

ФИТОПЛАНКТОН РЕКИ СОЛОНКА

Представлены результаты исследования фитопланктона р. Солонка (приток р. Казанка, Среднее Поволжье). Выявлено 95 таксонов внутривидового ранга из семи отделов. Основу видового разнообразия и количественного развития фитопланктона формируют зеленые, диатомовые, эвгленовые, криптофитовые, динофитовые и золотистые водоросли. Обилие фитопланктона умеренное (до 0.47 ± 0.10 млн. кл./л по численности, 0.28 ± 0.02 мг/л по биомассе) и соответствует олиготрофным условиям.

Ключевые слова: фитопланктон; таксономическая структура; биоиндикация; река Солонка.

DOI: <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2022.4.66.70>

Введение

Река Солонка (или Солоница) – правобережный приток р. Казанка (бассейн Куйбышевского водохранилища, Среднее Поволжье), имеет протяженность 25.8 км (Водные объекты..., 2018). Исток реки находится в лесном массиве в 3 км к северу от д. Большие Ковали (Высокогорский район Республики Татарстан), устье – вблизи с. Кадышево (г. Казань). Долина реки извилистая с голыми возвышенными берегами, питание реки смешанное. На водосборной территории расположены ландшафтный памятник природы «Семиозерский лес» и часть природного заказника «Голубые озера». Солонка, как и многие другие малые реки бассейна р. Казанка, слабо изучена в гидробиологическом отношении, что ограничивает возможности контроля за изменением биологического разнообразия и экологическим состоянием водотока, подверженного антропогенному влиянию. Цель работы – анализ структурных и количественных показателей летнего фитопланктона р. Солонка, биоиндикация экологического состояния реки по фитопланктону.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены в летнюю межень 2019 г. (с 18 июня по 11 июля). Пробы фитопланктона отобраны из поверхностного слоя воды на 7 створах (в каждом по 1–3 станции, данные по которым усреднялись по створу): 6 створов расположены на р. Солонка (I–VI), 1 створ – на одном из ее притоков (IIIa) (рис. 1). В общей сложности отобрано 19 проб фитопланктона. Сбор и обработка фитопланктона проведена по общепринятым методикам (Методика..., 1975). Для идентификации видовой принадлежности водорослей использованы определители серий «Определи-

тель пресноводных водорослей СССР» (1951–1982 гг.) и «Süßwasserflora von Mitteleuropa» (1983–2005 гг.) и др. Для эколого-географической характеристики видов использовали данные С.С. Бариновой с соавторами (Баринова и др., 2006). К массовым (доминирующим) отнесены виды/отделы, численность или биомасса которых составила не менее 10% от общей. Видовое разнообразие (индекс Шеннона) и выравненность обилия видов (индекс Пиелу) рассчитаны по численности (Шитиков и др., 2003). Характеристика трофического состояния акватории дана по классификации И.С. Трифионовой (1990), сапробиологический анализ проведен с помощью метода Пантле и Букка в модификации Сладечка (Sladecsek, 1973).

Сходство створов оценивали методом попарных сравнений с помощью индексов Серенсена (качественная мера) и Серенсена-Чекановского (количественная мера) (Шитиков и др., 2003). При кластеризации данных использовали метод Варда, в качестве метрики – нормированное евклидово расстояние, выраженное в процентах.

Результаты и их обсуждение

В фитопланктоне р. Солонка обнаружено 95 видов и внутривидовых таксонов водорослей из семи отделов: Cyanophyta (Cyanobacteria) – 9, Bacillariophyta – 21, Ochrophyta (класс Chrysophyceae) – 4, Cryptophyta – 4, Miozoa (класс Dinophyceae) – 4, Euglenozoa (Euglenophyta) – 19, Chlorophyta – 34 (табл. 1). Основу видового разнообразия (рис. 2) формируют зеленые (36% от общего числа видов), диатомовые (29%) и эвгленовые водоросли (20%). В эколого-географическом аспекте в фитопланктоне р. Солонка преобладают обитатели пресных вод (74%), широко распространенные (93%), планктонные (46%), литоральные

