

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ФИТОПЛАНКТОНА НЕКОТОРЫХ РЕК-ПРИТОКОВ КУЙБЫШЕВСКОГО И САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

© 2023 О.Г. Горохова

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти (Россия)

Поступила 30.11.2023

Аннотация. Проведена сравнительная оценка разнообразия и структуры сообществ водорослей планктона рек Уса, Самара, Чапаевка, Безенчук. Показаны особенности формирования альгоценозов в зависимости от гидрологических условий и характера антропогенной деятельности на водосборной территории. Дана оценка трофического и сапробного состояния рек по фитопланктону. Зарегистрировано массовое развитие токсикогенного вида *Planktothrix agardhii* в нижнем течении рек Чапаевка и Безенчук.

Ключевые слова: фитопланктон, структура альгоценозов, *Planktothrix agardhii*, реки-притоки, Куйбышевское водохранилище, Саратовское водохранилище, Волжский бассейн.

Введение

Изучение закономерностей формирования состава и структуры сообществ водорослей в экосистемах малых и средних рек-притоков волжских водохранилищ проводится в рамках комплексных многолетних гидробиологических исследований планктонных и донных сообществ водотоков бассейна Средней и Нижней Волги (Зинченко, Шитиков, 1999; Зинченко, Головатюк, 2007; Зинченко и др., 2019). Было показано влияние на разнообразие и структуру сообществ гидробионтов морфометрии речного бассейна, гидрологических факторов, а также характера и степени антропогенного воздействия на водотоки и водосборную территорию (Зинченко, Головатюк, 2007; Горохова, Зинченко, 2018; Gorokhova, Zinchenko, 2019; Зинченко и др., 2019). Наиболее выраженное воздействие на структуру альгоценозов оказывает изменение гидрологического режима, приводящее к смене доминирующих групп водорослей на уровне крупных таксономических категорий (отделов). Информативными показателями являются также состав массовых видов и соотношение в альгофлоре видов-индикаторов различных условий – минерализации, сапробности, pH (Gorokhova, Zinchenko, 2019; Горохова, 2020, 2023).

В 2023 г. проведены гидробиологические

исследования рек Чапаевка и Безенчук – левобережных притоков Саратовского водохранилища. Цель данной работы – сравнительная оценка разнообразия и структуры сообществ водорослей этих водотоков и выявление особенностей их формирования в зависимости от гидрологических факторов (зарегулирование, подпор) и характера основного воздействия на водосбор.

Материалы и методы

Река Безенчук (длина 78 км, водосборная площадь 410 км²) и река Чапаевка (длина 290 км, водосборная площадь 4040 км²) – равнинные водотоки, с преимущественно снеговым питанием, в верховьях пересыхающие, местами зарегулированные (прудами), нижнее течение в зоне переменного подпора Саратовского водохранилища (Зинченко, Головатюк, 2007). Современные гидробиологические исследования рек были проведены в мае 2021 г. (Безенчук), июне 2021 г. (Безенчук), мае и июне 2023 г. (Безенчук, Чапаевка). Для сравнительного анализа также взяты данные по р. Уса (июль 2022 г.) и р. Самара (Горохова, 2020). Альгологические пробы собраны и обработаны по методике принятой в гидробиологических исследованиях (Методика изучения..., 1975). Особенности ценотической структуры оценены с помощью индексов разнообразия Шеннона и выравнимости Пиелу.

Горохова Ольга Геннадьевна, науч. сотр., канд. биол. наук, o.gorokhova@yandex.ru

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ данных выявил существенные изменения таксономической и количественной структуры сообществ фитопланктона исследованных рек в зависимости от гидрологических условий и особенностей антропогенной деятельности на площади водосбора (таблица). В эвтрофированных водотоках Уса, Самара, Чапаевка, Безенчук, в отсутствие биогенного лимитирования, на структуру альгоценозов, прежде всего, влияют изменения гидродинамического режима (зарегулирование, подпор от водохранилища), а также источники поступления загрязняющих веществ (сбросы коммунально-бытовых сточных вод) и биогенная нагрузка с сельскохозяйственных территорий (поверхностный сток с сельхозугодий). Наиболее наглядно это проявляется для малых водотоков. Так, при сравнении р. Уса (с наличием естественных ландшафтов и ООПТ на водосборе) и р. Безенчук (с антропогенно освоенным водосбором) установлены значительные различия численности, биомассы, доминирующих групп водорослей и состава видов-индикаторов, а также показателей разнообразия в сообществах планктона этих рек (таблица, рис. 1).

