



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 114–117

Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 114–117

<https://ichbe.sgu.ru>

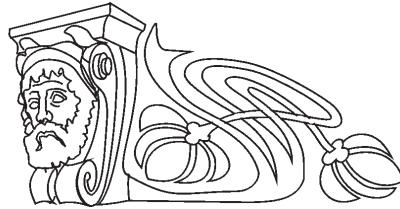
<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-1-114-117>, EDN: XTPLUH

Научная статья

УДК 574.24:581.526.325

Разнообразие и изменения в сообществах цианобактерий Волго-Каспия

Т. Н. Зимина



Волжско-Каспийский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Савушкина, д. 1

Зимина Татьяна Николаевна, специалист лаборатории гидробиологии, tanyshka_0704@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-2095-8035>

Аннотация. Исследование развития такой важной группы, как цианобактерии является неотъемлемой частью экологического мониторинга Волго-Каспийского региона. Основываясь на многолетних данных, указана сравнительная характеристика современного состояния группы цианобактерий Волго-Каспия. Определена степень сходства морских и речных видов группы цианобактерий для участков реки Волги, Северного и Среднего Каспия. Расчет процентного вклада цианобактерий в общий состав фитопланктона исследуемых акваторий позволил оценить их значение. Выявлен доминирующий вид среди изучаемой группы микроводорослей и его количественные характеристики на рассмотренных акваториях. В периоды роста биомассы цианобактерий большую ее долю составляют крупные колонии клеток (виды рода *Microcystis*, *Gomphosphaeria*), которые становятся доступными в виде детрита в качестве пищи для организмов большинства звеньев трофической сети после отмирания, что положительно сказывается на развитии этих организмов. Изменение показателей группы цианобактерий за ряд лет и относительно многолетних данных указывает на их количественное снижение, однако видовое разнообразие группы остается на достаточно высоком уровне. Цель работы – установить качественное разнообразие цианобактерий в реке и море и выяснить их роль в фитопланктоне Северного, Среднего Каспия и нижней части реки Волги.

Ключевые слова: цианобактерии, Волго-Каспийский регион, экологический мониторинг, видовое разнообразие, фитопланктон

Для цитирования: Зимина Т. Н. Разнообразие и изменения в сообществах цианобактерий Волго-Каспия // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 114–117. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-1-114-117>, EDN: XTPLUH

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Diversity and development of cyanobacteria in the Volga-Caspian sea

T. N. Zimina

Volga-Caspian branch of the State Scientific Center of the Russian Federation FGBNU "VNIRO" ("CaspNIRKH"), 1 Savushkina St., Astrakhan 414056, Russia

Tatiyana N. Zimina, tanyshka_0704@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-2095-8035>

Abstract. Studying the development of such an important group as cyanobacteria is an integral part of environmental monitoring of the Volga-Caspian region. Based on long-term data, a comparative description of the current state of the group of cyanobacteria of the Volga-Caspian region is indicated. The degree of similarity of marine and river species of the group of cyanobacteria for sections of the Volga River, Northern and Middle Caspian Sea was determined. Calculation of the percentage contribution of cyanobacteria to the total composition of phytoplankton in the studied water areas made it possible to estimate their importance. The dominant species among the studied group of microalgae and its quantitative characteristics in the considered water areas were identified. During periods of growth of cyanobacterial biomass, a large proportion of it consists of large colonies of cells (species of the genus *Microcystis*, *Gomphosphaeria*), which become available in the form of detritus as food for organisms of most links in the trophic network after death, which has a positive effect on the development of these organisms. Changes in the indicators of the group of cyanobacteria over a number of years and relative to long-term data indicate their quantitative decline, however, the species diversity of the group remains at a fairly high level. The purpose of the work is to establish the qualitative diversity of cyanobacteria in the river and sea and to clarify their role in the phytoplankton of the Northern and Middle Caspian Sea and the lower part of the Volga River.

