



УДК 574.1

Эколого-флористическая характеристика фитопланктона в контактной зоне на каскаде Волжских водохранилищ

ЛАЗАРЕВА

Галина Александровна

кандидат биологических наук, Государственный университет «Дубна», lazarevg@mail.ru

ПОТЮТКО

Олег Михайлович

кандидат биологических наук, ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля», oleg.potyutko@gmail.com

Ключевые слова:

гидробиологический мониторинг
качественные характеристики
фитопланктона
каскад Волжских водохранилищ

Аннотация:

В работе обобщены результаты многолетних наблюдений за состоянием фитопланктона в контактной зоне на каскаде Волжских водохранилищ в период 2014–2018 гг., проведенных сетью гидробиологических лабораторий Росгидромет. Исследован каскад сменяющихся друг друга водных объектов различных типов, лежащих в различных географических зонах и характеризующихся различными гидрологическими факторами и интенсивностью антропогенной нагрузки. Проведен сравнительный анализ качественных и количественных характеристик фитопланктона контактной зоны вдоль русла реки Волги и ее водохранилищ, выявлены основные структурные характеристики фитопланктонного сообщества. Встречено 358 видов и вариаций фитопланктона, среди которых традиционно по числу видов преобладали диатомовые – 139 и зеленые водоросли – 133 вида; значительным видовым разнообразием обладали цианобактерии – 36 и эвгленовые – 24 вида; остальные отделы были представлены единичными видами: динофитовые – 5, золотистые – 13, криптофитовые – 7. Из желто-зеленых водорослей был встречен один вид.

© 2024 Петрозаводский государственный университет

Получена: 13 мая 2023 года

Опубликована: 02 мая 2024 года

Введение

Волга – один из важнейших водных объектов Европы и одна из 7 самых крупных рек мира. Длина Волги до создания каскада водохранилищ составляла 3690 км, площадь водосбора достигает 1.36 млн км². Среднегодовой сток – 9900 м³/с, что характеризует ее как наиболее многоводную реку России. Всего на территории водосбора располагается более 150000 притоков, из них более 200 крупных значимых притоков. Непосредственно в Волгу и ее водохранилища впадает 2600 рек. Воды Волги широко используются для хозяйственных нужд: от источника питьевой воды и рыбного промысла до производства электроэнергии на ГЭС. В результате широко развернувшегося гидростроительства бассейн превращен в каскад водохранилищ (Фортунатов, 1978).

Волга и ее притоки играют огромное значение в хозяйственной и рекреационной жизни человека, населяющего их берега. Антропогенная нагрузка, оказываемая на биоценозы исследуемых акваторий,

имеет продолжительную историю, насчитывающую многие тысячелетия, начиная с момента формирования на их берегах первых поселений и заканчивая сегодняшним днем. Уровень антропогенной нагрузки на водотоки постоянно возрастал, от вылова рыбных ресурсов и бытовых стоков до современного зарегулирования водотока и превращения его в каскад сообщающихся между собой водоемов искусственного происхождения. Очевидно, что исследованию этих процессов посвящено сложно обозримое количество работ, учитывая то, что Волга и ее притоки являются самыми густонаселенными водными объектами России. В настоящее время из существующих комплексных исследований каскада Волжских водохранилищ наиболее полные сведения о состоянии фитопланктона представлены в работах Л. Г. Корневой (2015). В обобщающей работе Г. М. Лаврентьевой (1977) проанализированы данные разных авторов за период 1956–1975 гг. Данные по фитопланктону Горьковского водохранилища приводятся в работах А. Г. Охапкина с соавторами (1997), Г. А. Лазаревой (2005). Результаты первичных исследований этого водохранилища отражены в работе А. Д. Приймаченко (1961), исследовавшего структурно-функциональные особенности фитопланктона в нижнеречной и озерной частях в 1956–1957 гг. Исследования фитопланктона Волги в районе затопления Чебоксарского водохранилища (1978–1980 гг.) проведены А. Г. Охапкиным (1994) и Г. А. Лазаревой (2005). Состав планктона нижнего течения р. Оки (вблизи Нижнего Новгорода) описан А. Г. Охапкиным с соавторами (2010). В работах В. Н. Паутовой (Паутова, Попченко, 2001; Паутова и др., 2009) изучены диатомовые водоросли планктона Куйбышевского водохранилища, в работе Н. Г. Тарасовой, Т. Н. Бурковой – фитопланктон водохранилища (2010). Результаты исследования фитопланктона Саратовского водохранилища представлены в работе И. И. Попченко (2001); Е. С. Кривина, Н. Г. Тарасова приводят данные наблюдений 2006–2007 гг. (2013). В работах Н. А. Зеленовской представлены результаты исследований Волгоградского водохранилища (2010, 2019). О. С. Решетняк с соавторами (2013) описывают характерные особенности многолетней сукцессии фитопланктона в низовьях Волги.

Антропогенную эвтрофикацию водных объектов можно подразделить на активную – непосредственный сброс в водную среду сточных вод и пассивную – возникающую в результате зарегулирования водотоков, в связи с чем происходит замедление скорости течения водотока, изменяется скорость течения гидрологических и гидрохимических процессов: осаждение минеральных взвесей, большая прогреваемость водной толщи, изменение кислородного режима, щелочной реакции среды и прочих характеристик, активно влияющих на формирование условий среды обитания гидробионтов. Ощутимый вклад в загрязнение водотоков вносят и загрязнения, поступающие в водотоки по средствам диффузного стока с полей и поступающие в прибрежную (контактную зону) водного объекта. В ответ на эти изменения в гидробиологических сообществах происходит изменение качественного и количественного состава, трофических связей и продуктивности экосистем.

Контактная зона является многократной границей пересечения поверхностей раздела различных сред с большой изменчивостью физико-химических и гидрофизических параметров. Она находится под влиянием дождевого и диффузного стоков, а также испытывает антропогенное воздействие, начиная от неконтролируемого стока удобрений аграрного комплекса и заканчивая рекреационной нагрузкой, свойственной всем водным объектам в летний период.

С вводом в эксплуатацию ГЭС на р. Волге произошло стремительное изменение гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров вод самой Волги, а также питающих ее притоков, вплоть до исчезновения малых рек выше плотин, кринальные водотоки и малые реки исчезли вовсе. Формирование акваторий водохранилищ привело к экологической перестройке в сообществах от риофильных к риолимнофильным и лимнофильным как выше гидроузлов, так и ниже. Эти процессы требуют углубленного изучения и многолетнего мониторинга на высоком таксономическом и экологическом уровнях для оценки нанесенного экологического ущерба и нахождения путей восстановления биологического потенциала экосистемы реки.

Основными источниками антропогенного загрязнения реки в настоящее время служат предприятия различных профилей, существенно увеличился сток бытовых отходов, поступающих от городов и поселков. С 1986 г. и по настоящее время на Волге в районе городов Чкаловск, Балахна, Нижний Новгород, Набережные Челны, Казань, Ульяновск, Тольятти, Самара, Новокуйбышевск, Сызрань, Балаково, Астрахань, Камызяк, а также на притоках Ока, Теша, Кудьма, Вятка, Зай, Казанка, Сок, Большой Кинель, Кондурча, Самара, Кривуша, Чапаевка, Чагра, Падовка, рукавах Ахтуба, Бузан, Кривая Болда, Камызяк для предупреждения возникновения неблагоприятных экологических последствий проводится государственный экологический мониторинг в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 6 июня 2013 г. № 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды». Однако специфика таких наблюдений

заключается в неизменности методов отбора и обработки материала, она не учитывает современного систематического статуса видов (Буйволов и др., 2016).

Приведенный выше обзор свидетельствует о том, что флористическая оценка описываемого участка р. Волги изучена достаточно подробно, однако нет полной картины формирования сообществ фитопланктона в прибрежных акваториях, которые служат первичным биофильтром загрязнения, поступающего с диффузным стоком, и сильнее всего подвержены антропогенной нагрузке, являясь, по сути, контактной зоной водного объекта. Они подвержены наибольшему антропогенному воздействию. В существующих исследованиях сведения об оценке качества вод крайне противоречивы. Они фактически не затрагивают прибрежных акваторий. К сожалению, ни одна из перечисленных выше работ не рассматривает прибрежные сообщества фитопланктона, а контактная зона, подверженная интенсивному антропогенному воздействию, не изучена вовсе. Это определило цель данной работы – дать эколого-флористическую характеристику фитопланктона контактных зон каскада Волжских водохранилищ, определить и уточнить современный состав флоры фитопланктона контактных зон.

Материалы

Материалом нашей работы послужили данные, полученные при проведении мониторинга фитопланктона контактных зон 5 водохранилищ Волжского бассейна: Горьковского, Чебоксарского, Куйбышевского, Саратовского, Волгоградского, а также 16 притоков, питающих эти водохранилища: Кудьма, Теша, Ока, Сок, Кондурча, Самара, Большой Кинель, Падовка, Чапаевка, Кривуша, Съезжая, Чагра, Вятка, Казанка, Степной Зай, Бугульминский Зай, 5 рукавов дельты Волги: Камызяк, Кривая Болда, Бузан, Ахтуба и Кигач. Кроме того, регулярные наблюдения производятся на озере Средний Кабан (Попов, Потютко, 2021).

Методы

Пробы фитопланктона отбирали батометром Руттнера в прибрежной зоне водных объектов в верхнем горизонте 0.0–0.5 м. Общий объем пробы – 1 л. Отобранные пробы консервировали фиксатором Кузьмина (Кузьмин, 1975). Для подсчета качественных и количественных показателей фитопланктона пробы сгущались стандартным методом седиментации (Руководство..., 1992). Водоросли просчитывали под микроскопом Carl Zeiss AxioLab в камере Нажотта объемом 0.005 мл в проходящем свете (увеличение в 400–640 раз). Качественный состав определен на 92 % до уровня вида и лишь в 8 % до уровня рода.

