, ґрунтово-водних і агарових культур. Культивування проводили на середовищі Болда з нормальним і потрійним вмістом нітрогену (1N BBM і 3N BBM) з додаванням (і без) витяжки з досліджуваного ґрунту (Костіков та ін., 2001).

Водорості ідентифікували з використанням низки визначників: Забелина и др., 1954; Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Huber-Pestalozzi, 1962; Матвієнко, Догадіна, 1978; Виноградова и др., 1980; Кондратьєва, 1984; Мошкова, Голлербах, 1986; Ettl, 1978; Ettl, Gärtner, 1988, 1995; Komárek, Anagnostidis, 1998, 2000.

Для оцінки таксономічних показників і складання систематичного списку водоростей району дослідження використовували систему, наведену в монографіях (Костіков та ін., 2001; Algae..., 2006, 2009, 2011, 2014) з урахуванням сучасних номенклатурних змін окремих видових і внутрішньовидових таксонів (www.algaebase.org).

Результати та обговорення

У ході досліджень виявлено 123 види водоростей з 7 відділів: *Cyanoprokaryota* – 65 видів (52,9% загальної кількості виявлених видів), *Bacillariophyta* – 26 (21,1%), *Chlorophyta* – 22 (17,9%), *Rhodophyta* – 6 (4,9%), *Dinophyta* – 2 (1,6%), *Xanthophyta* і *Cryptophyta* – по 1 виду (по 0,8%) (Солоненко и др., 2004, 2005, 2006а, б, 2008; Солоненко, Разнополов, 2007; Солоненко та ін., 2010; Солоненко, Яровий, 2009а, б, 2011; Яровой и др., 2007, 2008; Черевко та ін., 2008; Iarovyi et al., 2007; Solonenko, 2014, 2016; Arabadzhi, 2016; Yarovyi et al., 2017; Arabadzhy-Tipenko et al., 2019; Bren, Solonenko, 2019; Maltseva et al., 2019). Зазначені види відносяться до 10 класів, 27 порядків, 47 родин і 68 родів (табл. 1).

На рівні відділів специфіка флористичного спектра водоростей полягає у відсутності представників *Phaeophyta* і *Haptophyta*, які є невід'ємним компонентом морських екосистем. Не знайдено жодного представника відділу *Chrysophyta*, до якого належить численна група морських і прісноводних водоростей. Не виявлено водоростей з відділу *Euglenophyta*, які широко представлені в прісних континентальних водоймах. Не зареєстровані види *Eustigmatophyta*, які є постійними компонентами альгофлори ґрунтів помірного поясу.

Таким чином, структура альгофлори досліджених полігонів північно-західного узбережжя Азовського моря являє собою комбінований варіант, помітно збіднілий у кількісному відношенні видів і відділів.

Унікальність досліджуваної альгофлори ще виразніше простежується за систематичною структурою на рівні порядків (табл. 2). Перші місця серед 6 провідних порядків зайняли *Oscillatoriales*, *Nostocales*, *Chroococcales* і *Naviculales*.

Таблиця 1. Систематична структура водоростей північно-західного узбережжя Азовського моря

Відділ	Кількість, од.				
	класів	порядків	родин	родів	видів (%)*
<i>Cyanoprocaryota</i>	1	3	11	28	65 (52,9)
<i>Xanthophyta</i>	1	1	1	1	1 (0,8)
<i>Bacillariophyta</i>	2	10	15	17	26 (21,1)
<i>Dinophyta</i>	1	1	1	1	2 (1,6)
<i>Cryptophyta</i>	1	1	1	1	1 (0,8)
<i>Rhodophyta</i>	1	2	3	4	6 (4,9)
<i>Chlorophyta</i>	3	9	15	16	22 (17,9)
Всього	10	27	47	68	123

* У дужках вказано відсоток водоростей в межах відділу по відношенню до загальної кількості таксонів, виявлених на всіх полігонах.

Таблиця 2. Провідні порядки альгофлори північно-західного узбережжя Азовського моря

Місце	Порядок	Кількість видів, од.
1	<i>Oscillatoriales</i>	35
2	<i>Nostocales</i>	19
3–4	<i>Chroococcales</i>	11
3–4	<i>Naviculales</i>	11
5–6	<i>Ulvaes</i>	5
5–6	<i>Ceramiales</i>	5
Всього видів 91		

Останніми в списку провідних порядків є зелені та червоні водорості (*Ulvaes*, *Ceramiales*), які зазвичай входять до числа провідних в різних альгофлорах прісних і солонуватих водойм різних типів (Громов, 2012; Starmach, 1995; Aliya et al., 2009).

Порядки *Chlorococcales*, *Chlorellales*, які переважають у ґрунтових альгофлорах зональних і галофільних типів рослинності України, в досліджуваних біотопах до числа провідних не потрапляють, а *Mischococcales* і *Protosiphonales* взагалі відсутні (Костиков, 1991). Загалом, провідні порядки об'єднують 91 вид водоростей (74,6% загальної кількості виявлених видів водоростей).

Таким чином, структура на рівні порядків визначає унікальний галофільний характер альгофлори досліджуваних середовищ існування та

підтверджує наявність у її складі рис, притаманних прісноводним, ґрунтовим галофільним і морським альгоутгрупованням.

Альгофлору досліджуваних полігонів представляють 11 родин, до складу яких входять 77 видів водоростей (62,6%). Їх основу формують, в першу чергу, багатоклітинні ціанопрокаріоти з родин *Nostocaceae*, *Pseudanabaenaceae* і *Phormidiaceae* (табл. 3). Усі вони є складовими провідних в альгофлорі ґрунтів (з різним ступенем засоленості) степової, сухостепової та безлюдно-степової зон (Новичкова-Іванова, 1980; Топачевський, Масюк, 1984; Костіков та ін., 2001).

Таблиця 3. Провідні родини альгофлори північно-західного узбережжя Азовського моря

Місце	Родина	Кількість видів, од.	% загальної кількості видів
1	<i>Nostocaceae</i>	18	14,6
2	<i>Pseudanabaenaceae</i>	16	13
3	<i>Phormidiaceae</i>	8	6,5
4	<i>Oscillatoriaceae</i>	7	5,7
5–7	<i>Ulvaceae</i>	5	4,1
5–7	<i>Merismopediaceae</i>	5	4,1
5–7	<i>Naviculaceae</i>	5	4,1
8	<i>Ceramiceae</i>	4	3,3
9–11	<i>Chamaesiphonaceae</i>	3	2,4
9–11	<i>Schizotrichaceae</i>	3	2,4
9–11	<i>Bacillariaceae</i>	3	2,4
Видів у провідних родин		77	62,6
Всього видів		123	100

Більшість виявлених ціанопрокаріот мають слизові піхви або обгортки, які складаються з гідрофільних колоїдних полісахаридів і здатні швидко поглинати та утримувати велику кількість води. Така адаптивна риса дозволяє, з одного боку, витримувати посушливі сезони року, з іншого – протидіяти фізіологічному водному дефіциту, обумовленому високою концентрацією солі. Це узгоджується з даними наукових досліджень про домінування наведених вище родин ціанопрокаріот у засолених ґрунтах і амфібіальних екотопах, які періодично затоплюються солоною водою (Виноградова, 2012).

До ведучих відносяться 23 роди, видове багатство яких перевищує середній показник (1,81 виду). Провідні роди розташовуються у порядку зменшення видового багатства: *Leptolyngbya* – 11 видів (9,0% загальної кількості видів), *Nostoc* – 8 (6,6%), *Navicula*, *Anabaena* і *Ulva* – по 5 видів (4,1%), *Phormidium* і *Oscillatoria* – по 4 види (3,3%), *Trichormus*, *Pseudanabaena*, *Schizothrix* і *Ceramium* – по 3 (2,5%), *Amphora*, *Chlorella*, *Cocconeis*, *Craticula*, *Dunaliella*, *Gyrosigma*, *Lyngbya*, *Merismopedia*, *Nitzschia*, *Nodularia*, *Spirulina*, *Ulothrix* і *Prorocentrum* – по 2 види (1,6% кожний).

Провідними родами в різних біотопах є *Ulva* (морські екосистеми), *Dunaliella* (гіпергалінні водойми), *Chlorella* (наземні біотопи). Також істотну роль у формуванні альгофлори досліджуваних полігонів відіграють представники родів з відділів *Cyanoprokaryota* і *Bacillariophyta* з широкою екологічною амплітудою (Забелина и др., 1954; Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Матвієнко, Догадіна, 1978; Виноградова и др., 1980; Кондратьєва, 1984; Мошкова, Голлербах, 1986; Барінова и др., 2006; Huber-Pestalozzi, 1962; Komárek, Anagnostidis, 1998, 2000).

На досліджених полігонах (гіпергалінні водойми, їх пересохлі ложа, уріз води) відзначаються мулові сульфідні пелоїди, в процесі утворення яких беруть участь водорості. Особлива роль, ймовірно, відводиться видам, здатним досягати масового розвитку, утворюючи на поверхні дна макроскопічні розростання, а в товщі води викликати «цвітіння». При цьому головними лімітуючими абіотичними факторами в гіпергалінних водоймах є водний режим і солоність.

Висновки

1. У гіпергалінних водоймах північно-західного узбережжя Азовського моря виявлено 123 види водоростей з 7 відділів: *Cyanoprokaryota* – 65 видів (53%), *Bacillariophyta* – 26 (21%), *Chlorophyta* – 22 (18%), *Rhodophyta* – 6 (5%), *Dinophyta* – 2 (2%), *Xanthophyta* і *Cryptophyta* – по 1 виду (1%).

2. Видовий склад водоростей досліджених полігонів є досить збіднілим. Відсутні типові для флори України представники відділів *Phaeophyta*, *Haptophyta*, *Chrysophyta*, *Euglenophyta* і *Eustigmatophyta*.

3. Переважаючими групами водоростей гіпергалінних водойм виступають трихомальні та одноклітинні ціанопрокаріоти (52,9% загальної кількості виявлених видів). Істотний внесок у видове різноманіття вносять *Chlorophyta* та *Bacillariophyta* (17,9% і 21,1% відповідно).

4. Таксономічний спектр на рівні відділів і на більш низьких рівнях свідчить про те, що альгофлора полігонів поєднує риси прісноводних, морських і наземних галофільних альгоугруповань. Така парадоксальна різноманітність представників різних середовищ існування вказує на характерний для приморських гіпергалінних водойм непостійний гідрологічний режим і обмін водними масами з прилеглими терестріальними та аквальними місцезростаннями.

У досліджених гіпергалінних водоймах, їхніх пересохлих ложах і по урізу води спостерігаються відкладення мулових сульфідних пелоїдів. Учасниками пелоїдогенезису є водорості, здатні масово розвиватися та існувати навіть при пересиханні та високих показниках солоності.

Автори висловлюють подяку І.Ю. Костикову, І.А. Мальцевій та С.А. Яровому за консультації при підготовці статті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Абакумов В.А. 1983. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений*. Л.: Гидрометеиздат. 240 с.
- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. *Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды*. Тель-Авив: PiliesStud. 498 с.
- Виноградова О.М. 2006. *Суанопрокaryota* у гіпергалінних місцезростаннях та їх адаптаційні стратегії. *Укр. фітоцен. зб.* С(24): 33–44.
- Виноградова О.М. 2012. *Суанопрокaryota гіпергалінних екосистем України*. Київ: Альтерпрес. 200 с.
- Виноградова К.Л., Голлербах М.М., Зауер Л.М., Сдобникова Н.В. 1980. *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 13. Л.: Наука. 126 с.
- Водоп'ян П.С. 1970. Синьозелені водорості мінералізованих водойм Криму. *Укр. бот. журн.* 37(2): 165–169.
- Герасименко Л.М., Митюшина Л.Л., Намсараев З.Б. 2003. Мати *Microcoleus* из алкалофильных и галофильных сообществ. *Микробиология*. 72(1): 84–92.
- Голлербах М.М., Штина Э.А. 1969. *Почвенные водоросли*. Л.: Наука. 228 с.
- Громов В.В. 2012. Водная и прибрежно-водная растительность северного и западного побережья Азовского моря. *Журн. Сиб. гос. ун-та. Биология*. 5(2): 121–137.
- Дедусенко-Щеголева Н.Т., Голлербах М.М. 1962. *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 5. М., Л.: Изд-во АН СССР. 138 с.
- Забелина М.М., Киселёв И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. 1954. *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 4. М.: Сов. наука. 311 с.
- Захаров С.Г. 2019. Эфемерные водные объекты как особая группа озеровидных водоемов. *Геогр. вестн.* 48(1): 56–62.
- Зилов Е.А. 2009. *Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем)*. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та. 147 с.
- Исаченко Б.Л. 1951. *Микробиологические исследования над грязевыми озёрами*. Избр. труды. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР. С. 26–142.
- Кондратьева Н.В. 1984. *Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. Вип. 1. Київ: Наук. думка. 388 с.
- Костиков И.Ю. 1991. К вопросу о зональных особенностях состава почвенных водорослей. *Альгология*. 1(4): 15–22.
- Костіков І.Ю., Романенко П.О., Демченко Е.М., Дарієнко Т.М., Михайлюк Т.І., Рибчинський О.В., Солоненко А.М. 2001. *Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори)*. Київ: Фітосоціоцентр. 300 с.
- Матвієнко О.М., Догадіна Т.В. 1978. *Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. Т. 1. Київ: Наук. думка. 511 с.
- Мошкова Н.А., Голлербах М.М. 1986. *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 10. Л.: Наука. 182 с.
- Новичкова-Иванова Л.Н. 1980. *Почвенные водоросли фитоценозов Сахаро-Гобийской пустынной области*. Л.: Наука. 256 с.
- Приходькова Л.П. 1971а. Азотфіксуючі синьозелені водорості ґрунтів, рисових полів та ефемерних водойм півдня України. *Укр. бот. журн.* 28 (6): 753–758.
- Приходькова Л.П. 1971б. До вивчення розподілу синьозелених водоростей в ефемерних водоймах Присивашся залежно від ступеня солоності води. *Укр. бот. журн.* 28(4): 415–419.

- Солоненко А.М. 2011а. Бактерії-деструктори мортмаси *Cladophora siwaschensis* у ролі амфібіальних ділянок Арабатської стрілки та Бердянської коси. *Мікробіол. і біотехнол.* 2(14): 92–96.
- Солоненко А.Н. 2011б. Характеристика гуминовых веществ в пелоидах засоленных амфибиальных участков Азово-Черноморского бассейна. *Почвоведение.* 12(1–2): 92–94.
- Солоненко А.М. 2012. Фізико-хімічні особливості пелоїдів амфібіальних ділянок Арабатської стрілки та Бердянської коси. *Доп. НАН України.* (1): 171–173.
- Солоненко А.Н., Разнополов О.Н. 2007. Водоросли солончаков прибрежной полосы Молочного лимана. *Грунтознавство.* 8(1–2): 96–100.
- Солоненко А.М., Яровий С.О. 2009а. Анотований список водоростей солончаків Степанівської коси. *Чорномор. бот. журн.* 5(4): 617–628.
- Солоненко А.М., Яровий С.О. 2009б. Водорості приморських солончаків півострова Чонгар (Сиваш). *Чорномор. бот. журн.* 5(2): 224–230.
- Солоненко А.М., Яровий С.О. 2011. Водорості солончаків Шелюгівського поду (Запорізька область). *Укр. бот. журн.* 68(3): 399–406.
- Солоненко А.Н., Яровой С.А., Разнополов О.Н. 2004. Почвенные водоросли солончаков побережья Молочного лимана в районе Алтагирского лесничества. *Вісн. Запоріж. держ. ун-ту.* (1): 206–212.
- Солоненко А.Н., Разнополов О.Н., Подорожний С.Н. 2006а. Водоросли солончаков поймы правого берега Молочного лимана. *Вісн. Запоріж. нац. ун-ту.* (1): 142–148.
- Солоненко А.Н., Яровой С.А., Яровая Т.А. 2008. Водоросли солончаков устьевой части реки Корсак и урочища Тубальский лиман. *Бюл. Гос. Никит. бот. сада.* (96): 26–29.
- Солоненко А.М., Яровий С.О., Ярова Т.А. 2010. Водорості солончаків узбережжя озера Солоне (Запорізька область). *Вісн. Львів. ун-ту.* (52): 13–19.
- Солоненко А.Н., Мальцева И.А., Хромышев В.А. 2015. Микробиологический анализ пелоидов амфибиальных водоемов Бердянской косы и Арабатской стрелки. *Доп НАН України.* (5): 154–157.
- Солоненко А.Н., Яровой С.А., Разнополов О.Н., Подорожний С.Н. 2005. Водоросли солончаков побережья залива Сиваша. *Вісн. Запоріж. нац. ун-ту.* (1): 163–167.
- Солоненко А.Н., Яровой С.А., Подорожний С.Н., Разнополов О.Н. 2006б. Водоросли солончаков Степановской и Федотовой кос Северо-Западного побережья Азовского моря. *Грунтознавство.* 7(3–4): 123–127.
- Топачевский А.В., Масюк Н.П. 1984. *Пресноводные водоросли Украинской ССР.* Київ: Вища шк. 336 с.
- Черевко С.П., Костіков І.Ю., Солоненко А.М., Яровий С.О. 2008. Домінуючий комплекс фітопланктону плесів Східного Сиваша. *Чорномор. бот. журн.* 4(2): 207–215.
- Яровой С.А., Солоненко А.Н., Олейник Т.А. 2007. Почвенные водоросли приморских солончаков Бердянской косы в районе озера Красное. В кн.: *Матеріали міжнародної конференції* (Черкаси–Канів, 1–4 квітня 2007 р.). Київ. С. 97–98.
- Яровой С.А., Яровая Т.А., Солоненко А.Н. 2008. К изучению водорослей солончаков Бердянской косы в районе озера Красное. *Екол. та ноосфер.* 19(1–2): 160–162.
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography.* 2006. 2009. 2011, 2014. Vol. 1–4. Eds P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G.
- Aliya R., Zarina A., Shameel M. 2009. Survey of freshwater algae from Karachi, Pakistan. *Pak. J. Bot.* 2(42): 861–870.

- Arabadzhy-Tipenko L.I., Solonenko A.N., Bren A.G. 2019. Cyanoprokaryota of the Salt Marshes at the Pryazov National Natural Park, Ukraine. *Int. J. Algae*. 21(4): 299–310. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i4.10>
- Arabadzhi L.I., Solonenko A.M., Bren O.G., Holubev M.I. 2016. *Cyanoprokaryota* of Tubalskyi Estuary (Azov Sea Basin). *Biol. Bull. Melitop. State Ped. Univ.* 6(3): 414–418.
- Bren O.G., Solonenko A.M. 2019. In: *Advances in Modern Phycology*: Mat. VI Int. Conf. (Kyiv, 15–17 May, 2019). Kyiv. Pp. 20–21.
- Ettl H. 1978. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 3. Stuttgart, New York: G. Fischer Verlag. 530 p.
- Ettl H., Gärtner G. 1988. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 10. Jena: G. Fischer Verlag. 437 p.
- Ettl H., Gärtner G. 1995. *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen*. Stuttgart, etc.: G. Fischer Verlag. 721 p.
- Huber-Pestalozzi G. 1962. *Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und biologie. Die Binnengewässer*. Bd 16/3. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche. 606 p.
- Iarovyi S.A., Kostikov I.Yu., Solonenko A.N. 2007. Macroscopic algae growth on the Azov Sea seaboard solonchak soils. In: *Biology and taxonomy of green algae*: Mat. Int. sci.-pract. conf. (Smolenice-Castle, Slovak, 25–29 June, 2007). P. 46.
- Komárek J., Anagnostidis K. 1998. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19/1. Jena, etc.: G. Fischer Verlag. 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2000. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Teil 2. Jena, etc.: G. Fischer Verlag. 759 p.
- Maltseva I.A., Maltsev Y.I., Bren O.G., Yarova T.A., Pavlenko O.M., Yakoviichuk O.V. 2019. In: *Advances in Modern Phycology*: Mat. VI Int. conf. Kyiv. Pp. 65–67.
- Samylna O.S., Gerasimenko L.M., Shadrin N.V. 2010. Comparative characteristic of the phototroph communities from the mineral lakes of Crimea (Ukraine) and Altai Region (Russia). *Int. J. Algae*. 12(2): 142–158. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v12.i2.40>
- Solonenko A.N. 2014. Some Peculiarities of the Destruction of *Cladophora siwaschensis* C.Meyer (*Chlorophyta*) Organic Matter in Brine. *Int. J. Algae*. 16(3): 256–262. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v16.i3.50>
- Solonenko A.N. 2016. Algae of different biotopes of the Arabat Spit, Azov Sea (Ukraine). *Int. J. Algae*. 18(3): 247–256. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v18.i3.40>
- Solonenko A.N., Khromyshev V.A., Maltsev E.I., Bren A.G. 2014. Amino acid content of benthic macroscopic growths of algae and sediments in hypersaline water bodies. *Int. J. Algae*. 16(4): 392–401. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v16.i4.80>
- Starmach K. 1995. Freshwater algae of the Thala Hills oasis (Enderby Land, East Antarctic). *Polish Polar Res.* 16(3–4): 113–148.
- Yarovyi S.O., Arabadzhy L.I., Solonenko A.M., Bren O.G., Maltsev E.I., Matsyura A.V. 2017. Diversity of *Cyanoprokaryota* in sandy habitats in Pryazov National Natural Park (Ukraine). *Ukr. J. Ecol.* 7(2): 91–95.

Підписав до друку П.М. Царенко

REFERENCES

- Abakumov V.A. 1983. *Guidance on methods for hydrobiological analysis of surface water and bottom sediments*. Leningrad: Hydrometeoizdat. 240 p. [Rus.]

- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. 2006. 2009. 2011, 2014. Vol. 1–4. Eds P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G.
- Aliya R., Zarina A., Shameel M. 2009. Survey of freshwater algae from Karachi, Pakistan. *Pak. J. Bot.* 2(42): 861–870.
- Arabadzhy-Tipenko L.I., Solonenko A.N., Bren A.G. 2019. Cyanoprokaryota of the Salt Marshes at the Pryazov National Natural Park, Ukraine. *Int. J. Algae.* 21(4): 299–310. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i4.10>
- Arabadzhi L.I., Solonenko A.M., Bren O.G., Holubev M.I. 2016. *Cyanoprokaryota* of Tubalskyi Estuary (Azov Sea Basin). *Biol. Bull. Melitop. State Ped. Univ.* 6(3): 414–418.
- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. 2006. *Biodiversity of Environmental Indicator Algae*. Tel Aviv: Pilies Stud. 498. [Rus.]
- Bren O.G., Solonenko A.M. 2019. In: *Advances in Modern Phycology: Abstracts VI Int. Conf.* (Kyiv, 15–17 May, 2019). Kyiv. Pp. 20–21.
- Cherevko S.P., Kostikov I.U., Solonenko A.M., Yaroviyy S.O. 2008. The dominant complex of phytoplankton of the Eastern Sivash plains. *Chornomor. Bot. J.* 4(2): 207–215.
- Dedusenko-Schegoleva N.T., Hollerbach M.M. 1962. *Key to freshwater algae of USSR. Xanthophyta*. Moscow, Leningrad: AS USSR Press. 138 p. [Rus.]
- Ettl H. 1978. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 3. Stuttgart, New York: G. Fischer Verlag. 530 p.
- Ettl H., Gärtner G. 1988. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 10. Jena: G. Fischer Verlag. 437 p.
- Ettl H., Gärtner G. 1995. *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen*. Stuttgart, etc.: G. Fischer Verlag. 721 p.
- Gerasimenko, L.M., Mityushina, L.L., Namsaraev B.B. 2003. Microcoleus mats from alkaliphilic and halophilic communities. *Microbiology*. 72(1): 71–79.
- Gromov V.V. 2012. Aquatic and coastal-aquatic vegetation of the northern and western coasts of the Azov Sea. *J. Sib. State Univ. Biology*. 5(2): 121–137.
- Hollerbach M.M., Shtina E.A. 1969. *Soil algae*. Leningrad: Nauka. 228 p. [Rus.]
- Huber-Pestalozzi G. 1962. *Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und biologie. Die Binnengewässer*. Bd 16/3. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche. 606 p.
- Iarovyi S.A., Kostikov I.Yu., Solonenko A.N. 2007. In: *Biology and taxonomy of green algae: Mat. Int. sci.-pract. conf.* (Smolenice-Castle (Slovak), 25–29 June, 2007). P. 46.
- Isachenko B.L. 1951. *Microbiological studies of mud lakes: Selected Works*. Vol. 2. Moscow: AS USSR Press. Pp. 26–142. [Rus.]
- Komárek J., Anagnostidis K. 1999. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 19/1. Jena, etc.: G. Fischer Verlag. 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Teil 2. Jena, etc.: G. Fischer Verlag. 759 p.
- Kondratyeva N.V. 1984. *Key to freshwater algae of Ukrainian SSR*. Kyiv: Naukova Dumka. 388 p. [Ukr.]
- Kostikov I.Yu. 1991. On the problem of zonal features in the composition of soil algae. *Algologia*. 4(1): 15–22.
- Kostikov I.Yu., Romanenko P.O., Demchenko E.M., Darinko T.M., Mikhaylyuk T.I., Ribchinsky O.V., Solonenko A.M. 2001. *Soil Algae of Ukraine (history and methodology, system, abstract of flora)*. Kyiv: Phytosociocenter. 300 p. [Ukr.]
- Maltseva I.A., Maltsev Y.I., Bren O.G., Yarova T.A., Pavlenko O.M., Yakoviichuk O.V. 2019. In: *Advances in Modern Phycology: Mat. VI Int. conf.* Kyiv. Pp. 65–67.

- Matviyenko O.M., Dogadina T.V. 1978. *Identification manual of freshwater algae of the Ukrainian SSR*. Issue 10. Kyiv: Naukova Dumka. 512 p. [Ukr.]
- Moshkova N.A., Hollerbach M.M. 1986. *The determinant of freshwater algae of the USSR*. Issue 10. Leningrad: Nauka. 357 p. [Rus.]
- Novichkova-Ivanova L.N. 1980. *Soil algae of phytocenoses of Sahara-Gobi desert province*. Leningrad: Nauka. 256 p. [Rus.]
- Prikhodkova L.P. 1971a. Nitrogen fixing blue green algae of soils, rice fields and ephemerical basins of Ukraine. *Ukr. Bot. J.* 28(6): 753–758.
- Prikhodkova L.P. 1971b. Prior to the study of the distribution of blue-green algae in the episthereal reservoirs of Prisivashia depending on the degree of salinity of the water. *Ukr. Bot. J.* 28(4): 415–419.
- Samylna O.S., Gerasimenko L.M., Shadrin N.V. 2010. Comparative characteristic of the phototroph communities from the mineral lakes of Crimea (Ukraine) and Altai Region (Russia). *Int. J. Algae*. 12(2): 142–158. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v12.i2.40>
- Solonenko A.M. 2011. Bacteria-destructors of mortmass *Cladophora siwaschensis* in brine of the amphibian areas on the Arabat spit and the Berdyansk foreland. *Microbiol. & Biotechnol.* 2(14): 92–96.
- Solonenko A.N. 2011. Characterization of humic substances in the peloids of saline amphibian areas of the Azov-Black Sea basin. *Soil Sci.* 12(1–2): 92–94.
- Solonenko A.M. 2012. Physical and chemical peculiarities of the peloids' amphibian areas of the Arabat spit and the Berdyansk foreland. *Rep. NAS Ukraine*. (1): 171–173.
- Solonenko A.N. 2014. Some peculiarities of the destruction of *Cladophora siwaschensis* C.Meyer (*Chlorophyta*) organic matter in brine. *Int. J. Algae*. 16(3): 256–262. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v16.i3.50>
- Solonenko A.N. 2016. Algae of different biotopes of the Arabat Spit, Azov Sea (Ukraine). *Int. J. Algae*. 18(3): 247–256. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v18.i3.40>
- Solonenko A.N., Raznopolov O.N. 2007. Algae of salt marshes of the coastal strip of Molochnyi Estuary. *Soil Sci.* 8(1–2): 96–100.
- Solonenko A.M., Yaroviy S.O. 2009. Algae of the seacoast solonchaks of the Chongar Peninsula (Syvash). *Chornomor. Bot. J.* 5(2): 224–230.
- Solonenko A.M., Yaroviy S.O. 2009. Annotated list of algae from the solonchak of Stepaniv's'ka Spit. *Chornomor. Bot. J.* 5(4): 617–628.
- Solonenko A.M., Yaroviy S.O. 2011. Algae from the solonchak in the Sheliugivsky pod (Zaporizhzhya Region). *Ukr. Bot. J.* 68(3): 399–406.
- Solonenko A.N., Yarovoy S.A., Raznopolov O.N. 2004. Soil algae of solonchaks on the coast of Molochnyi Estuary in the Altagir forestry area. *Bull. Zaporizh. Nat. Univ.* (1): 206–212.
- Solonenko A.N., Raznopolov O.N., Podorozhny S.N. 2006. Algae of salt marshes of the floodplain of the right bank of the Molochnyi Estuary. *Bull. Zaporizh. Nat. Univ.* (1): 142–148.
- Solonenko A.N., Yarovaya S.A., Yarovaya T.A. 2008. Algae from the solonchak of the mouth parts of River Korsak and the natural boundary Tubalskyi estuary. *Bull. State Nikit. Bot. Garden*. (96): 26–29.
- Solonenko A.M., Yaroviy S.O., Yarova T.A. 2010. The growth of salt marshes on the shore of Lake Solone (Zaporizhzhya region). *Bull. Lviv Univ. Ivan Franko*. (52): 13–19.
- Solonenko A.N., Maltseva I.A., Khromyshev V.A. 2015. Microbiological analysis of peloids of amphibian reservoirs of the Berdyansk spit and the Arabat spit. *Rep. NAS Ukraine*. (5): 154–157.

- Solonenko A.N., Yarovoy S.A., Raznopolov O.N., Podorozhny S.N. 2005. Algae of salt marshes of the coast of the Sivash Bay. *Bull. Zaporizh. Nat. Univ.* (1): 163–167.
- Solonenko A.N., Yarovoy S.A., Podorozhny S.N., Raznopolov O.N. 2006. Algae of solonchaks of Stepanovskaya and Fedotova spits of the North-West coast of the Azov Sea. *Soil Sci.* 7(3–4): 123–127.
- Solonenko A.N., Khromyshev V.A., Maltsev E.I., Bren A.G. 2014. Amino acid content of benthic macroscopic growths of algae and sediments in hypersaline water bodies. *Int. J. Algae.* 16(4): 392–401. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v16.i4.80>
- Starmach K. 1995. Freshwater algae of the Thala Hills oasis (Enderby Land, East Antarctic). *Polish Polar Res.* 16(3–4): 113–148.
- Topachevsky A.V., Masyuk N.P. 1984. *Freshwater algae of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Naukova Dumka. 336 p. [Rus.]
- Vinogradova O.M. 2006. Cyanoprocaryota in hypersaline environments and their adaptational strategies. *Ukr. Phytosociol. Collect.* C(24): 33–44.
- Vinogradova O.N. 2012. *Cyanoprokaryota of hyperhaline ecosystems of Ukraine*. Kyiv: Alterpress. 200 p. [Ukr.]
- Vinogradova K.L., Hollerbach M.M., Sauer L.M. 1980. *Key to freshwater algae of USSR*. Issue 13. Leningrad: Nauka. 248 p. [Rus.]
- Vodop'yan P.S. 1970. Blue-green algae of the mineralized waters of Crimea. *Ukr. Bot. J.* 37(2): 165–169 p.
- Yarovoy S.A., Solonenko A.N., Oleinik T.A. 2007. *Soil algae of the coastal solonchaks of the Berdyansk spit in the area of Krasne Lake*: Mat. Int. conf. (Cherkasy–Kaniv, 1–4 Apr., 2007). Kyiv. Pp. 97–98. [Rus.]
- Yarovy A.A., Yarovaya T.A., Solonenko A.N. 2008. To the study of algae in of the solonchaks of the Berdyansk spit in the area of Krasnoe Lake. *Ecology and noospher.* 19(1–2): 160–162.
- Yarovy S.O., Arabadzhy L.I., Solonenko A.M., Bren O.G., Maltsev E.I., Matsyura A.V. 2017. Diversity of *Cyanoprokaryota* in sandy habitats in Pryazov National Natural Park (Ukraine). *Ukr. J. Ecol.* 7(2): 91–95.
- Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. 1954. *Key to freshwater algae of the USSR*. Issue 4. Moscow: Sov. Nauka. 311 p. [Rus].
- Zakharov S.G. 2019. Ephemeral water bodies as a special group of lake-shaped water bodies. *Geogr. Bull.* 48(1): 56–62.
- Zilov E.A. 2009. *Hydrobiology and water ecology (organization, functioning and pollution of aquatic ecosystems)*. Irkutsk: Irkutsk. State Univ. 147 p. [Rus.]

Solonenko A.M., Bren O.G. 2020. **Floristic composition and taxonomic structure of algae in the hyperhaline reservoirs of the northwestern Azov Sea coast (Ukraine)**. *Algologia*, 30(4): 393–405.

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Department of Botany and Landscape Gardening,
20 Hetmanska Str., Melitopol 72312, Zaporizhzhya Region, Ukraine

The article represents the results of long-term algological studies of hyperhaline reservoirs of the northwestern coast of the Azov Sea. The features of the floristic composition and taxonomic structure of algae in aquatic (water column and bottom), aquatic-terrestrial (water's edge, dried up

water bodies, drying area) and terrestrial (elevated non-flooding areas) habitats of these objects are displayed. A specificity of the studied algoflora lies in the absence of representatives of certain characteristic phyla for the salt-water and non-saline land and water habitats of the territory of Ukraine. It was established that species composition of the studied reservoirs is depleted in comparison with other non-saline and marine ecosystems. Totally, 123 algae species were identified. They represent 7 phyla, 10 classes, 27 orders, 47 families, 68 genera. The largest number of species included three phyla: *Cyanoprocaryota* – 65 species (52.9% of the total number of identified species), *Bacillariophyta* – 26 (21.1%), *Chlorophyta* – 22 (17.9%). The first places among the six leading orders were taken by cyanoprocaryotes from *Oscillatoriales*, *Nostocales*, *Chroococcales* and diatoms from *Naviculales*. The most numerous species at the family level are trichomous cyanoprocaryotes from *Nostocaceae*, *Pseudanabaenaceae*, and *Phormidiaceae*. There were found 23 leading genera – their species richness exceeds the average indicator (1.81 species). According to the results of original studies, it was noted that all taxonomic levels of algoflora of the hyperhaline reservoirs shows features of not only saline habitats, but also of the freshwater, marine and terrestrial extreme ecosystems. Such diversity of the algal population indicates an unstable hydrological regime and complex relations of water exchange between the hyperhaline reservoirs and nearby terrestrial and aquatic habitats.

Key words: algae, hyperhaline, reservoir, salinity, Azov Sea, coast, peloids

Видове різноманіття водоростей малих річок Північно-Західного Причорномор'я

Миронюк О.М., Ткаченко Ф.П.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса 65082, Україна
alexsasha4584@gmail.com

Надійшла до редакції 03.03.2020. Після доопрацювання 05.10.2020.

Підписана до друку 05.10.2020. Опублікована 24.12.2020

Реферат. Наведено результати досліджень сучасного видового складу водоростей малих степових річок Північно-Західного Причорномор'я (ПЗП): Когильника, Чаги, Сарати, Хаджидера, Кучургана, Ягорлика, Барабоя, Великого Куяльника, Малеого Куяльника, Кодими, Тилігула, Царегола, Чичіклеї. Загалом ідентифіковано 329 видів (340 ввт) водоростей, які належать до 8 відділів (*Bacillariophyta*, *Cyanobacteria*, *Chlorophyta*, *Euglenozoa*, *Ochrophyta*, *Charophyta*, *Dinophyta* та *Rhodophyta*). Основу таксономічної структури водойм формують представники *Bacillariophyta* (40%), *Cyanobacteria* та *Chlorophyta* (по 17%), *Charophyta* (10,5%), *Euglenozoa* (10,2%), частка інших відділів становить 4,1%. Найбільше видове різноманіття водоростей виявлено у річці Тилігул. Це одна з найбільших малих річок регіону, яка пересихає щороку на короткий період. Найбільший ступінь подібності флористичного складу водоростей за коефіцієнтом Серенсена-Чекановського встановлений при попарному порівнянні річок Сарата – Когильник (0,614), Сарата – Хаджидер (0,544) і Когильник – Хаджидер (0,517). Ці водойми розташовані в межах річки Дунай–Дністер, мають майже однакову мінералізацію і схожий гідрологічний режим. Серед виявлених видів водоростей лише 12 є спільними для всіх досліджуваних водойм. Новими знахідками для річок ПЗП стали *Peranema pleururum* Skuja, *Phacus platyaulax* Pochm., *Monomorphina pyrum* (Ehrenberg) Mereschkowsky і *Euglena vangoori* Deflandre. У р. Когильник знайдено рідкісний для України вид *Spirulina flavovirens* Wisl., а також малопоширені для цього регіону види: *Anabaena bergii* Ostfeld, *Phacus alatus* G.A.Klebs, *Monomorphina pyrum*, *Pleurosira laevis* (Ehrenb.), *Campylodiscus bicostatus* W.Smith ex Roper, *Closterium diana* Ehrenb. ex Ralfs і *Batrachospermum gelatinosum* (Linnaeus) De Candolle. В екологічному аспекті води малих річок ПЗП можна охарактеризувати як солонуваті, слабо текучі, лужні. За рівнем органічного забруднення вони відповідають β-мезосапробній зоні.

К л ю ч о в і с л о в а : водорості, малі річки Північно-Західного Причорномор'я, фітобентос, флористичне різноманіття, екологія

© Миронюк О.М., Ткаченко Ф.П., 2020

Вступ

За останні десятиліття з карти України зникло понад 10 тис. малих річок. Це пов'язано з посиленням сухості клімату, що призводить до маловодності річок (наповнення їх становить лише 70% норми). Також недостатньо ведуться меліоративні роботи з розчищення замулених джерел річок, внаслідок чого вони міліють і надовго пересихають. Ускладнює проблему недотримання берегоохоронної зони водойм і господарська діяльність на їхніх берегах (Ігошин, 2009).

Малі річки мають велике значення в господарській діяльності людини та формуванні водного режиму більших водойм, тому вивчення їхнього екологічного стану надзвичайно важливе. Річкова мережа Одеської області відноситься до басейнів Чорного моря, річок Дністер і Південний Буг. На території області налічується близько 200 річок довжиною понад 10 км, більшість з яких влітку пересихає. Витоки найбільших з них у межах річчя Південний Буг–Дністер–Дунай знаходяться на південних відрогах Волино-Подільської та Молдавської височин, що обмежують з півночі Причорноморську низовину. Більшість з цих річок впадає в лимани Чорного моря (Сасик, Тузлівські, Кучурган, Грибовський, Хаджибейський, Куяльницький, Тилігульський), тоді як частина є притоками Південного Бугу та Дністра (Швебс, Игошин, 2003).

Дослідженню флори малих річок Північно-Західного Причорномор'я (ПЗП) присвячена значна кількість публікацій. Зокрема, є відомості про макрофіти цих водойм (Ширшов, 1928; Ткаченко та ін., 2002; Ткаченко, 2007; Гордуз, Ткаченко, 2007, 2008). Загалом тут виявлено 38 видів макроводоростей. Для нижніх ділянок річок Кодима й Чичіклея є дані щодо 40 видів фітопланктону (Клоченко и др., 1993). Так, 76 видів виявлено в р. Когильник (Шаларь, 1983). Є відомості про домінуючі види фітопланктону гирлових ділянок річок Когильник, Сарата, Великий Куяльник (Ковтун, Клоченко, 1982), їх чисельність і біомасу. Достатньо вивчена альгофлора молдавської частини р. Когильник (Трофим, Шаларь, 2011; Трофим, Шалару, 2012; Acălugăriței, Șalaru, 2005). Пізніше наші дослідження альгофлори деяких малих річок ПЗП щодо мікрофітобентосу доповнив В.П. Герасимюк (Герасимюк, 2010; Герасимюк та ін., 2008; Герасимюк, Герасимюк, 2009; Герасимюк, Миронюк, 2011). Але водойми вивчалися епізодично і лише певні групи водоростей (переважно фітопланктон).

Отже альгофлора більшості малих річок ПЗП вивчена недостатньо, а для річок Хаджидер, Чага та Царегол така інформація зовсім відсутня.

Метою даної роботи було узагальнити інформацію про видове різноманіття альгофлори водоростей малих річок ПЗП, з'ясувати їхню таксономічну структуру та оцінити сучасний екологічний стан. Коротке повідомлення з цього питання було опубліковано нами раніше (Миронюк, Ткаченко, 2019).

Матеріали та методи

Об'єктами дослідження були малі річки ПЗП: Когильник, Чага, Сарата, Хаджидер, Кучурган, Ягорлик, Барабой, Великий Куяльник, Малий Куяльник, Кодима, Тилігул, Царегол і Чічкля. Проби відбирали в 43 пунктах впродовж вегетаційного періоду 2010–2019 рр. маршрутным методом (рис. 1) на різних субстратах: намулі, каміннях, піску, бетонних конструкціях, на водоростях-макрофітах і вищих водних рослинах відповідно до загальноприйнятих методів (Водоросли..., 1989). Зібрано 955 проб фітобентосу. Водорості визначали на тимчасових і постійних препаратах з використанням світлових мікроскопів "XSP-104" (Росія), "PZO" (Польща) зі збільшенням 160, 400 та 1000. Всього виготовлено 108 постійних препаратів. Деякі види *Bacillariophyta* досліджували за допомогою трансмісійного електронного мікроскопа JEM-1230 (фірма JEOL, Японія). Ідентифікацію водоростей проводили за відомими визначниками (Визначник... 1938–1993; Царенко, 1990). Назви видів відповідно до сучасної систематики водоростей узгоджені з електронним ресурсом (<https://www.algaebase.org>).



Рис. 1. Карта-схема місць відбору проб водоростей на малих річках ПЗП

Подібність видового складу водоростей досліджуваних річок розраховували за коефіцієнтом Серенсена-Чекановського (Шмидт, 1974). Екологічний стан малих річок ПЗП визначали за складом індикаторних видів водоростей (Барінова и др., 2006).

Відповідно до географічного розташування, малі річки ПЗП були об'єднані в 4 групи, в кожній з яких досліджена особливість альгофлори з наступним співставленням:

- річки басейну Чорного моря у межах річчї Дунай–Дністер: Хаджидер, Когильник, Сарата, Чага;
- річки басейну Чорного моря у межах річчї Дністер–Південний Буг: Малий Куяльник і Великий Куяльник, Тилігул, Барабой, Царегол;
- річки басейну Південного Бугу: Чичіклея, Кодима;
- річки басейну Дністра: Кучурган, Ягорлик.

Результати та обговорення

Під час досліджень виявлено 329 (340 ввт) видів водоростей, які відносяться до 8 відділів, 14 класів, 32 порядків, 57 родин і 104 родів. Таксономічний склад окремих відділів водоростей представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Таксономічний склад водоростей малих річок ПЗП

Відділ	Клас	Порядок	Родина	Рід	Вид
<i>Cyanobacteria</i>	2	4	13	18	61
<i>Euglenozoa</i>	1	1	3	9	35
<i>Ochrophyta:</i>	2	2	2	2	12
<i>Chrysophyceae</i>	1	1	1	1	8
<i>Xanthophyceae</i>	1	1	1	1	4
<i>Bacillariophyta</i>	3	12	21	46	136
<i>Dinophyta</i>	1	1	1	1	1
<i>Chlorophyta</i>	2	8	10	21	58
<i>Charophyta</i>	2	3	6	6	36
<i>Rhodophyta</i>	1	1	1	1	1
В цілому	14	32	57	104	340

Найбільшою видовою різноманітністю в альгоценозах малих річок вирізнялися відділи *Bacillariophyta*, *Cyanobacteria*, *Chlorophyta*, *Euglenozoa* та *Charophyta*. За екологічним уподобанням переважали водорості перифітону (в основному *Bacillariophyta*) і бентосу (*Bacillariophyta* та *Cyanobacteria*). Зрідка в пробах траплялися планктонні форми, зважаючи на мілководність річок.

У ході дослідження в річках виявлено лише по одному виду динофітових (*Nusuttodinium aeruginosum* (F.Stein) Y.Takano & T.Horiguchi) та рідкісну для України червону водорість *Batrachospermum gelatinosum* (Червона..., 2009).

Серед діатомових водоростей найбільш багатими були порядки *Naviculales* (34 види), *Bacillariales* (27), *Cymbellales* (22) і *Fragilariales* (10), вирізнялися своїм видовим різноманіттям родини *Bacillariaceae* (27 видів), *Naviculaceae* (13), *Fragilariaceae* (10) і родів *Nitzschia* Hassall (16 видів) і *Navicula* Bory (10).

Серед ціанобактерій переважали представники порядку *Oscillatoriales* (30 видів), родини *Oscillatoriaceae* (29) і роду *Oscillatoria* Vauch. (11). У всіх річках домінувало 5 родин. Їхнє співвідношення за видовим різноманіттям представлено на рис. 2. Це співвідношення помітно відрізнялося як в окремих водоймах, так і в досліджуваних групах річок.

Для річок Царегол, Чичікля, Сарата відомості про фітобентос наведені вперше. Характерні риси видового різноманіття різних відділів водоростей у малих річках ПЗП представлені в табл. 2.