Keywords: cyanobacteria, Volga-Caspian region, environmental monitoring, species diversity, phytoplankton

For citation: Zimina T. N. Diversity and development of cyanobacteria in the Volga-Caspian sea. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 114–117 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-1-114-117>, EDN: XTPLUH

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)



Введение

Цианобактерии – древнейшая группа, относящаяся к прокариотам [1]. Строение характеризуется отсутствием оформленного ядра, некоторых других клеточных структур [2, 3]. Систематически название этой группы организмов является спорным вопросом. Своим строением они ближе к бактериям, а по наличию хлорофилла *a* и способности синтезировать молекулярный кислород – к растениям. В работе М. В. Ефимовой отмечено, что Международный кодекс ботанической номенклатуры в свое время признали неприемлемым для прокариот, был разработан ныне действующий Международный кодекс номенклатуры бактерий – МКНБ (International Code of Nomenclature of Bacteria). Однако, как указывает автор, цианобактерии рассматриваются как организмы «двойной принадлежности» и могут описываться по правилам как МКНБ, так и Ботанического кодекса [4]. Авторы данной статьи придерживаются мнения, что классификация цианобактерий все еще находится на стадии изучения и особенности систематической принадлежности данной группы необходимо анализировать.

Исходя из литературных данных, было выявлено, что на исследуемом участке реки Волги доля цианобактерий в летнем фитопланктона варьирует от 6 до 39% в зависимости от водности [5]. Цианобактерии в весенний период развиваются слабо [6]. В отдельные годы отмечалось цветение воды, вызываемое цианобактериями, в зависимости от насыщения вод минеральными соединениями азота [7].

В Северном Каспии цианобактерии активно вегетируют, достигая наибольшего количественного и качественного разнообразия, особенно в летний и отчасти осенний периоды [8]. В Среднем и Южном Каспии водоросли этой группы не имеют большого значения и встречаются спорадически. Вегетация наблюдается в основном в периоды наибольшего прогрева воды в течение второй половины лета и первой половины осени [9]. Цианобактерии Каспийского моря относятся к классам *Chroococcophyceae* и *Hormogonophyceae* [10].

Материалы и методы

Исследование цианобактерий проводилось на участках реки Волги, Северного и Среднего Каспия.

Отбор проб фитопланктона осуществлялся в летний период 2019–2022 гг. На участке реки Волги материал собирался от хутора Бундино (Дубовка) до тони 11-я Отневка. В районе Северного Каспия пробы отбирались по стандартной сетке, которая включает 77 станций, Среднего Каспия по разрезам: город Махачкала – мыс Сагындык, город Дербент – мыс Песчаный, поселок Дивичи – бухта Кендерли. Речные пробы отбирали с помощью батометра Молчанова, морские – гидропондом Seabird SBE 19 с горизонтами 0, 10, 25, 50, 100, 200 м. Всего собрано и обработано в соответствии с общепринятой методикой П. И. Усачева [11] 405 проб.

Качественный состав фитопланктона устанавливали с использованием определителей [12–14]. Систематическая принадлежность и расположение видов фитопланктона в работе основывается на данных «Algaebase».

В статье проведен анализ степени видового сходства группы цианобактерий реки и моря, которая определялась на основании коэффициента Жаккара [15] по формуле:

$$K_j = c \times (a + b - c),$$

где *c* – число общих видов; *a* – число видов первого сообщества; *b* – число видов второго сообщества.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследования было определено, что цианобактерии на изучаемом участке реки Волги чаще всего занимали третье место в общем качественном составе фитопланктона, составляя приблизительно одинаковые доли за ряд лет (19% – 2019 г., 20% – 2020 г., 22% – 2021 г., 17% – 2022 г.). Наибольшим видовое разнообразие группы отмечалось в 2022 г.

В количественном отношении цианобактерии имели незначительный процент в общем составе фитопланктона реки Волги, хотя в отдельные годы (2019 г.) выступали субдоминирующей группой по биомассе. Количественные показатели группы цианобактерий снижались за период исследования на фоне общего снижения количества фитопланктона в реке Волге. Доминирующим видом группы была *Oscillatoria* sp., показатели которой составляли 46% общей численности и 72% общей биомассы группы цианобактерий.

В Северном Каспии значение видового развития цианобактерий варьировало от 20 до 25% за период исследования, занимая место

после субдоминирующей группы. Однако в количественном отношении эта группа чаще доминировала, в том числе и по биомассе, за исключением 2020 г., когда отмечалось снижение фосфора и азота [16]. Основной доминант среди цианобактерий в Северном Каспии, как и в реке, – *Oscillatoria* sp. На ее долю приходилось 75% биомассы группы. Кроме того, такие виды как, *Anabaena spiroides* var. *contracta*, *Aphanizomenon issatschenkoi*, *Microcystis aeruginosa* и *M. marginata*, а также представители родов *Merismopedia* и *Gloeocapsa* имели существенное значение в общем количестве фитопланктона Северного Каспия и группы цианобактерий в частности.