Идентификацию качественного состава альгофлоры проводили по «Определителю пресноводных водорослей СССР» (Забелина, Мейер, 1953; Голлербах и др., 1953; Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Паламарь-Мордвинцева, 1982; Мошкова, Голлербах, 1986; Водоросли..., 2006; Диатомовые водоросли..., 2002), а также Tikkanen, 1986. Для определения современного статуса видов были использованы международные базы данных AlgaeBase (<https://www.algaebase.org>) и GBIF (<https://www.gbif.org>).

В настоящей работе счетные единицы и методика расчета их объемов были выбраны в соответствии с рекомендациями ХЕЛКОМ (HELCOM, 1988). Вычисления биомассы фитопланктона проводились с определением объема клеток различных видов водорослей методом геометрического подобия (форма клеток приравнивается к близкому геометрическому телу, по формулам, известным из стереометрии, вычислялся их биообъем), при этом плотность (удельный вес) водорослей условно принималась равной единице. К доминирующим относили виды и группы видов водорослей, составлявшие более 10 % от общей биомассы. Для оценки пространственного распределения рассчитывали частоту встречаемости F (%), вычисляемой как отношение количества станций, на которых был встречен вид, к общему числу станций. Данные по экологии и распространению видов взяты из монографии «Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги» (Корнева, 2015).

Результаты

В контактных зонах исследуемых акваторий (по данным наблюдений за 2014–2018 гг.) в составе фитопланктона встречено 358 видов, подвидов и вариаций, среди которых традиционно наибольшее видовое разнообразие принадлежало диатомовым (Bacillariophyceae) – 139 видов (38.8 % от общего числа видов, определенных за указанный период) и зеленым (Chlorophyceae) – 133 вида (37.2 %). Меньшим видовым разнообразием отличаются цианобактерии (Cyanophyceae) – 36 видов (10.1 %) и эвгленовые (Euglenophyceae) – 24 (6.7 %). Единичные виды встречены среди динофитовых (Dinophyceae) – 5 (1.4 %),

криптофитовых (Cryptophyceae) – 7 (1.9 %) и золотистых (Chrysophyceae) – 13 (3.6 %) водорослей. За весь период исследований был встречен единственный вид желто-зеленых (Xanthophyceae).

Наибольшее число видов отмечено в Куйбышевском (139) и Чебоксарском (126) водохранилищах. В Саратовском, Волгоградском и Горьковском водохранилищах встречено минимальное число видов – 117, 113 и 108 соответственно. Таким образом, на флористическое богатство планктона водохранилищ влияют не только площади мелководий, но и наличие крупных притоков. Среди водотоков наибольший качественный состав отмечен для рек Ока (128 видов) и Самара (109 таксонов).

В целом в исследованной акватории основу фитопланктона формируют диатомовые и зеленые водоросли, их доля в качественном составе составила 39 и 37 % от общего числа встреченных видов. При этом в Горьковском и Чебоксарском водохранилищах, а также в исследованных реках Верхней Волги зеленые водоросли преобладают и составляют от 40 до 61 % от общего числа встреченных видов, диатомовые водоросли составляли лишь 23–39 %. В Куйбышевском, Саратовском и Волгоградском водохранилищах, а также водотоках Нижней Волги и большинстве рек по числу видов доминируют диатомовые (41–59 % от общего списка видов водоема), доля зеленых водорослей составляет от 16 до 36 %. Таким образом, число зеленых водорослей постепенно снижается от Верхней и Средней к Нижней Волге, а число видов диатомовых возрастает. Вклад цианобактерий в видовом разнообразии Верхней и Средней Волги составляет около 5 %, максимальное их разнообразие характерно для Нижней Волги – в среднем 10 %. Остальные классы водорослей представлены менее чем 10 % от общего качественного состава фитопланктона акваторий.

Число общих видов водорослей, обнаруженных в контактной зоне всех исследованных водных объектов, ограничено лишь двумя видами: диатомовые *Stephanodiscus hantzschii* Grunow, *Nitzschia acicularis* (Kützing) W. Smith.

По Одуму (1975), вид считается обязательным для данной территории, если его содержат более 50 % выборок, второстепенным – от 25 до 50 %, случайным, если он найден менее чем в 25 % выборок. Поскольку каждая проба фитопланктона представляет собой случайную выборку из генеральной совокупности, авторы избрали этот подход для предварительной классификации. Исследованная зона является контактной, для нее характерно развитие макрофитов (Потютко, 2016) с различной степенью зарастания, что приводит к замедлению поверхностных течений и высокой прогреваемости вод, в которых произведены исследования, в то же время диффузные и дождевые стоки вызывают эффект «разбавления», что, в свою очередь, совместно с активным ветровым переносом и градиентными течениями приводит к мозаичности распределения фитопланктона в прибрежной зоне. Поэтому для наиболее детального анализа флоры мы подразделяем обязательные виды на доминирующие – более 50 % частоты встречаемости, преобладающие – в диапазоне от 25 до 50 %, характерные – 20–25 %, сопутствующие – 10–20 %, а к случайным относим те, что встречаются менее чем в 10 % проб.

По частоте встречаемости в материале, собранном в контактных зонах гидрографического района, доминировали 4 вида водорослей от 50 до 86 %, из которых в 86 % проб встречен лишь 1 вид (*Stephanodiscus hantzschii* Grunow), остальные представители доминантного комплекса встречались в каждой второй пробе (50–68 %). Среди доминирующих видов – представители диатомовых – 4 вида (*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *Stephanodiscus hantzschii* Grunow, *Skeletonema subsalsum* (A. Cleve) Bethge, *Nitzschia acicularis* (Kützing) W. Smith), 2 вида зеленых (*Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová, *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson), по 1 виду криптофитовых (*Komma caudata* (L. Geitler) D. R. A. Hill) и цианобактерий (*Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault).

К преобладающим нами отнесено 15 видов, их частоты варьировали от 27 до 47 %. Из них 8 видов – диатомовые (*Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, *A. Subarctica* (O. Müller) E. Y. Haworth, *Stephanocyclus meneghinianus* (Kützing) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek 2022, *Melosira varians* C. Agardh, *Stephanodiscus binderanus* (Kützing) Krieger, *S. Minutulus* (Kützing) Cleve & Möller, *Synedra acus* Kützing, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère 2001), 3 вида зеленых (*Actinastrum hantzschii* Lagerheim, *Coelastrum microporum* Nägeli, *Mucidosphaerium pulchellum* (H. C. Wood) C. Bock, Proschold & Krienitz 2011), 2 вида цианобактерий (*Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg 1992, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing) и по 1 виду криптофитовых (*Cryptomonas ovate* Ehrenberg) и золотистых (*Chrysococcus biporus* Skuja).

К характерным видам, с частотами от 20 до 25 %, отнесены 11 видов, 5 из которых принадлежат к отделу диатомовых (*Asterionella formosa* Hassall, *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen, *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Navicula exigua* (W. Gregory) Grunow, *Nitzschia holsatica* Hustedt), 4 вида зеленых (*Monoraphidium griffithii* (Berkeley) Komarkova-Legnerova, *Pediastrum duplex* Meyen, *Desmodesmus opoliensis* (P. G. Richter) E. Hegewald, *Tetrastrum staurogeniiforme* (Schroder) Lemmermann), 2 вида

криптофитовых (*Cryptomonas marssonii* Skuja, *C. ovata* Ehrenberg).

К группе сопутствующих видов, с частотами встречаемости 10–20 %, следует отнести 20 видов диатомовых водорослей, 24 вида зеленых, 4 вида цианобактерий и 1 вид эвгленовых.

В Горьковском водохранилище по частоте встречаемости доминировали 15 видов водорослей (табл. 1), среди которых в каждой пробе встречалось 4 вида – по 2 вида диатомовых (*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *A. subarctica* (O. Müller) E. Y. Haworth), 2 вида цианобактерий (*Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing). К преобладающим отнесено 9 видов, из них 5 видов диатомовых, 3 вида зеленых и 1 вид цианобактерий. К характерным видам отнесено 9 видов, из них 2 вида диатомовых, 5 видов зеленых и по 1 виду криптофитовых и эвгленовых. К группе сопутствующих видов следует отнести 49 видов, из них 20 диатомовых водорослей, 24 вида зеленых, 4 вида цианобактерий и 1 вид эвгленовых.