Трансформация структуры альгоценозов в изученных реках происходит через смену доминирования реофильных Bacillariophyta (Уса) на эвтрофные лимнофильные комплексы различных видов Chlorophyta (Самара), Chlorophyta+Суанпрокариота (Чапаевка), и, наконец, на полное преобладание в планктоне нитчатых форм Суанпрокариота (низовье Чапаевки, Безенчук). В разные периоды наблюдений на различных участках рек к доминирующим нередко относились также виды Cryptophyta (Чапаевка, Самара) и Euglenophyta (Безенчук), что характерно для условий повышенного содержания органического вещества в воде.

Большинство доминирующих видов (> 80%) являются индикаторами органического загрязнения, что позволило оценить сапробиологическое состояние водотоков: оно изменяется от олиго-β-мезосапробного (Уса) через β-мезосапробное (Самара, Чапаевка) до β-мезосапробного с α-β- мезосапробными и α-мезосапробными участками (Безенчук). В исследованных нами реках (Gorokhova,

Zinchenko, 2019; Горохова, 2020, 2023) α-β-мезосапробные и α-мезосапробные условия отмечены только в р. Безенчук на одном из зарегулированных участков этой реки у с. Студенцы.

В реках с доминированием Суанпрокариота (Чапаевка, Безенчук) преобладают виды планктотрихетового (осцилляторицевого) комплекса: *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom., *Planktothrix* sp., *Pseudanabaena limnetica* (Lemm.) Kom., *Limnothrix planctonica* (Wolosz.) Meffert, *Planktolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. В среднем и нижнем течении этих рек наблюдается «цветение воды», основной доминирующий вид – *Planktothrix agardhii*. Его численность и биомасса достигают 50–99% автотрофного планктона, максимальные величины отмечены в подпруженных участках р. Безенчук, а также в нижнем течении рек – в зоне подпора водохранилища (таблица, рис. 2). *Planktothrix agardhii* – потенциально токсигенный вид (может продуцировать гепатотоксин), его массовое развитие в низовьях рек Чапаевка и Безенчук является источником возможного поступления этого вида в Саратовское водохранилище. В целом преобладание видов планктотрихетового комплекса связывают с антропогенным эвтрофированием, изменением гидрологического режима, увеличением азотной нагрузки, высоким содержанием органических веществ (Reynolds et al., 2002; Корнева, 2015).

В структуре альгоценозов рр. Чапаевка и Безенчук преобладание в планктоне *Planktothrix agardhii* приводит к снижению показателей разнообразия и выравненности. В этих реках отмечены не только наименьшие значения индексов Шеннона и Пиелу, но и максимальная доля Суанпрокариота (таблица, рис. 1, 2). Для наглядности на рис. 2 показана доля численности и биомассы *Planktothrix agardhii* на участках р. Безенчук в июле 2022 г., а также индекс видового разнообразия Шеннона, рассчитанный по численности и по биомассе водорослей. Следует отметить, что в данном случае наиболее показателен индекс разнообразия, рассчитанный по численности, т. к. биомасса фитопланктона зависит от его размерной структуры.

Эколого-ценотические характеристики альгоценозов рек
Ecological and cenotic characteristics of river phytoplankton communities

Характеристики	Реки				
	Уса	Самара	Чапаевка	Безенчук	
характер основного воздействия на водосбор	ООПТ, сельскохозяйственное	техногенное, сельскохозяйственное	техногенное, сельскохозяйственное	сельскохозяйственное	
основные загрязняющие вещества*	соединения Cu, Fe, азот нитритный, фосфаты, фенолы	сульфаты, трудноокисляемые органические вещества, азот нитритный, соединения Mn, Cu	сульфаты, фенолы, легко- и трудноокисляемые органические вещества, соединения Mn, Cu	соединения Mn, Cu, Fe, Zn, фенол, нефтепродукты, хлорорганические пестициды, соединения азота, легкоокисляемые органические вещества	
пределы изменения биомассы, мг/л и оценка трофности	0,02–5,93 (олиготрофия-мезотрофия)	0,01–2,53 (олиготрофия-мезотрофия)	1,10–7,36 (мезотрофия-эвтрофия)	2,78–54,49 (мезотрофия-эвтрофия-гипертрофия)	
пределы изменения численности, млн кл./л	0,02–6,10	0,20–6,90	0,33–111,10	0,36–961,10	
основные доминирующие группы водорослей	Bacillariophyta	Chlorophyta	Цианопрокариота, Chlorophyta	Цианопрокариота	
пределы изменения индексов	видового разнообразия по Шеннону	0,96–2,39	1,00–4,36	0,68–3,15	0,07–2,85
	выравненности обилий видов по Пиелу	0,56–0,99	0,45–0,93	0,15–0,60	0,02–0,61
зона сапробности (пределы изменения индексов сапробности)	олиго-β-мезосапробная зона, III класс (1,2–2,5)	β-мезосапробная зона, III класс (1,6–2,4)	β-мезосапробная зона, III класс (1,9–2,3)	β-мезосапробная зона, III класс (1,5–2,6), с α-мезосапробными участками (до 3,1)	

* приводится по: Зинченко, Головатюк, 2007; Государственный доклад..., 2016; Зинченко и др., 2019; Доклад об..., 2022.