В Среднем Каспии развитие цианобактерий менее значимо, чем в реке Волге и в Северном Каспии. Чаще всего качественное разнообразие группы не превышало 20% общего числа видов, биомасса составляла не более 5% общей массы и 3–8% общей численности фитопланктона.

Количественные показатели цианобактерий в Среднем Каспии не играли значительной роли. Наиболее интенсивная вегетация наблюдалась в 2020 г. Доминирующий вид среди цианобактерий был, как в реке Волге и Северном Каспии, *Oscillatoria* sp., доля которого составляла 33% массы и 22% численности группы. Также значительное влияние на численность оказывали представители рода *Merismopedia*.

Виды цианобактерий на исследуемых участках моря частично совпадали. Используя индекс Жаккара, получено значительное совпадение между участками реки Волги и Северного Каспия при индексе $K_j = 0,50$; $K_j = 0,47$ между Северным и Средним Каспием. Между Средним Каспием и участками реки Волги степень сходства видов цианобактерий была несколько ниже ($K_j = 0,40$).

Заключение

В результате исследования установлено высокое качественное разнообразие цианобактерий как в реке, так и в море. Вегетация группы цианобактерий на исследуемых участках снижалась за период исследования.

Развитие группы цианобактерий было наиболее значимым в Северном Каспии, что соответствует многолетним данным. Основным доминирующим видом на всех исследуемых участках была *Oscillatoria* sp.

Качественный состав цианобактерий в реке и море имеет достаточное совпадение видов, наиболее выраженное между участками реки Волги и Северным Каспием.

Изучение состояния цианобактерий, как и прежде, актуально, так как они играют важную роль в составе исследуемых акваторий, влияя на общий состав, биологическое разнообразие и количественные показатели фитопланктона.

Исследование развития цианобактерий, в том числе в динамике, имеет значение при экологическом мониторинге Волго-Каспийского региона как важного экономического объекта.

Список литературы

1. Усачев П. И. Новые и редкие виды синезеленых водорослей в планктоне Каспийского моря // Материалы по гидробиологии и литологии Каспийского моря. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1938. С. 99–115.
2. Алфимов Н. Н., Макарова И. В., Фадеева О. Н. Материалы к экологической и химической характеристике некоторых видов синезеленых водорослей // Бот. журн. 1968. Т. 53, № 1. С. 106–108.
3. Васильева-Кралина И. И. Альгология : учебное пособие. Ч. 1. Якутск : Изд-во Якут. ун-та, 1999. 101 с.
4. Ефимова М. В., Ефимов А. А. Синезеленые водоросли или цианобактерии? Вопросы систематики // Современные проблемы науки и образования. 2007. № 6, ч. 1. URL: <https://science-edication.ru/ru/article/view?id=710> (дата обращения: 10.04.2024).
5. Волошко Л. Н. Фитопланктон реки Волги и некоторых основных рукавов ее дельты // Гидробиологический журнал. 1969. Т. 5, № 2. С. 32–39.
6. Егоров С. Н., Ивлиева Л. М., Мироненко О. Е. Состояние планктонных сообществ основного русла р. Волги (от г. Волгограда до с. Замыяны) в весенне-летний период 2005 г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань : Изд-во КаспНИРХ, 2006. С. 39–44.
7. Волошко Л. Н. Динамика фитопланктона нижней Волги и основных протоков ее дельты // Гидробиологический журнал. 1972. Т. 8, № 3. С. 28–33.
8. Ардабьев А. Г. Развитие фитопланктона Северного Каспия в начале XXI века // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017: сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием (Севастополь, 11–15 сентября 2017 г.) / под ред. Ю. А. Омельчук, Н. В. Ляминой, Г. В. Кучерик. Севастополь : Севастопольский государственный университет, 2017. С. 102–106. EDN: YNKLHH
9. Татаринцева Т. А., Терлецкая О. В., Ардабьев А. Г. Фитопланктон Среднего и Южного Каспия // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2003 г. Астрахань : Изд-во КаспНИРХ, 2004. С. 123–130.