Таблица 1. Частоты встречаемости видов водорослей в контактной зоне Горьковского водохранилища

Виды
<i>Asterionella Formosa</i> Hassall, <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, <i>A. islandica</i> (O. Müller) Simonsen, <i>A. subarctica</i> (O. Müller) E. Y. Haworth, <i>Stephanocyclus meneghinianus</i> (Kützing) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek 2022, <i>Skeletonema subsalsum</i> (A. Cleve) Bethge, <i>Stephanodiscus binderanus</i> (Kützing) Krieger, <i>S. hantzschii</i> Grunow, <i>S. minutulus</i> (Kützing) Cleve & Möller, <i>Thalassiosira inserta</i> I. V. Makarova, <i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, <i>Chrysococcus biporus</i> Skuja, <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault, <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, <i>Komma caudata</i> (L. Geitler) D. R. A. Hill
<i>Actinocyclus normanii</i> (W. Gregory ex Greville) Hustedt, <i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen, <i>Diatoma elongata</i> (Lyngbye) C. Agardh, <i>Melosira varians</i> C. Agardh, <i>Coelastrum microporum</i> Nägeli, <i>Scenedesmus intermedius</i> var. <i>bicaudatus</i> Hortobágyi, <i>S. quadricauda</i> (Turpin) Brébisson, <i>Dolichospermum perturbatum</i> (H. Hill) Wacklin, L. Hoffmann & Komárek, nom. Inval.
<i>Staurisira construens</i> Ehrenberg, <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère, <i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H. C. Wood) C. Bock, Proschold & Krienitz, <i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg, <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová, <i>Pandorina morum</i> (O. F. Müller) Bory, <i>Desmodesmus intermedius</i> (Chodat) E. Hegewald, <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja, <i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg

В Чебоксарском водохранилище доминировало 20 видов водорослей (табл. 2), из которых в 100 % проб встречались 2 вида – 1 вид диатомовых (*Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Cleve & Möller), 1 вид криптофитовых (*Komma caudate* (L. Geitler) D. R. A. Hill). Всего среди доминирующих видов диатомовых – 11, зеленых – 6, цианобактерий – 2, криптофитовых – 1 вид. К преобладающим относятся 27 видов, из них 6 видов диатомовых, 18 видов зеленых водорослей и 1 вид цианобактерий. К характерным видам отнесено 9 видов, из них 3 вида диатомовых, 5 видов зеленых и 1 вид динофитовых. К группе сопутствующих видов следует отнести 29 видов, из них 9 видов диатомовых водорослей, 17 видов зеленых, 2 вида криптофитовых.

Таблица 2. Частоты встречаемости видов водорослей в контактной зоне Чебоксарского водохранилища

Виды
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen, <i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, <i>A. islandica</i> (O. Müller) Simonsen, <i>A. subarctica</i> (O. Müller) E. Y. Haworth, <i>Stephanocyclus meneghinianus</i> (Kützing) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek 2022, <i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith, <i>Skeletonema subsalsum</i> (A. Cleve) Bethge, <i>Stephanodiscus binderanus</i> (Kützing) Krieger, <i>S. hantzschii</i> Grunow, <i>S. minutulus</i> (Kützing) Cleve & Möller, <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère, <i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim, <i>Coelastrum microporum</i> Nägeli, <i>C. pseudomicroporum</i> Korshikov, <i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H. C. Wood) C. Bock, Proschold & Krienitz, <i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, <i>Tetrastrum staurigeniaeforme</i> (Schröder) Lemmermann, <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault, <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, <i>Komma caudate</i> (L. Geitler) D. R. A. Hill
<i>Asterionella formosa</i> Hassall, <i>Diatoma elongatum</i> (Lyngbye) C. Agardh, <i>Melosira varians</i> C. Agardh, <i>Surirella ovata</i> Kützing, <i>Synedra acus</i> Kützing, <i>Thalassiosira inserta</i> I. V. Makarova, <i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim, <i>A. hantzschii</i> var. <i>subtile</i> Woloszynska, <i>Coelastrum pseudomicroporum</i> Korshikov, <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze, <i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> Van Goor, <i>Didymocystis lineate</i> Korshikov, <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová, <i>Oocystis borgei</i> J. W. Snow, <i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>longicorne</i> (Reinsch) P. M. Tsarenko, <i>Pediastrum duplex</i> Meyen, <i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) S. S. An, T. Friedl & E. Hegewald, <i>D. magnus</i> (Meyen) P. M. Tsarenko, <i>D. abundans</i> (Kirchner) E.H.Hegewald, <i>Scenedesmus acutus</i> Meyen, <i>S. acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat, <i>S. intermedius</i> var. <i>acutispinus</i> (Y. V. Roll) E. Hegewald & An, <i>S. opoliensis</i> , <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja, <i>Dolichospermum perturbatum</i> (H. Hill) Wacklin, L. Hoffmann & Komárek, nom. inval.
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski, <i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow, <i>Stephanodiscus invisitatus</i> M. H. Hohn & Hellerman, <i>Pseudodidymocystis fina</i> (Komárek) E.Hegewald & Deason, <i>D. inconspiqua</i> Korshikov, <i>Pandorina morum</i> (O. F. Müller) Bory, <i>Scenedesmus spinosus</i> Chodat, <i>Siderocelis ornate</i> (Fott) Fott

В Куйбышевском водохранилище доминировали 2 вида диатомовых водорослей (табл. 3) (*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen – 85 %, *Stephanodiscus hantzschii* Grunow – 75 %). К преобладающим относится 20 видов, из них 12 видов диатомовых, по 3 вида зеленых и криптофитовых водорослей, 2 вида цианобактерий. К характерным видам отнесено 4 вида, из них 2 вида диатомовых, по 1 виду зеленых водорослей и цианобактерий. К группе сопутствующих видов относятся 29 видов, из них 13 диатомовых водорослей, 9 видов зеленых, 2 вида криптофитовых, 4 вида цианобактерий и 1 вид эвгленовых.

Таблица 3. Частоты встречаемости видов водорослей в контактной зоне Куйбышевском водохранилища

Виды	5
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, <i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	
<i>Aulacoseira islandica</i> (O. Müller) Simonsen, <i>Aulacoseira subarctica</i> (O. Müller) E. Y. Haworth, <i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmermann) Lemmermann, <i>Diatoma elongate</i> (Lyngbye) C. Agardh, <i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith, <i>N. holsatica</i> Hustedt, <i>N. pusilla</i> Grunow, <i>Skeletonema subsalsum</i> (A. Cleve) Bethge, <i>Stephanodiscus binderanus</i> (Kützing) Krieger, <i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round, <i>Synedra acus</i> Kützing, <i>Fragilaria radians</i> (Kützing) D. M. Williams & Round, <i>Chlamydomonas globosa</i> J. W. Snow, <i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmermann) Lemmermann, <i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, <i>Komma caudate</i> (L. Geitler) D. R. A. Hill, <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja, <i>C. ovata</i> Ehrenberg, <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault, <i>Planktolynbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg	
<i>Asterionella formosa</i> Hassall, <i>Melosira varians</i> C. Agardh, <i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Komárková-Legnerová, <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	

В Саратовском водохранилище доминировали 6 вида водорослей (табл. 4) из которых в 100 % проб встретился 1 вид диатомовых (*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen). Всего в доминирующих видах – 4 вида диатомовых, 1 вид динофитовых. К преобладающим относятся 19 видов, из них 10 видов диатомовых, 2 вида зеленых водорослей, 3 вида криптофитовых водорослей и 4 вида цианобактерий. К характерным видам отнесено 5 видов, из них 3 вида диатомовых и 2 вида зеленых. К группе сопутствующих видов относятся 32 вида, из них 20 видов диатомовых водорослей, 7 видов зеленых, 4 вида цианобактерий и 1 вид динофитовых водорослей.

Таблица 4. Частоты встречаемости видов водорослей в контактной зоне Саратовского водохранилища

Виды	5
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, <i>Nitzschia pusilla</i> Grunow, <i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round, <i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow, <i>Komma caudate</i> (L. Geitler) D. R. A. Hill	
<i>Aulacoseira islandica</i> (O. Müller) Simonsen, <i>A. subarctica</i> (O. Müller) E. Y. Haworth, <i>Diatoma vulgaris</i> Bory, <i>Melosira varians</i> C. Agardh, <i>Navicula reinhardtii</i> (Grunow) Grunow, <i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith, <i>N. holsatica</i> Hustedt, <i>Skeletonema subsalsum</i> (A. Cleve) Bethge, <i>Synedra acus</i> Kützing, <i>S. acus</i> var. <i>radians</i> (Kützing) Hustedt, <i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmermann) Lemmermann, <i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová, <i>Cryptomonas caudate</i> J. Schiller, <i>C. marssonii</i> Skuja, <i>C. ovata</i> Ehrenberg, <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault, <i>Lyngbya limnetica</i> Lemmermann, <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, <i>Pseudanabaena mucicola</i> (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe, <i>Cymbella affinis</i> Kützing, <i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith, <i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch, <i>Chlamydomonas globosa</i> J. W. Snow, <i>Tetraselmis arnoldii</i> (Proshkina-Lavrenko) R. E. Norris, Hori & Chihara	

В Волгоградском водохранилище доминировал 1 вид диатомовых водорослей (табл. 5). К преобладающим относятся 9 видов, из них 7 видов диатомовых, 2 вида криптофитовых водорослей. К характерным видам отнесено 5 видов, из них 4 вида диатомовых и 1 вид криптофитовых водорослей. К группе сопутствующих видов относятся 28 видов, из них 21 вид диатомовых водорослей, 2 вида зеленых, 3 вида цианобактерий и 2 вида криптофитовых водорослей.

Таблица 5. Частоты встречаемости видов водорослей в контактной зоне Волгоградского водохранилища

Виды	5
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	
<i>Aulacoseira islandica</i> (O. Müller) Simonsen, <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Cleve, <i>Diatoma vulgaris</i> Bory, <i>Melosira varians</i> C. Agardh, <i>Navicula reinhardtii</i> (Grunow) Grunow, <i>Nitzschia pusilla</i> Grunow, <i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow, <i>Komma caudata</i> (L. Geitler) D. R. A. Hill, <i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg, <i>Cymbella affinis</i> Kützing, <i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith, <i>N. holsatica</i> Hustedt, <i>N. pusilla</i> Grunow, <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	

На **Нижней Волге в рукавах дельты** доминировали 14 видов, из которых в 92-100 % проб встречались 4 вида (3 диатомовых, 1 цианобактерии). Всего к доминирующим видам (табл. 6) относятся 9 видов диатомовых водорослей, 4 вида зеленых, 1 вид цианобактерий. К преобладающим относятся 14 видов, из них 10 видов диатомовых, по 2 вида зеленых водорослей и цианобактерий. К характерным видам отнесено 8 видов, из них 5 видов диатомовых, 1 вид зеленых водорослей и 2 вида цианобактерий. К группе сопутствующих видов относятся 28 видов, из них 6 видов диатомовых водорослей, 1 вид зеленых, 3 вида цианобактерий и 1 вид динофитовых водорослей.

