

К ВОПРОСУ ОБ ИЗУЧЕНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНВАЗИОННЫХ ВИДОВ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ПЛАНКТОНЕ КУЙБЫШЕВСКОГО И САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ПРИТОКОВ

© 2024 О.Г. Горохова

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

Поступила 17.09.2024

Аннотация. Приведены современные данные о встречаемости двух инвазионных видов диатомовых водорослей *Skeletonema subsalsum* и *Actinocyclus normanii* в планктоне Куйбышевского и Саратовского водохранилищ и их притоков – рек Уса, Чапаевка, Безенчук. Показаны особенности распределения видов в альгоценозах.

Ключевые слова: инвазионные виды водорослей, Куйбышевское водохранилище, Саратовское водохранилище, Волжский бассейн.

Введение

Изучение биологических инвазий – одно из актуальных направлений исследований. Оценка роли видов-вселенцев включает анализ информации о механизмах их вселения и распространения, особенностях адаптации к среде обитания и о взаимодействии с местными видами. Особое внимание уделяют отрицательным эффектам инвазий: изменению структуры экосистемы, в которой натурализовался вид-вселенец, развитию его в массовом количестве и сокращению местного биоразнообразия (Slynko et al., 2002; Корнева, 2014; 2023; Papacostas et al., 2017; Kim et al., 2020).

В водохранилищах Волги основными причинами распространения чужеродных видов гидробионтов, многие из которых имеют морское происхождение, исследователи называют изменение климата и зарегулирование стока, что привело к трансформации гидрохимического и гидрологического режима реки (Евланов и др., 2013; Корнева, 2015; 2024). Что касается инвазии водорослей, то к настоящему времени несколько десятков видов, относящихся в основном к цианопрокариотам и диатомовым, зарегистрированы в планктоне волжских водохранилищ (Корнева, 2014; 2015). Процесс инвазии в ряде случаев может затронуть всю биоту водоёма.

Например, известно, к каким неблагоприятным экологическим последствиям приводит мас-

совое развитие видов Cyanoprokaryota: ухудшение кислородного режима, «цветение воды» и возможность выделения токсинов видами, которые его вызывают, а также проблемы водопользования. Однако развитие и особенно доминирование инвазионных видов водорослей может стать непредсказуемым для экосистемы водоёма. Именно поэтому необходим мониторинг «цветения» с целью идентификации вызывающих его видов, оценки их роли в планктоценозах, а также выяснения их экологических особенностей. Из инвазионных видов Cyanoprokaryota в южных регионах России зарегистрированы: *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz.) Seenayya et Subba Raju, *Anabaena bergii* Ostefeld и *Sphaerospermum aphanizomenoides* (Forti) Zapomelova et al. comb. nov. (Корнева, 2014; 2023). Из них в фитопланктоне Нижней Волги, а также в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах отмечен вид *Anabaena bergii* (Фитопланктон Нижней ..., 2003; Корнева, 2015). Кроме того, по данным метабаркодирования, в некоторых водоёмах Самарской области зарегистрирован вид *Cylindrospermopsis raciborskii* (Umanskaya et al., 2024).

Видовой состав вселенцев отдела Bacillariophyta в водохранилищах волжского каскада хорошо изучен: зарегистрировано около 10 солоноватоводных видов этого отдела, не отмеченных ранее в планктоне р. Волга; рассмотрены время и причины их распространения и натурализации, значение в альгоценозах (Генкал,

Корнева, 2001; Корнева, 2014; 2015). В Куйбышевском и Саратовском водохранилищах зарегистрированы: *Thalassiosira incerta* Makar., *Actinocyclus normanii* (Greg.) Hust., *Skeletonema subsalsum* (Cl.) Bethge (Фитопланктон Нижней ..., 2003; Корнева, 2014; 2023). Распространение же видов-вселенцев в реках-притоках этих водохранилищ остается менее изученным.