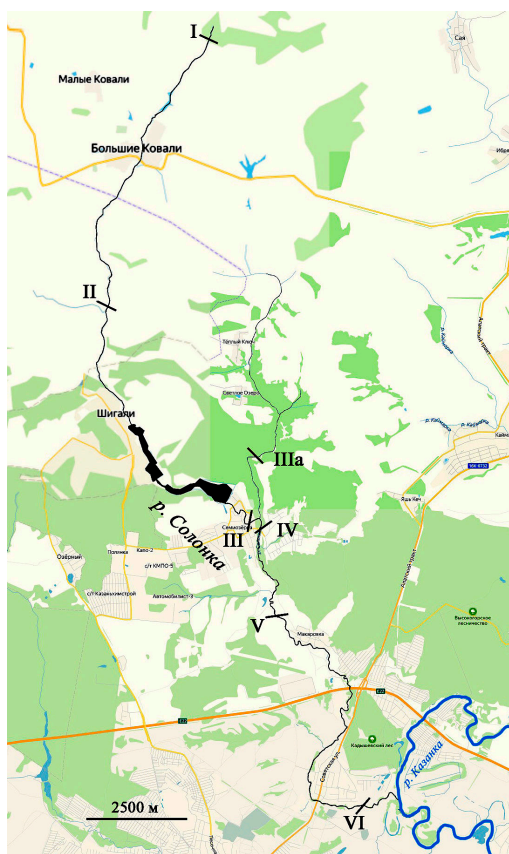


Рис. 1. Схема расположения гидробиологических створов на р. Солонка
Fig. 1. The layout of hydrobiological transects on the Solonka River

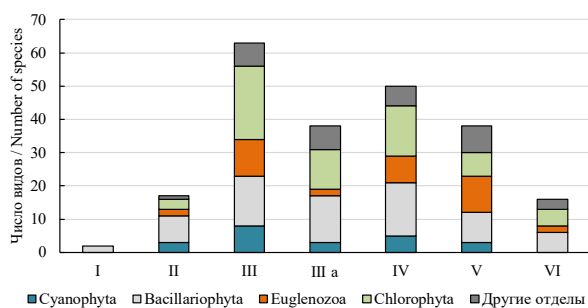


Рис. 2. Состав отделов водорослей и распределение числа видов в фитопланктоне р. Солонка (I–VI – створы)
Fig. 2. The composition of the algae divisions and the distribution of the number of species in the phytoplankton along the Solonka River (I–VI – transects)

(19%) формы и обрастатели (16%), значительна доля индифферентов (43%) и алкалифилов (17%).

Анализ родового спектра альгофлоры р. Солонка позволил выделить 4 ведущих рода по числу видовых и внутривидовых таксонов: *Scenedesmus* (7 видов) из Chlorophyta; *Euglena* (7), *Phacus* (5) и *Trachelomonas* (7) – из Euglenophyta. Для фитопланктона характерно неравномерное распределение видового состава и массовых видов вдоль

продольного профиля реки, в целом с невысокой степенью флористического сходства исследованных участков. В результате кластерного анализа створы расположились в «лестничном» порядке (рис. 3А). Это свидетельствует о биотопической неоднородности участков, наличии клинального эффекта (постепенного нарастания) влияния одного и/или нескольких факторов на формирование альгофлоры вдоль течения реки. Наибольшим сходством выделяются близко расположенные створы III и IV (65%) в среднем течении реки. Эти же створы отличаются наиболее высоким видовым богатством фитопланктона (50 видов и более). Здесь фитопланктон представлен массовыми видами золотистых (*S. pallida*), криптофитовых (*C. acuta*, *Cr. erosa*), диатомовых (*Nitzschia* sp.), эвгленовых (виды р. *Trachelomonas*), зеленых (виды р. *Monoraphidium*) и др. водорослей. Наименьшим сходством (менее 20%) видового состава выделяются исток и низовья реки (I и VI, соответственно), где наблюдается низкое видовое богатство. В фитопланктоне у истока реки (I) не отмечены значимые виды, единично встречаются диатомовые водоросли. В низовьях Солонки (VI) преобладают представители диатомовых (*Stephanodiscus* sp., *Nitzschia* sp.), криптофитовых (*C. acuta*) и зеленых (*Chlamydomonas* sp.) водорослей.