Таблица 6. Частоты встречаемости видов водорослей в контактной зоне Нижней Волги

Виды	
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg, <i>Navicula exigua</i> (W. Gregory) Grunow, <i>N. gastrum</i> (Ehrenberg) Kützing, <i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith, <i>N. paleacea</i> (Grunow) Grunow, <i>Skeletonema subsalsum</i> (A. Cleve) Bethge, <i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow, <i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim, <i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proshkina-Lavrenko, <i>Pediastrum duplex</i> Meyen, <i>Senedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson, <i>Planktolingbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg	51
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing, <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, <i>Gomphonella</i> <i>calcareo</i> (Cleve) R. Jahn & N. Abarca, <i>Navicula cryptocephala</i> Kützing, <i>N. rhynchocephala</i> Kützing, <i>Prestauroneis protracta</i> (Grunow) Kulikovskiy & Glushchenko, <i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky, <i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith, <i>Synedra acus</i> Kützing, <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compere, <i>Desmodesmus intermedius</i> (Chodat) E. Hegewald, <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová, <i>Microcystis pulverea</i> (H. C. Wood) Forti, <i>Tetradesmus lagerheimii</i> M. J. Wynne & Guiry	25
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen, <i>Cymbella affinis</i> Kützing, <i>Melosira varians</i> C. Agardh, <i>Navicula radiosa</i> Kützing, <i>N. reinhardtii</i> (Grunow) Grunow, <i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H. C. Wood) C. Bock, Proschold & Krienitz, <i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli, <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	20

Эколого-географический анализ прибрежных зон исследованных водохранилищ показал, что в биогеографическом отношении альгофлора представлена космополитными видами 327 видов (91.3 %), к бореальным относятся лишь 5 видов (1.4 %), северо-альпийским и субтропическим – по 1 виду (0.3 %), к малоизученным – 23 вида (6.7 %) (табл. 7).

Таблица 7. Биогеографическая характеристика фитопланктона контактной зоны на каскаде Волжских водохранилищ (распространение видов)

Водохранилище	Кол-во видов	Космополитный	Бореальный	Северо-альпийский	Субтропический	Малоизученный биогеографический
Горьковское	109	102	2	1	-	4
Чебоксарское	127	116	2	1	1	7
Куйбышевское	142	129	3	-	-	10
Саратовское	120	110	3	-	-	7
Волгоградское	113	104	2	-	-	7
В целом по каскаду вдхр. и притокам	358	327	5	1	1	24

Северо-альпийский вид (*Aulacoseira subarctica* (O. Müller) E. Y. Haworth) встречен в Горьковском и Чебоксарском водохранилищах, субтропический (*Coelastrum indicum* W. B. Turner) – в Чебоксарском (см. табл. 7).

Среди бореальных видов – представители диатомовых (3 вида) и золотистых водорослей (1 вид). На Верхней Волге (Горьковское, Чебоксарское водохранилища и некоторые их притоки) встречено только 2 вида: *Thalassiosira incerta* I. V. Makarova, *Kephyrion rubri-claustri* Conrad; на Средней и Нижней Волге – 3 вида: *Cymbella falsana diluviana* (Krasske) Lange-Bertalot & Metzeltin, *Navicula menisculus* Schumann, *Nitzschia sublinearis* Hustedt.

По принадлежности к жизненным формам подавляющее большинство всего видового состава – истинно-планктонные формы – 39.1 % (140 видов), планктонно-перифитонных – 16.8 % (60 видов), литоральных видов – 10.3 %, бентосных видов – 9.5 %, видов обрастаний – 5.9 %, большое количество планктонно-перифитонных видов – 16.8 % (табл. 8).

Таблица 8. Жизненные формы фитопланктона контактной зоны на каскаде Волжских водохранилищ

Водохранилище	Горь-ковское	Чебок-сарское	Куйбы-шевское	Сара-товское	Волг
---------------	--------------	---------------	---------------	--------------	------

Планктонно-перифитонно-бентосный	4	4	7	7
Планктонно-перифитонно-эврибионтный	1	1	2	1
Планктонно-литоральный	-	-	-	-
Планктонно-бентосно-эврибионтный	1	1	1	1
Бентосно-планктонный	3	3	9	7
Перифитонно-бентосный	-	-	2	3
Перифитонно-планктонный	1	1	7	7
Планктонно-перифитонный	41	47	24	14
о - перифитонный (обрастания)	-	2	5	6
л - литоральный	2	4	13	9
п - планктонный	55	61	60	50
б - бентосный	1	3	11	14
э - эврибионтный	-	-	1	1

Встречены также перифитонно-бентосные виды - 5 (1.4 %) и другие жизненные формы. Отмечен лишь один эврибионтный вид (*Pseudanabaena mucicola* (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe) в Куйбышевском, Саратовском и Волгоградском водохранилищах, а также р. Чапаевке (левый приток р. Волги, устье реки ниже г. Самары). Также единично представлен планктонно-перифитонно-эврибионтный вид (*Diatoma elongata* (Lyngbye) C. Agardh), встреченный во всех исследованных водохранилищах и большинстве изученных рек Верхней, Средней и Нижней Волги.

По отношению к солености 74.9 % (268 видов) - индифферентные виды, олигогалобы - 9.2 % (33 вида), галлофилы - 7.0 % (25 видов), мезогалобы - 3.1 % (11 видов), галлофобы - 1.1 % (4 вида). По изменению соотношения индикаторных групп прослеживалось влияние зональности водных объектов: по мере нарастания минерализации воды в направлении от Верхней к Нижней Волге увеличивалось число галофилов (от 5 до 11) и мезогалобов (от 0 до 6), а галофобов - снижалось (от 2 до 1) (табл. 9).

Таблица 9. Галобность видов фитопланктона контактной зоны на каскаде Волжских водохранилищ

Водохранилище	Галофоб	Галофил	Индифферент	Мезогалоб	Олигогалоб	Нет да
Горьковское	2	5	89	-	10	3
Чебоксарское	2	7	103	-	11	4
Куйбышевское	1	11	108	3	13	6
Саратовское	1	11	92	4	8	4
Волгоградское	1	11	83	6	7	5
В целом по каскаду вдхр. и притокам	4	25	268	11	33	17

Галофобы представлены 3 видами диатомовых водорослей (*Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen, *A. subarctica* (O. Müller) E. Y. Haworth, *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve) и 1 видом эвгленовых (*Trachelomonas planctonica* f. *Ornata* (Skvortzov) Popova). Таксоны *Aulacoseira distans* и *A. subarctica* встречены в Горьковском и Чебоксарском водохранилищах и их притоках. В водохранилищах Средней и Нижней Волги, а также в их притоках отмечен галофобный вид *Caloneis amphisbaena*. Таксон *Trachelomonas planctonica* встречен лишь на р. Падовке (устье реки - в правобережной пойме р. Самары).

Галофилы представлены 22 видами, лишь 2 из них, относящихся к диатомовым водорослям, встречены в Горьковском и Чебоксарском водохранилищах и некоторых их притоках (*Cocconeis pediculus* Ehrenberg, *Placoneis clementis* (Grunow) E. J. Cox). Также только 2 вида встречены в протоках и рукавах Нижней Волги (диатомовые - *Prestauroneis protracta* (Grunow) Kulikovskiy & Glushchenko и цианобактерии - *Monoraphidium griffithii* (Berkeley) Komárková-Legnerova).

Виды-мезогалобы встречены в Куйбышевском, Саратовском и Волгоградском водохранилищах и некоторых притоках. Все 11 видов - представители диатомовых водорослей, наиболее часто

встречаемые – *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J. C. Lewin, *Nitzschia reversa* W. Smith, *Tabularia tabulate* (C. Agardh) Snoeijs.

Олигогалобы представлены 33 видами, лишь 2 из них встречаются в водоемах и водотоках Верхней Волги и рукавах и протоках Нижней Волги – это представители зеленых водорослей (*Mucidosphaerium pulchellum* (H. C. Wood) C. Bock, Proschold & Krienitz) и цианобактерий (*Merismopedia tenuissima* Lemmermann).

По отношению к рН воды выявлено 277 таксонов-индикаторов, преобладают индифференты – 44.7 % (160 видов), алкалифилов и алкалибионтов – 31.6 % (113 видов), ацидофилов и ацидобионтов – 1.1 % (4 вида) (табл. 10).

Таблица 10. Количество видов фитопланктона контактной зоны на каскаде Волжских водохранилищ по отношению к рН

Водохранилище	Алкалифил + алкалибионт	Ацидофил + ацидобионт	Индифферент	Нет
Горьковское	22	2	60	
Чебоксарское	27	2	70	
Куйбышевское	54	-	54	
Саратовское	50	-	38	
Волгоградское	53	-	36	
В целом по каскаду вдхр. и притокам	113	4	160	

Индифференты в основном представлены видами зеленых (99 видов) и диатомовых (24 вида) водорослей, алкалифилы – диатомовыми (99 видов).

В Горьковском и Чебоксарском водохранилищах преобладали индифференты, в Саратовском и Волгоградском – алкалифилы. В Куйбышевском водохранилище индифференты и алкалифилы представлены в одинаковом количестве.

Ацидофилы представлены 2 видами диатомовых (*Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen, *Aulacoseira subarctica* (O. Müller) E. Y. Haworth) и по одному виду цианобактерий (*Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli) и эвгленовых водорослей (*Trachelomonas planctonica* f. *Ornate* (Skvortzov) Popova).

