

Флора Cyanophyta (Cyanobacteriota) прибрежной зоны острова Гогланд (Финский залив, Балтийское море)

Flora of Cyanophyta (Cyanobacteriota) of the coastal zone of Gogland Island (Gulf of Finland, Baltic Sea)

Ицык Т. В.^{1,2}, Горин К. К.^{1,2}

Itsyk T. V.^{1,2}, Gorin K. K.^{1,2}

¹ Ботанический институт имени В. Л. Комарова Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: itsykt@mail.ru

¹ Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

² Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

² Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

Реферат. Остров Гогланд является наиболее отдалённым и труднодоступным районом российских вод Финского залива Балтийского моря. Особенности геологической структуры и скалистые побережья сильно выделяют его среди других островов акватории. Несмотря на своеобразие природы, сведения о видовом составе цианофитов прибрежной зоны острова ранее были ограничены всего 5 видами. Целью настоящей работы стало изучение прибрежной флоры Cyanophyta (Cyanobacteriota). По литературным и оригинальным данным выявлено 65 видов цианофитов из 10 порядков, 18 семейств и 37 родов. Отмечено сходство состава ведущих таксонов прибрежных зон острова Гогланд, заказника «Северное побережье Невской губы» и архипелага Берёзовые острова. Экологический состав флоры прибрежий острова Гогланд отличался преобладанием бентосных видов над планктонными и планктонно-бентосными, а также пресноводно-солонатоводных над пресноводными, солонатоводными и эвригалинными. Наиболее широкое распространение в планктоне прибрежной зоны острова имели виды *Nodularia litorea*, *Heteroleibleinia kuetzingii* и *Leibleinia epiphytica*, а в бентосе – *Calothrix contarenii*, *C. scopulorum*, *H. kuetzingii* и *H. willei*. Представители эпифитных цианофитов были наиболее разнообразны в сравнении с обитателями других субстратов. Выявлено 5 потенциально токсичных видов.

Ключевые слова. Балтийское море, остров Гогланд, флора, Финский залив, Cyanophyta, Cyanoprokaryota, Cyanobacteriota.

Summary. Gogland Island is the most remote and inaccessible area of the Russian waters of the Gulf of Finland in the Baltic Sea. The features of its geological structure and rocky coasts strongly distinguish it from other islands of the water area. Despite the uniqueness of nature, information about the species composition of Cyanophytes of the coastal zone of the island was previously limited to only 5 species. The goal of this work was to study the coastal flora of Cyanophyta (Cyanobacteriota). According to the literature and original data, 65 cyanophytes species from 10 orders, 18 families and 37 genera have been identified. The similarity of the composition of the leading taxa of the coastal zones of Gogland Island, the reserve «Northern Coast of the Neva Bay» and the Berezovy Islands archipelago is noted. The ecological composition of the flora of the coast of the island of Gogland was characterized by the predominance of benthic species over planktonic and planktonic-benthic, as well as freshwater-brackish over freshwater, brackish and euryhaline. The species *Nodularia litorea*, *Heteroleibleinia kuetzingii* and *Leibleinia epiphytica* were most widespread in the plankton of the coastal zone of the island, and *Calothrix contarenii*, *C. scopulorum*, *H. kuetzingii* and *H. willei* was in benthos. Representatives of epiphytic cyanophytes were the most diverse in comparison with the inhabitants of other substrates. 5 potentially toxic species have been identified.

Key words. Cyanophyta, Cyanoprokaryota, Cyanobacteriota, flora, Gogland Island, the Gulf of Finland, the Baltic Sea.

Остров Гогланд является одним из наименее доступных в российской части Финского залива. Его территория отличается существенными размерами (21 км²), значительными высотами (до 176 м над ур. м.), а также прибрежными ландшафтами, представленными скалистыми берегами и валунными пляжами, сформированными вулканическими и метаморфическими породами (Соколова, 2014). Ввиду удалённости острова, альгофлора его побережий изучена слабо. Единственные данные о ви-

довом составе цианофитов были опубликованы финским ботаником Эрнстом Хейреном в 1940 г. и содержали сведения всего о 5 видах: *Heteroleibleinia kuetsingii* (Schmidle) Compère, *Calothrix scopulorum* C. Ag. ex Born. et Flah., *Hydrocoryne spongiosa* Schwabe ex Born. et Flah., *Dichothrix gypsophila* Born. et Flah. и *Rivularia biasoletiana* Meneghini ex Born. et Flah. (Häyren, 1940).

