

## ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

## WATER BIORESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

Научная статья

УДК 581.526.325(262.81)

<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-4-7-12>

EDN JDNDEB

### Особенности развития фитопланктона коренного русла реки Волги

---

*Татьяна Николаевна Зими́на<sup>1</sup>, Алевтина Георгиевна Ардабьева<sup>2</sup>,  
Андрей Вячеславович Котельников<sup>3\*</sup>*

<sup>1,3</sup> *Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Россия, kotas@inbox.ru*

<sup>2</sup> *Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии,  
Астрахань, Россия*

---

**Аннотация.** Проведены исследования качественного разнообразия и количественного состава фитопланктона коренного русла реки Волги по восьми станциям (район с. Дубовка, с. Каменный Яр, с. Старица, с. Соленое Займище, с. Цаган-Аман, с. Еногаевка, с. Сероглазовка, с. Замьяны) в июне, августе 2019–2021 гг. За период исследования собрано и обработано 56 проб. В ходе изучения таксономического состава микроводорослей было зафиксировано 200 видов за 3 года. Преобладающей группой в видовом составе фитопланктона были диатомовые водоросли, на долю которых приходилось более 50 % общего состава. Дополняли фитоценоз Волги зеленые водоросли и цианобактерии. Остальные группы водорослей (*Dinophyta*, *Euglenophyta*, *Chrysophyta*) имели наименьшее значение для общего развития. Численность и биомасса фитопланктона коренного русла реки Волги изменялись в течение трех лет скачкообразно, наибольшие показатели отмечены в 2020 г. (численность 550,06 млн кл./м<sup>3</sup>, биомасса 1 144,010 мг/м<sup>3</sup>). Количественные показатели фитоценоза по годам от июня к августу развивались неравномерно. Численность увеличивалась к августу в 2019 и 2021 гг. и уменьшалась в 2020 г. Биомасса альгоценоза уменьшалась к концу лета в 2019, 2020 гг. и увеличивалась в 2021 г. Приведены значения изменения количественных показателей водорослей. Определено преобладание в основном диатомовых, немаловажное значение имели цианобактерии и зеленые водоросли, особенно в формировании численности. Исследование речного фитопланктона позволило выявить станции с наибольшим развитием микроводорослей: с. Старица, с. Сероглазовка, с. Соленое Займище и с. Замьяны.

**Ключевые слова:** река Волга, коренное русло, фитопланктон, фитоценоз, таксон, диатомовые водоросли, численность, биомасса, водные экосистемы

**Для цитирования:** *Зими́на Т. Н., Ардабьева А. Г., Котельников А. В.* Особенности развития фитопланктона коренного русла реки Волги // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 4. С. 7–12. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-4-7-12>. EDN JDNDEB.

## Specific features of phytoplankton developing in Volga river general channel

Tatiana N. Zimina<sup>1</sup>, Alevtina G. Ardabyeva<sup>2</sup>, Andrey V. Kotelnikov<sup>3\*</sup>

<sup>1,3</sup>Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russia, kotas@inbox.ru\*

<sup>2</sup>Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography,  
Astrakhan, Russia

**Abstract.** Studies of the qualitative diversity and quantitative composition of phytoplankton of the Volga river general channel were carried out at eight stations (Dubovka village, Kamenny Yar village, Staritsa village, Solenoe Zaymishche village, Tsagan-Aman village, Enotaevka village, Seroglazovka village, Zamyany village) in June and August 2019-2021. During the study period there were collected and processed 56 samples. In the course of studying the taxonomic composition of microalgae there were recorded 200 species in three years. The predominant group in the phytoplankton species composition was diatoms, which accounted for more than 50% of the total amount. Phytocenosis of the Volga river was supplemented by green algae and cyanobacteria. The other groups of algae (*Dinophyta*, *Euglenophyta*, *Chrysophyta*) were of the least importance for overall development. The abundance and biomass of phytoplankton of the Volga River root bed have been changing abruptly for three years, the highest indicators were registered in 2020 (abundance = 550.06 million cells/m<sup>3</sup>, biomass = 1144.010 mg/m<sup>3</sup>). Quantitative indicators of phytocenosis unevenly developed yearly from June to August. The abundance increased by August in 2019 and 2021 and decreased in 2020. Algal biomass decreased by the end of summer in 2019 and 2020 and increased in 2021. Quantitative changes of algae are given. There was determined predominance of diatoms. Cyanobacteria and green algae were important mainly due to their growing abundance. The study of river phytoplankton helped reveal the stations with the greatest development of microalgae: the villages of Staritsa, Seroglazovka, Solenoe Zaymishche and Zamyany.