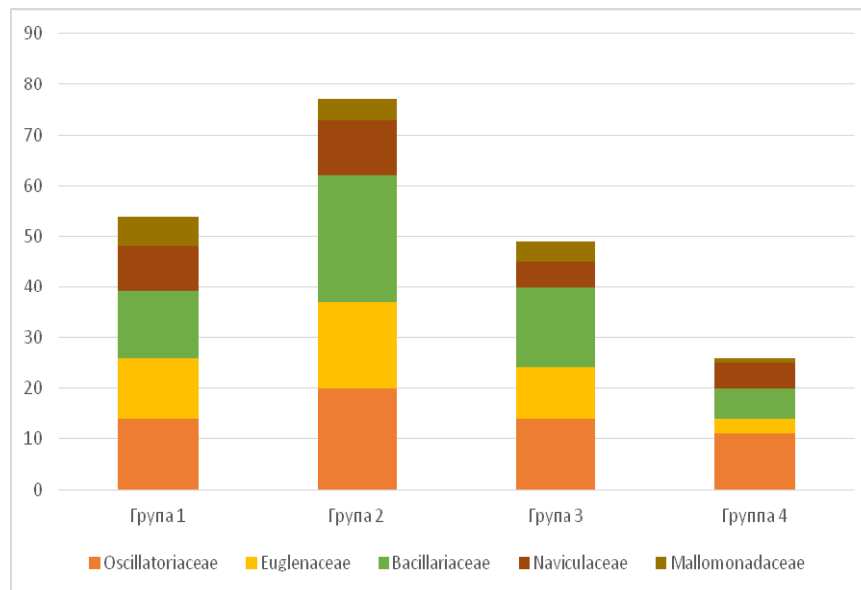


Рис. 2. Видовий склад домінуючих родин водоростей у різних групах річок ПЗП

Spirulina flavovirens Wislouch, знайдена в р. Когильник, є рідкісним для України видом (друге місцезнаходження). Раніше вона була вказана лише для Шацьких озер Волинської обл. (Визначник..., 1968).

Показником напруженого екологічного стану є присутність у них значної кількості видів ціанобактерій, які найчастіше траплялися на зарегульованих ділянках русел в умовах уповільненого водообміну.

Майже в усіх водоймах часто траплялися: *Merismopedia glauca* (Ehrenberg) Kützing, *Oscillatoria limosa* C.Agardh ex Gomont, *O. tenuis* C.Agardh ex Gomont, *Jaaginema minimum* (Gicklhorn) Anagn. & Komárek, *Johanseninema constrictum* (Szafer) Hasler, Dvorák & Poulícková.

Таблиця 2. Розподіл видового різноманіття водоростей за окремими відділами в малих річках ПЗП

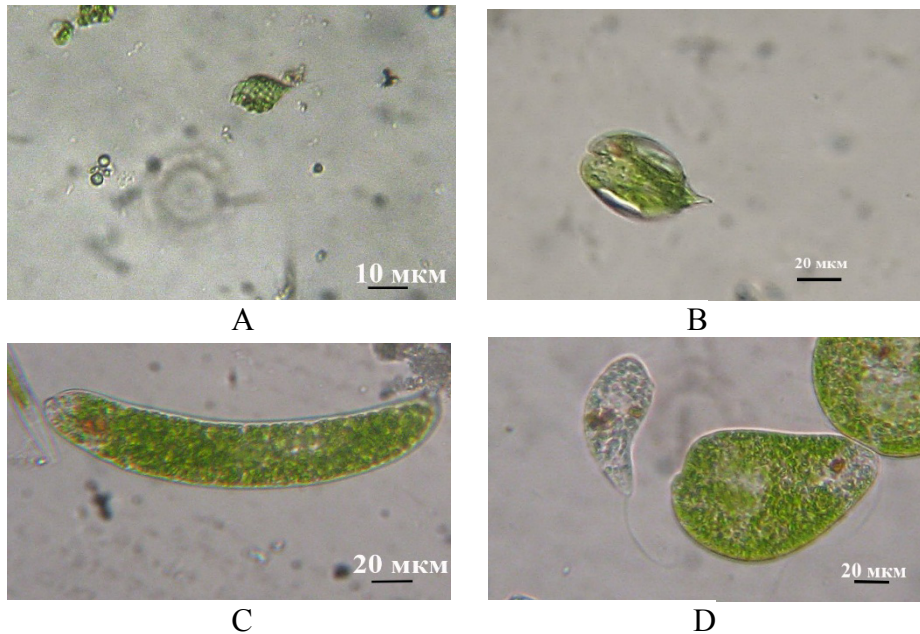
Річка	Cyanobacteria	Euglenozoa	Ochromytha (Chrysophyceae)	Ochromytha (Xanthophyceae)	Bacillariophyta	Chlorophyta	Charophyta	Всього
Чага	15	11	1	2	32	3	-	64
Когильник	16	13	1	2	46	15	2	95
Сарата	14	11	1	1	36	11	1	75
Хаджидер	16	11	5	1	37	11	2	83
Кучурган	12	6	–	–	57	9	9	93
Ягорлик	9	2	1	1	33	11	–	57
Барабой	17	7	1	–	74	23	5	127
Великий Куяльник	27	13	2	2	79	9	1	133
Малий Куяльник	7	9	1	–	34	9	–	60
Кодима	13	3	–	–	52	11	1	78
Тилігул	29	7	2	3	75	26	9	151
Царегол	22	11	3	1	49	5	1	92
Чичіклея	17	7	2	3	55	16	7	107

Дванадцять таксонів: *Phacus caudatus* Hübner, *Cyclotella meneghiniana* Kützing, *Melosira varians* C.Agardh, *Tabularia tabulata* (C.Agardh) Snoeijs, *Rhoicosphenia abbreviate* (C.Agardh) Lange-Bertalot, *Gomphonema truncatum* Ehrenberg, *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Navicula cryptocephala* Kützing, *Epithemia gibba* (Ehrenberg) Kützing, *Entomoneis alata* (Ehrenberg) Ehrenberg, *Surirella librile* (Ehrenberg) Ehrenberg, *Cladophora fracta* (O.F.Müller ex Vahl) Kützing є спільними для всіх досліджуваних водойм.

Новими знахідками для річок ПЗП стали *Peranema pleururum*, *Phacus platyaulax*, *Monomorphina pyrum* і *Euglena van-goori* (див. Таблицю).

Серед діатомових у річках переважали *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère, *Tabularia fasciculate* (C.Agardh) D.M.Williams & Round, *T. tabulata* (C.Agardh) Snoeijs, *Rhoicosphenia abbreviata* (C.Agardh) Lange-Bertalot, *Gomphonema truncatum* Ehrenberg, *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve, *Navicula radiosa* Kützing, *Nitzschia acicularis* (Kützing) W.Smith, *Diatoma elongatum* (Lyngbye) C.Agardh, *Pleurosigma elongatum* W.Smith та ін.

У складі зелених водоростей в річках домінували *Ulothrix tenerrima* (Kützing) Kützing, *Cladophora fracta* (O.F.Müller ex Vahl) Kützing, *Chaetophora draparnaldioides* Kützing і *Desmodesmus communis* (E.Hegewald) E.Hegewald.



Таблиця. Нові знахідки для річок регіону: A – *Monomorphina pyrum*; B – *Phacus platyaulax*; C – *Euglena van-goori*; D – *Peranema pleururum*

В ході спостережень за сезонною динамікою розвитку систематичних груп водоростей зафіксовано весняний максимум, який припадав на кінець квітня – середину травня (218 видів), а в дощові роки цей максимум зафіксовано ще й у перші літні місяці (червень – початок липня).

У весняні та осінні місяці переважали представники діатомових (*Diatoma elongatum*, *D. vulgare*, *Tabularia tabulata*, *Caloneis amphisbaena* та ін.), з середини літа і до початку осені масово розвивалися ціанобактерії (*Oscillatoria limosa*, *O. tenuis*, *Anabaena constricta*), та зелені (*Desmodesmus opoliensis* та ін.) водорості.

У складі виявлених нами видів водоростей 196 є індикаторами сапробності, серед них домінували мезосапробні угруповання (159 видів), 84 види відносилися до β -мезосапробної групи, 23 – до α -мезосапробної, 21 – β - α -мезосапробної, 27 – про- β -мезосапробної, 4 – про- α -мезосапробної. Олігосапробів налічувалося 22 види, про- χ -сапробів – 4, полісапробів – 5, α -полісапробів – 2, ізосапробів, метасапробів, ксеносапробів та β - χ -сапробів – по 1.

Виявлено 146 видів-індикаторів активної реакції середовища (pH), серед них переважали алкаліфіли (97, 66,4%) та індіференти (44, 30,1%). Число ацидофілів було мінімальним – 5 видів (3,4%).

Індикаторами рівня галобності вод є 200 видів водоростей. Найчисельнішими серед них були індіференти – 104 види (52% загальної кількості видів галобної групи). Мезогалобну групу складала 45 видів (22,5%), полігалобну – 20 (10%), галофільну – 31 вид (15,5%). Встановлено, що в річках 3-ї та 4-ї груп видовий склад за галобністю варіював: індіференти складала 47,5–53,4%, мезогалоби 15,0–23,0%, галофіли 11,6–

15,1%, полігалофи 11,1–22,5%. У 1-й і 2-й групах річок за галобністю видовий склад був таким, як і в попередніх групах. Зокрема, індиференти становили 34,2–64,2%, мезогалофи 16,1–31,4%, галофіли 9,6–24,4%, полігалофи 6,8–14,2%. В річках 1-ї та 2-ї груп діапазон змін цих параметрів ширший, максимальні величини вищі, що свідчить про більш високий рівень мінералізації вод в них.

Нами було розраховано індекс сапробності для кожної річки (рис. 3).

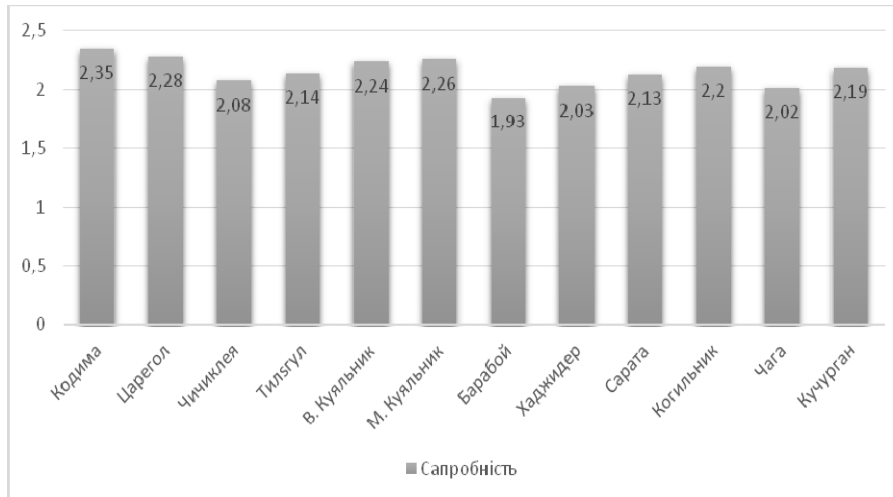


Рис. 3. Значення індексів сапробності малих річок досліджуваної території

У цілому показники в усіх досліджуваних водоймах відповідають β-мезасапробній зоні. Проте гірший стан вод за цим показником спостерігався у річках Кодима, Царегол і Малий Куяльник, кращий – у річках Барабой, Чага і Хаджидер, інші водойми займали проміжне положення.

У складі альгофлори малих річок ПЗП за географічним поширенням 137 видів є космополітами, 78 відносяться до бореального угруповання, решта (125) мають невідоме географічне поширення.

Хоча за домінуючими відділами водоростей таксономічний склад чотирьох досліджуваних груп водоростей є схожим (рис. 4), проте за кількісним різноманіттям виявлено певні відмінності.

У річках 2–4-ї груп домінували представники відділу *Bacillariophyta*, у 3-ї і 4-ї групах посилювалася роль *Chlorophyta*, у 1-й і 3-й групах суттєво переважали *Euglenozoa* та *Cyanobacteria*.

Встановлено, що за коефіцієнтом подібності Серенсена-Чекановського альгофлори 1-ї групи річок (межиріччя Дністер–Дунай) були не надто подібними (0,267). Проте при попарному порівнянні річок цей показник був значно вищим. Наприклад, для Сарата-Когильник він дорівнював 0,614, для Сарата-Хаджидер – 0,544 і Когильник-Хаджидер – 0,517 (рис. 5). Це пов'язано зі схожим гідрологічним і гідрохімічним режимами

цих річок, розташованих в одному географічному районі, що підтверджують проведені нами гідрохімічні дослідження (Миронюк, 2013). Крім того, ці річки протікають по території з високою мінералізацією ґрунту. Вони мають невелику глибину і сповільнений водообмін, що теж сприяє підвищенню мінералізації.

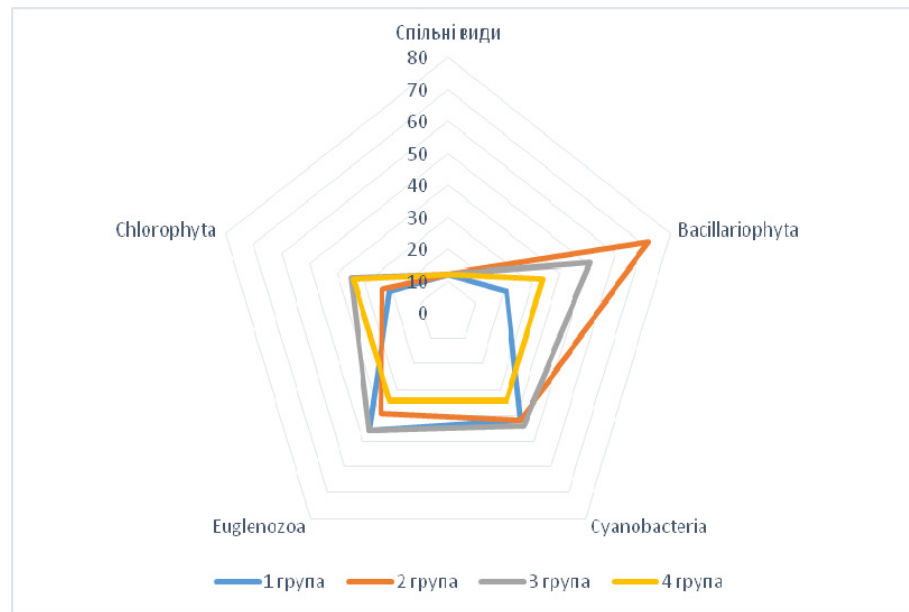


Рис. 4. Флористичний склад і подібність порівнюваних груп річок ПЗП

Для альгофлори 2-ї групи (річки басейну Чорного моря) коефіцієнт подібності становив 0,10. При попарному порівнянні річок Тилігул–Великий Куяльник цей показник дорівнював 0,51, Великий Куяльник–Малий Куяльник – 0,43, Малий Куяльник–Барабой – 0,41 (рис. 6). У цих водоймах загальна мінералізація води була дещо нижчою, ніж у попередніх, а глибина й швидкість водообміну вищими. Хоча ці водойми також схильні до пересихання на деяких відрізках русел.

Для 3-ї групи річок басейну Південного Бугу коефіцієнт Серенсена–Чекановського становив 0,25. При порівнянні річок Кодима–Царегол подібність видового складу водоростей становила 0,53, Царегол–Чичіклея – 0,51 і Кодими–Чичіклеї – 0,47 (рис. 7).



Рис. 5. Подібність альгофлори 1-ї групи річок (Чорного моря межиріччя Дунай–Дністер)

Рис. 6. Подібність альгофлори 2-ї групи річок (межиріччя Південний Буг–Дністер)



Рис. 7. Подібність альгофлор 3-ї групи річок басейну Південного Бугу



Річки Кучурган і Ягорлик представляли 4-у групу річок, схожість їхньої альгофлори дорівнювала 0,45 (рис. 8).



Рис. 8. Подібність альгофлор 4-ї групи річок басейну Дністра

Дослідження малих річок показало, що загальною й найбільш характерною рисою втручання людини в їхнє функціонування є проведення меліоративних робіт з випрямлення русел і спорудження на них водосховищ і ставків. Результатом такої діяльності стало заростання основного русла річок вищою водною рослинністю, заболочення та пересихання. В цілому інтенсивне водокористування призвело до виснаження та погіршення якості водних ресурсів малих річок. Вивчення гідрохімічного складу вод цих водойм підтвердило відомі для них спільні риси: підвищену мінералізацію, уповільнений водообмін і значний рівень органічного забруднення.

Висновки

Уперше проведено дослідження водоростей малих річок ПЗП. На даний час видове різноманіття водоростей, які адаптувалися до гідрохімічних умов досліджуваних водойм, налічує 329 видів (340 ввт). Вони належать до 8 відділів (*Cyanobacteria* – 61 вид, *Euglenozoa* – 35, *Ochrophyta* – 12, *Bacillariophyta* – 136, *Chlorophyta* – 58, *Charophyta* – 36, *Dinophyta* та *Rhodophyta* – по 1 виду). Провідна роль у таксономічній структурі водоростей малих річок належить порядкам *Oscillatoriales*, *Euglenales*, *Naviculales* і *Sphaeropleales* та родам *Oscillatoria*, *Euglena*, *Navicula*, *Nitzschia* і *Spirogyra*. В основі таксономічної структури переважали представники з високою толерантністю до підвищеної солоності та органічного забруднення. Відзначено нерівномірний розподіл видового

складу водоростей у річках. Найбільш повноводні та менш схильні до пересихання річки мали значну різноманітність видів. У більшості з них зафіксована підвищена мінералізація води. Геолого-географічні особливості території, по якій вони протікають, визначають специфічні риси досліджуваної альгофлори. Індивідуальний стан водойм, очевидно, залежить від рівня антропогенного забруднення. В цілому води малих річок ПЗП можна охарактеризувати як солонуваті, слабкотекучі, лужні, рівень загальної мінералізації становить 800–5557 мг/л, рН 6,95–8,27.

У складі індикаторних видів переважають мезосапроби, отже рівень трофності у водоймах коливається від мезотрофного до евтрофного. Додатковим показником напруженого екологічного стану досліджуваних річок є присутність значної кількості видів ціанобактерій. Оскільки в більшості річок водозбір знаходиться серед сільськогосподарських угідь та урбанізованих територій, то зі сніговою (дошовою) водою до них потрапляють мінеральні та органічні добрива, що викликає щорічне «цвітіння».

Досліджені водойми характеризуються сезонною динамікою розвитку систематичних груп водоростей з весняним максимумом видової різноманітності (218 видів). У дощові роки цей максимум зсувається на перші літні місяці. У весняний та осінній місяці переважають представники діатомових, з середини літа і до початку осені масово розвиваються ціанобактерії та зелені водорості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Барінова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. *Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды*. Тель Авив: Pilies Stud. 498 с.
- Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. 1938–1993. Київ: Наук. думка.
- Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. 1968. *Синьозелені водорості. Гормогонієві*. Вип. 1, ч. 2. Київ: Наук. думка. 524 с.
- Водоросли: Справочник*. 1989. Под ред. С.П. Вассера. Київ: Наук. думка. 608 с.
- Герасимюк В.П. 2010. Мікроскопічні водорості бентосу степової річки Кодими. *Вісн. ОНУ*. 15(6): 25–30.
- Герасимюк В.П., Герасимюк Н.В. 2009. Мікрофітобентос степової річки Тилігул. *Вісн. ОНУ*. 14(8): 22–30.
- Герасимюк В.П., Миронюк О.М. 2011. Мікрофітобентос степової річки Барабой. *Вісн. ОНУ*. 16(18): 6–12.
- Герасимюк В.П., Шихалєєва Г.М., Еннан А.А., Бабінець С.К., Кірюшкіна Г.М. 2008. Водорості річки Великий Куяльник. *Вісн. ОНУ*. 13(14): 37–51.
- Гордуз О.М., Ткаченко Ф.П. 2007. Макрофіти середньої течії річки Кодими. В кн.: *Біологія: від молекули до біосфери*: Мат. Міжнар. конф. молодих учених (Харків, 19–21 лист. 2007 р.). Харків: Генеза. С. 330–331.
- Гордуз О.М., Ткаченко Ф.П. 2008. Вища водна рослинність в екосистемі р. Кодими. В кн.: *Актуальні проблеми ботаніки та екології*: Зб. наук. праць. Київ: Фітосоціоцентр. С. 169.