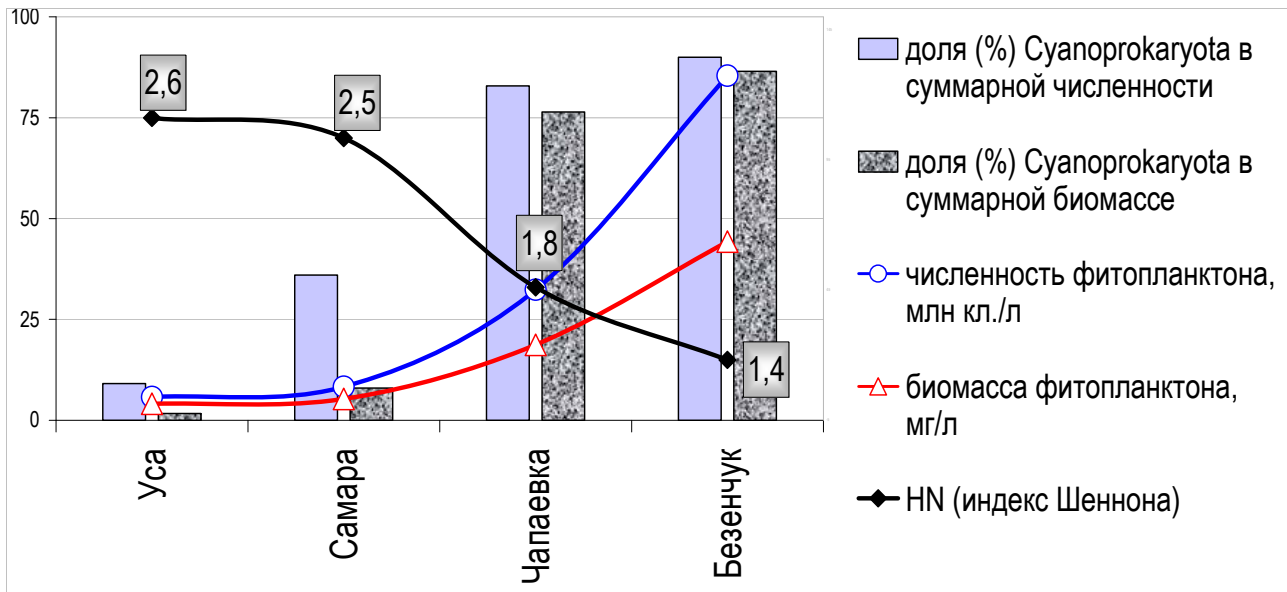


Рис. 1. Изменения средних величин численности и биомассы фитопланктона, индекса видового разнообразия, а также доли (%) Цианопрокариота в планктоне рек
Fig. 1. Changes in the average abundance and biomass of phytoplankton, the species diversity index, as well as the proportion of Cyanoprokaryota in river plankton