10. Зенкевич Л. А. Биология морей СССР. М. : Изд-во АН СССР, 1963. 739 с.
11. Усачев П. И. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона // Тр. ВГБО АН СССР. 1961. Т. 11. С. 411–415.
12. Еленкин А. А. Синезеленые водоросли СССР: Монография пресноводных и наземных Cyanophyceae, обнаруженных в пределах СССР. Вып. 2. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1949. С. 985–1908.
13. Киселев И. А. Панцирные жгутиконосцы морей и пресных вод СССР. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1950. 280 с.
14. Прошкина-Лавренко А. И., Макарова И. В. Водоросли планктона Каспийского моря. М. : Hayka, 1968. 291 с.
15. Розенберг Г. С. Поль Жаккар и сходство экологических объектов // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2012. № 1. С. 190–202.
16. Ардабьева А. Г., Зимина Т. Н. Развитие и роль синезеленых водорослей в фитопланктоне Северного Каспия // Астраханский вестник экологического образования. 2023. № 5 (77). С. 183–186. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2023-5-183-186>, EDN: OLFWCV
7. Voloshko L. N. Dynamics of phytoplankton of the lower Volga and the main branches of its delta. *Hydrobiological Journal*, 1972, vol. 8, no. 3, pp. 28–33 (in Russian).
8. Ardabyeva A. G. Development of phytoplankton of the Northern Caspian at the beginning of the 21st century. Omelchuk Yu. A., Lyamina N. V., Kucherik G. V., eds. *Ecological, Industrial and Energy Security – 2017: Collection of articles based on the materials of the scientific and practical conference with international participation (Sevastopol, September 11–15, 2017)*. Sevastopol, Sevastopol State University Publ., 2017, pp. 102–106 (in Russian). EDN: YNKLHH
9. Tatarintseva T. A., Terletskaya O. V., Ardabyeva A. G. Phytoplankton of the Middle and Southern Caspian. *Rybokhozyastvennyye issledovaniya na Kaspi: Rezul'taty NIR za 2003 g.* [Fisheries research in the Caspian Sea: Results of Research Work for 2003]. Astrakhan, KaspNIRKh Publ., 2004, pp. 123–130 (in Russian).
10. Zenkevich L. A. *Biologiya morey SSSR* [Biology of the seas of the USSR]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1963. 739 p. (in Russian).
11. Usachev P. I. Quantitative methods for collecting and processing phytoplankton. *Proceedings of the VGBO of the USSR Academy of Sciences*, 1961, vol. 11, pp. 411–415 (in Russian).
12. Elenkin A. A. *Sinezelenye vodorosli SSSR: Monografiya presnovodnykh i nazemnykh Cyanophyceae, obnaruzhennykh v predelakh SSSR. Vyp. 2* [Blue-green algae of the USSR: Monograph of freshwater and terrestrial Cyanophyceae found within the USSR, iss. 2]. Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1949, pp. 985–1908 (in Russian).
13. Kiselev I. A. *Pantsirnye zhgutikonostsy morej i presnykh vod USSR* [Armored flagellates of the seas and fresh waters of the USSR]. Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1950. 280 p. (in Russian).
14. Proshkina-Lavrenko A. I., Makarova I. V. *Vodorosli planktona Kaspiyskogo morya* [Algae of plankton of the Caspian Sea]. Moscow, Nauka, 1968. 291 p. (in Russian).
15. Rosenberg G. S. Paul Jacquard and the similarity of ecological objects. *Samara Luka: Problems of Regional and Global Ecology*, 2012, no. 1, pp. 190–202 (in Russian).
16. Ardabyeva A. G., Zimina T. N. Development and role of blue-green algae in the phytoplankton of the Northern Caspian. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, 2023, no. 5 (77), pp. 183–186 (in Russian). <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2023-5-183-186>, EDN: OLFWCV