По численности в большинстве исследованных водных объектов (водохранилищах и реках) доминировали диатомовые водоросли, за исключением рек Вятка, Казанка, Кудьма, Ока. В этих реках доминировали зеленые водоросли по численности, как и в озере Средний Кабан. В Чебоксарском водохранилище и реке Кривуша содоминировали диатомовые и зеленые водоросли.

Соотношение доминирующих отделов водорослей по численности в контактной зоне исследованных водохранилищ и доля преобладающих видов в общей численности представлены на рис.

1.

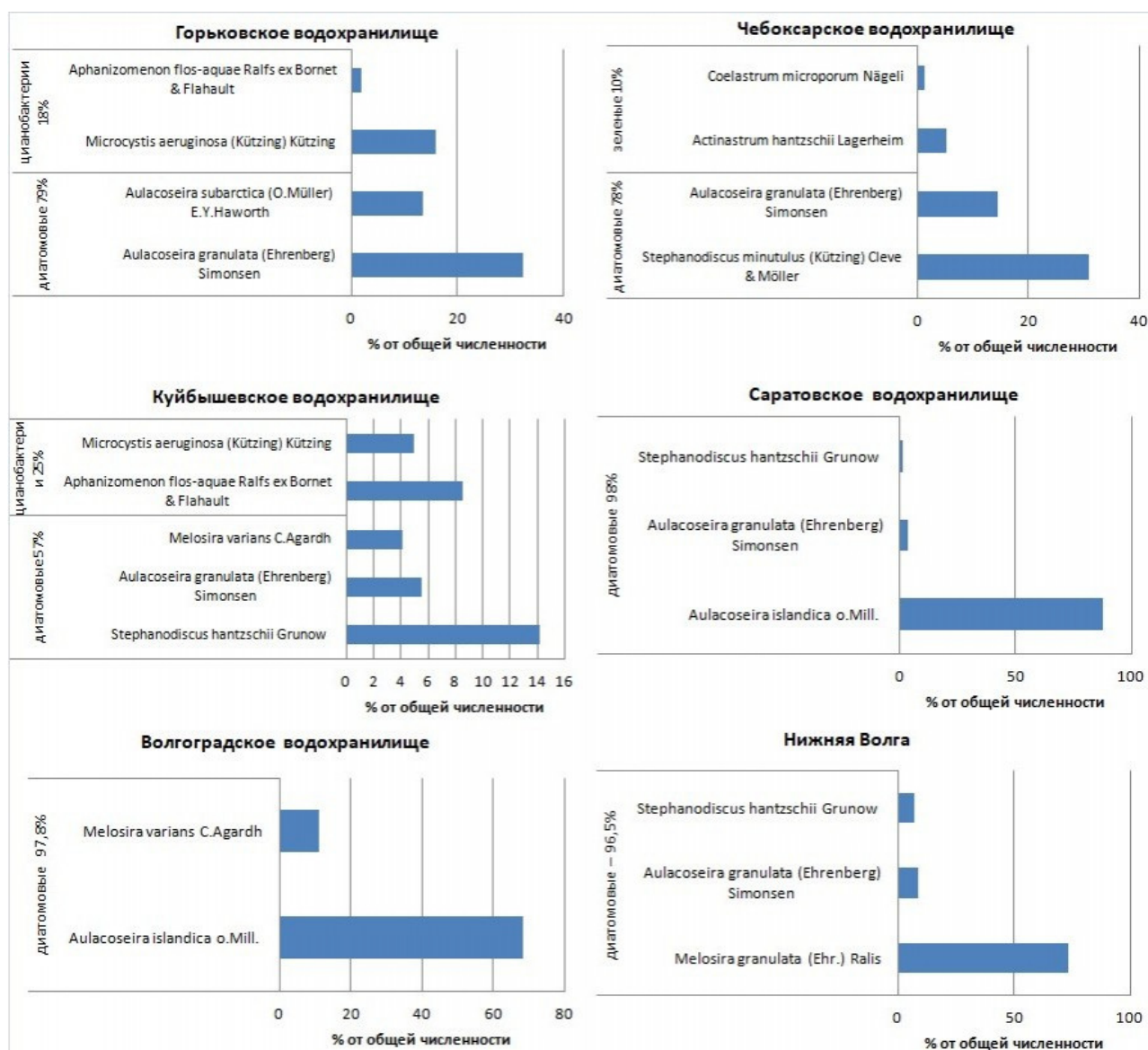


Рис. 1. Соотношение доминирующих отделов водорослей в исследованных водохранилищах и доля преобладающих видов по численности

Fig. 1. The ratio of the dominant algae divisions in the studied reservoirs and the proportion of the predominant species in number

Диапазоны изменения численности преобладающих отделов водорослей на каскаде Волжских водохранилищ за период исследования представлены в табл. 11.

Таблица 11. Численности преобладающих отделов водорослей

Водохранилище	Диатомовые водоросли, кл*10 ⁶ /л	Цианобактерии, кл*10 ⁶ /л	Зеленые водоросли, кл*10 ⁶ /л
Горьковское	0.001–22.76	0.001–386.40	
Чебоксарское	0.001–9.07	0.001–143.56	0.001–28
Куйбышевское	5.0–3600.0	10.0–73000.0	5.0–1760
Саратовское	5.0–7800.0	30.0–15200.0	
Волгоградское	5.0–30000.0	40.0–6400.0	
Нижней Волги	1.0–9380000.0	1.0–12280000.0	2.0–84800
Реках Верхней Волги (Санихта, Узла, Пыра)	0.001–6.56		0.02–0.6
Реках Средней Волги (Ока, Теша, Кудьма, Казанка)	0.001–13520.00	0.001–28400.00	0.001–600
В реках Нижней Волги	1–8220000	1–11040000	1–736000

Сравнение исследованных водных объектов по средней численности фитопланктона показало, что в целом по исследованным водным объектам доминирующими по численности являются такие виды, как:

- из диатомовых водорослей – *Stephanodiscus hantzschii*, *Diatoma sp.*, *Aulacoseira granulata*,
- из зеленых – *Monoraphidium contortum*, *Chlamydomonas sp.*, *Scenedesmus quadricauda*,
- из золотистых – *Chrysococcus biporus*,
- из криптофитовых – *Cryptomonas sp.*, *Cryptomonas ovata Ehr.*,
- из эвгленовых – *Trachelomonas volvocina Ehr.*,
- из цианобактерий – *Aphanizomenon flos-aquae*, *Lyngbya limnetica*, *Microcystis aeruginosa*.

По доле в биомассе в контактной зоне большинства исследованных водных объектов доминировали диатомовые водоросли, за исключением р. Кривуши, где их вклад в общую биомассу составлял лишь 10 %, а вклад цианобактерий – 82 %. В р. Чапаевке по общей биомассе преобладали зеленые водоросли (38 %) и цианобактерии (31 %), вклад диатомовых составлял лишь 23 %. В реке Степной Зай также преобладали зеленые водоросли (49 %), доля диатомовых составляла 40 %.

Соотношение доминирующих отделов водорослей по биомассе в исследованных водохранилищах и доля преобладающих видов в общей биомассе фитопланктона представлены на рис. 2.