**Keywords:** Volga river, general river channel, phytoplankton, phytocenosis, taxon, diatoms, abundance, biomass, aquatic ecosystems

**For citation:** Zimina T. N., Ardabyeva A. G., Kotelnikov A. V. Specific features of phytoplankton developing in Volga river general channel. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2022;4:7-12. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-4-7-12>. EDN JDNDEB.

### Введение

Ценолическое разнообразие фитопланктона (индекс Шеннона), его выравненность и удельное богатство (число видов в пробе) снижается вниз по течению реки Волги. Все изменения, связанные с поступлением органических и биогенных веществ в гидросферу, создают условия для развития глобального процесса антропогенного эвтрофирования, вызывающего радикальные перестройки экосистем. К глубоким экологическим последствиям приводит зарегулирование стока рек, способствующее изменению гидрофизических, химических свойств их вод и преобразованию биологических сообществ. Глобализация и изменение среды обитания водных организмов под воздействием климатических и антропогенных факторов увеличивают масштабы и скорость проникновения чужеродных видов в несвойственные им ранее местообитания. Это приводит к изменениям в разнообразии аборигенной флоры, структуре сообществ, трофических взаимодействиях их компонентов и, в итоге, к изменению продуктивности водных экосистем. Для разработки подходов, методов рационального природопользования и критериев оценки состояния водных

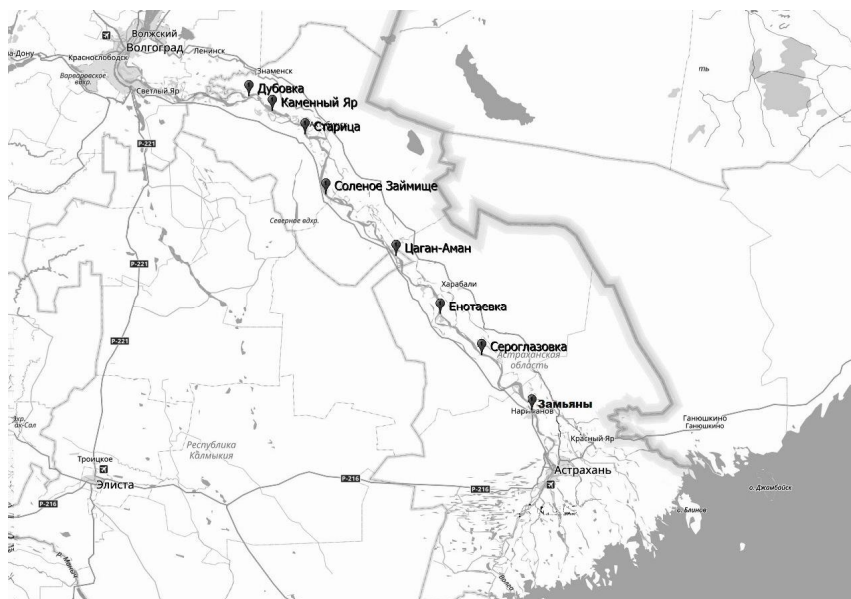
экосистем необходимо изучать воздействие на биоту различных факторов и компонентов.