Материалы для настоящей работы отбирали в прибрежной зоне острова на глубинах от 0 до 1,5 м в июне 2020 г. на 9 станциях и в октябре 2023 г. в бухте Сууркюля-Лахти (табл. 1). Производили сборы качественных планктонных проб, а также образцов цианофитов с рыхлых грунтов, каменистых субстратов, высших водных растений и водорослей. Работа основана на анализе 64 фиксированных 4%-м раствором формальдегида проб и 6 образцах живых обрастаний, помещённых в накопительные культуры на базе питательной среды BG-11, приготовленных на фильтрованной и автоклавированной морской воде из района исследования.

Таблица 1

Станции отбора материалов с параметрами среды в прибрежной зоне острова Гогланд

Станция	Дата	Координаты	T, °C	pH	S‰
1 – бухта Сауналахти (Saunalahti)	18.06.2020	60°07.283'N, 26°99.146'E	+18,1	9,42	9
2 – залив у затонувшего судна «Академик Демин» (Suurensomerikanlahti)	19.06.2020	60°07.049'N, 26°95.696'E	+16,5	9,45	8
3 – Бухта Лимонникова (Letolahti)	20.06.2020	60°04.813'N, 26°96.912'E	+20	9,62	7
4 – Скалистый берег на северо-западе острова (Pitkanahonrako)	21.06.2020	60°09.086'N, 26°94.396'E	+19,5	9,96	6
5 – Скалистый берег на северо-востоке острова скала (Pohjoissivunranta)	27.06.2020	60°09.365'N, 26°97.606'E	+19	9,5	9,5
6 – Южный мыс (Lounatrivi)	24.06.2020	60°01.135'N, 27°00.463'E	+18,5	9,6	5
7 – Мыс Киппаниеми (Kipparniemi)	23.06.2020	60°03.368'N, 27°02.665'E	+18,6	9,59	6
8 – Бухта Маахелилахти (Maahellinlounatlahti)	24.06.2020	60°03.447'N, 26°97.993'E	+26	9,9	6
9 – Северный мыс (Pohjoisrivi)	27.06.2020	60°10.564'N, 26°95.660'E	+22	9,7	9
10 – Залив Сууркюля-Лахти (Suurkyulanlahti)	21.10.2023	60°08.543'N, 26°97.501'E	+8,8	6,5	–

Просмотр проб осуществляли с помощью микроскопа Axio Imager A2.

Идентификация видов проводилась по морфологическим признакам с использованием монографий и определителей Е. К. Косинской (Косинская, 1948), Р. Н. Беляковой с соавторами (Белякова и др., 2006), М. Plinski (Plinski, Komárek, 2007), J. Komárek, K. Anagnostidis (Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005) и J. Komárek (Komárek, 2013). Флористический список составлен согласно системе О. Strunecký, А. Р. Ivanova, J. Mareš (Strunecký et al., 2023).

За весь период исследований во флоре Cyanophyta (Cyanobacteriota) выявлено 65 видов из 10 порядков, 18 семейств и 37 родов. В таксономической структуре флоры преобладали виды, представители порядков Nostocales Borzi. и Chroococcales Schaffn. (16 видов из 10 родов и 13 из 9 соответственно). Порядок Oscillatoriales Schaffn. содержал 12 видов из 6 родов, Leptolyngbyales Strunecký et Mares – 8 из 4,

Synechococcales Hoffm., Komárek et Kaštovský – 5 из 2, Pseudanabaenales Hoffm., Komárek et Kaštovský – 4 из 1, Gomontiellales Strunecky et Mares – 3 из 2, Spirulinales Komárek, Kaštovský, Mareš et Johans. – 2 из 1. Порядки Chroococciopsidales Komárek, Kaštovský, Mares et Johans. и Coleofasciculales Strunecky et Mares представлены 1 видом и родом.

По составу ведущих порядков (табл. 2) флора прибрежной зоны острова Гогланд согласуется с другими прибрежьями Финского залива: заказником «Северное побережье Невской губы» и архипелагом Берёзовые острова (Горин и др., 2016; Горин, Белякова, 2022). Для комплекса ведущих таксонов трёх районов было характерно преобладание порядков Nostocales и Chroococcales, семейства Microcystaceae Elenkin, а также наличие родов *Phormidium* Kütz. ex Gomont, *Pseudanabaena* Lauterborn и *Aphanocapsa* Nägeli.