- Игошин Н.И. 2009. *Проблемы восстановления и охраны малых рек и водоемов. Гидроэкологические аспекты: Учеб. пособие.* Харьков: Бурун Книга. 240 с.
- Клоченко П.Д., Митковская Т.И., Сакевич А.И. 1993. Фитопланктон малых рек Николаевской области (Украина). *Альгология*. 3(4): 57–63.
- Ковтун Т.М., Клоченко П.Д. 1982. Фитопланктон устьевых участков рек и вершин лиманов Северо-Западного Причерноморья. В кн.: *Гидробиологическое исследование водоемов юго-западной части СССР*. Киев: Наук. думка. С. 64–65.
- Миронюк О.М., Ткаченко Ф.П. 2013. Склад водоростей-індикаторів малих річок Північно-Західного Причорномор'я. *Вісн. ХНАУ. Сер. Біологія*. Вип. 2. С. 93–103.
- Миронюк А.Н., Ткаченко Ф.П. 2019. Стан фітобентосу малих річок Північно-Західного Причорномор'я як відображення їх екологічного стану. В кн.: *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів*: 36. мат. VII з'їзду Гідроекол. тов-ва України (Київ, 6–8 лист. 2019 р.). Київ. С. 63–65.
- Ткаченко Ф.П. 2002. *Кадастр водоростей-макрофітів Одеської області*. Деп. в УкрНДІНТІ, № 0103U005140. Одеса. С. 200–215.
- Ткаченко Ф.П. 2007. Макрофіти степових річок Північного Причорномор'я Кодими та Тилігула. *Аграр. вісн. Причорномор'я*. 41: 13–20.
- Трофим А., Шаларь В. 2011. Альгофлора реки Когыльник (Республика Молдова) и её модификации в условиях антропогенного воздействия: Гідрофізика Тез. докл. Междунар. науч. конф. "Pontus Euxinus - 2011" Севастополь. С. 243–245.
- Трофим А.А., Шалару В.М. 2012. Сапробиологическая характеристика альгофлоры реки Когыльник (Республика Молдова). В кн.: *Актуальные проблемы современной альгологии*: Тез. докл. IV междунар. конф. (Киев, 23–25 мая 2012 г.). Киев. С. 306–308.
- Царенко П.М. 1990. *Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР*. Отв. ред. Г.М. Паламарь-Мордвинцева. Киев: Наук. думка. 208 с.
- Червона книга України. Рослинний світ. 2009. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг. 912 с.
- Шаларь В.М. 1983. *Фитопланктон рек Молдавии*. Отв. ред. М.М. Голлербах. Кишинев: Штиинца. 216 с.
- Швебс Г.І., Игошин М.І. 2003. *Каталог річок і водойм України*. Одеса: Астропринт. 390 с.
- Ширшов П.Н. 1928. Про ниткуваті водорості та їх епіфіти в р. Південного Бугу, Кодими та Кисільовського кар'єру. *Зб. праць Дніпропетров. біол. ст.* 4: 3–22.
- Шмидт В.М. 1984. *Математические методы в ботанике: Учеб. пособие*. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та. 288 с.
- Acălugăriței A., Șalaru V.V. 2005. Starea ecologică actuală a râului Cogîlnic. In: *Ecologie și Protecția Mediului – cercetare, implementare, management*: Simp. Jub. – INECO 15. Chișinău. Pp. 45–49.
- Guiry M.D., Guiry, G.M. *AlgaeBase*. 2020. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>

Підписав до друку П.М. Царенко

REFERENCES

- Acălugăriței A., Șalaru V.V. 2005. Starea ecologică actuală a râului Cogîlnic. In: *Ecologie și Protecția Mediului – cercetare, implimentare, management*: Simp. Jub. – INECO 15. Chișinău. Pp. 45–49.
- Algae: Reference Book*. 1989. Ed. S.P. Wasser. Kyiv: Naukova Dumka. 608 p. [Rus.]
- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. 2006. *Biodiversity of algae-indicators of the environment*. Tel Aviv: Pilies Stud. 498 p. [Rus.]
- Gerasimiuk V.P. 2010. Microscopic algae of the benthic steppe River Kodima. *Bull. ONU*. 15(6): 25–30.
- Gerasimiuk V.P., Gerasimiuk N.V. 2009. Microphytobenthos of the steppe River Tiligul. *Bull. ONU*. 14(8): 22–30.
- Gerasimiuk V.P., Mironiuk O.M. 2011. Microphytobenthos of the steppe River Baraboy. *Bull. ONU*. 16(18): 6–12.
- Gerasimiuk V.P., Shikhaleeva G.M., Ennan A.A., Babinets S.K., Kiryushkina G.M. 2008. Algae of the River Big Kuyalnik. *Bull. ONU*. 13(14): 37–51.
- Gorduz O.M., Tkachenko F.P. 2007. Macrophytes of the middle current of the Kodima River. In: *Biology: from the molecule to the biosphere*: Mat. Int. Conf. Young Sci. (Kharkiv, 19–21 Nov., 2007). Kharkiv. Pp. 330–331. [Ukr.]
- Gorduz O.M., Tkachenko F.P. 2008. High aquatic vegetation in the ecosystem River Kodima. In: *Current problems of botany and ecology: digest sciences works*. Kyiv: Phytosociocenter. P. 169.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2020. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Identification manual of freshwater algae of the Ukrainian RSR*. 1938–1993. Kyiv: Naukova Dumka. [Ukr.]
- Identification manual of freshwater algae of the Ukrainian RSR*. 1968. Issue 1, pt 2. Blue-green algae. *Hormogoniophyceae*. Kyiv: Naukova Dumka. 524 p. [Ukr.]
- Igoshin N.I. 2009. *Problems of restoration and protection of small rivers and reservoirs. Hydroecological aspects*: Schoolbook. Kharkov: Burun Book. 240 p. [Rus.]
- Klochenko P.D., Mitkovskaya T.I., Sakevich A.I. 1993. Phytoplankton of small rivers of the Nikolaev Region (Ukraine). *Algologia*. 3(4): 57–63.
- Kovtun T.M., Klochenko P.D. 1982. Phytoplankton of estuarine sections of rivers and tops of the estuaries of the Northwestern Black Sea Region. In: *Hydrobiol. researches reservoirs of the southwestern part of the USSR*. Kyiv: Naukova Dumka. Pp. 64–65. [Rus.]
- Mironyuk A.N., Tkachenko F.P. 2013. Composition of algae-ndicators of small rivers of the North-Western Black Sea region. *Bull. KhNAU. Ser. Biology*. 2: 93–103.
- Mironyuk A.N., Tkachenko F.P. 2019. The state of phytobenthos of small rivers of the North-Western Black Sea coast as a reflection of their ecological state. In: *Prospects for hydroecological research in the context of environmental problems and social challenges*: Mat. VII conf. Hydroecol. soc. Ukraine (Kyiv, 6–8 Nov., 2019). Kyiv. Pp. 63–65. [Ukr.]
- Schmidt V.M. 1984. *Mathematical methods in botany: Study guide*. Leningrad: Leningrad. Univ. Publ. 288 p. [Rus.]
- Shalar V.M. 1983. *Phytoplankton of the Moldavian rivers*. Ed. M.M. Gollerbach. Chisinau: Shtiintsa. 216 p. [Rus.]

- Shirshov P.N. 1928. About filamentous algae and their epiphytes in the Southern Bug, Kodima and Kisilovsky quarries. *Collect. articles Dnipropetrov. Biol. St.* 4: 3–22.
- Shvebs G.I., Igoshin M.I. 2003. *Catalog of rivers and reservoirs of Ukraine*. Odesa: Astroprint. 390 p. [Ukr.]
- The Red Book of Ukraine. Flora*. 2009. Ed. J.P. Didukh. Kyiv: Globalconsalting. 912 p. [Ukr.]
- Tkachenko F.P. 2002. *Cadastr of algae-macrophytes of Odessa region*. Dep. in UkrNDINTI, N 0103U005140. Odesa. Pp. 200–215. [Ukr.]
- Tkachenko F.P. 2007. Macrophytes of the steppe rivers of the Northern Black Sea Coast: Kodima and Tiligul. *Agr. Bull. Black Sea Reg.* 41: 13–20.
- Trofim A., Shalar V. 2011. *Algoflora of the River Kogyl'nik (Republic of Moldova) and its modifications under conditions of anthropogenic impact*. In: Hydrophysics: Mat. Int. Sci. conf. "Pontus Euxinus – 2011" Sevastopol. Pp. 243–245. [Rus.]
- Trofim A.A., Shalaru V.M. 2012. Saprobiological characteristics of algal flora of the Kogyl'nik River (Republic of Moldova). In: *Actual problems of modern algology: Proc. Rep. IV Int. conf.* (Kyiv, May 23–25, 2012). Kyiv. Pp. 306–308. [Rus.]
- Tsarenko P.M. 1990. *Brief determinant of chlorococcal algae of the Ukrainian SSR*. Ed. G.M. Palamar-Mordvintseva. Kyiv: Naukova Dumka. 208 p. [Rus.]

Mironyuk O.M., Tkachenko F.P. 2020. **Species composition of algae small rivers of the North-Western Black Sea region.** *Algologia*. 30(4): 406–420.

I.I. Mechnikov Odesa National University,
2 Dvorianska Str., Odesa 65026, Ukraine

The article presents the results of research on the species diversity of algae of small steppe rivers of the north-western Black Sea coast (NWBS). These are the rivers of Kohyl'nyk, Chaha, Sarata, Hadjider, Kuchurhan, Yahorlyk, Baraboy, Veliky Kuyal'nik, Maly Kuyal'nik, Kodyma, Tylihul, Tsarehol, Chichikleya. A total of 329 species (340 infraspecific taxa) of algae belonging to 8 divisions (*Bacillariophyta*, *Cyanobacteria*, *Chlorophyta*, *Euglenozoa*, *Ochrophyta*, *Charophyta*, *Dinophyta* and *Rhodophyta*) were identified. The basis of the taxonomic structure of reservoirs are representatives of *Bacillariophyta* (40%), *Cyanobacteria* and *Chlorophyta* (17% each), *Charophyta* (10.5%), *Euglenozoa* (10.2%). The total share of other departments is 4.1%. The Tylihul River had the most diverse composition of algae. It is one of the largest small rivers in the region, which dries up every year for a short period. According to the Sørensen-Chekanovsky coefficient, the greatest degree of similarity of the floristic composition of algae was established by pairwise comparison of the rivers of Sarata–Kohyl'nyk (0.614), Sarata–Hadjider (0.544), and Kohyl'nyk–Hadjider (0.517). These reservoirs are located in the Danube–Dniester interfluvium, have almost the same mineralization and a similar hydrological regime. Among the identified algae species, only 12 are common to all studied rivers. New records for the NWBS were *Peranema pleururum* Skuja, *Phacus platyaulax* Pochmann, *Monomorphina pyrum* (Ehrenberg) Mereschowsky and *Euglena van-goeri* Deflandre. A rare species *Spirulina flavovirens* Wisl. was found in the Kohyl'nyk River. *Anabaena bergii* Ostefeld, *Phacus alatus* G.A.Klebs, *Monomorphina pyrum*, *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère, *Campylodiscus bicostatus* Smith ex Roper, *Closterium diana* Ehrenb. ex Ralfs and *Batrachospermum gelatinosum* (Linnaeus) De

Candolle are regionally rare species. In the ecological aspect, the waters of the studied small rivers can be characterized as brackish, poorly flowing, and alkaline. According to the level of organic pollution, they correspond to the β -mesosaprobic zone.

Key words: algae, phytobenthos, floristic diversity, ecology, small rivers, north-western Black Sea region

Фитоперифитон водотоков бассейна Белого моря (Мурманская область, Республика Карелия, Россия)

Комулайнен С.Ф.

Институт биологии Карельского НЦ РАН,
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск 185910, Республика Карелия, Россия
komsf@mail.ru

Поступила в редакцию 17.06.2020. После доработки 09.08.2020.

Подписана в печать 11.08.2020. Опубликована 24.12.2020

Реферат. Обобщены и проанализированы результаты исследований фитоперифитона в 92 водотоках бассейна Белого моря. Выявлено 540 таксонов рангом ниже рода из 6 отделов: *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*) – 76, *Ochrophyta* – 374, *Euglenophyta* – 3, *Dinophyta* – 4, *Rhodophyta* – 8 и *Chlorophyta* – 75. Отмечены основные по фитоценотическому значению семейства: *Fragilariaceae* – 39 видов, *Eunotiaceae* – 36, *Achnantheae* – 45, *Naviculaceae* – 174 и *Desmidiaceae* – 43. В сумме они составляют 337 видов – почти 62% общего количества видов. В группу ведущих родов (187 видов, 35%) входят *Eunotia* Ehrenberg – 36 видов, *Achnanthes* Bory – 33, *Navicula* Bory – 48, *Pinnularia* Ehrenberg – 39, *Cymbella* C.Agardh – 31 вид. Неоднородность климатического режима на исследованной территории определяет одновременное присутствие в альгофлоре широко распространенных эвритермных видов, характерных для таежной зоны, stenотермных реофилов альпийского происхождения и бореального комплекса, типичного для заболоченных территорий. Доминантный комплекс представлен небольшим количеством видов, устойчивых к динамической нагрузке воды. Отмечено, что в эколого-географических спектрах водорослей преобладают широко распространенные олигогалобные виды, ацидофильные или индифферентные по отношению к pH среды. Относительное значение индикаторных видов в формировании группировок позволяет отнести воды исследованных водотоков и водоемов ко второму классу чистоты.

К л ю ч е в ы е с л о в а : фитоперифитон, водотоки, бассейн Белого моря, таксономия, экология

Введение

Водоросли занимают ведущее положение в структуре гидробиоценозов по количеству видов и их численности, создают большую часть суммарной первичной продукции и составляют основу пищевых цепей. Исследования структуры и особенностей формирования альгофлоры помогают решить многие вопросы биогеографии и биоценологии. Сравнительное изучение экологически равнозначных альгоценозов в различных географических областях, ландшафтно-климатических зонах, водоемах, отличающихся микрорежимом, позволяет подойти к корректному решению проблемы

© Комулайнен С.Ф., 2020

районирования водоемов и водотоков, выбрать объекты для организации экологического мониторинга. Однако во многих регионах на сегодняшний день не исследована экологическая, трофическая и таксономическая структура альгофлоры.

Белое море расположено на северной окраине Европейской части России в координатах между 68°39' и 63°47'N, 32°05' и 44°32'E. По географическому положению и климатическим условиям оно принадлежит к арктическим морям, а в структурно-геоморфологическом аспекте относится к окраинным шельфовым, полузамкнутым субарктическим эпиконтинентальным водоемам. Площадь бассейна моря 717,7 тыс. км², что почти в 8 раз превышает его площадь (90 тыс. км²). Гидрографическую сеть водосбора формируют более 2600 рек (Иванов, Брызгалов, 2007). Это является косвенным показателем роли речного стока, который превышает 4000 млн м³/год.

Первые наблюдения за биотой Белого моря датируются серединой 18 века. Началом альгологических исследований в регионе стали работы Х.Я. Гоби (1878), посвященные многоклеточным водорослям литорали, и К.С. Мережковского (1878) – диатомовым водорослям Белого моря. Наблюдения за функционированием пресноводных экосистем бассейна Белого моря начались на 100 лет позже. В 60-х гг. XX ст. промышленное освоение территории, развитие транспортной сети, создание каскадов гидроэлектростанций обусловило заметное увеличение уровня антропогенной нагрузки в регионе. Это активизировало исследования пресноводных экосистем на водосборе (Komulaunen, 2007a). На начальном этапе основное внимание уделялось изучению озер, крупных рек и создаваемых водохранилищ. Были опубликованы первые данные о гидрохимическом режиме и фитопланктоне притоков Белого моря (Современное..., 1998).

Исследования фитоперифитона в реках бассейна Белого моря впервые были выполнены в 90-х гг. XX в. (Комулайнен, 1994, 1995a, б, 1996) и продолжены в начале XXI в. (Комулайнен, 2004a, 2008, 2011, 2017, 2018a, б, 2019; Комулайнен и др., 2007a, б, 2012, 2013, 2015; Шаров и др., 2009; Komulaunen, 2019; Komulaunen, Chekryzheva, 2013). На сегодняшний день собраны данные о фитоперифитоне в 92 водотоках, расположенных на территории 130×10³ км², что составляет приблизительно четверть водосбора. В Белое море впадают 37 рек, а также притоки рек Выг, Кемь, Кереть, Ковда, Канда, Нива и Варзуга. Крайние точки отбора проб на севере: 67°42'; 33°36', р. Вудъяврйок; на юге – 63°10'; 63°10', р. Гормозерка; на западе – 64°55'; 30°04', р. Вуокинйоки и на востоке – 67°27'; 40°58', р. Качковка.

Цель данной работы – обобщить и проанализировать данные по таксономии и экологии фитоперифитона в 92 реках бассейна Белого моря.

Материалы и методы

Водосборы исследованных рек расположены на древних кристаллических и осадочных породах Балтийского щита и Русской платформы. Большая

часть водосбора отличается плоским рельефом и незначительными абсолютными отметками. Только в юго-западной части Кольского п-ва в районе Хибинского массива истоки рек расположены на высоте 800–1200 м. Четвертичные отложения на Кольском п-ве практически отсутствуют. И только на юге Белого моря их мощность возрастает до 60 м. Бассейн Белого моря входит в зону избыточного увлажнения. Это определяет заболачивание (до 90%), высокую озерность отдельных водосборов (до 20%) и формирование густой речной сети ($\sim 0,6 \text{ км/км}^2$). Среди водотоков – крупные реки (Выг, Кемь, Ковда, Нива, Поной) с расходами воды от 160 до 280 м³/с, ручьи, представляющие собой настоящие горные реки (Малая Белая, Ловчоррйок, Айкуайвенйок, Умбалка), и короткие протоки между озерами. Наиболее многочисленны малые и средние водотоки длиной от 5 до 100 км. Они часто берут начало в озерах, и поскольку озера действуют как отстойники, воды рек отличаются чрезвычайно низким содержанием неорганических взвесей. В то же время высокая заболоченность (до 90%) водосбора является результатом высокой концентрации растворенных органических веществ. Для рек характерна слабокислая или нейтральная реакция ($\text{pH} \sim 7$) и повышенная цветность воды (200–300°). В период половодья большая часть рек имеет минерализацию воды менее 40 мг/дм³, возрастающую до 60–90 мг/дм³ в период летней и зимней межени. Повышенная минерализация отмечена только в р. Кенти, что обусловлено техногенными причинами (Komulainen, Chekryzeva, 2013). Содержание всех форм азотистых веществ в водах исследованных рек незначительное. Нитритные ионы обычно отсутствуют. Содержание ионов NO₃ изменяется от 0,1 до 0,5 мг/дм³, NH₄⁺ не превышает 0,08 мг/дм³, а N_{орг} – 0,2–1,5 мг/дм³. Отмечено очень низкое содержание фосфатов: концентрация P_{общ} изменяется от 10 до 70 мкг/дм³, а P_{мин} – от 2 до 3 мкг/дм³ (Каталог..., 1962; Ресурсы..., 1970, 1972; Белое..., 2007).

Материалом для исследований служили пробы, собранные на протяжении 30 лет на 296 станциях в 92 реках бассейна Белого моря. Пробы отбирали по стандартным методикам (Комулайнен, 2003) в верховье, среднем и нижнем течении с камней и немногочисленных в исследованных реках макрофитов, среди которых наиболее постоянными были водные мхи (*Fontinalis* spp. и *Hydrohypnum* sp.). Для изучения биотопической неоднородности выбирали участки, отличающиеся глубиной (0,1–0,50 м) и скоростью течения (0,1–0,8 м/с), расположенные на разном удалении от проточных озер и в разной степени подвергающиеся антропогенному воздействию. Кроме качественных проб на каждой станции в зависимости от разнообразия субстратов отбирали 3–5 количественных проб.

Водоросли определяли с помощью микроскопа Olympus CX41 с цифровой камерой Espo (D30-D3Cplus). При идентификации таксонов использовали определители пресноводных водорослей. Цианобактерии (*Cyanophyta*) определяли по: Komárek, Fott, 1983; Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005; Komárek, 2013; *Bacillariophyta* – Krammer, Lange-Bertalot, 1986,

1988, 1991a, b; *Chrysophyta* – Starmach, 1985; *Dinophyta* – Киселев, 1954; *Chlorophyta* – Косинская, 1952, 1960; Паламарь-Мордвинцева, 1982, 1984; Мошкова, Голлербах, 1986; Рундина, 1998; *Rhodophyta* – Eloranta, Kwandrans, 2007; *Euglenophyta* – Попова, 1955. В общее число таксонов включены несколько нитчатых водорослей, находящихся в стерильной стадии и определенных до рода: *Spirogyra* sp. ster., *Mougeotia* sp. ster., *Zygnema* sp. ster., *Bulbochaete* sp. ster. и *Oedogonium* sp. ster. Система таксонов водорослей приведена по схеме, принятой в *Süsswasserflora von Mitteleuropa* с уточнением названий некоторых видов согласно современным сводкам.

В части проб были определены диатомовые водоросли с использованием сканирующего электронного микроскопа JSM-25S (Генкал, Комулайнен, 2008; Генкал и др., 2015; Чудаев и др., 2016; Genkal, Komulaunen, 2008, 2015).

Для оценки роли отдельных таксонов в формировании группировок вычисляли частоту встречаемости (pF, %) и доминирования (DF, %), среднее относительное разнообразие видов (Sp, %) и удельное относительное обилие в отдельной реке (DSp (r), %) или на отдельной станции (DSp (s), %), обилие по численности (N, %) и биомассе (B, %) (Макаревич, 1966; Комулайнен, 2003). Виды с DSp (r) и DSp (s) $\geq 10\%$ отнесены к доминирующему комплексу. Экологическую принадлежность водорослей устанавливали согласно работе С.С. Бариновой с соавт. (2006).

Результаты и обсуждение

Всего в перифитоне 92 водотоков выявлено 540 видов водорослей рангом ниже рода, принадлежащих к 6 отделам, 51 семейству и 127 родам (табл. 1).

Таблица 1. Таксономическая структура и доминирующие виды в перифитоне водотоков бассейна Белого моря

Отдел	Fm		Gn		Sp		DSp (s)		DSp (r)	
	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%
<i>Cyanophyta</i>	14	27,5	35	27,6	76	14,1	15	23,4	10	21,7
<i>Ochrophyta</i>	14	27,5	51	40,2	374	69,3	34	53,1	23	50,0
<i>Euglenophyta</i>	1	2,0	2	1,6	3	0,6	0	0,0	0	0,0
<i>Dinophyta</i>	2	3,9	3	2,4	4	0,7	0	0,0	0	0,0
<i>Chlorophyta</i>	16	31,4	31	24,4	75	13,9	11	17,2	9	19,6
<i>Rhodophyta</i>	4	7,8	5	3,9	8	1,5	4	6,3	4	8,7
Всего	51	73	127	100	540	100	64	100	46	78,3

Обозначения: Fm – семейство; Gn – роды; Sp – виды; DSp (s) – виды, доминирующие на отдельных станциях; DSp (r) – виды, доминирующие в отдельных реках.

Основу списка ($> 90\%$) во всех исследованных реках составляют *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* и *Cyanophyta*. Преобладание этих групп отражает специфику фитоперифитона и других речных систем бореальной

и субарктической зон (Eloranta, Kunnas, 1979; Johansson, 1982; Lindstrøm, Traen, 1984; Lindstrøm et al., 2004).

Выявленная альгофлора характеризуется значительной асимметрией на уровне отделов. Отдел *Ochrophyta*, включающий 374 вида из 4 классов, доминирует по видовому богатству. Ведущее положение в нем занимает класс *Bacillariophyceae*, что характерно для структуры фитоперифитона пресноводных систем Республики Карелия (Комулайнен, 2004; Комулайнен и др., 2006; Генкал и др., 2015; Komulaunen, 2009). Отмечено высокое разнообразие пennisных диатомей, которое определяют представители порядка *Raphales*. Среди них наиболее постоянны в альгоценозах обрастаний *Eunotia pectinalis* (Kützing) Ehrenberg (pF = 76,1%); *Achnanthes minutissima* Kützing var. *minutissima* (65,2%); *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni var. *rhomboides* (60,9%); *Cymbella silesiaca* Blesch (55,4%) и *Gomphonema truncatum* Ehrenberg (53,3%), имеющие встречаемость более 50%. Менее разнообразно представлен в перифитоне порядок *Araphales* (семейство *Fragilariaceae* (Ehrenberg) Mills) – 120 видов, но среди его представителей есть 3 вида, наиболее распространенные в альгофлоре рек: *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot (pF = 76,1%); *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing (57,6%) и *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing (96,7%).

Центрические диатомовые (семейства *Melosiraceae*, *Stephanodiscaceae* и *Aulacoseiraceae*) по числу видов занимают подчиненное положение в группировках обрастаний. В альгофлоре перифитона рек определены 32 вида из родов *Cyclostephanos* Round, *Stephanodiscus* Ehrenberg, *Cyclotella* (Kützing) Brébisson, *Melosira* Agardh, *Ellerbeckia* Crawford и *Aulacoseira* Thwaites. Из них чаще других встречаются *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen (35,9%) и *Aulacoseira subarctica* (O. Müller) Haworth (14,1%).

Сравнительная оценка роли отдельных родов в формировании таксономического разнообразия показала, что она определяется в первую очередь родами, в составе которых преобладают типичные прикрепленные формы. В группу ведущих родов (187 видов, 35%) входят *Eunotia* – 36; *Achnanthes* – 33; *Navicula* – 48, *Pinnularia* – 39 и *Cymbella* – 31 вид.