Главную автотрофную составляющую водной экосистемы представляет фитопланктон, преобразующий в процессе фотосинтеза неорганические соединения в органические вещества. Продукты фотосинтеза вовлекаются в трофические цепи, круговорот веществ и потоки энергии, участвуя при этом в преобразовании собственной среды обитания планктонных водорослей, поэтому изучение изменения таксономического состава и структурных характеристик фитопланктона как важнейшего биологического компонента водной среды – основа в познании закономерностей формирования структурно-функциональной организации водных экосистем [1].

*Цель работы* – оценить многолетние изменения качественного и количественного состава фитопланктона коренного русла р. Волги.

### Объекты и методы исследования

Материалом для настоящей работы послужили пробы, собранные в июне, августе 2019–2021 гг. в районе с. Дубовка, с. Каменный Яр, с. Старица, с. Солёное Займище, с. Цаган-Аман, с. Еnotaевка, с. Сероглазовка, с. Замьяны (рис.).



Карта станций коренного русла р. Волги

Map of the stations along the general channel of the river Volga

Пробы отбирались с поверхностного горизонта воды, фиксировались 40 %-м раствором формалина. Обработка материала проводилась в лабораторных условиях по общепринятой методике [2]. Изучение содержания пробы, сконцентрированной до объема 10–15 мл, начинали с просмотра качественного состава водорослей. Затем из тщательно перемешанной пробы определенного объема бралась капля шпатель-пипеткой (0,1 мл) и подсчитывалось количество растительных клеток. Все организмы по возможности определялись до вида по определителям [3, 4]. По каждой станции вычислялись следующие параметры: численность

и биомасса водорослей по видам, группам, в целом по станции. Биомассу водорослей определяли расчетным методом [5, 6].

#### Результаты исследований и их обсуждение

**Таксономическое разнообразие.** Обобщение материала по изучению видового состава фитопланктона коренного русла р. Волги в летний период за последние 3 года позволило выявить 200 видов, разновидностей и форм. Из них в июне наблюдалось 135, в августе – 157 таксономических единиц (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Видовое разнообразие фитопланктона коренного русла р. Волги в летний период 2019–2021 гг.

Species diversity of phytoplankton in the general channel of the river Volga during the summer period of 2019-2021

Группы водорослей	Июнь	Август	Всего
	Число видов		
Cyanobacteria	18	29	35
Chrysophyta	1	–	1
Bacillariophyta	79	74	102
Dinophyta	7	6	9
Euglenophyta	1	1	2
Chlorophyta	29	47	51
<i>Итого</i>	<i>135</i>	<i>157</i>	<i>200</i>

Структурообразующая роль принадлежала диатомовым водорослям, на долю которых приходилось 51 % общего состава фитоценоза. На втором месте по качественному разнообразию были зеленые водоросли (26 %). Далее по мере значимости

шли цианобактерии, динофитовые и самые малочисленные эвгленовые и золотистые водоросли. Число видов увеличивалось от июня к августу главным образом за счет развития цианобактерий и зеленых водорослей. В группе диатомовых водо-

рослей существенных изменений не наблюдалось. Рассматривая изменения видового разнообразия по годам, можно отметить, что наибольшее

число видов наблюдалось в 2020 г., наименьшее – в 2021 г. (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Многолетние изменения видового разнообразия фитопланктона коренного русла р. Волги в летний период 2019–2021 гг. (число видов)

Long-term changes in species diversity of phytoplankton in the general channel of the river Volga during the summer period of 2019-2021 (number of species)

Период Группа водорослей	Июнь			Август			Всего		
	Год						2019	2020	2021
	2019	2020	2021	2019	2020	2021			
Cyanobacteria	12	7	9	18	18	19	21	20	23
Chrysophyta	–	1	1	–	–	–	–	1	1
Bacillariophyta	38	46	48	45	45	38	57	71	61
Dinophyta	–	7	–	4	2	1	4	8	1
Euglenophyta	–	–	1	–	1	–	–	1	1
Chlorophyta	28	6	10	36	28	20	44	30	22
Итого	78	67	69	103	94	78	126	131	108

В группе цианобактерий существенных изменений в видовом составе исследуемого объекта не отмечалось, основным представителем на протяжении ряда лет была *Oscillatoria* sp.