Неоднородность видового разнообразия фитопланктона сопровождается пространственным изменением его количественных показателей вдоль течения реки (рис. 4). Максимальное значение численности фитопланктона (0.47 млн. кл./л) отмечено в створе III. Наибольшей биомассой (0.28 мг/л) выделяется створ V, где основу биомассы (более 60%) формирует представитель Miozoa с миксотрофным типом питания *Peridinium aciculiferum*. Минимальные показатели обилия фиксируются у истока (I) и в низовьях (VI) реки.

Основу численности и биомассы фитопланктона формируют диатомовые, зеленые, криптофитовые, динофитовые, золотистые и эвгленовые водоросли. Развитие синезеленых водорослей незначительно и не превышает 3% от общей численности и биомассы фитопланктона.

В устьевой части (створ VI) преобладают диатомовые, зеленые и криптофитовые, в верхнем течении (I–II) – зеленые и диатомовые. На участке среднего течения реки (III–V) в составе фитопланктона встречаются виды-индикаторы β -мезосапробных условий из криптофитовых (представители р. *Cryptomonas*), динофитовых (*Ceratium hirundinella* (Müll.) Dujar. и виды р. *Peridinium*) и эвгленовых (представители р. *Euglena*, р. *Phacus* и р. *Trachelomonas*) водорослей, что может указы-

Таблица 1. Состав видов, входящих в комплекс доминирующих и субдоминирующих форм фитопланктона р. Солонка
 Table 1. Composition of species included in the complex of dominant and subdominant forms of phytoplankton of the Solonka River

Створы Transects	По численности By number	По биомассе By biomass
I	–	–
II	<i>Chlamydomonas</i> sp., 70%* <i>Nitzschia</i> sp., 25%	<i>Chlamydomonas</i> sp., 75% <i>Nitzschia</i> sp., 20%
III	<i>Monoraphidium arcuatum</i> Hindák, 25% <i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg, 15% <i>Dinobryon divergens</i> Imhof, 11% <i>Nitzschia</i> sp., 10% <i>Synochromonas pallida</i> Korshikov, 9% <i>Chroomonas acuta</i> Utermöhl, 5% <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenberg, 5% <i>Stephanodiscus</i> sp., 5% <i>Chlamydomonas</i> sp., 5%	<i>Cryptomonas erosa</i> , 21% <i>Synochromonas pallida</i> , 16% <i>Trachelomonas volvocina</i> , 10% <i>Nitzschia</i> sp., 10% <i>Stephanodiscus</i> sp., 10% <i>Chlamydomonas</i> sp., 10% <i>Dinobryon divergens</i> , 6% <i>Monoraphidium arcuatum</i> , 5%
IIIa	<i>Synochromonas pallida</i> , 44% <i>Monoraphidium arcuatum</i> , 21% <i>Chroomonas acuta</i> , 11% <i>Dinobryon divergens</i> , 10% <i>Chroomonas breviciliata</i> Nygaard, 10%	<i>Synochromonas pallida</i> , 70% <i>Monoraphidium arcuatum</i> , 10% <i>Dinobryon divergens</i> , 5% <i>Chroomonas acuta</i> , 5% <i>Chroomonas breviciliata</i> , 5%
IV	<i>Monoraphidium arcuatum</i> , 23% <i>Chroomonas acuta</i> , 20% <i>Nitzschia</i> sp., 20% <i>Stephanodiscus</i> sp., 15% <i>Trachelomonas volvocina</i> , 11%	<i>Nitzschia</i> sp., 25% <i>Stephanodiscus</i> sp., 20% <i>Trachelomonas volvocina</i> , 20% <i>Chroomonas acuta</i> , 10% <i>Monoraphidium arcuatum</i> , 8%
V	<i>Nitzschia</i> sp., 17% <i>Chroomonas acuta</i> , 13% <i>Peridinium aciculiferum</i> , 12% <i>Synochromonas pallida</i> , 8% <i>Scenedesmus denticulatus</i> Lagerheim, 8% <i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg, 5% <i>Stephanodiscus</i> sp., 5% <i>Carteria globosa</i> Korshikov, 5% <i>Chlamydomonas</i> sp., 5% <i>Monoraphidium arcuatum</i> , 5%	<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemmermann, 60% <i>Nitzschia</i> sp., 12% <i>Synochromonas pallida</i> , 6%
VI	<i>Stephanodiscus</i> sp., 25% <i>Nitzschia</i> sp., 20% <i>Chroomonas acuta</i> , 20% <i>Chlamydomonas</i> sp., 20%	<i>Nitzschia</i> sp., 36% <i>Chlamydomonas</i> sp., 28% <i>Chroomonas acuta</i> , 20% <i>Stephanodiscus</i> sp., 8%