Особая роль принадлежит *Eunotia*. Несмотря на то, что большинство найденных видов, как правило, не играют заметной роли в формировании суммарной численности и биомассы, они достаточно постоянны и определяют особенность структуры перифитона в реках региона, для которых характерна высокая заболоченность водосборов.

Наши исследования позволили выявить ряд редких видов. Впервые для территории России отмечены 24 вида диатомей (Генкал, Комулайнен, 2008; Чудаев и др., 2016; Genkal, Komulaunen, 2015).

На уровне основных родов *Bacillariophyta* распределены на участках рек неравномерно. Водоросли родов *Fragilaria* Lyngbye, *Hannaea* Patrick, *Eunotia*, как правило, более разнообразны в верховьях рек. Типичные прикрепленные формы родов *Cymbella*, *Gomphonema* Ehrenberg равномерно распределены вдоль реки, а свободно передвигающиеся *Navicula* и

Pinnularia достигают максимального разнообразия и обилия в нижнем течении рек.

Chlorophyta представлены в фитоперифитоне 75 видами, которые относятся к 16 семействам и 31 роду. Основу видового богатства составляет класс *Conjugatophyceae* (63,2%) благодаря разнообразию водорослей семейства *Desmidiaceae* (43 вида). По числу видов среди них наиболее разнообразен род *Cosmarium* Ralfs – 18 видов. Многие из десмидиевых имеют арктическое или преимущественно арктическое распространение. Они встречаются в составе альгоценозов перифитона единично и не играют большой роли в формировании их структуры, минимально их участие в формировании биомассы группировок.

Наиболее постоянны в альгоценозах перифитона нитчатые зеленые водоросли *Ulothrix zonata* (F.Weber & Mohr) Kützing (21,7%), *Microspora amoena* (Kützing) Rabenhorst (23,9%), *Oedogonium* sp. (40,2%), *Bulbochaete* sp. (46,7%), *Zygnema* sp. (53,3%) и *Mougeotia* sp. (54,3%). Они относятся к повсеместно распространенным в олиготрофных водоемах бореальной зоны таксонам (Рундина, 1998), в т.ч. в водных экосистемах Республики Карелия (Комулайнен, 2008). Их доминирование в перифитоне исследованных рек свидетельствует о сходстве условий формирования альгофлоры. Именно эти виды, как правило, определяют биомассу фитоперифитона.

Хлорококковые водоросли в перифитоне исследованных рек менее разнообразны. Из 12 определенных видов только *Sphaerocystis schroeteri* Chood. достаточно постоянен (7,6%) в составе альгоценозов обрастаний.

Встречаемость большинства из 76 выявленных видов *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*), которые принадлежат к 14 семействам и 35 родам, незначительна. В каждой из исследованных рек можно выделить 3 группы *Cyanophyta*. Первую группу составляют виды *Chroococcales*, *Oscillatoriales* и частично *Nostocales* (*Anabaena*, *Aphanizomenon*), более характерные для альгофлоры озер, где они доминируют в позднелетнем планктоне. Во вторую группу входят водоросли, которые встречаются не только в водных, но и в наземных местообитаниях. Это виды *Stigonema* и *Nostoc*, которые формируют плотные группировки в «амфибиотической» или «брызговой» зоне. К третьей группе относятся типичные реофилы из родов *Tolypothrix* Kützing ex Bornet et Flahault, *Dichothrix* Zanardini ex Bornet et Flahault и *Calothrix* C.Agardh ex Bornet et Flahault. К числу распространенных в исследованных реках можно отнести лишь *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing (30,4%), *Dichothrix gypsophila* (Kützing) Bornet et Flahault и *Stigonema mamillosum* (31,5%), а 18 определенных видов найдены в обрастаниях всего 1 раз (Комулайнен, 2006).

Rhodophyta представлены в альгофлоре 8 видами, 4 из которых *Audouinella chalybea* (A.Roth) Bory (DF = 3,3%), *Batrachospermum gelatinosum* (Linnaeus) De Candolle (4,3%), *Batrachospermum turfosum* Bory (1,1%), *Sirodotia suecica* Kylin (1,1) входят в доминирующий комплекс, а *B. gelatinosum* является одним из самых распространенных (42,4%) в перифитоне исследованных рек (Комулайнен, 2004a).

Свойственные альгофлоре перифитона исследованных рек Карелии зонально-климатические черты проявляются на различных уровнях таксономической структуры. Кроме доминирующего положения диатомовых в альгофлоре можно отметить малую долю представителей отделов *Euglenophyta* и *Dinophyta*. Среди ведущих семейств, характерных для северного региона, основными по фитоценоотическому значению являются *Fragilariaceae* (39 видов), *Eunotiaceae* (36), *Achnanthaceae* (45), *Naviculaceae* (174) и *Desmidiaceae* (43 видов), т.е. 337 видов – 65% общего количества найденных видов. Состав выявленных водорослей в биогеографическом отношении характеризуется высоким разнообразием космополитов (243 вида, 67,9%) и бореальных видов (50 вида, 14,0%), количество которых существенно превышает число арктоальпийских (34 вида, 9,5%). Наблюдается свойственное северным флорам преобладание числа родов с одним таксоном и значительная роль одновидовых семейств (табл. 2), что можно объяснить низкой минерализацией поверхностных вод (Гецен, 1985).

Таблица 2. Состав семейств (Fm) и родов (Gn) по числу содержащихся в них видов (Sp) в перифитоне водотоков бассейна Белого моря

Sp	Gn	Gn%	Sp/Gn	Sp/Gn%	Fm	Fm%	Sp/Fm	Sp/Fm%
1	58	45,7	58	10,7	13	25,5	13	2,4
2	26	20,5	52	9,6	9	17,6	18	3,3
>10	11	8,7	280	51,9	11	21,6	397	73,5
Всего	127	100	540	100	51	100	540	100

Структура группировок перифитона в исследованных водотоках достаточно разнообразна в систематическом отношении. По численности доминируют 64 вида (см. ниже список).

Список видов, доминирующих в перифитоне на отдельных станциях и в перифитоне отдельных водотоков (*)

Отдел *Cyanophyta*, *Cyanobacteria* Stanier ex Cavalier-Smith, 2002;
Класс *Cyanophyceae* Schaffner, 1909: **Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *Calothrix parietina* Thuret ex Bornet et Flahault, *Dichothrix baueriana* (Grunow) Bornet et Flahault, **D. gypsophila* (Kützing) Bornet et Flahault, *Tolypothrix distorta* Kützing ex Bornet et Flahault, **T. saviczii* Kossinskaja, **T. tenuis* Kützing ex Bornet et Flahault, **Hapalosiphon pumilus* Kützing ex Bornet et Flahault, *Stigonema mamillosum* (Lyngbye) Agardh ex Bornet et Flahault, **Dolichospermum affinis* (Lemmermann) Waecklin et al., *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault, **N. verrucosum* Vaucher ex Bornet et Flahault, **Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis et Komárek, *Oscillatoria limosa* Agardh ex Gomont, **Phormidium retzii* (Agardh) Gomont ex Gomont.

Отдел *Ochrophyta* Cavalier-Smith, 2008; класс *Raphidophyceae* Chadeaud ex P.C.Silva, 1980: **Gonyostomum semen* (Ehrenberg) Diesing;

класс *Xanthophyceae* Allorge, 1930 emend. Fritsch, 1935: **Vaucheria* sp.; класс *Chrysophyceae* Pascher, 1914: *Hydrurus foetidus* (Villars) Trevisan; класс *Bacillariophyceae* Haeckel, 1878: *Melosira varians* Agardh, *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *A. distans* (Ehrenberg) Simonsen, **Aulacoseira islandica* (O.Müller) Simonsen, *A. italica* (Ehrenberg) Simonsen, **A. subarctica* (O.Müller) Haworth, **Fragilaria arcus* (Ehrenberg) Cleve, *F. capucina* Desmazieres, *F. crotonensis* Kitton, *F. pulchella* (Ralfs ex Kützing) Lange-Bertalot, **F. ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot, *F. virescens* Ralfs, **Diatoma tenuis* Agardh, **Meridion circulare* (Greville) Agardh var. *circulare*, **Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing, **T. flocculosa* (Roth) Kützing, *Eunotia fallax* var. *groenlandica* (Grunow) Lange-Bertalot et Nörpel, **E. pectinalis* (Kützing) Ehrenberg, *E. sudetica* O.Müller, **E. veneris* (Kützing) De Toni, **Cocconeis placentula* Ehrenberg var. *placentula*, **Achnanthes minutissima* Kützing var. *minutissima*, **Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni var. *rhomboides*, **Cymbella silesiaca* Blesch in Rabenhorst, *Gomphonema angustatum* (Kützing) Rabenhorst, *G. parvulum* (Kützing) Kützing, **G. truncatum* Ehrenberg, **Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M.Schmidt, **Epithemia adnata* (Kützing) Brébisson, **E. turgida* (Ehrenberg) Kützing, **Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith.

Отдел *Chlorophyta* Reichenbach, 1834; класс *Chlorophyceae* Wille, 1884: **Microspora amoena* (Kützing) Rabenhorst, *Coleochaete scutata* Brébisson, **Ulothrix zonata* (F.Weber & Mohr) Kützing, *Chaetophora elegans* (Roth) C.Agardh, **Draparnaldia glomerata* (Vaucher) C.Agardh, **Cladophora fracta* (O.F.Müller ex Vahl) Kützing, **Oedogonium* sp., **Bulbochaete* sp.; класс *Conjugatophyceae* Engler, 1992: **Spirogyra* sp., **Zygnema* sp., **Mougeotia* sp.

Отдел *Rhodophyta* Wettstein, 1901; класс *Florideophyceae* Cronquist, 1960: **Audouinella chalybea* (A.Roth) Bory, **Batrachospermum gelatinosum* (Linnaeus) De Candolle, **Batrachospermum turfosum* Bory, **Sirodotia suecica* Kylin.

Двадцать четыре вида преобладали только на одном и еще 8 – на двух участках. Структуру фитоперифитона определяли 46 видов, доминирующих по численности, и 9 видов – по биомассе не на отдельных участках или в пробах, а в перифитоне отдельных рек. Хотя и среди них только 9 видов (*Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot (pF = 76,1%); *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing (57,6%); *T. flocculosa* (Roth) Kützing (96,7%); *Eunotia pectinalis* (Kützing) Ehrenberg (76,1%); *Achnanthes minutissima* Kützing var. *minutissima* (65,2%); *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni var. *rhomboides* (60,9%); *Gomphonema truncatum* Ehrenberg (53,3%); *Zygnema* sp. (53,3%) и *Mougeotia* sp. (54,4%) имели встречаемость более 50%.

Систематическая и ценотическая структуры доминирующего комплекса несколько отличаются от структуры альгофлоры в целом. В доминирующем комплексе разнообразнее представлены *Cyanophyta* и *Rhodophyta*, более заметна роль ацидофильных и галофобных видов.

Доминантами и субдоминантами часто выступали виды из маловидовых родов. К ним относятся *Tabellaria*, *Hannaea*, *Cocconeis* и *Didymosphenia*, представители которых составляли основу группировок перифитона. Заметную роль играет *Didymosphenia geminata*, которая благодаря крупному размеру клеток, в некоторых случаях даже в присутствии нитчаток, может составлять до 90% суммарной биомассы группировок.

Степень экологической изученности водорослей различной таксономической принадлежности весьма неравномерна, что затрудняет анализ альгофлоры.

Малочисленны и противоречивы сведения о хлорококковых и десмидиевых водорослях. Из анализа практически выпадают обширные порядки *Stigonematales*, *Nostocales* и *Zygnematales*. Для 30% отмеченных таксонов не определены экологические характеристики. Поэтому при экологическом анализе альгофлоры перифитона использовали в первую очередь сведения о диатомовых водорослях.

Соотношение экологических групп водорослей в перифитоне исследованных водоемов и водотоков достаточно сходно. Структуру обрастаний формируют типичные прикрепленные формы (40,1%). Они определяют структуру группировок фитоперифитона во всех исследованных водотоках, составляя от 31,8 до 100% общего числа встреченных видов и от 52,5 до 100% их суммарной численности.

Своеобразие перифитона рек состоит в том, что кроме эвперифитонных форм в группировках постоянно присутствуют планктонные (28,8%) и бентосные водоросли (31,1%). Однако только в перифитоне крупных рек Кемь, Канда, Выг и Поной, а также на участках, расположенных ниже проточных озер, относительно обилие планктонных видов достигает 20% (Komulainen, 2007b). Основа аллохтонной составляющей в альгофлоре перифитона сформирована диатомовыми — ведущей группой северного фитопланктона. В основном это представители родов *Aulacoseira* и *Cyclotella*. Однако большинство из 19 видов центрических диатомей встречались в обрастаниях единично, а в доминирующий комплекс входили лишь *Melosira varians* Agardh, *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *A. distans* (Ehrenberg) Simonsen, *A. islandica* (O.Müller) Simonsen, *A. italica* (Ehrenberg) Simonsen, *A. subarctica* (O.Müller) Haworth и *Fragilaria arcus* (Ehrenberg) Cleve, которые преобладали в фитопланктоне проточных озер. Более заметна в альгоценозах обрастаний роль планктонных пеннатных диатомей из семейств *Fragilariaceae* — *Fragilaria capucina* Desmazieres, *F. crotonensis* Kitton, *F. pulchella* (Ralfs ex Kützing) Lange-Bertalot, *F. ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot и *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing.

Особый интерес представляют синезеленые планктонные водоросли родов *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Anabaena*, *Gloeotrichia* и *Oscillatoria*. Они типичны для позднелетней альгофлоры водных экосистем региона (Комулайнен, 2006), однако в исследованных водотоках «цветение» нами не наблюдалось.

Большинство бентосных форм — это диатомовые водоросли. В пробах определено 70 их видов, относящихся главным образом к родам *Navicula* (48 видов) и *Pinnularia* (39). Большая часть этих видов не достигает высокого обилия; только *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni var. *rhomboides* (pF = 60,9%; DF = 7,6%) отнесена нами к доминантам.

Среди идентифицированных нами таксонов водорослей 285 являются индикаторами ацидификации и 328 — минерализации. Высокая разбавленность поверхностных вод атмосферными осадками и заболоченность водосборов определяют индифферентный характер альгофлоры как по отношению к минерализации (240 видов, 73,2%), так и рН (102, 35,5%), при высоком разнообразии галофилов (42, 12,8%) и ацидофилов (72, 25,1%). Индифференты преобладают среди индикаторов водного (гидрологического) — 49,7% и температурного — 58,8% режимов.

Большинство обнаруженных таксонов относится к пресноводным видам, однако в пробах, особенно отобранных в устьевых участках, встречались также морские представители диатомовых из родов *Brébissonia* Grunow, *Cyclotella* (Kützing) Brébisson, *Grammatophora* Ehrenberg и нитчатые зеленые (*Percursaria percursa* (C.Agardh) Rosenvinge) водоросли. Кроме того, увеличение разнообразия галофилов и алкалифилов отмечено в верхнем течении р. Кенти в зоне влияния стоков Костомукшского ГОКа (Kомулайнен, Chekryzeva, 2013).

Степень органического загрязнения воды обследованных озёр и рек оценивали по выявленным видам-индикаторам сапробности (196 видов), большинство их относится к олиго- (38,3%) и β-мезосапробным (32,1%) формам. Но поскольку ксено- и ксено-олигосапробы чаще входят в состав доминирующего комплекса, чем виды-индикаторы повышенной сапробности, значения индексов в большинстве рек соответствуют олигосапробной зоне самоочищения, II классу чистоты воды и, по классификации Сладечека, относятся к практически чистым водам.

Разнообразие альгоценозов формируется либо благодаря включению в них новых таксонов, либо за счет изменения комбинации одних и тех же видов. Первое для перифитона определяется поступлением аллохтонных видов из планктона и бентоса, при этом большое значение имеет фактор озерности. В зависимости от количества озер на водосборной площади, их морфометрии и трофического статуса изменяется структура аллохтонной альгофлоры в водотоках. Второе в большей мере обусловлено гетерогенностью среды обитания — от неоднородности поверхности субстрата и микрораспределения скоростей течения до различий в ландшафте, определяющих морфометрию водотоков и развитость прибрежной растительности (Комулайнен, 2004б; Kомулайнен, 2007б).

Увеличение антропогенной нагрузки отмечено на отдельных участках рек Белая, Кенти, Летняя, Кемь, Ковда и Нива. Характерной чертой таксономического состава перифитона здесь является уменьшение обилия и встречаемости оксифильных, χ-сапробных диатомей родов *Achnanthes*, *Eunotia*, *Cymbella* и снижение роли рода *Tabellaria*. По сравнению с условно чистыми, большее разнообразие широковалентных и

толерантных к загрязнению видов из родов *Diatoma*, *Gomphonema*, *Nitzschia*. Прослеживается также увеличение количества мезогалобных и галофильных видов. Большую роль в формировании структуры начинают играть донные формы (Komulainen, Morozov, 2007).

Уничтожение прибрежной растительности, увеличение интенсивности паводков, заиление и превращение русел рек в каналы приводит к усилению биотопической однородности, упрощению структуры биоценозов. С другой стороны, обогащение вод биогенными элементами, увеличение освещенности вызывают локальное зарастание водотоков нитчатыми зелеными водорослями (*Zygnema* sp., *Mougeotia* sp.). Ниже по течению при минимизации антропогенной нагрузки естественная структура альгоценозов быстро восстанавливается. Это особенно характерно для рек с чередованием порогов и плесов, играющих роль природных очистных сооружений.

Заключение

Альгофлора перифитона рек бассейна Белого моря в таксономическом, географическом и экологическом отношении достаточно гетерогенна. Она представляет собой комплекс различных элементов, обусловленный природной зональностью, изменением климата в разные эпохи, особенностями ландшафта и топографией водосборов, морфометрией и гидрологическими характеристиками рек и озер.

Важнейшие показатели структуры альгофлоры перифитона свидетельствуют о ее принадлежности к флорам бореального типа, так как истинно высокоширотные элементы среди эдификаторов занимают подчиненное положение.

Исследованные реки по составу массовых видов имеют большое сходство с холодноводными олиготрофными реками бореальной зоны. В составе перифитона преобладают индифферентные по отношению к солености и активной реакции среды виды. Видовое разнообразие определяют *Bacillariophyta*, в то время как основу биомассы составляют нитчатые *Chlorophyta*, *Cyanophyta* и *Rhodophyta*.

Распространение болот и расположение дистрофных озер не связано с конкретными ландшафтными и климатическими зонами, а следовательно, их влияние на структуру альгофлоры азонально. Ацидофильные и галофобные виды, доминирующие в таких водоемах, несмотря на высокую экологическую специализацию, в большинстве своем являются широко распространенными и космополитными. Поэтому для сравнения следует выбирать водоемы с низким процентом заболоченности водосборов.

Структура фитоперифитона в большинстве водотоков имеет естественный характер и не связана с увеличением антропогенной нагрузки. Она отражает естественную биотопическую неоднородность исследованных водных объектов и их участков.

Проведенный санитарно-биологический анализ качества вод показал, что обследованные водотоки и водоемы несут практически чистые воды, которые, согласно системе оценки качества вод по сапробности

водорослей, относятся к олигосапробной зоне самоочищения, II классу чистоты воды и, согласно классификации Сладечека, являются практически чистыми водами.

Проведенный анализ показал неравномерность альгологических исследований на территории Карелии, поэтому считаем целесообразным продолжить начатую работу по анализу альгофлоры перифитона в реках.

Финансирование исследований осуществлялось за счет средств федерального бюджета на выполнение государственных заданий № 0221-2014-0005, 0221-2014-0038 и 0221-2017-0045.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. *Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды*. Тель-Авив: Pilies Stud. 498 с.
- Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов*. 2007. Под ред. Н.Н. Филатова, А.Ю. Тержевика. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 335 с.
- Генкал С.И., Комулайнен С.Ф. 2008. Материалы к флоре *Bacillariophyta* водоемов Карелии. IV. Реки Карельского побережья Белого моря. *Бот. журн.* 93(3): 393–398.
- Генкал С.И., Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф. 2015. *Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии*. М.: Науч. мир. 202 с.
- Гецен М.В. 1985. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л.: Наука. 165 с.
- Гоби Х.Я. 1878. Флора водорослей Белого моря. *Труды СПб. общ-ва естествоисп.* 9: 293–297.
- Иванов В.В., Брызгало В.А. 2007. Гидролого-гидрохимический режим водосбора Белого моря. В кн.: *Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 52–117.
- Каталог рек Мурманской области*. 1962. М., Л.: Изд-во АН СССР. 210 с.
- Киселев И.А. 1954. Пирофитовые водоросли. М.: Сов. наука. 212 с. В кн.: *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 6. М.: Сов. наука. 212 р.
- Комулайнен С.Ф. 1994. *Фитоперифитон в малых реках Кольского полуострова*. Деп. ВИНТИ. 22.08.94. N 2097–В94. Киев. 27 с.
- Комулайнен С.Ф. 1995а. Перифитон в реках Паанаярвского национального парка. В кн.: *Природа и экосистемы Паанаярвского национального парка*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 126–138.
- Комулайнен С.Ф. 1995б. Перифитон реки Кенти В кн.: *Влияние техногенных вод горно-обогатительного комбината на водоемы системы реки Кенти*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 47–60.
- Комулайнен С.Ф. 1996. *Перифитон рек Ленинградской, Мурманской областей и Республики Карелия. Оперативно-информационные материалы*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 39 с.
- Комулайнен С.Ф. 2003. *Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 43 с.
- Комулайнен С.Ф. 2004а. Фитоперифитон рек Республики Карелия. *Бот. журн.* 89(3): 18–35.
- Комулайнен С.Ф. 2004б. *Экология фитоперифитона малых рек Восточной Финноскандии*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 182 с.