Среди зеленых водорослей происходило уменьшение числа видов к 2021 г. К часто встречаемым видам можно отнести *Scenedesmus quadricauda*, *Binuclearia lauterbornii*.

В группе диатомовых водорослей прослеживался скачкообразный характер изменений: минимальное количество видов было в 2019 г., затем в 2020 г. наблюдался их максимум, с постепенным снижением к 2021 г. Формировали основу видового разнообразия виды рода *Navicula* и *Nitzschia* (45 % состава диатомей).

Сравнивая качественные показатели фитопланктона коренного русла р. Волги по месяцам исследования, можно отметить снижение количества видов от 2019 к 2021 г. в августе. В июне наибольшее число видов отмечалось в 2019 г., а в 2020 и 2021 гг. показатели были практически равными. При этом для июня характерно увеличение таксонов диатомовых водорослей от 2019 к 2021 г. В группах зеленых и цианобактерий наибольшее число видов наблюдалось в 2019 г., затем шло снижение и незначительное увеличение к 2021 г.

Для августа 2019 и 2020 гг. характерно стабильное значение диатомей и цианобактерий, при замене одних таксонов этой группы на другие. Среди зеленых водорослей отмечалось уменьшение числа видов от 2019 к 2021 г.

Рассматривая качественное разнообразие фитопланктона по станциям, констатируем, что наибольшее количество видов в июне и августе 2019 г. зарегистрировано в районе с. Цаган-Аман (39 и 43 таксона соответственно), 2021 г. – с. Ка-

менный Яр (29 и 35). В 2020 г. максимальное число видов в июне наблюдалось в районе с. Еногаевка (30 видов), в августе – в районе с. Замьяны (37).

Таким образом, качественное разнообразие речного фитопланктона коренного русла Волги характеризовалось, как и в прошлые годы [7, 8], преобладанием диатомовых водорослей на протяжении всего периода исследования. Показатели видового разнообразия на станциях менялись ежегодно.

**Количественные показатели фитопланктона.**

Изменения количественных показателей фитопланктона р. Волги на протяжении 2019–2021 гг. отличались скачкообразным характером. Максимальное развитие биомассы и численности отмечалось в 2020 г. Основу количественных показателей формировали диатомовые водоросли, а среди них *Skeletonema subsalsum*, *Aulacoseira granulata*, *Synedra ulna*, виды рода *Fragilaria*.

В 2019 г. наблюдалось увеличение численности фитопланктона за счет развития синезеленых водорослей (*Oscillatoria* sp.) и снижение биомассы от июня к августу за счет уменьшения диатомовых водорослей.

Уменьшением общих количественных показателей к августу, главным образом диатомовых водорослей, отличался и 2020 г. Обратная ситуация зафиксирована в 2021 г.

В ходе анализа количественных показателей групп водорослей за исследуемый период выявлено преобладание – как в целом, так и по месяцам – диатомовых водорослей. Лишь в августе 2019 г. на первое место по численности вышли цианобактерии. Максимального развития группа диатомовых достигала в 2020 г. (численность 539,2 млн кл./м<sup>3</sup>, биомасса 1 028,386 мг/м<sup>3</sup>).