* доля вида (%) от общей численности или биомассы фитопланктона
 the proportion of the species (%) of the total number or biomass of phytoplankton

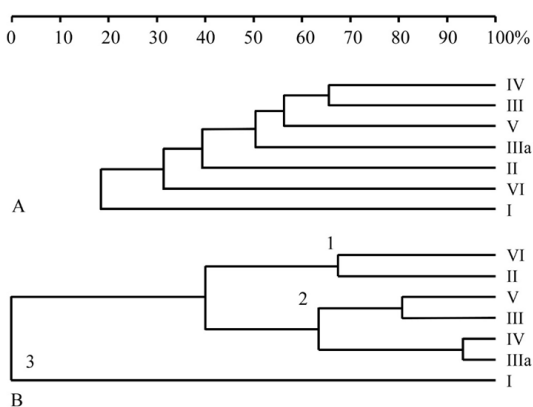


Рис. 3. Дендрограмма сходства створов р. Солонка по флористическому составу (А), численности и биомассе фитопланктона (В)
 Fig. 3. Dendrogram of similarity of phytoplankton of the Solonka river by floristic composition (A), abundance and biomass (B)

вать на загрязнение речных вод органическими веществами. Здесь основу обилия формируют диатомовые, зеленые, эвгленовые, криптофитовые, динофитовые и золотистые водоросли. Фитопланктон безымянного притока р. Солонка (IIIa) образован золотистыми, криптофитовыми и зелеными водорослями. Более высокое видовое разнообразие фитопланктона отмечено на створах III–V. На данном участке заметное участие в альгофлоре принимают эвгленовые водоросли. Здесь развиваются такие виды-индикаторы β-сапробных условий как *Euglena acus* (Müll.) Ehr., *E. caudata* Hübn., *E. proxima* Dang., *E. tripteris* (Dujar.) Klebs, *E. vermicularis* Prosk.-Lavr., а также *Phacus caudatus* Hübn., *Ph. curvicauda* Svir., *Ph. pleuronectes* (Müll.) Nitzs., *Ph. skujajae* Skvor., *Trachelomonas intermedia* Dang., *T. hispida* (Perty) Stein, *T. planctonica* Svir. и др.

Распределение количественного обилия фитопланктонных сообществ по продольному профилю реки условно разделилось на три кластера (рис. 3В). В кластер I объединились створы II и VI с низкими значениями численности (0.06–0.09 млн. кл./л) и биомассы

Таблица 2. Структурные показатели, индексы видового разнообразия и сапробности р. Солонка по фитопланктону
 Table 2. Structural indicators, species diversity index and saprobity index of the Solonka River by phytoplankton