- Комулайнен С.Ф. 2006. *Cyanophyta/Cyanoprokaryota* в перифитоне рек Восточной Фенноскандии: роль в экосистемах, опыт изучения и проблемы. *Труды КНЦ РАН*. 4: 14–23.
- Комулайнен С.Ф. 2008. Водная растительность В кн.: *Скальные ландшафты Карельского побережья Белого моря: природные особенности, хозяйственное освоение, меры по сохранению*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 137–139.
- Комулайнен С.Ф. 2011. Фитоперифитон рек Зеленого пояса Фенноскандии». *Труды КарНЦ РАН*. Сер. Биogeография. 2: 35–47.
- Комулайнен С.Ф. 2017. Фитоперифитон рек Кандалакшского берега Белого моря. *Труды КарНЦ РАН*. Сер. Биogeография. 6: 29–47.
- Комулайнен С.Ф. 2018а. Фитоперифитон рек Хибин. В кн.: *Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге*. СПб.: Реноме. С. 242–245.
- Комулайнен С.Ф. 2018б. Фитоперифитон рек междуречья Кеми и Ковды Карельского берега Белого моря. *Вопросы современной альгологии*. 2(17). URL: <http://algology.ru/1296>
- Комулайнен С.Ф. 2019а. Фитоперифитон реки Ковды и ее притоков (республика Карелия, Россия). *Труды КарНЦ РАН*. Сер. Биogeография. 8: 30–43. <https://doi.org/10.17076/bg963>
- Комулайнен С.Ф., Круглова А.Н., Барышев И.А. 2007а. Гидробиология. В кн.: *Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов*. Петрозаводск. КарНЦ РАН. С. 104–114.
- Комулайнен С.Ф., Круглова А.Н., Барышев И.А. 2007б. Гидробиологическая характеристика рек Терского берега Кольского полуострова. *Труды КарНЦ РАН*. Сер. Биogeография. 7: 28–44.
- Комулайнен С.Ф., Круглова А.Н., Барышев И.А. 2012. Структура и функционирование сообществ водных организмов в реках южного (Поморского) побережья Белого моря. *Труды КНЦ РАН*. 1: 109–126.
- Комулайнен С.Ф., Круглова А.Н., Барышев И.А. 2013. Структура сообществ водных организмов притоков Выгозерского водохранилища. *Поволжский экол. журн*. 3: 261–270.
- Комулайнен С.Ф., Круглова А.Н., Барышев И.А. 2015. Структура сообществ водных организмов притоков Выгозерского водохранилища. В кн.: *Крупнейшие озера-водохранилища Северо-Запада европейской территории России: современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 337–342.
- Комулайнен С.Ф., Чекрыжева Т.А., Вислянская И.Г. 2006. *Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 78 с.
- Косинская Е.К. 1952. *Конъюгаты, или сцеплянки. I. Мезотениевые и гонатозиговые водоросли*. М.; Л.: Изд-во АН СССР. 164 с.
- Косинская Е.К. 1960. *Десмидиевые водоросли. II. Конъюгаты, или сцеплянки. Флора споровых растений СССР*. Т. 5, вып. 1. М., Л.: Изд-во АН СССР. 706 с.
- Макаревич В.Н. 1966. Голландские методы учета обилия видов по де-Фризу в сравнении с другими методами определения участия видов в луговых травостоях. *Бот. журн*. 51(2): 293–304.
- Мережковский К.С. 1878. Диатомовые водоросли Белого моря. *Труды СПб. общ-ва естествоисп*. 9: 425–446.
- Мошкова Н.А., Голлербах М.М. 1986. Зеленые водоросли. Класс Улотриксковые. 1. В кн.: *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 10. Л.: Наука. 360 с.

- Паламарь-Мордвинцева Г.М. 1982. Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые. В кн.: *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 11(2). Л.: Наука. 620 с.
- Паламарь-Мордвинцева Г.М. 1984. Кон'югати. В кн.: *Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. Вип. 8, ч. 1. Київ: Наук. думка. 512 с.
- Попова Т.Г. 1955. Эвгленовые водоросли. В кн.: *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 7. М.: Сов. наука. 283 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР*. 1970. Т. 1. Кольский полуостров. Л.: Гидрометиздат. 315 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР*. 1972. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л.: Гидрометиздат. 525 с.
- Рундина Л.А. 1998. *Зигнемовые водоросли России (Chlorophyta: Zygnematomyxaceae, Zygnematales)*. СПб.: Наука. 351 с.
- Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992–1997 гг.* 1998. Под ред. Н.Н. Филатова, Т.П. Куликовой, П.А. Лозовика. Петрозаводск. КарНЦ РАН. 188 с.
- Чудаев Д.А., Куликовский М.С., Комулайнен С.Ф. 2016. Виды *Navicula* s. str. (*Bacillariophyta, Naviculaceae*) в реках Мурманской области. *Бот. журн.* 100(1): 21–33.
- Шаров А.Н., Рябинкин А.В., Комулайнен С.Ф. 2009. Гидробиологическая характеристика водных объектов в районе строительства горно-обогатительного комбината на базе месторождения апатит-нефелиновых руд Олений ручей (Кольский п-ов). *Труды КарНЦ РАН*. Сер. Биogeография. 4: 76–84.
- Eloranta P., Kunnas S. 1979. The grows and species communities of the attached algae in a river system in Central Finland. *Arch. Hydrobiol.* 86(1): 27–44.
- Eloranta P., Kwandrans. J. 2007. *Freshwater red algae (Rhodophyta) Identification guide to European taxa, particularly to those in Finland*. Saarijvi (Finland): Saarijven Offset Oy. 103 p.
- Genkal S.I., Komulaynen S.F. 2008. Materials to the flora of *Bacillariophyta* of the Karelian waterbodies. IV. Rivers of the Karelian White Sea coast. *Bot. J.* 93(3): 393–398.
- Genkal S.I., Komulaynen S.F. 2015. New Data on the Flora of *Bacillariophyta* in the Rivers of the Southern (Pomorskii) Coast of the White Sea (Republic of Karelia). *Inland Water Biol.* 5(2): 105–112.
- Johansson C. 1982. Attached algal vegetation in running waters of Jämtland, Sweden. *Acta Phytogeogr. Suec.* 71: 1–80.
- Komárek J. 2013. *Cyanoprokaryota*. 3. Teil: *Heterocytous*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19/3. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akad. Verlag. 1130 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 1998. *Cyanoprokaryota*. 1. Teil: *Chroococcales*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19/1. Jena, etc.: Gustav Fischer. 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. *Cyanoprokaryota*. 2. Teil: *Oscillatoriales*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 19/2. Heidelberg: Elsevier/Spektrum. 759 p.
- Komárek J., Fott B. 1983. *Chlorophyceae* (Grünalgen), Ordnung *Chlorococcales*. In: *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie*. Teil 7, 1. Hälfte. Stuttgart: Schweizerbart. 1044 p.
- Komulaynen S. 2007a. Algological studies of fluvio-lacustrine systems in the northern European part of Russia. *Int. J. Algae*. 9(2): 139–149. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v9.i2.40>
- Komulaynen S. 2007b. Landscape related features in the structure of phytoplankton communities in small rivers of east Fennoscandia. *Biol. Inland Waters*. 1: 50–55.

- Komulaynen S. 2008. The green algae as structural element of phytoperiphyton communities in streams of the Northwestern Russia. *Biology*. 63(6): 859–865.
<https://doi.org/10.2478/s11756-008-0113-0>
- Komulaynen S. 2009. Diatoms of Periphyton assemblages of Small Rivers in North-Western Russia. *Studi Trent. Sci. Nat.* 84: 153–160.
- Komulaynen S. 2019b. Phytoperiphyton of the Kem River and Its Tributaries (Republic of Karelia, Russia). *Int. J. Algae*. 21(2): 123–136. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i2.30>
- Komulaynen S., Chekryzheva T. 2013. Response of algal communities to anthropogenic changes in minealization. *Bot. Lith.* 19(1): 57–66.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. *Bacillariophyceae: Naviculaceae*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/1. Jena: Gustav Fischer Verlag. 860 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. *Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/2. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag. 596 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. *Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/3. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag. 576 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. *Bacillariophyceae: Achnanthaceae*, Kritische Ergänzungen zu *Navicula (Lineolatae)* und *Gomphonema* Gesamtliteraturverzeichnis. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/4. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag. 437 p.
- Lindström E.A., Traen T.S. 1984. Influence of current velocity on periphyton distribution and succession in a Norwegian soft water river. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 22: 1965–1972.
- Lindström E.A., Johansen S., Saloranta T. 2004. Periphyton in running waters – long-term studies of natural variation. *Hydrobiologia*. 521(1–3): 63–86.
- Starmach K. 1985. *Chrysophyceae und Haptophyceae*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 1. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. 515 p.

Подписала в печать Н.И. Кирпенко

REFERENCES

- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. 2006. *Diversity of algal indicators in environmental assessment*. Tel Aviv: Pilies Stud. 498 p.
- Catalogue of the rivers of the Murmansk region*. 1962. Moscow, Leningrad: Acad. Sci. USSR Press. 210 p. [Rus.]
- Chudaev D.A., Kulikovskiy M.S., Komulaynen S.F. 2016. Species of *Navicula* s. str. (*Bacillariophyta*, *Naviculaceae*) in the rivers of Murmansk region. *Bot. J.* 100(1): 21–33.
- Current state of water objects in the republic of Karelia. Results of monitoring, 1992–1997*. 1998. Eds N. Filatov, T.P. Kulikova, P.A. Lozovik. Petrozavodsk: Kar. Sci. Center RAS. 188 p. [Rus.]
- Eloranta P., Kunnas S. 1979. The grows and species communities of the attached algae in a river system in Central Finland. *Arch. Hydrobiol.* 86(1): 27–44.
- Eloranta P., Kwadrans J. 2007. *Freshwater red algae (Rhodophyta) Identification guide to European taxa, particularly to those in Finland*. Saarijvi (Finland): Saarijven Offset Oy. 103 p.
- Genkal S.I., Komulaynen S.F. 2008. Materials to the flora of *Bacillariophyta* of the Karelian waterbodies. IV. Rivers of the Karelian White Sea coast. *Bot. J.* 93(3): 393–398.

- Genkal S.I., Komulaynen S.F. 2015. New Data on the Flora of *Bacillariophyta* in the Rivers of the Southern (Pomorskii) Coast of the White Sea (Republic of Karelia). *Inland Water Biol.* 5(2): 105–112.
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A., Komulaynen S.F. 2015. *Diatom algae in waterbodies and watercourses of Karelia*. Moscow: Sci. Word. 202 p. [Rus.]
- Getsen M.V. 1985. *Algae in the ecosystems of the Far North*. Leningrad: Nauka. 165 p. [Rus.]
- Gobi Kh.Ya. 1878. Flora of the White Sea algae. *Proc. St. Petersburg Soc. Nat.* 9: 293–297.
- Ivanov V.V., Brizgalo V.A. 2007. In: *The White [Beloe] Sea and their watershed under influences of climate and anthropogenic impact*. Petrozavodsk: Kar. Sci. Center RAS. Pp. 52–117. [Rus.]
- Johansson C. 1982. Attached algal vegetation in running waters of Jämtland, Sweden. *Acta Phytogeogr. Suec.* 71: 1–80.
- Kiselev I.A. 1954. In: *Keys to freshwater algae of the USSR*. Issue 6. Moscow: Sov. Sci. 212 p.
- Komárek J. 2013. *Cyanoprokaryota*. 3. Teil: *Heterocytous*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19/3. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akad. Verlag. 1130 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 1998. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19/1. Jena, etc.: Gustav Fischer. 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 19/2. Heidelberg: Elsevier/Spektrum. 759 p.
- Komárek J., Fott B. 1983. In: *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie*. Teil 7, 1. Hälfte. Stuttgart: Schweizerbart. 1044 p.
- Komulaynen S.F. 1994. *Phytoperiphyton in small rivers of the Kola Peninsula*. Dep. VINITI 22.08.94. N 2097–B94. Kiev. 27 p. [Rus.]
- Komulaynen S.F. 1995a. In: *Nature and ecosystems of the Paanajärvi National Park*. Petrozavodsk: Petrozavodsk: Kar. Sci. Center RAS. Pp. 126–138. [Rus.]
- Komulaynen S.F. 1995b. In: *Technogenic waters of mining concentration plant impact on the Kenti River systems*. Petrozavodsk: Kar. Sci. Center RAS. Pp. 47–60. [Rus.]
- Komulaynen S.F. 1996. *Periphyton of the rivers of the Leningrad, Murmansk regions and the Republic of Karelia*. Express Information. Petrozavodsk: Kar. Sci. Center RAS. 39 p. [Rus.]
- Komulaynen S.F. 2003. *Guidelines for the Study of phytoperiphyton in small rivers*. Petrozavodsk: Kar. Sci. Center RAS. 43 p. [Rus.]
- Komulaynen S.F. 2004a. Phytoperiphyton in rivers of Republic of Karelia. *Bot. J.* 89(3): 18–35.
- Komulaynen S.F. 2004b. *Ecology of attached algal communities in small rivers of east Fennoscandia*. Petrozavodsk: Kar. Sci. Center RAS. 182 p. [Rus.]
- Komulaynen S.F. 2006. *Cyanophyta/Cyanoprokaryota* in periphyton in rivers of eastern Fennoscandia: role in ecosystems, research experience and problems. *Proc. Kola Sci. Center RAS*. (4): 14–23.
- Komulaynen S.F. 2007a. Algological studies of fluvio-lacustrine systems in the northern European part of Russia. *Int. J. Algae*. 9(2): 139–149. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v9.i2.40>
- Komulaynen S.F. 2007b. Landscape related features in the structure of phytoperiphyton communities in small rivers of east Fennoscandia. *Biol. Inland Waters*. 1: 50–55.
- Komulaynen S.F. 2008a. In: *Rupestrian landscapes of the White Sea Karelian Coast: natural characteristics, economic utilization, conservation*. Petrozavodsk: Kar. Sci. Centre RAS: 137–139. [Rus.]

- Komulaynen S.F. 2008b. The green algae as structural element of phytoperiphyton communities in streams of the Northwestern Russia. *Biology*. 63(6): 859–865. <https://doi.org/10.2478/s11756-008-0113-0>
- Komulaynen S.F. 2009. Diatoms of Periphyton assemblages of Small Rivers in North-Western Russia. *Studi Trent. Sci. Nat.* 84: 153–160.
- Komulaynen S.F. 2011. Phytoperiphyton in rivers of the green belt of Fennoscandia. *Proc. Kar. Sci. Centre RAS. Biogeography*. 2: 35–47. [Rus.]
- Komulaynen S.F. 2017. Attached algal communities in rivers of the Kandalaksha coast of the White Sea. *Proc. Kar. Sci. Centre RAS. Biogeography*. 6: 29–47.
- Komulaynen S.F. 2018a. In: *Algae: problems of taxonomy, ecology and use in monitoring*. St. Petersburg: Renome. Pp. 242–245. [Rus.]
- Komulaynen S.F. 2018b. Phytoperiphyton in rivers in the interfluvium of the Kem and Kovda of Karelian coast of the White Sea. *Issues modern algology*. 2(17). URL: <http://algology.ru/1296>
- Komulaynen S.F. 2019b. Phytoperiphyton of the Kem River and its tributaries (Republic of Karelia, Russia). *Int. J. Algae*. 21(2): 123–136. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i2.30>
- Komulaynen S.F. 2019a. Phytoperiphyton of the Kovda River and its tributaries. (Republic of Karelia, Russia). *Proc. Kar. Res. Centre RAS. Biogeography*. 8: 30–43. <https://doi.org/10.17076/bg963>
- Komulaynen S.F., Chekryzheva T.A. 2013. Response of algal communities to anthropogenic changes in mineralization. *Bot. Lith.* 19(1): 57–66.
- Komulaynen S.F., Chekryzheva T.A., Vislyanskaya I.G. 2006a. *Algal flora of the lakes and rivers in Karelia. The taxonomic composition and ecology*. Petrozavodsk: Kar. Sci. Center RAS. 81 p. [Rus.]
- Komulaynen S.F., Kruglova A.N., Baryshev I.A. 2007. In: *The White Sea and their watershed under influences of climate and anthropogenic impact*. Petrozavodsk: Kar. Sci. Center RAS. Pp. 52–117. [Rus.]
- Komulaynen S.F., Kruglova A.N., Baryshev I.A. 2008. Hydrobiological characteristics of rivers in the Tersky coast of Kola peninsula. *Proc. Kar. Sci. Centre RAS. Biogeography*. 12: 28–44.
- Komulaynen S.F., Kruglova A.N., Baryshev I.A. 2012. The structure and functioning of the hydrobiont communities of some rivers of the White Sea southern (Pomorski) coast. *Proc. Kola Sci. Centre*. 1: 109–126.
- Komulaynen S.F., Kruglova A.N., Baryshev I.A. 2013. Aquatic organism community structure in the Vygozero Reservoir inflows. *Povolzhskiy J. Ecol.* 3: 261–270.
- Komulaynen S.F., Kruglova A.N., Baryshev I.A. 2015. In: *The largest lake-reservoirs of the north-west European part of Russia: current state and climate variability and anthropogenic impact*. Petrozavodsk: Kar. Sci. Center RAS. 337–342. [Rus.]
- Kosinskaya E.K. 1952. In: *Flora of spore plants of the USSR*. Vol. 2. Moscow, Leningrad: Acad. Sci. USSR Press. 164 p. [Rus.]
- Kosinskaya E.K. 1960. In: *Flora of spore plants of the USSR*. Vol. 5, issue 1. Moscow, Leningrad: Acad. Sci. USSR Press. 706 p. [Rus.]
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/1. Jena: Gustav Fischer Verlag. 860 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/2. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag. 596 p.

- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/3. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag. 576 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/4. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag. 437 p.
- Lindstrøm E.A., Johansen S., Saloranta T. 2004. Periphyton in running waters – long-term studies of natural variation. *Hydrobiologia*. 521(1–3): 63–86.
- Lindstrøm E.A., Traaen T.S. 1984. Influence of current velocity on periphyton distribution and succession in a Norwegian soft water river. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 22: 1965–1972.
- Makarevich B.N. 1966. Dutch methods of accounting for the abundance of species by de-Frisus in comparison with other methods of determining the participation of species in grassland. *Bot. J.* 51(2): 293–304.
- Merezhkovskiy K.S. 1878. Diatom algae of the White Sea. *Proc. St. Petersburg Soc. Nat.* 9: 425–446. [Rus.]
- Moshkova N.A., Gollerbach M.M. 1986. In: *Identification manual of freshwater algae of the USSR*. Issue 10. Moscow, Leningrad: Nauka. 360 p. [Rus.]
- Palamar-Mordvintseva G.M. 1982. In: *Identification manual of freshwater algae of the USSR*. Issue 11(2). Leningrad: Nauka. 620 p. [Rus.]
- Palamar-Mordvintseva G.M. 1984. In: *Identification manual of the Ukrainian SSR*. Issue 8, pt 1. Kyiv: Naukova Dumka. 512 p. [Ukr.]
- Popova T.G. 1955. In: *Identification manual of freshwater algae of the USSR*. Issue 11(2). Leningrad: Nauka. 283 p. [Rus.]
- Resources of the USSR Surface Water: 1. Kola Peninsula*. 1970. Leningrad: Gidrometeoizdat. 315 p. [Rus.]
- Resources of the USSR Surface Water: 2. Karelia and Northwest*. 1972. Leningrad: Gidrometeoizdat. 525 p. [Rus.]
- Rundina L.A. 1998. *The Zygnematales of Russia (Chlorophyta: Zygnematophyceae)*. St. Petersburg: Nauka. 351 p. [Rus.]
- Sharov A.N., Ryabinkin A.V., Komulainen S.F. 2009. Hydrobiological characteristics of waterbodies in the area of construction of the ore-dressing mill connected to the apatite-nepheline deposit oliniy ruchey (Kola Peninsula). *Proc. Kar. Sci. Center RAS. Biogeography*. 4: 76–84.
- Starmach K. 1985. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 1. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. 515 p.
- The White Sea and their watershed under influences of climate and anthropogenic impact*. 2007. Eds N. Filatov, A. Terzhevnik. Petrozavodsk: Kar. Sci. Center RAS. 335 p. [Rus.]

Komulainen S.F. 2020. **Phytoperiphyton of watercourses from the White Sea Basin (Murmansk District, Republic of Karelia, Russia)**. *Algologia*. 30(4): 421–439.

Institute of Biology of Karelian Research Centre RAS,
11 Pushkinskaya Str., Petrozavodsk 185610, Russia

The results of phytoperiphyton studies in 92 watercourses of the White Sea basin are summarized and analyzed. Totally 540 taxa with a rank below the genus were identified. They belong to six divisions: *Cyanophyta* – 76, *Ochrophyta* – 374, *Euglenophyta* – 3, *Dinophyta* – 4, *Rhodophyta* – 8 and *Chlorophyta* – 75. Diatoms, cyanobacteria and chlorophytes form the basis of the species diversity (> 90%) in all studied rivers. The predominance of these groups reflects the specificity of

the phytoperiphyton in the river systems of the boreal and subarctic zones. Leading families are *Naviculaceae* (174 species), *Achnanthaceae* (45), *Desmidiaceae* (43) and *Fragilaceae* (36). Together they cover 337 species or 65% of the total number of species found. The group of leading genera (187 species, 35%) includes *Eunotia* – 36 species, *Achnanthes* – 33, *Navicula* – 48, *Pinnularia* – 39, and *Cymbella* – 31 species. The heterogeneity of the climatic regime in the study area determines the simultaneous presence in the algae flora of widespread eurythermic species characteristic of the taiga zone, stenothermic rheophiles of alpine origin and the boreal complex typical of wetlands. The dominant complex is represented by a small number of species resistant to dynamic water loading. It is noted that the ecological-geographical spectra of algae are dominated by widespread oligogalobic species, acidophilic or indifferent to the pH of the medium. The relative importance of indicator species in the formation of groupings allows to refer the waters of the studied watercourses and reservoirs to the second class of purity.

Key words: phytoperiphyton, species composition, taxonomic structure, ecology, White Sea basin

Комулайнен С.Ф. 2020. Фітоперифітон водотоків басейну Білого моря (Мурманська область, Республіка Карелія, Росія). *Альгологія*. 30(4): 421–439.

Інститут біології Карельського НЦ РАН,
вул. Пушкінська, 11, Петрозаводськ 185910, Республіка Карелія, Росія

Узагальнено та проаналізовано результати досліджень фітоперифітону в 92 водотоках басейну Білого моря. Виявлено 540 таксонів рангом нижче роду з шести відділів: *Цуанопфіта* (*Цуанопрокаріота*) – 76 видів, *Охрофіта* – 374, *Еугленопфіта* – 3, *Дінофіта* – 4, *Родопфіта* – 8 і *Хлорофіта* – 75. Відзначено основні за фітоценотичним значенням родини: *Fragilariaceae* – 39 видів, *Eunotiaceae* – 36, *Achnanthaceae* – 45, *Naviculaceae* – 174 і *Desmidiaceae* – 43. У сумі вони складають 337 видів – майже 62% їхньої загальної кількості. До групи провідних родів (187 видів, 35%) входять *Eunotia* Ehrenberg – 36 видів, *Achnanthes* Borg – 33, *Navicula* Borg – 48, *Pinnularia* Ehrenberg – 39, *Cymbella* C. Agardh – 31 вид. Неоднорідність кліматичного режиму на дослідженій території визначає одночасну присутність в альгофлорі широко поширених еврітермних видів, характерних для тайгової зони, стенотермних реофілів альпійського походження і бореального комплексу, типового для заболочених територій. Домінантний комплекс представлений невеликою кількістю видів, стійких до динамічного навантаження води. Відзначено, що в еколого-географічних спектрах водоростей переважають широко поширені олігогалобні види, ацидофільні або індіферентні по відношенню до рН середовища. Відносне значення індикаторних видів у формуванні угруповань дозволяє віднести води досліджених водотоків і водойм до другого класу чистоти.

Ключові слова: фітоперифітон, водотоки, басейн Білого моря, таксономічна структура, екологія

Перші відомості про флору ціанобактерій острова Масіра (Султанат Оман)

Шаміна М.