Цель настоящей публикации – дополнить сведения об особенностях распространения инвазионных видов водорослей в планктоне Куйбышевского и Саратовского водохранилищ и их реках-притоках первого порядка – Уса (Куйбышевское водохранилище), Чапаевка и Безенчук (Саратовское водохранилище) по данным 2017-2024 гг.

Материалы и методы

Сведения о распространении инвазионных видов водорослей в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах и их реках-притоках получены в ходе проведения гидробиологических исследований ИЭВБ РАН с 2017 по 2024 гг.; пробы отобраны в летний период (июнь-август). Сбор и обработка альгологических проб проведены в соответствии с принятыми методами (Методика изучения ..., 1975; Karlson et al., 2010). Пробы объемом 0,5-1,0 л фиксировали йодно-формалиновым фиксатором, фильтровали через мембранные фильтры. Определение водорослей проведено в камере типа «учинская» объемом 0,01 мл с применением микроскопов «Биолар» и «Leica». При определении видового состава использованы определители серий «Определитель пресноводных водорослей СССР», «Диатомовые водоросли СССР», «Susswasserflora von Mitteleuropa».

Результаты и обсуждение

По результатам многолетних исследований, два инвазионных вида диатомовых водорослей постоянно присутствуют в планктоне Куйбышевского и Саратовского водохранилищ: *Actinocyclus normanii* и *Skeletonema subsalsum* (Попченко, 2001; Фитопланктон Нижней ..., 2003; Корнева, 2014). Вид *Actinocyclus normanii* имеет относительно крупные размеры клеток, поэтому в период максимального развития может создавать в альгоценозах заметную долю биомассы; *Skeletonema subsalsum*, как мелкоразмерный вид, чаще отмечается в составе доминантов по численности (Попченко, 2001; Фитопланктон Нижней ..., 2003; Корнева, 2014). Наиболее современные данные об их встречаемости в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах были получены в июне 2024 г.

Вид *Actinocyclus normanii* был зарегистрирован локально единичными экземплярами (рис 1); его биомасса (0,01-0,05 мг/л) составляла не более 4,5% суммарной биомассы фитопланктона. Однако следует отметить, что, по данным многолетних наблюдений, период максимальной численности вида приходится в основном на позднее лето (Попченко, 2001; Фитопланктон Нижней ..., 2003).

Вид *Skeletonema subsalsum* был зарегистрирован в планктоне обоих водохранилищ, с различной численностью и распределением. В Саратовском водохранилище он встречен лишь на двух участках: у г. Самара и у г. Балаково (рис. 1). В фитопланктоне Куйбышевского водохранилища вид более распространён (рис. 1). Наибольшие показатели обилия были зарегистрированы в Волго-Камском плёсе и нижних плёсах Куйбышевского водохранилища: Ульяновском и Новодевиченском (рис. 1).

В июне и октябре 2024 г. было изучено вертикальное распределение *Skeletonema subsalsum* на русловой станции Приплотинного плёса (в устье Усинского залива напротив с. Берёзовка). В основном вид концентрируется в пределах фотической зоны (рис. 2).

В реках Уса, Чапаевка и Безенчук *Actinocyclus normanii* и *Skeletonema subsalsum* отмечаются в устьевых участках и в нижнем течении – в зоне контакта реки с водами водохранилища. Как правило, по мере удаления от устья эти виды встречаются в меньшем количестве по сравнению с водохранилищем. По данным исследований последних лет (2017-2023) в этих реках численность *Actinocyclus normanii* и *Skeletonema subsalsum* не превышает 0,02 и 0,06 млн. кл./л соответственно. Однако необходимы мониторинговые исследования с охватом всего вегетационного сезона, в течение которого могут развиваться эти виды. Для примера, на рис. 3 показаны сезонные изменения численности *Skeletonema subsalsum* в период открытой воды в 2018 и 2019 гг. на прибрежном (глубина 1,5 м) участке Саратовского водохранилища между г. Чапаевск и Сызрань. Как видно по данным частых наблюдений (рис. 3), количественный максимум развития вида может существенно отличаться по годам: в 2018 г. он был зарегистрирован в мае, а в 2019 – в августе.