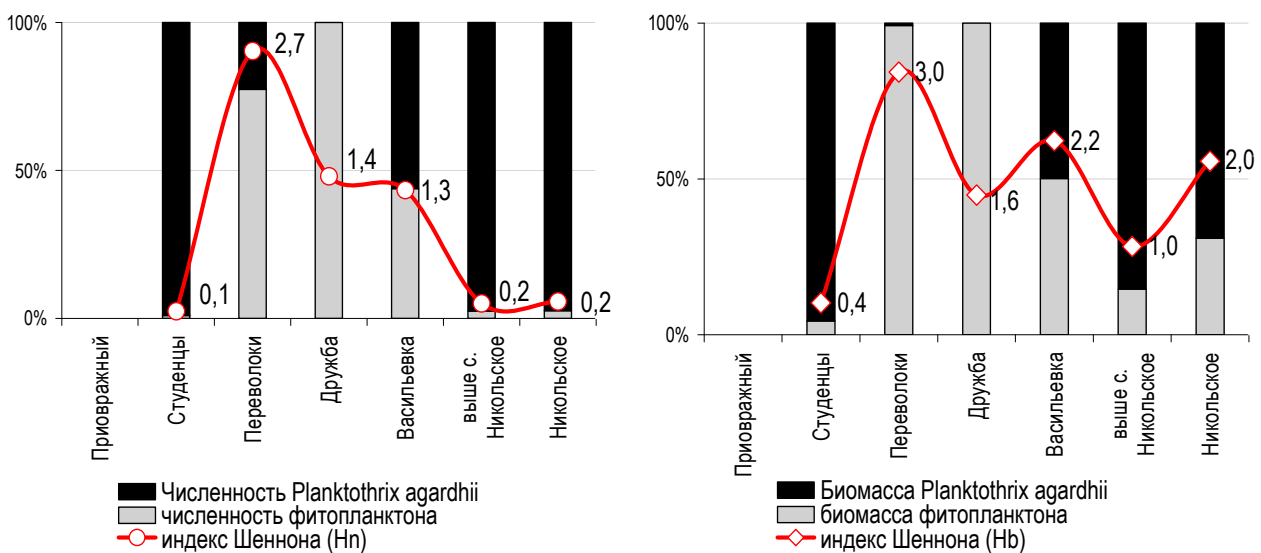


Рис. 2. Доля (%) численности и биомассы вида *Planktothrix agardhii* в суммарном обилии фитопланктона и изменение величин индекса видового разнообразия на участках р. Безенчук
Fig. 2. The share of the abundance and biomass of the species *Planktothrix agardhii* in the total abundance of phytoplankton and the change in the values of the species diversity index in sections of the Bezenchuk River

Исток р. Безенчук у пос. Приовражный (рис. 2) пересыхает, далее по течению у п. Студенцы находится пруд, в котором в годы наших наблюдений (2021–2023) отмечено

интенсивное «цветение» воды, вызванное массовым развитием *Planktothrix agardhii* с численностью до 952 млн кл./л. В среднем течении реки на участке с. Переволоки – пос.

Дружба численность вида минимальна (рис. 2). У с. Васильевка на подпруженном участке, а также ниже по течению в зоне подпора численность *Planktothrix agardhii* вновь возрастает (рис. 2) и наблюдается «цветение» воды. Учитывая, что на всём протяжении русла реки находится в окружении зон сельскохозяйственного использования (сады, пашни, поля, выпас), а также малые скорости течения воды, вероятно именно изменение гидродинамики (зарегулирование, подпор) является основным фактором, обуславливающим процесс массового развития *Cyanoprokaryota* и «цветение» воды.

Заключение

Сравнительный анализ основных таксономических и структурных показателей альгоценозов исследованных рек позволил выявить особенности их ценотической структуры. Установлены возрастание численности и биомассы, смена состава доминирующих групп водорослей, снижение видового раз-

нообразия – явления наблюдаемые при антропогенном эвтрофировании. В реках с высокой сельскохозяйственной освоенностью водосбора в автотрофном планктоне наиболее выражена роль *Cyanoprokaryota*. В альгоценозах рек Чапаевка и Безенчук отмечен токсикогенный вид *Planktothrix agardhii*, доминирование которого приводит к упрощению структуры сообществ. Кроме того, массовое развитие этого вида в нижнем течении рек свидетельствует о неблагоприятном экологическом состоянии и является источником его возможного поступления в Саратовское водохранилище. Отмеченные на участке р. Безенчук α - β -мезосапробные и α -мезосапробные условия не характерны для исследованных нами рек-притоков Куйбышевского и Саратовского водохранилищ. Эвтрофирование и лимнизация стока являются основными факторами воздействия на структурно-функциональные характеристики сообществ водорослей исследованных рек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список русскоязычной литературы

Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2015 год. Вып. 26. Самара, 2016. 296 с.

Горохова О.Г. Состав и структура сообществ фитопланктона реки Самары (бассейн Саратовского водохранилища) // Ученые записки Казанского ун-та. Сер. Естеств. науки. 2020. Т. 162, кн. 3. С. 413-429.

Горохова О.Г. Биоиндикационная значимость таксономических и структурных показателей альгоценозов малой реки при оценке точечного источника антропогенного воздействия // Изв. СамНЦ РАН. 2023. Т. 25, № 5. С. 119-124.

Горохова О.Г., Зинченко Т.Д. Разнообразие и структура альгоценозов планктона некоторых рек-притоков Куйбышевского и Саратовского водохранилищ // Сборник тез. докл. Всерос. конф. «Волга и её жизнь». ИБВВ РАН. Борок; Ярославль: Филигрань, 2018. С. 30.