Кафедра ботаніки, Університет Калікута, Керала, Індія
drshaminam@gmail.com

Надійшла до редакції 25.08.2020. Після доопрацювання 06.09.2020

Підписана до друку 15.09.2020. Опублікована 24.12.2020

Реферат. Ціанобактерії відіграють важливу роль у різноманітних молекулярних та біотехнологічних дослідженнях, а також як джерело сировини в харчовій, фармацевтичній, сільськогосподарській галузях і виробництві біопалива. Враховуючи високий рівень адаптаційної спроможності ціанобактерій, а також останні зміни у таксономічній класифікації, значний інтерес викликає їх дослідження у пустельних регіонах з екстремальними кліматичними умовами, де денні температури повітря перевищують 45 °С. Саме такі умови є на о-ві Масіра в Аравійському морі біля східного узбережжя Оману. Флористичні дослідження ціанобактерій на острові були проведені вперше. В результаті польових досліджень в 2017–2019 рр. на о-ві Масіра було виявлено десять видів ціанобактерій, більшість з яких є новими для Аравійського п-ва. Вони належать до двох порядків – *Oscillatoriales* Schaffner та *Synechococcales* L.Hoffmann, Komárek & J.Kastovsky. Всі виявлені таксони є нитчастими безгетероцитними формами. Три види належать до роду *Leptolyngbya* Anagn. & Komárek, роди *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont та *Lyngbya* C.Agardh ex Gomont представлені двома видами кожний, ще три роди (*Pseudanabena* Lauterborn, *Planktolynbya* Anagn. & Komárek та *Geitlerinema* (Anagn. & Komárek) Anagn.) мають у дослідженій флорі по одному виду.

Ключові слова: *Cyanobacteria*, нитчасті водорості, нові види, острів Масіра, Оман, Аравійське море

Вступ

Ціанобактерії – вільно живучі діазотрофні організми, що мають подвійну здатність до фіксації азоту та фотосинтезу. Ці прокаріотичні мікроскопічні організми проклали шлях для кисневої атмосфери на Землі (Gupta et al., 2006). Вони широко відомі як біодобриво на рисових полях завдяки здатності фіксувати азот атмосфери (Singh et al., 2017), а також збагаченню ґрунтів фосфором та стимуляторами росту (Chauhan, Gupta, 1984; Misra, Kaushik, 1989). Ці організми поширені по всій земній кулі у найрізноманітніших місцезростаннях: в океанах та прісних водоймах, гарячих джерелах, льодовиках, у снігу та пустелях (Makandar, Bhatnagar, 2010; Sciuto, Mogo, 2015). Їхнє морфологічне різноманіття охоплює одноклітинні,

© Шаміна М., 2020

нитчасті та колоніальні форми (Broady et al., 1996). Останнім часом збільшується кількість досліджень з метою використання їхнього потенціалу для виробництва біопалива, а також нових біоактивних сполук.

Багато штамів ціанобактерій є важливим джерелом для фармацевтичної промисловості. Так, *Nostoc commune* може виробляти поглинаючі УФ мікоспориноподібні амінокислоти (МАО), які використовуються в косметичній індустрії (Nazifi et al., 2015). Таким чином, практичне застосування ціанобактерій може бути набагато ширшим завдяки використанню їх у різних галузях промисловості. Однак флористичні дослідження цієї економічно важливої групи водоростей все ще недостатні.

Ціанобактерії відомі своєю здатністю переносити високий рівень водного дефіциту в оточуючому середовищі (Caiola et al., 1996). Вони стійкі до зневоднення завдяки різноманітним захисним механізмам клітини, а саме: модифікації структури та складу оболонки клітин, зменшенню дихання (Potts, 1994); зниженню регуляції фотосинтезу (Harel et al., 2004), виробленню ферментів, які усувають активні форми кисню (Chen et al., 2012), а також поглинають ультрафіолет і захищають від сонячної радіації (Roos, Vincent, 1998); накопичуючі цукри, такі як трегалоза, стабілізують ліпідні мембрани (Klähn, Hagemann, 2011; Chen et al., 2012), виділяючи позаклітинні полісахариди, що утримують вологу та запобігають висиханню (Tamaru, Takani, 2005).

Відомостей про різноманітність тропічних і субтропічних ціанобактерій порівняно небагато (Komárek, Komárkova-Legnerova, 2007), проте є низка флористичних публікацій з регіонів з різними кліматичними умовами (Anagnoostidis, 2001; Galun, Garty, 2001; Azevedo et al., 2003; Komárek, Komárkova, 2004; Sant'Anna et al., 2004; Komárek, Anagnostidis, 2005; Werner, Sant'Anna, 2006; Werner et al., 2008; Martins et al., 2012; Werner et al., 2015). Оскільки дуже мало повідомлень про ціанобактерії Близького Сходу і досі вони не вивчалися на о-ві Масіра у султанаті Оман, це дослідження є першою спробою вивчення ціанобактеріальної флори в цьому посушливому регіоні.

Масіра – острів біля східного узбережжя материкового Оману в Аравійському морі і є найбільшим островом країни. Це дуже продуктивний рибальський острів, а також відоме місце розмноження черепах. Оскільки влітку на острові вітряно, він приваблює як віндсерфінгістів, так і серфінгістів. Площа острова близько 649 км², довжина з півночі на південь 95 км, ширина 12–14 км, географічні координати 20°28'16" пн.ш. і 58°48'55" сх.д. Рельєф острова переважно горбистий з вузькою піщаною рівниною. Клімат дуже спекотний і сухий влітку та прохолодний взимку. Кількість опадів, що іноді випадають з лютого по серпень, невелика. Район досліджень показано на рис. 1.

Матеріали та методи

Матеріалом для роботи слугували альгологічні проби, відібрані на о-ві Масіра у квітні–травні 2017–2019 рр. в різних місцях, де після дощу

зберігалася волога, а також на морському узбережжі. Щороку проби відбирали в різних частинах узбережжя і на ділянках піщаної пустелі всередині острова.

На пустельних ділянках відбір проб здійснювали після літніх злив. Був обстежений весь острів, проте відбір зразків здійснювався лише у районах Рас Хілф, Сур Масіра, Дафіят та Даува. Район Рас-Хілф займає північну частину острова, саме тут скупчене майже все його населення. Більша площа південної частини острова не заселена, тут панують піщані дюни та гори. Температура повітря протягом квітня–травня становить близько 45° С, в більшості випадків вітряно. Солоність води поблизу о-ва Масіра становить 36,90‰, лужний показник рН 8 спостерігався на всіх досліджених ділянках.



Рис. 1. Карта району досліджень

Альгологічні проби відбирали за допомогою шпательів та пінцетів у пластикові флакони об'ємом 10 мл та належним чином маркували. Під час збору з пустельних ділянок разом із ціанобактеріями також відбирали пісок. В лабораторії його переносили до чашок Петрі, заливали водою та витримували на світлі протягом тижня. Ціанобактеріальну масу, що утворювалася у чашках Петрі, переносили в культуральні колби із

поживним середовищем BG-11 для подальших досліджень. Кожну пробу відбирали у двох повторностях, фіксували 4%-вим розчином формальдегіду (кінцева концентрація) і поміщали на зберігання до колекції культур ціанобактерій університету Калікута.

Усі види ідентифіковані з використанням стандартних посібників, інтернет-ресурсів і баз даних. Мікрофотографії зроблені без фарбування за допомогою портативного мікроскопа (Leica DM 1000). Зібрані ціанобактерії культивували в середовищі BG-11 для подальших досліджень.

Результати

Під час проведених досліджень ідентифіковано 10 видів ціанобактерій із порядків *Oscillatoriales* та *Synechococcales*. Вони належать до шести родів, із яких найбагатшим був *Leptolyngbya* (3 види), роди *Oscillatoria* та *Lyngbya* представлені двома видами кожний, роди *Pseudanabaena*, *Planktolyngbya* та *Geitlerinema* мали по одному виду. Деякі з видів знайдені на поверхні стоячих калюж, оскільки на пустельних ділянках після зливи вода залишається ще декілька днів і не зникає відразу після дощу, тоді як інші вкривали скелі як у морі, так і на морському узбережжі.

Всі виявлені види є новими для флори Султанату Оман. Нижче наводимо їх опис.

1. *Oscillatoria bonnemaisonii* P.Crouan & H.Crouan ex Gomont 1892

Basionym: *Oscillatoria princeps* Vaucher ex Gomont

Талом темно синьо-зелений, утворений скупченнями безладно розташованих майже прямих ниток. Нитки синьо-зелені, 18–20 мкм завш., повільно рухливі, з коливаннями. Трихоми з майже непомітними поперечними перегородками, грануляціями з обох боків. Клітини короткі, 2–5 мкм завд., з великою кількістю неправильних аеротопів чорнуватого кольору. Кінцеві клітини циліндричні або широко закруглені, без каліптри і потовщеної зовнішньої оболонки (Gomont, 1892; Komárek, Anagnostidis, 2005) (рис. 2, A).

На о-ві Масіра вид розвивався у вигляді зеленуватих мас у невеликих дощових калюжах на піску поблизу зони очищення стічних вод у регіоні Рас-Хілф. Досліджена ділянка розташована дуже близько до морського берега та під час припливів затоплюється морською водою.

Широко поширений морський вид, що трапляється на піщаному ґрунті. Відомий із узбережжя Великої Британії, Румунії, країн Скандинавії, Іспанії, Мадагаскару, Занзібару, Танзанії, Туреччини, Бангладеш, Індії, В'єтнаму, Китаю, Кореї, Австралії, Нової Зеландії, Центральної Полінезії, Гавайських островів тощо. На Близькому Сході наводиться лише для Туреччини, для жодної арабської країни його не вказують.

Досліджений зразок: Султанат Оман, о-ів Масіра, окол. Еш Шаркія, 12 квітня 2017 р., колектор М. Шаміна, CU No:170401 (Відділ різноманіття ціанобактерій, Університет Калікута).

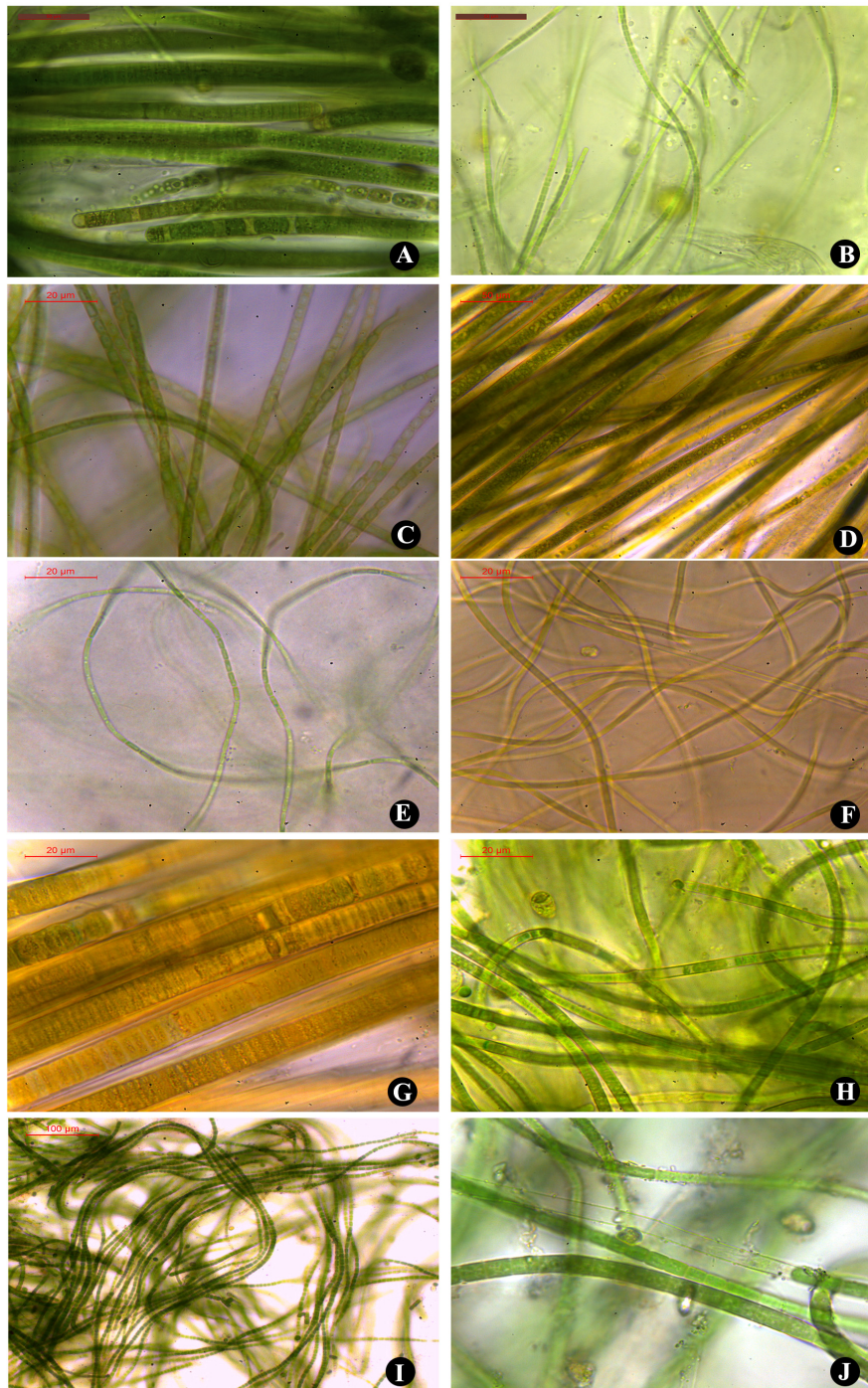


Рис. 2. A: *Oscillatoria bonnemaisonii*; B: *Pseudanabaena minima*; C: *Planktolyngbya crassa*; D: *Lyngbya sordida*; E: *Geitlerinema tenue*; F: *Leptolyngbya mycoidea*; G: *Oscillatoria subbrevis*; H: *Leptolyngbya fragilis*; I: *Leptolyngbya marina*; J: *Lyngbya cryptovaginata*. Масштаб: 20 µm and 100 µm (I, J)

2. *Oscillatoria subbrevis* Schmidle 1901 (Schmidle, 1901)

Basionym: *Oscillatoria princeps* Vaucher ex Gomont

Трихоми поодинокі або у невеликих скупченнях, жовтувато-зелені, 10–11 мкм завш., прямі, перетягнуті біля поперечних перегородок, без грануляцій. Клітини дисковидні, їхня довжина значно менше ширини, 2,7 мкм. Кінцеві клітини округлі, без каліптри (рис. 2, G).

На о-ві Масіра вид було знайдено на затопленому водою піщаному ґрунті біля зони очищення стічних вод у регіоні Рас-Хілф.

Широко поширений вид-убіквіст, трапляється по всьому світу: Велика Британія, Греція, Нідерланди, Румунія, Іспанія, Північна Америка, Південна Америка, Південна Африка, Судан, Іран, Ірак, Туреччина, Бангладеш, Індія, Пакистан, Філіппіни, Сінгапур, Китай, Японія, Корея, Непал, Австралія та Нова Зеландія. На Близькому Сході вказується лише для Ірану, Іраку та Туреччини, в арабських країнах його досі не знаходили.

Досліджений зразок: Султанат Оман, о-ів Масіра, регіон Еш Шаркія, 10 травня 2018 р., колектор М. Шаміна, CU No:170557 (Відділ різноманіття ціанобактерій, Університет Калікута).

3. *Pseudanabaena minima* (G.S.An) Anagn. 2001

Basionym: *Achroonema minimum* G.S.An

Трихоми поодинокі, сильно викривлені, блідо синьо-зелені, 2,3 мкм завш., сильно перетягнуті біля поперечних перегородок; клітини 4 мкм завд., вміст їх однорідний, без аеротопів, верхівкові клітини округлі (рис. 2, B).

На о-ві Масіра траплявся в районі Рас-Хілф, у скупченнях водоростей, що формували зеленкувату масу в дощових калюжах на піску.

Прісноводний вид, поширений у Ірландії, Іспанії, Росії, Кореї та Бразилії. На Близькому Сході відомий лише з Туреччини.

Досліджений зразок: Султанат Оман, о-ів Масіра, регіон Еш Шаркія, 15 квітня 2017 р., колектор М. Шаміна, CU No:170402 (Відділ різноманіття ціанобактерій, Університет Калікута).

4. *Planktolyngbya crassa* Komárk.-Legn. & Cronberg 1992 (Komárková-Legnerová, Cronberg, 1992)

Basionym: *Planktolyngbya limnetica* (Lemmerm.) Komárk.-Legn. & Cronberg 1992

Нитки прямі, скупчені, 2,5 мкм завш.; піхви безбарвні, міцні, вузькі, щільно прилягають до трихомів; трихоми блідо синьо-зелені, сильно перетягнуті біля поперечних перегородок; клітини циліндричні, їхня довжина більша за ширину, 4 мкм, з видовженою білою плямою в центроплазмі; верхівкова клітина округла (рис. 2, C).

На о-ві Масіра зустрічався в районі Рас-Хілф, на ділянці пустелі у пониженні, залитому дощовою водою, на піску.

Прісноводний вид, відомий з Іспанії, Нідерландів, Скандинавії та Росії. Для Аравійського п-ва наводиться вперше.

Досліджений зразок: Султанат Оман, о-ів Масіра, регіон Еш Шаркія, 11 травня 2017 р., колектор М. Шаміна, CU No:170521 (Відділ різноманіття ціанобактерій, Університет Калікута).

5. *Lyngbya sordida* Gomont 1892

Basionym: *Lyngbya confervoides* C.Agardh ex Gomont

Трихоми у матах, темно-зелені; піхви чіткі, тонкі, гладенькі, безбарвні; довжина клітин більша за ширину, 10–16 мкм завд., 11 мкм завш., з сильно гранульованим вмістом; гранули бувають різного розміру; верхівкові клітини, округлі, без каліптри (рис. 2, D).

На о-ві Масіра розвивався на морському узбережжі, утворюючи тонкі зелені мати на піску пляжу Аль-Айя в регіоні Рас-Гілф.

Морський вид. Відомий з узбережжя Великої Британії, Греції, Іспанії, Туреччини, Єгипту, Ізраїлю, В'єтнаму, Непалу, Китаю, Японії, Індії, Шрі-Ланки, Мадагаскару, Маврикію, островів Алдобра, багатьох островів Тихого та Атлантичного океанів.

Досліджений зразок: Султанат Оман, острів Масіра, регіон Еш Шаркія, 23 квітня 2018 р., колектор М. Шаміна, CU No:170540 (Відділ різноманіття ціанобактерій, Університет Калікута).

6. *Lyngbya cryptovaginata* Schkorbatov 1923

Basionym: *Lyngbya confervoides* C.Agardh ex Gomont

Нитки у скупченнях; піхви, розширені, зеленкуваті; трихоми синьо-зелені, 7–11 мкм завш., перетягнуті біля поперечних перегородок; довжина клітин більша за ширину; кінцева клітина округла, без каліптри (рис. 2, J).

На о-ві Масіра вегетував на піщаному ґрунті після дощу в регіоні Дафіят.

Прісноводний вид, досить поширений в Європі (Іспанія), а також знайдений в Азії (Індія, Ірак, Ізраїль, Китай) та Південній Америці (Аргентина).

Досліджений зразок: Султанат Оман, о-ів Масіра, регіон Еш Шаркія, 20 квітня 2019 р., колектор М. Шаміна, CU No:170562 (Відділ різноманіття ціанобактерій, Університет Калікута).

7. *Geitlerinema tenue* (Anissim.) Anagn. 2001

Basionym: *Oscillatoria amphibia* f. *tenuis* Anissim.

Трихоми блідо синьо-зелені, слабковикривлені, 1,5 мкм завш.; піхви відсутні; довжина клітин більша за ширину, 5 мкм завд., біля клітинних перегородок рефракційні гранули, кінцева клітина майже кругла (рис. 2, E).

На о-ві Масіра виявлений у регіоні Давва, у піщаному ґрунті лісової ділянки, залитої водою після зливи.

Прісноводний вид, знайдений у Румунії, Росії та Таджикистані. Наразі не повідомляється з жодної арабської країни.

Досліджений зразок: Султанат Оман, о-ів Масіра, регіон Еш Шаркія, 24 квітня 2018 р., колектор М. Шаміна, CU No:170541 (Відділ різноманіття ціанобактерій, Університет Калікута).

8. *Leptolyngbya mycoidea* (Frémy) Anagn. 2001

Basionym: *Phormidium mycoideum* Frémy 1935

Нитки сильно викривлені та переплутані, жовтувато-зелені; піхви широкі, нечіткі; трихоми прямі, не перетягнуті біля поперечних

перегородок, до кінців не звужуються, 1,6 мкм завш.; вміст клітин однорідний (рис. 2, *F*).

На о-ві Масіра знайдений на скелях морського узбережжя в центральній частині острова, яка називається Сур Масіра.

Морський вид, відомий з Росії, Румунії, Іспанії та Канарських островів. Перша знахідка в Азії.

Досліджений зразок: Султанат Оман, о-ів Масіра, регіон Еш Шаркія, 8 травня 2018 р., колектор М. Шаміна, CU No:170551 (Відділ різноманіття ціанобактерій, Університет Калікута).

9. *Leptolyngbya fragilis* (Gomont) Anagn. & Komárek 1988

Basionym: *Phormidium fragile* Gomont 1892

Талом у вигляді темно-зелених матів; нитки заплутані, хвилясті, майже прямі; піхви безбарвні, тонкі, розпливаються; трихоми синьо-зелені, 1,5 мкм завш., перетягнуті біля гранульованих поперечних перегородок; клітини майже ізодіаметричні, 1–3 мкм завд., вміст їх однорідний, гранули відсутні, верхівкові клітини конічні, без каліптри (рис. 2, *H*).

На о-ві Масіра зразок було відібрано з піщаних пляжів регіону Даффіят.

Широко поширений наземно-морський вид, відомий з Великої Британії, Ірландії, Нормандських островів, Нідерландів, Німеччини, Румунії, Словаччини, Чехії, Греції, Іспанії, Чорного моря, Канарських островів, Аргентини, Мексики, Бразилії, Гани, Маврикію, Туреччини, Єгипту, Іраку, Ізраїлю, Саудівської Аравії, Індії, М'янми, Китаю, Японії, Непалу, Тайваню, Нової Зеландії, Австралії, Арктики та Антарктики.

Досліджений зразок: Султанат Оман, о-ів Масіра, регіон Еш Шаркія, 17 квітня 2019 р., колектор М. Шаміна, CU No:170561 (Відділ різноманіття ціанобактерій, Університет Калікута).

10. *Leptolyngbya marina* (N.L.Gardner) Anagn. 2001

Basionym: *Phormidium tenue* var. *marinum* N.L.Gardner

Талом тонкий, розпростертий, пливчастий, зелений; нитки сильно переплутані; піхви нечіткі; трихоми сильно перетягнуті біля поперечних перегородок, 4 мкм завш.; клітини 6,5 мкм завд., з гомогенним вмістом; кінцева клітина майже кругла, без каліптри (рис. 2, *I*).