Численность вида в июне изменялась в пределах 0,01-0,45 млн. кл./л, биомасса – 0,007-0,061 мг/л. В большинстве случаев участие *Skeletonema subsalsum* в формировании количественных показателей фитопланктона было незначительным, однако на участке Ульяновск – Подвалье (рис. 1) вид являлся доминантом по численности (24-33% от суммарной фитопланктона).

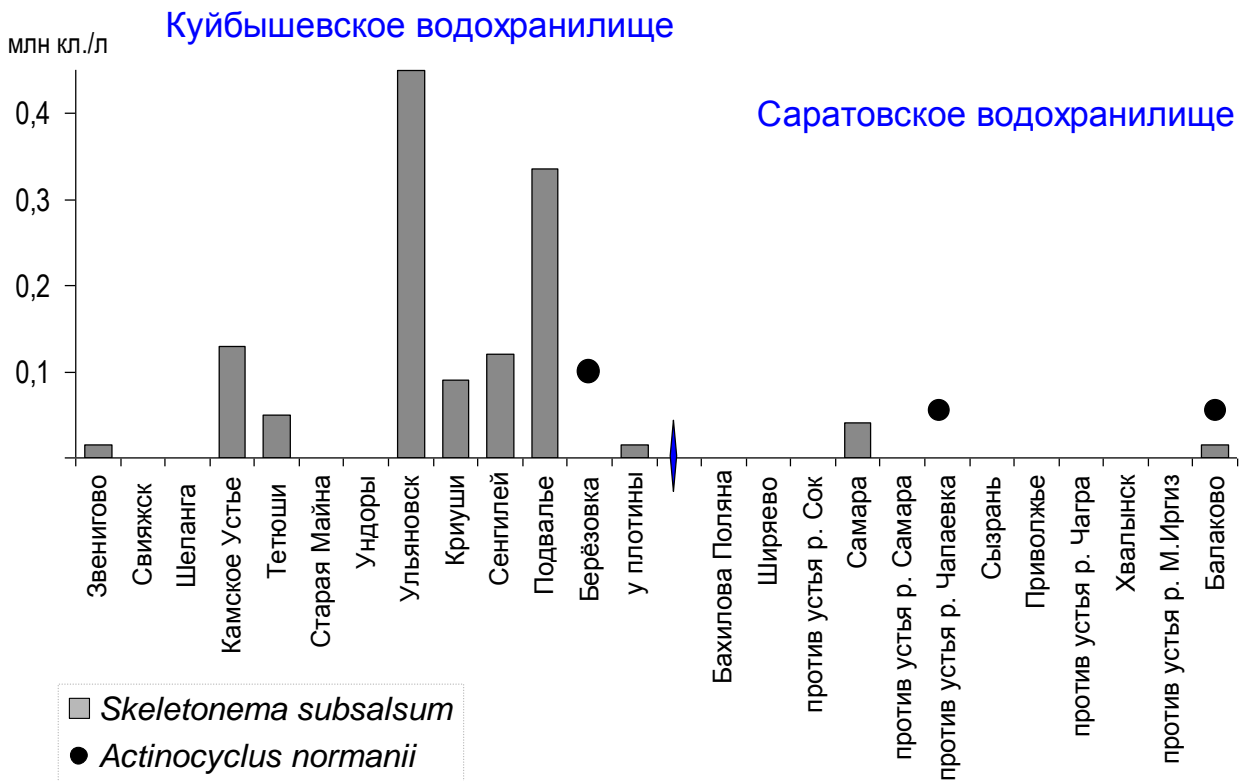


Рис. 1. Численность видов *Actinocyclus normanii* и *Skeletonema subsalsum* на участках отбора проб Куйбышевского и Саратовского водохранилищ в июне 2024 года.

Fig. 1. Abundance of *Actinocyclus normanii* and *Skeletonema subsalsum* species at sampling sites of the Kuibyshev and Saratov reservoirs in June 2024.