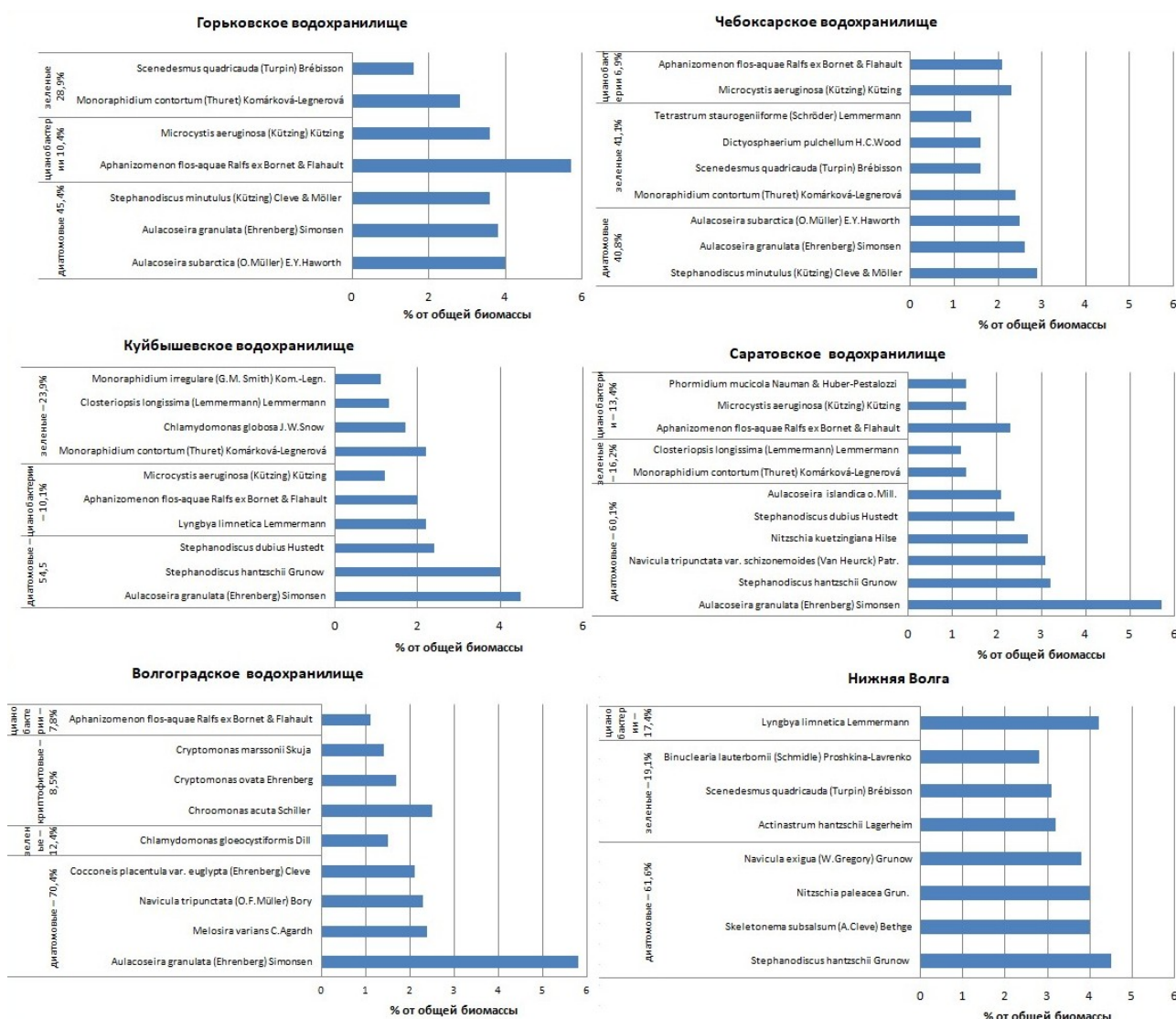


Рис. 2. Соотношение доминирующих отделов водорослей в исследованных водохранилищах и доля преобладающих видов по биомассе

Fig. 2. The ratio of the dominant algae divisions in the studied reservoirs and the proportion of the predominant species by biomass

Диапазоны изменения биомассы преобладающих отделов водорослей на каскаде Волжских водохранилищ за период исследования представлены в табл. 12. Максимальные средние по водоему значения биомассы наблюдались в летне-осенний период.

Таблице 12. Биомасса преобладающих отделов водорослей

Водохранилище	Диатомовые водоросли, г/м ³	Цианобактерии, г/м ³	Зеленые водоросли, г/м ³
Горьковское	0.0004–8.04	0.00013–4.13	0.00001–0.3
Чебоксарское	0.00006–11.32	0.00002–3.92	0.00003–6.5
Куйбышевское	0.01–2.46	0.01–4.79	0.01–3.11
Саратовское	0.0003–51.2	0.0003–0.95	0.00008–0.4
Волгоградское	0.00019–235.5	0.00047–0.677	0.000314–0.7
Нижней Волги	0.000038–14.34	0.000019–0.197	0.0001–0.04
Реках Верхней Волги (Санехта, Узола, Пыра)	0.197–5656.69	0.00004–15380.21	0.134–79.4
Реках Средней Волги (Ока, Теша, Кудьма, Казанка)	0.00008–936.54		0.00001–108
В реках Нижней Волги	0.00002–23.4	0.00001–14.47	0.0001–6.4

Выделение доминирующих группировок видов, формирующих отдельные биоценозы, в исследованном материале проводили с использованием коэффициента общности видового состава Сьёренсена – Чекановского (Ksc), применяя программный модуль «GRAPHS» (Новаковский, 2004).

На дендрограмме (рис. 3) определяются несколько крупных кластеров, соответствующих различным частям бассейна р. Волги: водохранилища Верхней Волги и Оки выделяются в отдельный кластер на уровне сходства 82–87 %, водохранилища средней Волги – на уровне 73 %, притоки Чебоксарского водохранилища – 53–73 %, притоки Куйбышевского водохранилища – 46 %, притоки Саратовского водохранилища – 52–70 %, рукава Нижней Волги – 73–85 %. Наиболее близки по сходству видового состава рукава дельты Волги, коэффициент Сьёренсена – Чекановского составляет 82–85 %, при этом для рукавов Кигач и Камызяк значение коэффициента – 85 %, как и для рукавов Кривая Болда и Бузан. В целом для Нижней Волги (от речной части у г. Волгограда и рукавов дельты) значение коэффициента – 73 %.

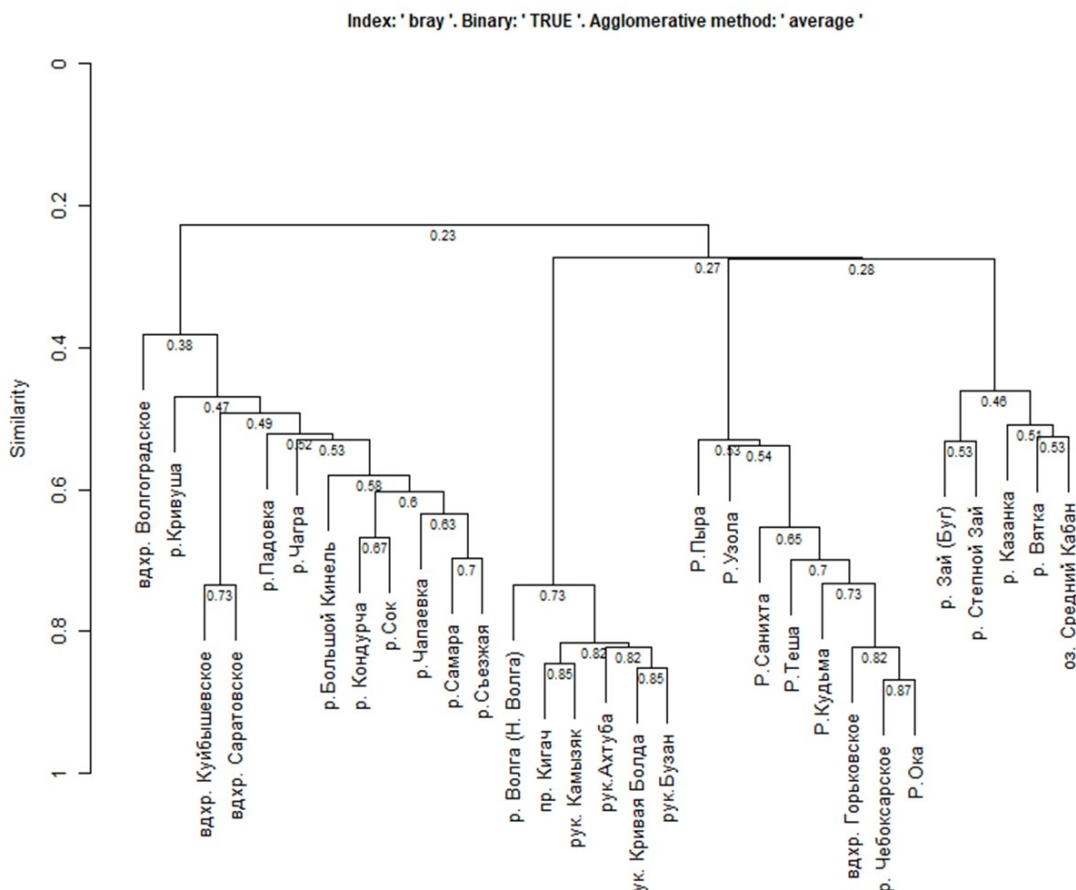


Рис. 3. Дендрограмма видового сходства исследованных водных объектов (по данным за период 2014–2018 гг.). По оси абсцисс – водные объекты, по оси ординат – коэффициент Съеренсена – Чекановского

Fig. 3. Dendrogram of the species similarity of the studied water bodies (according to data for the period 2014–2018). On the abscissa axis – water objects, on the ordinate axis – the Sorensen – Chekanovsky coefficient

Также можно отметить, что степень видового сходства планктона контактных зон водохранилищ без учета рек (рис. 4) между планктонными сообществами Верхней и Нижней Волги составляет лишь 28 %.

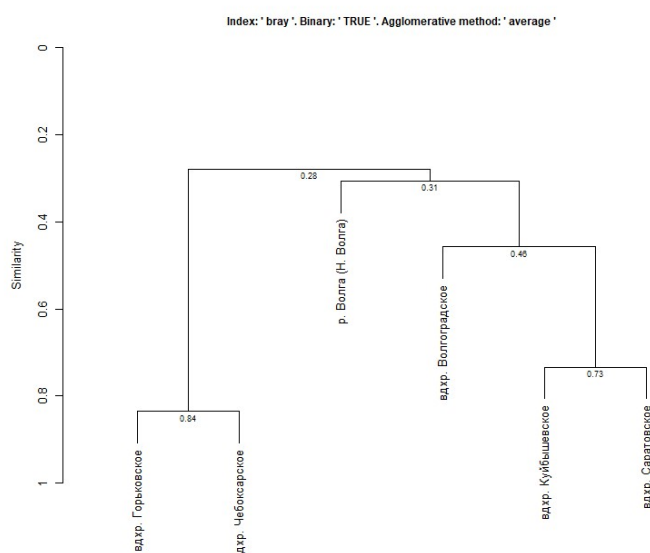


Рис. 4. Дендрограмма видового сходства исследованных водохранилищ (по данным за период 2014–2018 гг.). По оси абсцисс – водохранилища, по оси ординат – коэффициент Съеренсена – Чекановского

Fig. 4. Dendrogram of the species similarity of the studied Reservoirs (according to data for the period 2014–2018). On the abscissa axis – reservoirs, on the ordinate axis – the Sorensen – Chekanovsky coefficient

Традиционно считается, что сообщества фитопланктона водотоков носят континуальный характер, что предполагает относительно равномерную представленность видового состава на всем протяжении водотока. Для контактной зоны эта закономерность также прослеживается. Наибольшее видовое сходство наблюдается между Горьковским и Чебоксарским водохранилищами, этот показатель составляет 84 %, между Куйбышевским и Саратовским (73 %), между ними и Волгоградским водохранилищем – 46 %. Между водохранилищами Средней Волги и Нижней Волгой показатель видового сходства минимальный – 31 %.