В отношении зеленых водорослей наблюдалась тенденция к снижению от 2019 г. (численность 80,6 млн кл./м<sup>3</sup>, биомасса 37,533 мг/м<sup>3</sup>) к 2021 г. (2,8 млн кл./м<sup>3</sup>, 17,203 мг/м<sup>3</sup>). Численность этой группы за весь период исследования увеличивалась от июня к августу. Основу плотности клеток определяла мелкоклеточная водоросль *B. lauterbornii*, дополнял *S. quadricauda*. В развитии биомассы наблюдалась аналогичная картина, за исключением 2019 г. По массе преобладали виды *Pandorina morum*, *Pediastrum boryanum* v. *longicorne*, *Dictyosphaerium pulchellum*.

Группа цианобактерий развивалась неравномерно: от максимума в 2019 г. (49,5 млн кл./м<sup>3</sup>) к минимуму в 2020 г. (4,5 млн кл./м<sup>3</sup>). В 2021 г. количество цианобактерий увеличилось, но не достигло уровня 2019 г. В развитии биомассы отмечалась такая же картина. Количественные показатели возрастали во все годы от июня к августу. Основу их формировала главным образом *Oscillatoria* sp., в отдельные годы – *Microcystis aeruginosa*.

Остальные группы водорослей имели меньшее значение в развитии фитоценоза р. Волги. Золотистые водоросли наблюдались только в июне 2020 г., эвгленовые – в августе 2020 г. Динофитовые водоросли развивались во все годы только в августе, биомасса их не превышала 2,4 мг/м<sup>3</sup>.

Изменение количественных показателей фитопланктона по станциям происходило неравномерно. Так, численность водорослей в июне 2019 г. была выше на станции с. Старица, в 2020 г. – с. Серогла-

зовка, в 2021 г. – с. Соленое Займище. В августе максимальные показатели численности фитопланктона по станциям изменились. Так, в 2019 и 2021 гг. наибольшие величины плотности клеток отмечались в районе с. Сероглазовка, а в 2020 г. – в районе с. Замьяны.

На протяжении трех лет исследования наибольшие показатели биомассы в июне наблюдались в районе с. Старица. В августе максимальное развитие фитопланктона наблюдалось в районе с. Сероглазовка (2019, 2021 гг.) и с. Замьяны (2020 г.).

Формирование показателей численности и биомассы фитопланктона зависело от гидрохимических показателей водоема, гидрологических условий и других факторов воздействия [9].

### Заключение

В результате исследования было выявлено разнообразие микроводорослей коренного русла р. Волги (200 видов за 2019–2021 гг.). Наибольшего развития фитопланктон достигал в 2020 г. как в количественном, так и в качественном отношении, при этом особое развитие получила группа диатомовых водорослей. В этой группе обнаружено наибольшее число таксонов. Биомасса и численность этих водорослей также была наивысшей, однако в 2019 г. по численности преобладала группа цианобактерий. Постанционное исследование позволило выделить несколько районов с наибольшим развитием количества фитопланктона: с. Сероглазовка, с. Старица, с. Замьяны.

### Список источников

1. Корнева Л. Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги / под ред. А. И. Копылова. Кострома: Костром. печат. дом, 2015. 284 с.
2. Усачев П. И. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона // Тр. Всесоюз. гидробиолог. о-ва АН СССР. 1961. Т. 11. С. 411–415.
3. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Советская наука, 1951. Вып. 4. Диатомовые водоросли. 620 с.
4. Еленкин А. А. Синезеленые водоросли СССР. М.; Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1938–1949. Т. I. 984 с.
5. Макарова И. В., Пичкилы Л. О. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Ботан. журн. 1970. Т. 55. № 10. С. 1488–1494.

6. Нестерова Д. А. Расчет среднего веса клеток массовых видов фитопланктона на мелководье северо-западной части Черного моря // Гидробиолог. журн. 1976. Т. 12. № 6. С. 69–72.
7. Волошко Л. Н. Фитопланктон реки Волги и некоторых основных рукавов ее дельты // Гидробиолог. журн. 1969. Т. 5. № 2. С. 32–39.
8. Егоров С. Н., Ивлиева Л. М., Мироненко О. Е. Составление планктонных сообществ основного русла р. Волги (от г. Волгограда до с. Замьяны) в весенне-летний период 2005 г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2006. С. 39–43.
9. Константинов А. С. Общая гидробиология: учеб. М.: Высш. шк., 1986. 472 с.