References

1. Usachev P. I. New and rare species of blue-green algae in the plankton of the Caspian Sea. In: *Materialy po gidrobiologii i litologii Kaspiyskogo morya* [Materials on hydrobiology and lithology Caspian Sea]. Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1938, pp. 99–115 (in Russian).
2. Alfimov N. N., Makarova I. V., Fadeyeva O. N. Materials for the ecological and chemical characteristics of some species of blue-green algae. *Botanicheskii Zhurnal*, 1968, vol. 53, no. 1, pp. 106–108 (in Russian).
3. Vasilyeva-Kralina I. I. *Algologiya: uchebnoe posobie. Ch. 1* [Algology: Textbook. Part 1]. Yakutsk, Yakutsk University Publ., 1999. 101 p. (in Russian).
4. Efimova M. V., Efimov A. A. Blue-green algae or cyanobacteria? Issues of systematics. *Modern Problems of Science and Education*, 2007, no. 6, part 1 (in Russian). Available at: <https://science-edication.ru/ru/article/view?id=710> (accessed April 10, 2024).
5. Voloshko L. N. Phytoplankton of the Volga River and some main branches of its delta. *Hydrobiological Journal*, 1969, vol. 5, no. 2, pp. 32–39 (in Russian).
6. Egorov S. N., Ivlieva L. M., Mironenko O. E. State of plankton communities of the main channel of the Volga River (from Volgograd to Zamyany village) in the
- spring-summer period of 2005. In: *Rybokhozyastvennyye issledovaniya na Kaspi* [Fishery research in the Caspian Sea]. Astrakhan, KaspNIRKh Publ., 2006, pp. 39–44 (in Russian).
7. Voloshko L. N. Dynamics of phytoplankton of the lower Volga and the main branches of its delta. *Hydrobiological Journal*, 1972, vol. 8, no. 3, pp. 28–33 (in Russian).
8. Ardabyeva A. G. Development of phytoplankton of the Northern Caspian at the beginning of the 21st century. Omelchuk Yu. A., Lyamina N. V., Kucherik G. V., eds. *Ecological, Industrial and Energy Security – 2017: Collection of articles based on the materials of the scientific and practical conference with international participation (Sevastopol, September 11–15, 2017)*. Sevastopol, Sevastopol State University Publ., 2017, pp. 102–106 (in Russian). EDN: YNKLHH
9. Tatarintseva T. A., Terletskaya O. V., Ardabyeva A. G. Phytoplankton of the Middle and Southern Caspian. *Rybokhozyastvennyye issledovaniya na Kaspi: Rezul'taty NIR za 2003 g.* [Fisheries research in the Caspian Sea: Results of Research Work for 2003]. Astrakhan, KaspNIRKh Publ., 2004, pp. 123–130 (in Russian).
10. Zenkevich L. A. *Biologiya morey SSSR* [Biology of the seas of the USSR]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1963. 739 p. (in Russian).
11. Usachev P. I. Quantitative methods for collecting and processing phytoplankton. *Proceedings of the VGBO of the USSR Academy of Sciences*, 1961, vol. 11, pp. 411–415 (in Russian).
12. Elenkin A. A. *Sinezelenye vodorosli SSSR: Monografiya presnovodnykh i nazemnykh Cyanophyceae, obnaruzhennykh v predelakh SSSR. Vyp. 2* [Blue-green algae of the USSR: Monograph of freshwater and terrestrial Cyanophyceae found within the USSR, iss. 2]. Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1949, pp. 985–1908 (in Russian).
13. Kiselev I. A. *Pantsirnye zhgutikonostsy morej i presnykh vod USSR* [Armored flagellates of the seas and fresh waters of the USSR]. Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1950. 280 p. (in Russian).
14. Proshkina-Lavrenko A. I., Makarova I. V. *Vodorosli planktona Kaspiyskogo morya* [Algae of plankton of the Caspian Sea]. Moscow, Nauka, 1968. 291 p. (in Russian).
15. Rosenberg G. S. Paul Jacquard and the similarity of ecological objects. *Samara Luka: Problems of Regional and Global Ecology*, 2012, no. 1, pp. 190–202 (in Russian).
16. Ardabyeva A. G., Zimina T. N. Development and role of blue-green algae in the phytoplankton of the Northern Caspian. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, 2023, no. 5 (77), pp. 183–186 (in Russian). <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2023-5-183-186>, EDN: OLFWCV

Поступила в редакцию 14.10.2024; одобрена после рецензирования 01.12.2024; принята к публикации 04.12.2024; опубликована 31.03.2025

The article was submitted 14.10.2024; approved after reviewing 01.12.2024; accepted for publication 04.12.2024; published 31.03.2025