Заключение

Определен и уточнен современный состав флоры фитопланктона контактных зон – сообществ, которые служат первичным биофильтром загрязнения и сильнее всего подвержены антропогенной нагрузке.

Эколого-флористическая оценка фитопланктона прибрежных сообществ контактной зоны каскада Волжских водохранилищ показала, что в составе фитопланктона (по данным наблюдений за 2014–2018 гг.) встречено 358 видов, подвидов и вариаций, наибольшее видовое разнообразие принадлежало следующим классам: Bacillariophyceae – 147 видов, Chlorophyceae – 94 вида, Cyanophyceae – 38 видов. Наименьшее разнообразие отмечено для Euglenophyceae – 23 вида, Chrysophyceae – 6 видов, Cryptophyceae – 5 видов, Dinophyceae – 9 видов, Xanthophyceae – 1 вид. Наибольшее число видов зарегистрировано в Волгоградском – 189 видов, Куйбышевском – 180 и Чебоксарском водохранилищах – 177, из водотоков – в реках Ока – 177 видов и Большой Кинель – 121, Горьковское – 140, Саратовское водохранилище – 147 таксонов. Сравнивая количество обнаруженных нами видов на каскаде водохранилищ с данными других исследователей, можно констатировать, что видовое разнообразие,

обнаруженное нами, намного скуднее. Так, в работе Л. Г. Корневой (2015) в составе флоры водохранилищ за период 1953–2004 гг. выявлено всего 2475 видов, разновидностей и форм водорослей (Cyanophyta – 280, Chrysophyta – 198, Bacillariophyta – 698, Xanthophyta – 86, Cryptophyta – 37, Dinophyta – 49, Raphidophyta – 2, Euglenophyta – 250, Chlorophyta – 875). Однако такой результат ожидаем, учитывая, что исследования проведены для сообществ фитопланктона только прибрежных сообществ (контактной зоны), а не всей акватории. Исследованные сообщества испытывают большее антропогенное воздействие, что также не может не сказаться на видовом разнообразии.

Число общих видов водорослей, обнаруженных в контактных зонах водохранилищ, ограничено единичными представителями. Во всех исследованных водных объектах встречены лишь два вида диатомовых – *Stephanodiscus hantzschii* Grunow, *Nitzschia acicularis* (Kützing) W. Smith. По доле в биомассе и численности в большинстве исследованных водных объектов доминировали диатомовые водоросли.

В целом альгофлора представлена космополитными видами. Большинство видового состава – истинно-планктонные формы (62.5 %), литоральных видов – 11.3 %, бентосных видов – 12.5 %, видов обростаний – 13.3 %.

По сходству видового состава наиболее близки: рукава дельты Волги (82–85 %); Чебоксарское водохранилище и р. Ока (87 %); Куйбышевское и Саратовское водохранилища (73 %), Чебоксарское и Горьковское водохранилища (84 %). Наименьшее видовое сходство отмечено между кластерами, представленными водными объектами Верхней и Нижней Волги (28 %).

Библиография

Буйволов Ю. А., Быкова И. В., Лазарева Г. А., Потютко О. М., Уваров А. Г. Современное состояние и перспективы развития мониторинга качества вод по гидробиологическим показателям в России [The current state and prospects for the development of water quality monitoring by hydrobiological indicators in Russia] // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2016. Т. 27, № 2. С. 42–58.

Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России [Algae causing the "blooming" of reservoirs in the North-West of Russia]. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 370 с.

Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Синезеленые водоросли [Blue-green algae]. М.: Сов. наука, 1953. 652 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2).

Дедусенко-Щеголева И. Т., Голлербах М. М. Желто-зеленые водоросли [Yellow-green algae]. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 272 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР, Вып. 5).

Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: Ископаемые и современные. Т. II. Вып. 3 [The diatoms of Russia and adjacent countries: Fossil and recent. Vol. II. Issue 3] / И. В. Макарова, Н. И. Стрельникова, Т. Ф. Козыренко и др.; Под ред. И. В. Макаровой. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2002. 112 с.

Забелина М. М., Киселев И. А., Прошкина-Лавренко А. И., Шешукова В. С. Диатомовые водоросли [Diatoms]. М.: Сов. наука, 1951. 620 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4).

Забелина М. М., Мейер К. И. Определитель низших растений [The determinant of lower plants]. Т. 1. М.: Сов. наука, 1953. 396 с.

Зеленевская Н. А. Динамика развития фитопланктона Волгоградского водохранилища в 2018 году [Dynamics of phytoplankton development of the Volgograd reservoir in 2018] // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики: Материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф.: В 2 т. Т. 1. Тольятти, 2019. С. 214–217.

Зеленевская Н. А. Фитопланктон Волгоградского водохранилища в 1990 году [Phytoplankton of the Volgograd reservoir in 1990] // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. 2010. № 10. С. 36–42.

Корнева Л. Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги [Phytoplankton of reservoirs of the Volga basin] / Под ред. А. И. Копылова. Кострома: Костромской печатный дом, 2015. 284 с.

Кривина Е. С., Тарасова Н. Г. Фитопланктон Саратовского водохранилища: таксономический состав и эколого-географическая характеристика [Phytoplankton of the Saratov reservoir: taxonomic composition and ecological and geographical characteristics] // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2013. Т. 22, № 2. С. 47–62.

Кузьмин Г. В. Фитопланктон. Видовой состав и обилие [Phytoplankton. Species composition and abundance] // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975. С. 73–87.

Лаврентьева Г. М. Фитопланктон водохранилищ Волжского каскада [Phytoplankton of reservoirs of the Volga cascade]. Л., 1977. 168 с. (Известия ГосНИОРХ. Т. 114).

Лазарева Г. А. Экологическое состояние Горьковского и Чебоксарского водохранилищ по многолетним данным гидробиологического мониторинга [Ecological state of Gorkovsky and Cheboksarsky reservoirs according to long-term hydrobiological monitoring data]: Дис. ... канд. биол. наук. М., 2005. 284 с.

Мошкова И. А., Голлербах М. М. Зеленые водоросли. Класс улотриксовые (1) [Green algae. Ulotrix class (1)]. Л.: Наука, 1986. 360 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10).

Новаковский А. Б. Возможности и принципы работы программного модуля «GRAPHS» [Features and principles of operation of the GRAPH software module]. Сыктывкар., 2004. 27 с. (Автоматизация научных исследований / Рос. акад. наук, Урал. отд-ние, Коми науч. центр. Вып. 27).

Охапкин А. Г., Горохова О. Г., Генкал С. И., Паутова В. Н. К альгофлоре нижнего течения реки Ока [To the algoflora of the lower reaches of the Oka River] // Ботанический журнал. 2010. Т. 95, № 10. С. 1422–1436.

Охапкин А. Г. Фитопланктон Чебоксарского водохранилища [Phytoplankton of Cheboksarsky reservoir]. Тольятти: Самарский науч. центр. РАН, 1994. 275 с.

Охапкин А. Г., Микульчик И. А., Корнева Л. Г., Минеева Н. М. Фитопланктон Горьковского водохранилища [Phytoplankton of the Gorkovsky reservoir]. Тольятти: Изд-во Самарского науч. центра РАН, 1997. 224 с.

Паламарь-Мордвинцева Г. М. Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые (2) [Chlorophyta: Conjugatophyceae. Desmidiaceae (2)]. Л.: Наука, 1982. 620 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 11 (2)).

Паутова В. Н., Попченко И. И. Видовой состав и динамика биомассы фитопланктона (1957–1984 гг.) [Species composition and dynamics of phytoplankton biomass (1957–1984)] // Паутова В. Н., Номоконова В. И. Динамика фитопланктона нижней Волги – от реки к каскаду. Тольятти: Изд-во Самарского науч. центра РАН, 2001. С. 186–209.

Паутова В. Н., Генкал С. И., Номоконова В. И., Тарасова Н. Г. Сезонная и межгодовая динамика центральных диатомовых водорослей в Куйбышевском водохранилище [Seasonal and interannual dynamics of centric diatoms in the Kuibyshev reservoir] // Биология внутренних вод. М.: Российская академия наук, 2009. № 3. С. 25–35.

Попов С. С., Потютко О. М. Качественные и количественные показатели фитопланктона поверхностных вод северной Евразии 2014–2019 гг. [Qualitative and quantitative indicators of phytoplankton of surface waters of Northern Eurasia 2014–2019]: Свидетельство о регистрации базы данных 2021620384, 03.03.2021. Заявка № 2021620221 от 19.02.2021.

Попченко И. И. Видовой состав и динамика фитопланктона Саратовского водохранилища [Species composition and dynamics of phytoplankton of the Saratov reservoir]. Тольятти: Изд-во Самарского науч. центра РАН, 2001. 148 с.

Потютко О. М. Особенности формирования сообществ прибойно-ледовых зон и их экология на примере Куршского залива [Features of the formation of communities of surf-ice zones and their ecology on the

example of the Curonian Lagoon]: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2016. 24 с.

Приймаченко А. Д. Фитопланктон Горьковского водохранилища в первые годы его существования (1956–1957) [Phytoplankton of the Gorky reservoir in the first years of its existence (1956–1957)] // Труды Института биологии водохранилищ. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 3–19.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем [Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems] / Под ред. В. А. Абакумова. СПб., 1992. 317 с.

РД 52.24.309-2016. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши [Organization and conduct of routine observations of the state and pollution of surface waters of the land]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/495872993?ysclid=lu86ksojk5529405385> (дата обращения: 10.05.2023).