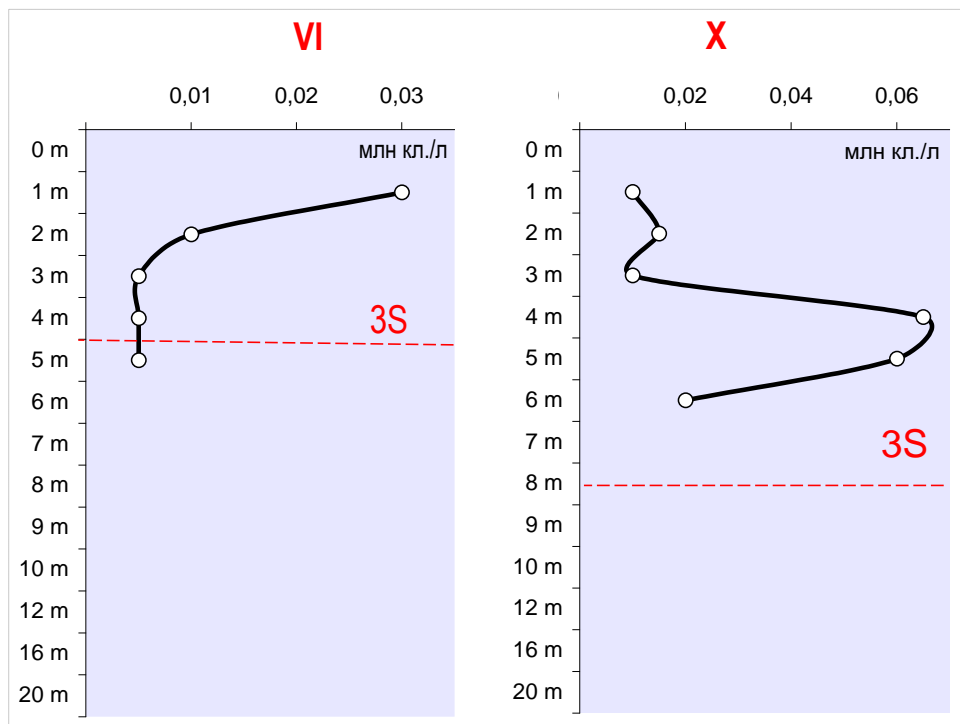


Рис. 2. Вертикальное распределение численности *Skeletonema subsalsum* на станции Приплотинного плёса Куйбышевского водохранилища в июне и октябре 2024 г.

Обозначения: 3S – величина утроенной прозрачности.

Fig. 2. The vertical distribution of the abundance of *Skeletonema subsalsum* at the station on Near-Dam section of the Kuibyshev Reservoir in June and October 2024.

Designations: 3S – triple transparency value.