Створы Transects	I	II	III	IIIa	IV	V	VI
Число видов в пробе Number of species in the sample	2	17	63	38	50	38	16
Численность общая, млн. кл./л Number total, mln. cells/L	0.001±0.001	0.09±0.06	0.47±0.10	0.22±0.05	0.22±0.07	0.33±0.14	0.06±0.01
Биомасса общая, мг/л Biomass general, mg/L	0.001±0.001	0.04±0.02	0.17±0.05	0.09±0.03	0.06±0.02	0.28±0.02	0.01±0.005
Индекс сапробности Saprobity index	1.50	1.53	1.87	1.74	1.64	1.66	1.57
Индекс Шеннона, бит/экз. Shannon index, bit/ex.	–	0.79	2.04	1.14	0.97	2.17	0.37
Индекс Пиелу Pielu index	–	0.50	0.93	0.95	0.65	0.97	0.37

(0.01–0.04 мг/л), расположенные на значительном удалении друг от друга. Во *кластер 2* вошли створы в средней части реки (III–V) и ее притока (IIIa) с относительно высокими показателями обилия (0.22–0.47 млн. кл./л и 0.06–0.28 мг/л). Обособленный *кластер 3* образовал исток реки (I) с минимальными количественными показателями.

В целом, обилие фитопланктона р. Солонка соответствовало величинам, свойственным олиготрофным водам. Умеренное развитие фитопланктона по численности и биомассе свидетельствует о благоприятном функционировании р. Солонка в период исследования.

Пространственная неоднородность таксономического состава и количественных показателей фитопланктона р. Солонка отразилась на варьировании значений индексов Шеннона и выравнимости Пиелу (табл. 2). Большой стабильностью среды обитания фитопланктона отличается средний участок р. Солонка, здесь значения индексов разнообразия (2.04–2.17 бит/экз.) и выравнимости (0.93–0.97) фитопланктона были наибольшими. Наименьшие значения индекса Шеннона (0.37 бит/экз.) и индекса Пиелу (0.37) наблюдались в нижней части реки.

По отношению к концентрации органических веществ в водной толще состав водорослей-индикаторов реки преимущественно образован β -мезосапробными формами (51%). Величина индекса сапробности изменялась по течению реки от 1.50 до 1.87, что соответствует олигосапробной– β -мезосапробной зоне («чистые–умеренно загрязненные воды»).

Заключение

В фитопланктоне р. Солонка отмечено 95 видов и внутривидовых таксонов водорослей из семи отделов. Основу его видового разнообразия и обилия формируют зеленые, диатомовые и эвгленовые, криптофитовые, динофитовые и золотистые водоросли. В сообществе преобладают широко распространенные планктонные формы, обитатели пресных вод.

Для фитопланктона р. Солонка отмечена пространственная неоднородность видового разнообразия (количество видов, индекс Шеннона, индекс Пиелу) и количественной структуры (общая численность и биомасса) по продольному профилю реки. В целом, обилие планктонного сообщества умеренное, значения численности и

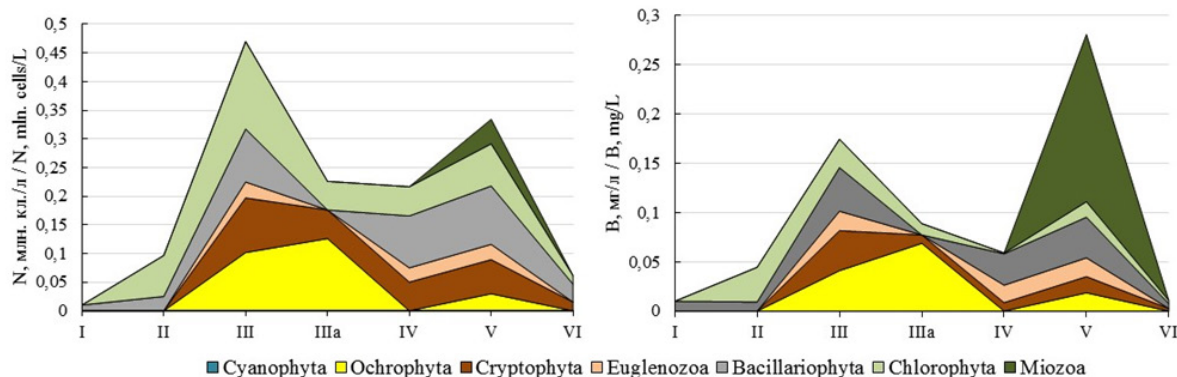


Рис. 4. Доля отделов в общей численности (N) и биомассе (B) фитопланктона р. Солонка
 Fig. 4. The share of divisions in the total number (N) and biomass (B) of phytoplankton of the Solonka River