На о-ві Масіра розвивався на скелях морського узбережжя в регіоні Сур-Масіра.

Морський вид, відомий лише з Північної та Південної Америки.

Досліджений зразок: Султанат Оман, о-ів Масіра, регіон Еш Шаркія, 18 квітня 2019 р., колектор М. Шаміна, CU No:170563 (Відділ різноманіття ціанобактерій, Університет Калікута).

Обговорення

Ціанобактерії широко поширені в посушливих і напівзасушливих регіонах, включаючи пустелі, що свідчить про їхню стійкість до високих температур і висихання. Відомо, що ціанобактерії, стійкі до десикації, регулюють свій внутрішньоклітинний водний потенціал за рахунок накопичення

осмопротекторів, таких як трегалоза та сахароза та утримують воду завдяки виробленню екзополісахаридів (Potts, 1994, 1999).

Дослідження ціанобактерій пустель пов'язано з певними проб-лемами. Їх розростання можна побачити на піщаному ґрунті, коли лише волога доступна після дощу, отже їх поява сезонна. Оскільки в пустелях ґрунт швидко пересихає, ціанобактерії переважатимуть там лише протягом одного-двох тижнів, а потім переходять в стадію спокою. Вони витримують регулярні цикли перезволоження та десикації. Відомо, що ціанобактерії здатні витримувати швидку втрату води до майже нульової позначки (Tamaç, Takani, 2005). Іншим їхнім адаптивним механізмом в пустелі є те, що вони можуть зберігати структурну цілісність клітинних структур протягом багатьох років у посушливому стані (Billi, 2008) і негайно відновлювати нормальні фізіологічні процеси, такі як дихання та фотосинтез, за наявності вологи (Wynn-Williams, 2000). Толерантні до висушування організми здатні протистояти зневодненню нижче критичних точок 0,25 і 0,3 г води на 1 г⁻¹ сухої біомаси, після чого гідратаційна оболонка молекул поступово втрачається (Hoekstra et al., 2001), або при втраті до 95% початкового вмісту води (Toldi et al., 2009).

Ціанобактерії, отримані в цьому дослідженні, є нитчастими нерозгалуженими формами. Розгалужені форми ціанобактерій, як правило, асоціюються з тропічним вічнозеленим лісом. Виявлені нами безгетероцистні види рясно вегетували при наявності вологи. Оскільки це регіон з невеликою кількістю опадів, лужним рН ґрунту та високими температурами повітря, це свідчить про рівень їх толерантності. Це перше таксономічне дослідження біорізноманіття ціанобактерій даної території. Усі виявлені таксони ціанобактерій є високотолерантними до десикації формами, пристосованими до життя в екстремально сухому кліматі. Тому результати цього дослідження можуть стати важливим підґрунтям для подальшого дослідження цих екологічно важливих мікроорганізмів у посушливих умовах.

Заключення

У цьому дослідженні автор поставив собі за мету дослідити різноманіття ціанобактерій на о-ві Масіра, оскільки досі не було повідомлень про ціанобактеріальну флору цього острова. Загалом вдалося ідентифікувати десять нових для Аравійського п-ва видів ціанобактерій, що належать до двох порядків – *Oscillatoriales* і *Synechococcales* та шести родів: *Oscillatoria*, *Pseudanabena*, *Planktolynghya*, *Geitlerinema*, *Lyngbya* та *Leptolynghya*. Усі вони є нитчастими негетероцистними формами. Оскільки район досліджень розташований у пустельному поясі, ціанобактерії цього регіону можна вважати екстремофілами, які можуть бути ефективно використані для різних промислових цілей, включаючи виробництво амінокислот мікоспоринів, які виробляються ціанобактеріями, що зазнають впливу високих доз сонячного випромінювання. Ці амінокислоти використовуються для виробництва штучних сонцезахисних засобів.

Подальше дослідження цих видів допоможе більше дізнатися про філогенез та еволюцію ціанобактерій.

Автор висловлює щире подяку керівнику кафедри ботаніки Університету Калікута за надання необхідних засобів для виконання цієї роботи, а також доктору П. Шайджу за супровід під час експедиційних виїздів на о-в Масіра.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Anagnostidis K. 2001. Nomenclatural changes in cyanoprokaryotic order *Oscillatoriales*. *Preslia Praha*. 73: 359–375.
- Anagnostidis K., Komárek J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. *Oscillatoriales*. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 80: 327–472.
- Azevedo M.T.P., Sant'Anna C.L., Senna P.A.C., Komárek J., Komárková J. 2003. Contribution to the microflora of chroococcalean cyanoprokaryotes from Saõ Paulo State, Southeast Brazil. *Hoehnea*. 30: 285–295.
- Billi D. 2008. Subcellular integrities in *Chroococcidiopsis* sp. CCME 029 survivors after prolonged desiccation revealed by molecular probes and genome stability assays. *Extremophiles*. 13: 49–57. <https://doi.org/10.1007/s00792-008-0196-0>
- Broadly P.A., Garrick R., Anderson G.M. 1996. Diversity, distribution and dispersal of Antarctic terrestrial algae. *Biodivers. Conserv.* 5: 1307–1335.
- Caiola M.G., Billi D., Friedmann E.I. 1996. Effect of desiccation on envelopes of the cyanobacterium *Chroococcidiopsis* sp. (*Chroococcales*). *Eur. J. Phycol.* 31: 97–105. doi: 10.1080/096702696 00651251
- Chauhan K.L., Gupta A.B. 1984. Cytokinin like substance in blue-green algae. *Curr. Sci.* 53: 324–325.
- Chen L., Yang Y., Deng S., Xu Y., Wang G., Liu Y. 2012. The response of carbohydrate metabolism to the fluctuation of relative humidity (RH) in the desert soil cyanobacterium *Phormidium tenue*. *Eur. J. Soil Biol.* 48: 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2011.10.002>
- Fremy P. 1935. *Schizophyta: Cyanophyceae*. Exploration du Parc National Albert: Mission H. Damas. 19: 17–51.
- Galun M., Garty J. 2001. Biological soil crust of Middle East. In: *Biological Soil Crusts: Structure, Function and Management*. Berlin: Springer. Pp. 95–106.
- Gomont M. 1892. Monographie des *Oscillariées* (*Nostocacées Homocystées*). Deuxième partie. *Lyngbyées. Ann. Sci. Nat. Bot. Sér.* 7(16): 91–264.
- Gupta R.K., Kumar M., Paliwal G.S. 2006. *Glimpses of cyanobacteria*. New Delhi: Daya Publ. House. 151 p.
- Harel Y., Ohad I., Kaplan A. 2004. Activation of photosynthesis and resistance to photoinhibition in cyanobacteria within biological desert crust. *Plant Physiol.* 136(2): 3070–3079. <https://doi.org/10.1104/pp.104.047712>
- Hoekstra F.A., Golovina E.A., Buitink J. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends Plant Sci.* 6: 431–438. [https://doi.org/10.1016/s1360-1385\(01\)02052-0](https://doi.org/10.1016/s1360-1385(01)02052-0)
- Klähn S., Hagemann M. 2011. Compatible solute biosynthesis in cyanobacteria. *Environ. Microbiol.* 13: 551–562. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2010.02366.x>
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. *Cyanoprokaryota*. 2. Teil: *Oscillatoriales*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19. München: Elsevier Spektrum Akad. Verlag. 759 p.

- Komárek J., Komárková J. 2004. Taxonomic review of the cyanoprokaryotic genera *Planktothrix* and *Planktothricoides*. *Czech Phycol.* 4: 1–18.
- Komárek J., Komárková-Legnerová J. 2007. Taxonomic evaluation of the cyanobacterial microflora from alkaline marches of northern Beliz. 1. Phenotypic diversity of coccoid morphotypes. *Nova Hedw.* 84: 65–111.
- Komárková-Legnerová J., Cronberg G. 1992. New and recombined filamentous Cyanophytes from lakes in South Scania, Sweden. *Algol. Stud.* 67: 21–32.
- Makandar M.B., Bhatnagar A. 2010. Morphotypic diversity of microalgae in arid zones of Rajasthan. *J. Algal Biomass Utiln.* 1(2): 74–92.
- Martins M.D., Branco L.H.Z., Werner V.R. 2012. Cyanobacteria from coastal lagoons of southern Brazil: coccoid organisms. *Braz. J. Bot.* 35: 31–48.
- Misra S., Kaushik B.D. 1989. Growth promoting substances of cyanobacteria. II. Detection of aminoacids, sugars and auxins. *Proc. Indian Nat. Sci. Acad.* 55: 499–503.
- Nazifi E., Wada N., Asano T., Nishiuchi T., Iwamoto Y., Chinaka S., Matsugo S., Sakamoto T. 2015. Characterization of the chemical diversity of glycosylate mycosporine-like amino acids in the terrestrial cyanobacterium *Nostoc commune*. *J. Photochem. Photobiol. Biology.* 142: 154–168.
- Potts M. 1994. Desiccation tolerance of prokaryotes. *Microbiol. Rev.* 58: 755–805.
- Potts M. 1999. Mechanisms of dessication tolerance in cyanobacteria. *Europ. J. Phycol.* 34: 319–328.
- Roos J.C., Vincent W.F. 1998. Temperature dependence of UV radiation effects on Antarctic cyanobacteria. *J. Phycol.* 125: 118–125. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1998.340118.x>
- Sant'Anna C.L., Azevedo M.T.P., Senna P.A.C., Komárek J., Komárková J. 2004. Planktic cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: *Chroococcales*. *Rev. Bras. Bot.* 27: 213–227.
- Schmidle W. 1901. *Schizophyceae, Conjugatae, Chlorophyceae*. In: *Die von W. Goetze am Rukwa-See und Nyassa-See sowie in den zwischen beiden Seen gelegenen Gebirgsländern, insbesondere dem Kinga-Gebirge gesammelten Pflanzen, nebst einigen Nachträgen (durch bezeichnet) zu Bericht III. Bot. Jahrb. Syst.* 30(2): 240–253.
- Sciuto K., Moro I. 2015. Cyanobacteria: the bright and dark side of a charming group. *Biodivers. Conserv.* 24(4): 711–738.
- Singh R.K., Tiwari S.P., Rai A.K., Mohapatra T.M. 2011. Cyanobacteria: An emerging source for drug discovery. *J. Antibiot.* (Tokyo). 64: 401–412.
- Singh R., Parihar P., Singh M., Bajguz A., Kumar J., Singh S. 2017. Uncovering potential applications of cyanobacteria and algal metabolites in biology, agriculture and medicine: current status and future prospects. *Front. Microbiol.* 8: 515. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00515>
- Tamaru Y., Takani Y. 2005. Crucial role of extracellular polysaccharides in desiccation and freezing tolerance in the terrestrial cyanobacterium *Nostoc commune*. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 7327–7333. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.11.7327-7333>
- Toldi O., Tuba Z., Scott P. 2009. Vegetative desiccation tolerance: is it a goldmine for bioengineering crops. *Plant Sci.* 176: 187–199. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.10.002>
- Werner V.R., Sant'Anna C.L. 2006. Occurrence of the rare genus *Microcrocis* P. Richter (*Chroococcales*, *Cyanobacteria*) in a coastal lagoon from southern Brazil. *Rev. Bras. Bot.* 29: 183–186.

- Werner V.R., Sant'Anna C.L., Azeved M.T.P. 2008. *Cyanoaggregatum brasiliense* gen. et sp. nov., a new chroococcal *Cyanobacteria* from Southern Brazil. *Rev. Bras. Bot.* 31: 491–497.
- Werner V.R., Cabezudo M.M., Silva L.M., Neuhaus E.B. 2015. Cyanobacteria from two subtropical water bodies in southernmost Brazil. *Iheringia. Ser. Bot.* 70: 357–374.
- Wynn-Williams D.D. 2000. Cyanobacteria in deserts – life at the limit. In: *The Ecology of Cyanobacteria – Their Diversity in Time and Space*. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. Pp. 341–366.

Підписала до друку Г.Г. Мінічева

Shamina M. 2020. **First report on cyanobacterial flora from Masirah Island, Sultanate of Oman.** *Algologia.* 39(4): 440–451.

Cyanobacterial Diversity Division, Department of Botany,
University of Calicut, Kerala, India

Cyanobacteria are organisms which play a vital role in various molecular and biotechnological aspects in food industry, agriculture, pharmaceuticals, nutraceuticals, biofuel production, etc., it is necessary to understand its adaptability to various environmental conditions. Furthermore it is equally important to discover new cyanobacterial taxa and with it occasional changes in taxonomic classification, thus the author set out to study cyanobacteria in extreme climatic conditions of desert, where temperatures are mostly above 45 °C. The taxonomic composition of cyanobacteria of Masirah Island, Sultanate of Oman, was studied for the first time. The studied samples were collected during the period of 2017–2019. The ten samples belonged to two orders: *Oscillatoriales* Schaffner and *Synechococcales* L.Hoffmann, Komárek & J.Kastovsky. All of them were filamentous non-heterocyst forms. Three species belonged to the genus *Leptolyngbya* Anagn. & Komárek, the genera *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont and *Lyngbya* C.Agardh ex Gomont were represented by two species each, while the genera *Pseudanabena* Lauterborn, *Planktolyngbya* Anagn. & Komárek and *Geitlerinema* (Anagn. & Komárek) Anagn. were one species.

Key words: Cyanobacteria, filamentous, new species, Arabian Sea, Masirah Island, Oman

**Професор Тетяна Василівна Догадіна –
почесний ювіляр**



З упевненістю можна сказати, що кожному читачу журналу «Альгологія», як в Україні так і за кордоном, знайоме ім'я професора, доктора біологічних наук Тетяни Василівни Догадіної. Спеціалісти-альгологи та ботаніки знають її за численними науковими працями, тезами, статтями, визначниками й іншими книгами. Вона входить до колективів авторів таких відомих видань, як «Algae of Ukraine: Diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography», «Визначник прісноводних водоростей Української РСР», «Жизнь растений». Впродовж 20 років Тетяна Василівна була членом редколегії журналу «Альгологія». Вона є автором праць з флористичного дослідження водоростей України, Росії, Ірану («Algal flora of Iran»), підручників з альгології та ботаніки («Общая и экспериментальная альгология»). Вона розробила низку навчально-методичних праць для студентів вищих навчальних закладів. Результати кандидатської дисертації Тетяни Василівни, присвяченої водоростям очисних вод (1969), є актуальними й сьогодні, оскільки вперше в світовій науці був виявлений такий величезний список водоростей (понад 600 видів) очисних вод.

Багато з нас знайомі з Тетяною Василівною особисто або були її учнями. Педагогічна діяльність професора – дуже потужний внесок у формування наукової еліти нашої країни. Професор Т.В. Догадіна – не лише альголог, гідробіолог, але й хімік, біолог, педагог – Вчений з великої літери. Її вихованці студенти, аспіранти працюють як в Україні, так і далеко за її межами. Серед них не лише альгологи, а й ліхенологи, біохіміки, фізіологи, екологи.

Тетяна Василівна – людина цікавої долі, яка «зробила себе сама», але при цьому завжди пам'ятає своїх рідних, друзів, колег. В 2020 р. вийшли друком її мемуари, книга під назвою «60 років XX століття +» – розповідь про її життя і діяльність.

Ми від щирого серця вітаємо Тетяну Василівну Догадіну з ювілеєм і бажаємо їй здоров'я та довгих років життя!

Колеги та члени редакційної колегії

Загальні проблеми альгології

Демченко Э.Н., Лилицкая Г.Г. Зеленая жгутиковая водоросль <i>Myochloris</i> J.H.Belcher & Swale: жертва или хищник?	3, 233
---	--------

Морфологія, анатомія, цитологія

Генкал С.И., Щербак В.И., Семенюк Н.Е. О морфологической изменчивости некоторых видов рода <i>Cymbella</i> (Bacillariophyta) из водохранилищ Днепровского каскада (Украина)	2, 136
Романенко П.А., Виноградова О.Н., Романенко Е.А., Михайлюк Т.И., Бабенко Л.М., Иванников Р.В., Щербак Н.Н. Морфологическая и молекулярная характеристика представителя <i>Brasilonema</i> (Scytonemataceae, Cyanoprokaryota) из тропической оранжереи в Киеве.....	2, 113

Фізіологія, біохімія, біофізика

Божков А.И., Ковалева М.К., Голтвянский А.В., Ушакова Е.О., Цапко Г.Е., Гавриш А.А. Предварительная адаптация <i>Dunaliella viridis</i> к сернокислой меди влияет на термоустойчивость культуры	1, 3
Геруса Н.А. Сеньорино, Карита Ланнер, Джон А. Скотт. Важность выбора фазы роста культуры при скрининге экстрактов <i>Chlamydomonas</i> spp. на антибактериальную активность	3, 250
Ольхович О.П., Таран Н.Ю., Карауш О.В., Панюта О.О. Біохімічна характеристика біомаси <i>Spirulina platensis</i> , отриманої різними способами вирощування	2, 148
Трофим А., Булимага В., Булимага М.Б. Биохимический состав цианобактерии <i>Calothrix marchica</i> и перспективы её применения в биотехнологии	2, 160

Екологія, ценологія, охорона та роль водоростей у природі

Леонтьева Т.А., Кирпенко Н.И. Интенсивность роста <i>Chlorophyta</i> на разных культивационных средах	1, 19
---	-------

Флора та географія

Брянцева Ю.В. Динофлагеляты Крымского полуострова та його морського прибережжя	4, 341
Герасимук В.П. Мікроскопічні водорості деяких озер Північно-Західного Причорномор'я (Україна)	4, 382
Дерезюк Н.В. Летний фитопланктон водных объектов дельты р. Днестр (Украина)	2, 197
Комулайнен С.Ф. Фітоперифітон водотоків басейну Білого моря (Мурманська область, Республіка Карелія, Росія)	4, 421
Конищук М.А., Борисова Е.В., Конищук В.В., Паньковская Г.П. Первые сведения о водорослях водоемов Национального природного парка «Северное Подолье» (Украина).....	3, 261
Кривошея О.Н. Диатомовые водоросли водоемов Полтавско-равнинного альгофлористического района (Украина)	2, 170
Миронюк О.М., Ткаченко Ф.П. Видове різноманіття водоростей малих річок Північно-Західного Причорномор'я	4, 406
Мухтарова Ш.Дж., Джафарова С.К. Чек-лист <i>Bacillariophyta</i> континентальных водоемов Республики Азербайджан.....	1, 27
Нурієва М.А., Виноградова О.М. Ціанобактерії азербайджанського сектора Каспійського моря: перевірений список та еколого-географічні особливості.....	4, 325
Пшенишкова Е.В., Копырина Л.И. Водоросли термокарстовых озер бассейна реки Татты (Центральная Якутия, Россия)	1, 37

* Напівжирним шрифтом позначений номер журналу, світлим – сторінка.

<i>Садогурський С.Ю., Садогурська С.С., Беліч Т.В., Садогурська С.О.</i> Поширення видів <i>Cystoseira</i> s. l. в Азовському морі.....	4, 359
<i>Смит Т., Стивенсон С.Л.</i> Первые сведения об аэрофитных водорослях острова Норфолк в южной части Тихого океана (Австралия)	3, 277
<i>Солоненко А.М., Брен О.Г.</i> Флористичний склад і таксономічна структура водоростей гіпергалінних водойм північно-західного узбережжя Азовського моря (Україна)	4, 393
<i>Шаміна М.</i> Перші відомості про флору ціанобактерій острова Масіра (Султанат Оман)	4, 440
Систематика, філогенія, питання еволюції водоростей	
<i>Виноградова О.Н., Нуриева М.А.</i> «Выпавший» таксон: к вопросу о родовой принадлежности <i>Oscillatoria tanganyikae</i> var. <i>caspiica</i> Usachev (<i>Cyanobacteria</i>).....	3, 286
Нові та рідкісні таксони	
<i>Булатов С.А.</i> Новый вид <i>Bacillariophyta</i> из залива Кара-Богаз-Гол (Каспийское море, Туркменистан)	2, 211
<i>Генкал С.И.</i> Новые виды рода <i>Cyclotella</i> (Kützinger) Brébisson (<i>Bacillariophyta</i>) для флоры России.....	3, 296
<i>Хан Х., Айша К.</i> Новый представитель <i>Chlorophyta</i> (<i>Ulva</i>) из прибрежных вод Карачи (Пакистан) ...	1, 52
Прикладна альгологія	
<i>Амери М., Хавари-Неджад Р.А., Солтани Н., Наджафи Ф., Багери А.</i> Применение иммобилизованных клеток микроводорослей для очистки сточных вод.....	1, 62
<i>Джибу Томас, Даля Джозеф, Пандиан Суреешкумар.</i> Стресс-индуцированное производство ценных органических соединений штаммами пресноводных микроводорослей	3, 306
Методика	
<i>Зотов А.Б.</i> Применение теории «соотношения ресурсов» при анализе структурных изменений морских сообществ фитопланктона.....	1, 74
Огляди. Історія альгології	
<i>Кузнецов В.А., Ткаченко Ф.П.</i> История альгологических исследований в Одесском университете в период 1930–1965 гг.	1, 94
Персоналії	
Професор Тетяна Василівна Догадіна – почесний ювіляр.	4, 452
Хроніка та інформація	
<i>Патова Е.Н.</i> II Международная научная конференция «Цианопрокариоты/ цианобактерии: систематика, экология, распространение» (г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 16–21 сентября 2019 г.)	2, 219
Рецензії	
<i>Протасов А.А.</i> Рецензия на книгу: Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы.....	2, 226
Нові книги	
<i>Баринова С.С., Білоус О.П., Царенко П.М.</i> Альгоіндикація водних об'єктів України: методи та перспективи.	1, 109



Индекс 70005

CONTENTS

Flora and Geography

- 325** *Nuriyeva M.A., Vinogradova O.M.* Caspian cyanobacteria of Azerbaijan: a complete checklist with ecological and geographical characteristics
- 341** *Bryantseva Yu.V.* Dinoflagellates of the Crimean Peninsula and its coastal waters
- 359** *Sadogurskiy S.Yu., Sadogurska S.S., Belich T.V., Sadogurskaya S.O.* Distribution of *Cystoseira* s. l. species in the Sea of Azov
- 382** *Gerasimiuk V.P.* Microscopical algae of lakes of North-Western Black sea region (Ukraine)
- 393** *Solonenko A.M., Bren O.G.* Floristic composition and taxonomic structure of algae in the hyperhaline reservoirs of the northwestern Azov Sea coast
- 406** *Mironyuk O.M., Tkachenko F.P.* Species composition of algae small rivers of the North-Western Black Sea region
- 421** *Komulaynen S.F.* Phytoperiphyton of watercourses from the White Sea basin (Murmansk District, Republic of Karelia, Russia)
- 440** *Shamina M.* First report on cyanobacterial flora from Masirah Island, Sultanate of Oman

Personalia

- 452** Professor Tetyana Vasylivna Dogadina – honorary hero of the day