Таблица 2

Соотношение ведущих таксонов Cyanophyta (Cyanobacteriota) во флоре прибрежной зоны острова Гогланд

Таксоны	Число видов	%
Порядки		
Nostocales	16	25
Chroococcales	13	20
Oscillatoriales	12	18
Семейства		
Microcystaceae	10	15
Oscillatoriaceae Engler	9	14
Rivulariaceae Bornet et Flahault	8	12
Leptolyngbyaceae Kaštovský, Mareš et J. R. Johansen	7	11
Роды		
<i>Phormidium</i>	6	10
<i>Heteroleibleinia</i> (Geit.) Hoffm.	4	6
<i>Pseudanabaena</i>	4	6
<i>Aphanocapsa</i>	3	5
<i>Calothrix</i> C. Agardh ex Bornet et Flahault	3	5
<i>Woronichinia</i> Elenkin	3	5
<i>Rivularia</i> Agardh ex Bornet et Flahault	3	5

В результате наших исследований, основанных на отборе проб в 2020 г. и 2023 г. было отмечено отсутствие трёх видов цианофитов *Hydrocoryne spongiosa*, *Rivularia biasolettiana*, *Dichothrix gypsumphila*, встречавшихся в прибрежьях острова в середине прошлого века (Häyren, 1940).

Экологическая структура флоры характеризовалась преобладанием бентосных видов над планктонными и планктонно-бентосными (30, 18 и 14 видов соответственно), что вероятно связано с изрезанностью береговой линии и разнообразием скальных прибрежных ландшафтов.

В планктоне, из типичных видов, возбудителей «цветения» воды, наиболее распространённым и массовым был вид *Nodularia litorea* Thur. ex Komárek, M. Hüb., H. Hüb. et Smarda, встреченный на 8 станциях из 9 в летний период 2020 г. Обнаруженные *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Born. et Flah., *N. spumigena* Mertens ex Born. et Flah., *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagn. et Komárek, *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek et Hindák не давали массового развития и встречались редко. Особенностью планктона прибрежной зоны острова Гогланд было наличие и широкое распространение бентосных эпифитных видов цианофитов *Heteroleibleinia kuetzingii* и *Leibleinia epiphytica* (Hieronymus) Compère, трихомы которых, вероятно, попадали в толщу воды, отрываясь от субстрата за счёт прибойных явлений.

Среди бентосных видов цианофитов повсеместно распространены были произрастающие на скальных субстратах *Calothrix contarenii* Born. et Flah. и *C. scopulorum*, а также эпифитные *Heteroleibleinia kuetzingii* и *H. willei* (Setch. et Gardn.) Guiry et John. Бентосные эпифитные сообщества отличались наибольшим богатством видового состава и были представлены 24 видами (37 % от общего числа ви-

дов). Основу их видового состава формировали представители мелких нитчатых цианофитов из родов *Heteroleibleinia*, *Leptolyngbya* Anagn. et Komárek и *Pseudanabaena*. Значительная доля видов (22 % – 14 видов) проявляли более широкую экологическую пластичность, поселяясь на разных типах субстратов одновременно. На всех типах субстратов был встречен вид *Heteroleibleinia kuetzingii*. Виды *Anathecace clathrata* (West et G. S. West) Komárek, *Phormidium bulgaricum* (Kom.) Anagn. et Komárek, *Leptolyngbya foveolarum* (Gomont) Anagn. et Komárek, *Leibleinia epiphytica*, *Calothrix scopulorum* произрастали одновременно на каменистых субстратах и зелёных водорослях из родов *Cladophora* Kütz. и *Ulva* L. 4 вида – *Heteroleibleinia willei*, *H. kossinskajae* (Elenkin) Anagn. et Komárek, *Spirulina meneghiniana* Zanardini ex Gomont, *Calothrix contarenii* помимо каменистых субстратов (эпилитон) произрастали в ассоциациях с макроводорослями из родов *Fucus* L., *Cladophora* и *Ulva*, а также были встречены в рыхлых грунтах (эпипелон). *Gloeocapsopsis crepidinum* (Thur.) Geit. ex Komárek, *Nodularia sputigena* и *Heteroleibleinia infixa* (Frémy) Anagn. et Komárek зарегистрированы в эпипелоне и эпилитоне. *Chamaesiphon* cf. *confervicola* Braun встречался одновременно на рыхлых грунтах, в эпипелоне и в ассоциации с *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. Исключительно на каменистых субстратах отмечено 8 видов (12 % от общего числа видов), на рыхлых – всего один (*Snowella fennica* Komárek et Komárk.-Legner.). Вместе с зелёными нитчатыми водорослями и на каменистых субстратах обнаружено 5 типично планктонных видов, попавших в пробы из толщи воды: *Aphanizomenon* cf. *flexuosum* Komárek et Kovácik, *Aulosira planctonica* Elenkin, *Snowella fennica*, *S. lacustris*, *Woronichinia compacta* (Lemmerm.) Komárek et Hindak и *W. karelica* Komárek et Komárk.-Legn.