биомассы соответствуют олиготрофным условиям, что свидетельствует об удовлетворительном состоянии водотока в период исследования. Вместе с тем, имеющаяся сельскохозяйственная и селитебная нагрузка водосборной территории, присутствие в среднем течении реки индикаторов загрязнения органическими веществами (криптофитовых, динофитовых и эвгленовых водорослей) указывает на возможные риски эвтрофирования отдельных речных участков.

Список литературы

1. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.
2. Водные объекты Республики Татарстан. Гидрографический справочник. Изд. 2-е. Казань: Фолиант, 2018. 512 с.
3. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. М.: Наука, 1975. 240 с.
4. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 184 с.
5. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
6. Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view // Archiv fur Hydrobiologie. Beiheft Ergebnisse der Limnologie. 1973. №7. P. 1–128.

References

1. Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. Bioraznoobrazie vodoroslej-indikatorov okruzhayushchej sredy [Biodiversity of algae-indicators of the environment]. Tel'-Aviv, 2006. 498 p.

2. Vodnye objekty Respubliki Tatarstan. Hidrograficheskij spravochnik. Izd. 2. [Water bodies of the Republic of Tatarstan. Hydrographic reference. Second edition]. Kazan': Foliant, 2018. 512 p.

3. Metodika izucheniya biogeocenzov vnutrennih vodoemov [Methods of studying biogeocenoses of inland reservoirs] / Ed. F.D. Morduhaj-Boltovskoi. Moscow: Nauka, 1975. 240 p.

4. Trifonova I.S. Ekologiya i sukcessiya ozernogo fitoplanktona [Ecology and succession of lake phytoplankton]. Leningrad: Nauka, 1990. 184 p.

5. Shitikov V.K., Rozenberg G.S., Zinchenko T.D. Kolichestvennaya gidroekologiya: metody sistemnoj identifikacii [Quantitative hydroecology: methods of system identification]. Tol'yatti, 2003. 463 p.

6. Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view // Archiv fur Hydrobiologie. Beiheft ergebnisse der limnologie. 1973. No7. P. 1–128.

Abramova K.I., Tokinova R.P. Phytoplankton of the Solonka River.

The results of the study of phytoplankton of the Solonka River (tributary of the Kazanka River, Middle Volga region) are presented. 95 taxa were identified within the generic rank from seven divisions. The basis of species diversity and quantitative development of phytoplankton is formed by green, diatom, euglenic, cryptophytic, dinophytic and golden algae. The abundance of phytoplankton is moderate (up to 0.47 ± 0.10 million cells/L in number, 0.28 ± 0.02 mg/L in biomass) and corresponds to oligotrophic conditions.

Keywords: phytoplankton; taxonomic structure; bioindication; Solonka River.

Раскрытие информации о конфликте интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / Disclosure of conflict of interest information: The author claims no conflict of interest

Информация о статье / Information about the article

Поступила в редакцию / Entered the editorial office: 14.10.2022
Одобрено рецензентами / Approved by reviewers: 28.10.2022
Принята к публикации / Accepted for publication: 10.11.2022

Информация об авторах

Абрамова Ксения Ивановна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Россия, 420087, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: kseniaiv@yandex.ru.

Токинова Римма Петровна, кандидат биологических наук, зав. лабораторией, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Россия, 420087, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: r.tokin@rambler.ru.

Information about the authors

Ksenia I. Abramova, Ph.D. in Biology, Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daur'skaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: kseniaiv@yandex.ru.

Rimma P. Tokinova, Ph.D. in Biology, Head of Laboratory, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daur'skaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: r.tokin@rambler.ru.