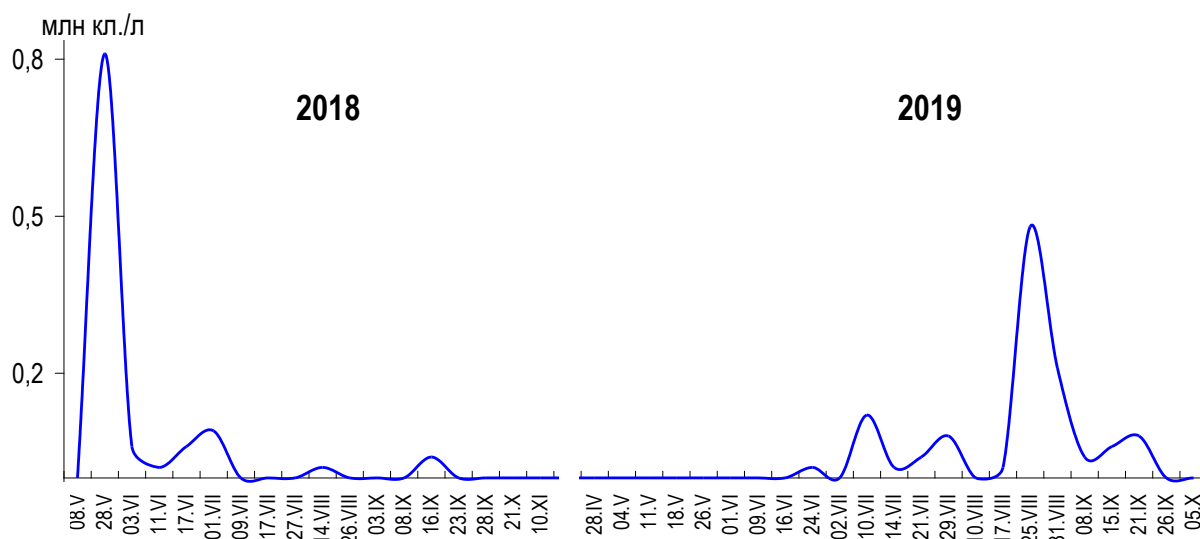


Рис. 3. Сезонная динамика численности *Skeletonema subsalsum* в прибрежье Саратовского водохранилища на участке между г. Чапаевск и г. Сызрань в 2018 и 2019 гг.

Fig. 3. Seasonal dynamics of the number of *Skeletonema subsalsum* in the coastal area of the Saratov Reservoir in the area between the cities of Chapayevsk and Syzran in 2018 and 2019.

Заключение

- по данным гидробиологических исследований 2017-2024 гг., инвазионные для Волги виды диатомовых водорослей *Skeletonema subsalsum* и *Actinocyclus normanii* постоянно присутствуют в планктоне Куйбышевского и Саратовского водохранилищ, а также их притоков – рек Уса, Чапаевка, Безенчук.

- *Actinocyclus normanii* отмечен с численностью, не превышающей 0,02 млн. кл./л.

- численность *Skeletonema subsalsum* составляла: в Саратовском водохранилище 0,01-0,81 млн. кл./л., в Куйбышевском – 0,01-0,45

млн. кл./л; в реках – не более 0,06 млн. кл./л. Вид локально доминирует по численности в альгоценозах на разных участках водохранилищ, составляя до 33% суммарной численности фитопланктона.

- Дальнейшие исследования встречаемости и особенностей развития инвазионных видов водорослей в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах, а также их притоках должны быть проведены с возможно более полным охватом сезонов и станций отбора проб с целью корректного анализа материала.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы «Изменение, устойчивость и сохранение биологического разнообразия под воздействием глобальных изменений климата и интенсивной антропогенной нагрузки на экосистемы Волжского бассейна» № 1021060107212-5-1.6.20; 1.6.19.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список русскоязычной литературы

Генкал С.И., Корнева Л.Г. Новые находки диатомовых водорослей (Centrophyceae) из волжских водохранилищ (Россия) // Альгология. 2001. Т. 11, № 4. С. 457-461.

Евланов И.А., Кириленко Е.В., Минеев А.К., Минеева О.В., Мухортова О.В., Попов А.И., Рубанова М.В., Шемонаев Е.В. Влияние чужеродных видов гидробионтов на структурно-функциональную организацию экосистемы Саратовского водохранилища // Изв. Самар. НЦ РАН. 2013. Т. 15 (3-7). С. 2277-2286.

Корнева Л.Г. Инвазии чужеродных видов планктонных водорослей в пресных водах Голарктики (Обзор) // Рос. журн. биол. инвазий. 2014, № 1. С. 9-37.

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

Корнева Л.Г. Диатомовые водоросли крупных равнинных водохранилищ волжского бассейна: эколого-ценотические аспекты // Вопросы современной альгологии. 2023, № 2 (32). С. 159-161.

Корнева Л.Г. Закономерности флоро- и ценогенеза фитопланктона крупных равнинных водохранилищ бассейна Волги при эвтрофировании и изменении климата // Тез. докл. XIII съезда ГБО РАН. Архангельск, КИРА, 2024. С. 33-34.

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

Попченко И.И. Видовой состав и динамика фитопланктона Саратовского водохранилища. Тольятти, 2001. 148 с.