По отношению к солёности воды выявлено 22 пресноводно-солонатоводных вида, 20 пресноводных, 15 солонатоводных, а также 2 эвригаллиных. Для 6 видов галобные характеристики не установлены. Такое распределение видов связано с особенностями солёности воды в прибрежье острова Гогланд, варьирующей от 5 до 9,5 ‰, что позволяет вегетировать, как континентальным, так и морским видам (табл. 1).

Выявлено 5 планктонных видов, некоторые популяции которых способны продуцировать токсины, опасные для человека и животных при массовом развитии: *Coelosphaerium kuetzingianum* Nägeli, *Planktothrix agardhii*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Dolichospermum* cf. *flos-aquae* (Born. et Flah.) Wacklin, Hoffm. et Komárek, *Nodularia sputigena* (Белякова и др., 2006).

Благодарности. Работа выполнена в рамках плановой темы БИН РАН «Флора и систематика водорослей, лишайников и мохообразных России и фитогеографически важных регионов мира» (121021600184-6) на оборудовании ЦКП Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург).

ЛИТЕРАТУРА

- Белякова Р. Н., Волошко Л. Н., Гаврилова О. В., Гогорев Р. М., Макарова И. В., Околотков Ю. Б., Рундина Л. А.** Водоросли, вызывающие «цветение» водоёмов Северо-Запада России. – М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. – 367 с.
- Горин К. К., Белякова Р. Н.** Суанопрокариота прибрежной зоны заказника Берёзовые острова (Финский залив, Балтийское море) // Вестник Башкирского гос. педагогич. ун-та им. М. Акмуллы, 2022. – Т. 63, № 2. – С. 38–40.
- Горин К. К., Никитина В. Н., Белякова Р. Н.** Структурные показатели цианопрокариот некоторых прибрежных биотопов Невской губы Финского залива Балтийского моря // Труды Кольского науч. центра РАН. – Апатиты, 2016. – С. 58–71.
- Косинская Е. К.** Определитель морских водорослей. – М.; Л.: Изд. АН СССР, 1948. – 278 с.
- Соколова А. А.** Ландшафты и система природопользования острова Гогланд (Финский залив) в финской и русской топонимии // Проблемы устойчивости эколого-хозяйственных и социально-культурных систем трансграничных регионов: Матер. Международ. науч.-прак. конф. (Псков, 20–21 ноября 2014 г.). – Псков: Изд. ПсковГУ, «Логос плюс», 2014. – С. 200–210.
- Komárek J., Anagnostidis K.** Cyanoprokaryota. 1. Teil. Part: Chroococcales. – Berlin: Spektrum, 1998. – 548 pp.
- Komárek J., Anagnostidis K.** Cyanoprokaryota. 2. Teil. Part: Oscillatoriales. – Berlin: Spektrum, 2005. – 759 pp.
- Komárek J.** Cyanoprokaryota. 3. Teil. 3rd part: Heterocytous genera. – Berlin: Springer Spektrum, 2013. – 1133 pp.
- Häyren E.** Über die Meeresalgen der Insel Hogland im Finnischen Meerbusen // Acta Phytogeographica Suecica, 1940. – Vol. 13. – P. 50–62.
- Plinski M., Komárek J.** Sinice – Cyanobakterie (Cyanoprokaryota). – Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, 2007. – 172 s.
- Strunecký O., Ivanova A. P., Mareš J.** An updated classification of cyanobacterial orders and families based on phylogenomic and polyphasic analysis // Journal of Phycology, 2023. – Vol. 59, № 1. – P. 12–51.