### References

1. Korneva L. G. *Fitoplankton vodokhranilishch basseina Volgi* [Phytoplankton in reservoirs of Volga basin]. Pod redaksiiei A. I. Kopylova. Kostroma, Kostromskoi pechatnyi dom, 2015. 284 p.
2. Usachev P. I. Kolichestvennaia metodika sbora i obrabotki fitoplanktona [Quantitative method of collecting and processing phytoplankton]. *Trudy Vsesoiuznogo gidrobiologicheskogo obshchestva AN SSSR*, 1961, vol. 11, pp. 411-415.

3. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR* [Determinant of freshwater algae in USSR]. Moscow, Sovetskaia nauka Publ., 1951. Iss. 4. Diatomovye vodorosli. 620 p.
4. Elenkin A. A. *Sinezelenye vodorosli SSSR* [Blue-green algae of the USSR]. Moscow, Leningrad, Izd-vo Akad. nauk SSSR, 1938–1949. Vol. I. 984 p.
5. Makarova I. V., Pichkily L. O. K nekotorym voprosam metodiki vychisleniia biomassy fitoplanktona [To methods of calculating phytoplankton biomass]. *Botanicheskii zhurnal*, 1970, vol. 55, no. 10, pp. 1488-1494.

6. Nesterova D. A. Raschet srednego vesa kletok massovykh vidov fitoplanktona na melkovod'e severo-zapadnoi chasti Chernogo moria [Calculating average weight of cells of mass phytoplankton species in shallow waters of north-western part of Black Sea]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 1976, vol. 12, no. 6, pp. 69-72.

7. Voloshko L. N. Fitoplankton reki Volgi i nekotorykh osnovnykh rukavov ee del'ty [Phytoplankton of Volga river and delta main tributaries]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 1969, vol. 5, no. 2, pp. 32-39.

8. Egorov S. N., Ivlieva L. M., Mironenko O. E. Sostoianie planktonnykh soobshchestv osnovnogo rusla r. Volgi (ot g. Volgograda do s. Zam'iany) v vesenne-letnii period 2005 g. [Conditions of plankton communities in main channel of river. Volga (from Volgograd to Zamyany village) in spring-summer period of 2005]. *Rybokhoziaistvennye issledovaniia na Kaspii*. Astrakhan', Izd-vo KaspNIRKh, 2006. Pp. 39-43.

9. Konstantinov A. S. *Obshchaia gidrobiologiya: uchebnyk* [General hydrobiology: textbook]. Moscow, Vysshiaia shkola, 1986. 472 p.

Статья поступила в редакцию 29.06.2022; одобрена после рецензирования 27.07.2022; принята к публикации 28.10.2022  
The article is submitted 29.06.2022; approved after reviewing 27.07.2022; accepted for publication 28.10.2022

### Информация об авторах / Information about the authors

**Татьяна Николаевна Зими́на** – аспирант кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; tanyshka\_0704@mail.ru

**Алевтина Георгиевна Ардабьева** – кандидат биологических наук; ведущий специалист лаборатории гидробиологии; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; ardabeva202@mail.ru

**Андрей Вячеславович Котельников** – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; kotas@inbox.ru

**Tatiana N. Zimina** – Postgraduate Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; tanyshka\_0704@mail.ru

**Alevtina G. Ardabyeva** – Candidate of Sciences in Biology; Leading Specialist of the Laboratory of Hydrobiology; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; ardabeva202@mail.ru

**Andrey V. Kotelnikov** – Doctor of Sciences in Biology, Assistant Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; kotas@inbox.ru