Фитопланктон Нижней Волги. Водохранилища и низовье реки. СПб.: Наука, 2003. 232 с.

Общий список литературы / Reference List

Genkal S.I., Korneva L.G. New finds of diatoms (Centrophyceae) in the Volga reservoirs (Russia) // *Algologiya*. 2001. Vol. 11. No. 4. pp. 457-461.

Evlanov I.A., Kirilenko E.V., Mineev A.K., Mineeva O.V., Mukhortova O.V., Popov A.I., Rubanova M.V., Shemonaev E.V. The influence of alien species of hydrobionts on the structural and functional organization of the ecosystem of the Saratov Reservoir // *Bull. Samara SC RAS*. 2013. Vol. 15(3-7). pp. 2277-2286.

Korneva L.G. Invasions of alien species of planktonic algae in fresh waters of the Holarctic (Review) // *Rus. J. of Biol. Invasions*. 2014, No. 1. pp. 9-37.

Korneva L.G. Phytoplankton of reservoirs of the Volga basin. Kostroma: Kostroma P. H., 2015. 284 p.

Korneva L.G. Diatoms of large lowland reservoirs of the Volga basin: ecological and cenotic aspects // *Iss. of modern algology*. 2023, No. 2 (32). pp. 159-161.

Korneva L.G. Patterns of floro- and cenogenesis of phytoplankton of large lowland reservoirs of the Volga basin under eutrophication and climate change // *Abstr. of the report of the XIII Congress of the State Geophysical Instit. RAS. Arkhangelsk, KIRA, 2024*. pp. 33-34.

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

Popchenko I.I. Species composition and dynamics of phytoplankton of the Saratov Reservoir. Tolyatti: Samara SC RAS, 2001. 148 p.

Phytoplankton of the Lower Volga. Reservoirs and lower reaches of the river. St. Petersburg: Nauka, 2003. 232 p.

Karlson B., Cusak C., Bresnan E. Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis. IOC Manuals and Guides No. 55, 2010. Paris, UNESCO, 110 p.

Kim Y.J., Park H.K., Kim I.S. Invasion and toxin production by exotic nostocalean cyanobacteria (*Cuspidothrix*, *Cylindrospermopsis*, and *Sphaerospermopsis*) in the Nakdong River, Korea. *Harmful Algae*. 2020. 100. 101954.

Papacostas K.J., Rielly-Carroll E.W., Georgian S.E., Long D.J. and others. Biological mechanisms of marine invasions // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2017. Vol. 565. pp. 251-268.

Slynko Yu.V., Korneva L.G., Rivier I.K., Papchenkov V.G., Scherbina G.H., Orlova M.I., Therriault T.W. The Caspian – Volga – Baltic Invasion Corridor // *Invasive aquatic species of Europe. Distributions, impacts and management / Eds. E. Leppakoski, S. Gollasch, S. Olenin*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Acad. Pub., 2002. pp. 399-411.

Umanskaya M.V., Bykova S.V., Gorbunov M.Yu., Tarasova N.G., Krasnova E.S., Mukhortova O.V., Sherysheva N.G., Agapov A.A. Diversity of planktonic pro- and microeukaryotes in water bodies of the Volga-Don basin during the period of cyanobacterial bloom according to metabarcoding // *Limnology and Freshwater Biology*. 2024, No. 4. pp.1131-1136.

ON THE ISSUE OF INVASIVE ALGAE SPECIES SPREAD IN THE PLANKTON OF KUIBYSHEV AND SARATOV RESERVOIRS AND THEIR TRIBUTARIES

© 2024 O.G. Gorokhova

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences

Abstract. This paper presents modern data on the presence of two invasive diatom species, *Skeletonema subsalsum* and *Actinocyclus normanii*, in the plankton communities of the Kuibyshev and Saratov Reservoirs and their tributaries, including the Usa, Chapaevka, and Bezenchuk Rivers. The distribution patterns of these species within algocenoses are also discussed.

Keywords: invasive algae species, Kuibyshev reservoir, Saratov reservoir, Volga basin