Доклад об экологической ситуации в Самарской области за 2021 год. Вып. 32. Самара, 2022. 162 с.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. Реки // Голубая книга Самарской области: Редкие и охраняемые гидробиоценозы. Самара: СамНЦ РАН, 2007. С. 22-29.

Зинченко Т.Д., Шитиков В.К. Гидробиоло-

гический мониторинг как основа типологии малых рек Самарской области // Изв. СамНЦ РАН. 1999. Т. 1, № 1. С. 118-127.

Зинченко Т.Д., Саксонов С.В., Сенатор С.А., Минеев А.К., Головатюк Л.В., Горохова О.Г., Болотов С.Э., Курина Е.М., Абросимова Э.В., Уманская М.В., Кузнецова Р.С., Михайлов Р.А., Попченко Т.В. Экологический паспорт реки Усы (правобережный приток Волги) // Бюлл. «Самарская Лука»: проблемы региональной и глобальной экологии. 2019. Т. 28, № 2. С. 156-188.

Корнева Л.Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги. Кострома: Костромской печатный дом, 2015. 284 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.

Reference List

State report on the state of the environment and natural resources of the Samara region for 2015. Vol. 26. Samara, 2016. 296 p. (In Russian).

Gorokhova O.G. Composition and structure of phytoplankton communities in the Samara River (basin of the Saratov reservoir) // Scientific notes of Kazan University. Series Natural Sciences. 2020. Vol. 162, book. 3. P. 413-429. (In Russian).

Gorokhova O.G. Bioindicative significance of taxonomic and structural indicators of algal communities

of a small river when assessing a point source of anthropogenic impact // *Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2023. Vol. 25, no. 5. P. 119-124. (In Russian).

Gorokhova O.G., Zinchenko T.D. Diversity and structure of algocenoses of plankton of some tributary rivers of the Kuibyshev and Saratov reservoirs // Collection of abstracts of reports of the All-Russian conference "Volga and its life". Institute of Inland Water Biology of the Russian Academy of Sciences. Bohrok; Yaroslavl: Filigran', 2018. P. 30. (In Russian).

Report on the environmental situation in the Samara region for 2021. Iss. 32. Samara, 2022. 162 p. (In Russian).

Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V. Rivers // Blue Book of the Samara Region: Rare and protected hydrobiocenoses. Samara: SamSC RAS, 2007. P. 22-29. (In Russian).

Zinchenko T.D., Shitikov V.K. Hydrobiological monitoring as the basis for the typology of small rivers in the Samara region // *Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 1999. Vol. 1, no. 1. P. 118-127. (In Russian).

sian).

Zinchenko T.D., Saksonov S.V., Senator S.A., Mineev A.K., Golovatyuk L.V., Gorokhova O.G., Bolotov S.E., Kurina E.M., Abrosimova E.V., Umanskaya M.V., Kuznetsova R.S., Mikhailov R.A., Popchenko T.V. Ecological passport of the Usa River (right bank tributary of the Volga) // *Samarskaya Luka: problems of global and regional ecology*. 2019. Vol. 28, no. 2. P. 156-188. (In Russian).

Korneva L.G. Phytoplankton of reservoirs of the Volga basin. Kostroma: Kostroma Printing House, 2015. 284 p. (In Russian).

Methodology for studying biogeocenoses of inland water bodies. Moscow: Nauka, 1975. 240 p. (In Russian).

Gorokhova O.G., Zinchenko T.D. Phytoplankton of the Usa River (Kuibyshev Reservoir Basin) // *Biology Bulletin*. 2019. Vol. 46, no. 10. P. 1382-1389.

Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton // *J. Plankton Research*. 2002. Vol. 24, no. 5. P. 417-428.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE CENOTIC STRUCTURE OF PHYTOPLANKTON OF SOME TRIBUTAR RIVERS OF THE KUIBYSHEV AND SARATOV RESERVOIR

© 2023 O.G. Gorokhova

Samara Federal Research Scientific Center of RAS,
Institute of Ecology of the Volga River Basin of RAS, Togliatti (Russia)

Annotation. A comparative assessment of the diversity and structure of plankton algae communities in the Usa, Samara, Chapaevka, and Bezenchuk rivers was carried out. The features of the formation of algae communities are shown depending on hydrological conditions and the nature of anthropogenic activity in the catchment area. An assessment of the trophic and saprobic state of rivers based on phytoplankton is given. Mass development of the toxicogenic species *Planktothrix agardhii* has been registered in the lower reaches of the Chapaevka and Bezenchuk rivers.

Key words: phytoplankton, structure of algocenoses, *Planktothrix agardhii*, tributary rivers, Kuibyshev reservoir, Saratov reservoir, Volga basin.