Решетняк О. С., Никаноров А. М., Брызгалов В. А., Косменко Л. С. Антропогенная трансформация водной экосистемы Нижней Волги [Anthropogenic transformation of the aquatic ecosystem of the Lower Volga] // Водные ресурсы. 2013. Т. 40, № 6. С. 623–632.

Тарасова Н. Г., Буркова Т. Н. Фитопланктон Куйбышевского водохранилища в августе 2009 г. [Phytoplankton of the Kuibyshev reservoir in August 2009] // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12, № 1. С. 174–178.

Фортунов М. А. Физико-географическая характеристика бассейна [Physical and geographical characteristics of the basin] // Волга и ее жизнь / Ред. Н. В. Буторин. Л.: Наука, 1978. С. 1–31.

HELCOM Guidelines for the Baltic monitoring programme for the third stage. Part D. Biological determinants // Baltic Sea Environment Proceedings. 1988. 27D. P. 161.

Tikkanen T. Kasviplanktonopas. Helsinki, 1986. 278 s.

Guiry M. D. & Guiry G. M. AlgaeBase. URL: <https://www.algaebase.org> (дата обращения: 10.05.2023).

Ecological and floristic characteristics of phytoplankton in the contact zone on the cascade of the Volga reservoirs

LAZAREVA
Galina

Dubna State University, lazarevg@mail.ru

POTYUTKO
Oleg

PhD, Yu. A. Izrael Institute of global climat and ecology, oleg.potyutko@gmail.com

Keywords:

hydrobiological monitoring
qualitative characteristics of
phytoplankton
cascade of Volga reservoirs

Summary:

The paper summarizes the results of long-term observations of the state of phytoplankton in the contact zone on the cascade of the Volga reservoirs in the period 2014–2018. The research was conducted by the network of hydrobiological laboratories of Roshydromet. The studied water bodies represented a cascade of alternating water bodies of various types lying in different geographical zones and characterized by various hydrological factors and the intensity of anthropogenic load. A comparative analysis of the qualitative and quantitative characteristics of the phytoplankton of the contact zone along the Volga riverbed and its reservoirs was carried out, and the main structural characteristics of the phytoplankton community were identified. There were 358 species and variations of phytoplankton found. Among them there were 139 species of diatoms and 133 – of green algae traditionally prevailing in terms of the number of species. Cyanobacteria (36 species) and euglenic algae (24 species) possessed significant species diversity. The remaining departments were represented by single species, so dinophytes were represented by 5 species, chrysophyceae algae – by 13 species, cryptophytes – by 7 species, and there was one species of yellow-green algae discovered.

References

- Algae causing the "blooming" of reservoirs in the North-West of Russia. M.: Tovarischestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2006. 370 p.
- Buyvolov Yu. A. Bykova I. V. Lazareva G. A. Potyutko O. M. Uvarov A. G. The current state and prospects for the development of water quality monitoring by hydrobiological indicators in Russia, *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. 2016. T. 27, No. 2. P. 42–58.
- Fortunatov M. A. Physical and geographical characteristics of the basin, Volga i ee zhizn', Red. N. V. Butorin. L.: Nauka, 1978. P. 1–31.
- Gollerbah M. M. Kosinskaya E. K. Polyanskiy V. I. Blue-green algae. M.: Sov. nauka, 1953. 652 p. (Opredelitel' presnovodnyh vodorosley SSSR. Vyp. 2).
- Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems, Pod red. V. A. Abakumova. SPb., 1992. 317 p.
- Guiry M. D. & Guiry G. M. AlgaeBase. URL: <https://www.algaebase.org> (data obrascheniya: 10.05.2023).
- HELCOM Guidelines for the Baltic monitoring programme for the third stage. Part D. Biological determinants, *Baltic Sea Environment Proceedings*. 1988. 27D. P. 161.

II. The diatoms of Russia and adjacent countries: Fossil and recent. Vol. II. Issue 3, I. V. Makarova, N. I. Strel'nikova, T. F. Kozyrenko i dr.; Pod red. I. V. Makarovoy. SPb.: Izd-vo S, Peterb. un-ta, 2002. 112 p.

Korneva L. G. Phytoplankton of reservoirs of the Volga basin, Pod red. A. I. Kopylova. Kostroma: Kostromskoy pechatnyy dom, 2015. 284 p.

Krivina E. S. Tarasova N. G. Phytoplankton of the Saratov reservoir: taxonomic composition and ecological and geographical characteristics, Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii. 2013. T. 22, No. 2. P. 47–62.

Kuz'min G. V. Phytoplankton. Species composition and abundance, Metodika izucheniya biogeocенозов vnutrennih vodoemov. M., 1975. P. 73–87.

Lavrent'eva G. M. Phytoplankton of reservoirs of the Volga cascade. L., 1977. 168 p. (Izvestiya GosNIORH. T. 114).

Lazareva G. A. Ecological state of Gorkovsky and Cheboksarsky reservoirs according to long-term hydrobiological monitoring data: Dip. ... kand. biol. nauk. M., 2005. 284 p.

Mordvinceva G. M. Chlorophyta: Conjugatophyceae. Desmidiiales (2). L.: Nauka, 1982. 620 p. (Opredelitel' presnovodnyh vodorosley SSSR. Vyp. 11 (2)).

Moshkova I. A. Gollerbah M. M. Green algae. Ulotrix class (1). L.: Nauka, 1986. 360 p. (Opredelitel' presnovodnyh vodorosley SSSR. Vyp. 10).

Novakovskiy A. B. Features and principles of operation of the GRAPH software module. Syktyvkar., 2004. 27 p. (Avtomatizaciya nauchnyh issledovaniy, Rop. akad. nauk, Ural. otd-nie, Komi nauch. centr. Vyp. 27).

Ohapkin A. G. Gorohova O. G. Genkal S. I. Pautova V. N. To the algoflora of the lower reaches of the Oka River, Botanicheskiy zhurnal. 2010. T. 95, No. 10. P. 1422–1436.

Ohapkin A. G. Mikul'chik I. A. Korneva L. G. Mineeva N. M. Phytoplankton of the Gorkovsky reservoir. Tol'yatti: Izd-vo Samarskogo nauch. centra RAN, 1997. 224 p.

Ohapkin A. G. Phytoplankton of Cheboksarsky reservoir. Tol'yatti: Samarskiy nauch. centr. RAN, 1994. 275 p.

Organization and conduct of routine observations of the state and pollution of surface waters of the land. URL: <https://docs.cntd.ru/document/495872993?ysclid=lu86ksojk5529405385>(data obrascheniya: 10.05.2023).

Pautova V. N. Genkal S. I. Nomokonova V. I. Tarasova N. G. Seasonal and interannual dynamics of centric diatoms in the Kuibyshev reservoir, *Biologiya vnutrennih vod*. M.: Rossiyskaya akademiya nauk, 2009. No. 3. P. 25–35.

Pautova V. N. Popchenko I. I. Species composition and dynamics of phytoplankton biomass (1957–1984), Pautova V. N., Nomokonova V. I. *Dinamika fitoplanktona nizhney Volgi – ot reki k kaskadu*. Tol'yatti: Izd-vo Samarskogo nauch. centra RAN, 2001. P. 186–209.

Popchenko I. I. Species composition and dynamics of phytoplankton of the Saratov reservoir. Tol'yatti: Izd-vo Samarskogo nauch. centra RAN, 2001. 148 p.

Popov S. S. Potyutko O. M. Qualitative and quantitative indicators of phytoplankton of surface waters of Northern Eurasia 2014–2019: Svidetel'stvo o registracii bazy dannyh 2021620384, 03.03.2021. Zayavka No. 2021620221 ot 19.02.2021.

Potyutko O. M. Features of the formation of communities of surf-ice zones and their ecology on the example of the Curonian Lagoon: Avtoref. dip. ... kand. biol. nauk. M., 2016. 24 p.

Priymachenko A. D. Phytoplankton of the Gorky reservoir in the first years of its existence (1956–1957), *Trudy Instituta biologii vodohranilisch. M.; L.: Izd-vo AN SSSR*, 1961. P. 3–19.

Reshetnyak O. S. Nikanorov A. M. Bryzgalo V. A. Kosmenko L. S. Anthropogenic transformation of the aquatic ecosystem of the Lower Volga, *Vodnye resursy*. 2013. T. 40, No. 6. P. 623–632.

Schegoleva I. T. Gollerbah M. M. Yellow-green algae. M.; L.: Izd-vo AN SSSR, 1962. 272 p. (Opredelitel' presnovodnyh vodorosley SSSR, Vyp. 5).

Tarasova N. G. Burkova T. N. Phytoplankton of the Kuibyshev reservoir in August 2009, *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN*. 2010. T. 12, No. 1. P. 174–178.

Tikkanen T. *Kasviplanktonopas*. Helsinki, 1986. 278 s.

Zabelina M. M. Kiselev I. A. Lavrenko A. I. Sheshukova V. S. Diatoms. M.: Sov. nauka, 1951. 620 p. (Opredelitel' presnovodnyh vodorosley SSSR. Vyp. 4).

Zabelina M.M. Meyer K.I. The determinant of lower plants. Tom 1. M.: Sovet. nauka, 1953. 396 p.

Zelenevskaya N. A. Dynamics of phytoplankton development of the Volgograd reservoir in 2018, *Tatischevskie chteniya: aktual'nye problemy nauki i praktiki: Materialy XVI Mezhdunar. nauch, prakt. konf.: V 2 t. T. 1. Tol'yatti*, 2019. P. 214–217.

Zelenevskaya N. A. Phytoplankton of the Volgograd reservoir in 1990, *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V. N. Tatischeva*. 2010. No. 10. P. 36–42.