

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ СЕВЕРА КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ АН РТ
МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ПО БИОЛОГИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ
ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ВОЛЖСКО-КАМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК
ОТДЕЛЕНИЕ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН
КАФЕДРА ЮНЕСКО «РАЗВИТИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПРИНЦИПОВ ХАРТИИ ЗЕМЛИ ДЛЯ
СОЗДАНИЯ УСТОЙЧИВОГО СООБЩЕСТВА»

ОЗЕРА ЕВРАЗИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

**МАТЕРИАЛЫ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
г. Казань, 20 – 23 мая 2025 г.**

КАЗАНЬ
2025

УДК 556.55(4/5)(063)

ББК 26.222.6

О-46

Редакционная коллегия

Р.Р. Шагидуллин, Н.Н. Филатов, Д.В. Иванов

Рецензенты:

Академик РАН, доктор географических наук,
советник директора по научной работе, главный научный сотрудник
Санкт-Петербургского научного центра РАН

В.А. Румянцев,

Член-корреспондент АН РТ, доктор химических наук,
профессор Казанского (Приволжского) федерального университета

В.З. Латыпова

Озера Евразии: проблемы и пути их решения. Материалы III международной конференции (г. Казань, 20–23 мая 2025 г.). Казань: Издательство Академии наук РТ, 2025. 991 с.

ISBN 978-5-9690-1336-0

В книге представлены результаты теоретических исследований, практического использования, охраны и управления ресурсами озер Евразии. Рассмотрены Великие озера Евразии: Байкал, Ладожское, Онежское, Телецкое, Чаны и разнообразные озера Арктики и субарктики, бореальной и аридной зон. Основной акцент при организации конференции и подготовке сборника был сделан на то, чтобы рассмотреть наиболее актуальные вопросы лимнологии и возможные пути решения теоретических и практических проблем озер на обширной территории Евразии с учетом необходимости развития тесного международного сотрудничества. Важной задачей конференции является консолидация ученых разных стран Евразии, БРИКСа для получения новых научных знаний, объединение усилий для решения практических проблем трансграничных озерно-речных систем, обоснования возможного перераспределения водных ресурсов, обоснование рационального использования и охраны озер Евразии.

This volume of collected papers was compiled of the proceedings of the III International Conference «Lakes of Eurasia: Problems and Solutions», Kazan, 20-23.05.2025. The volume presents the results of theoretical studies, practical use, conservation and resource management of various lakes of Eurasia. Great Eurasian lakes (Baikal, Ladoga, Onego, Teletskoye, Chany) and diverse lakes of the arctic and subarctic regions, the boreal and arid zones are considered. The key idea in organizing the conference and preparing these proceedings was to address the most pressing issues of limnology and offer potential solutions for theoretical and practical problems of lakes in the vast territory of Eurasia, keeping in mind the need for close international cooperation. An important mission for the 1st conference is to consolidate the efforts of scientists from different Eurasian and BRICS countries in obtaining new knowledge and handling the real problems of transboundary lake-river systems, substantiating possible redistributions of water resources, sustainable management and conservation of Eurasian lakes.

УДК 556.55(4/5)(063)

ББК 26.222.6

ISBN 978-5-9690-1336-0

© Институт проблем экологии и
недропользования АН РТ, 2025
© Изд-во АН РТ, 2025

ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕР. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ANABAEOPSIS CF. *ARNOLDII* – ВОЗБУДИТЕЛЬ «ЦВЕТЕНИЯ ВОДЫ» В МЕЛКОВОДНОМ ГОРОДСКОМ ВОДОЕМЕ

К.И. Абрамова, Р.П. Токинова, Н.В. Шурмина

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ

В планктоне городского мелководного озера Малое Чайковое (г. Казань) обнаружено массовое развитие синезеленой водоросли *Anabaenopsis* cf. *arnoldii*. Уровень «цветения» воды в этот период достигал более 10 мг/л по биомассе. Вклад *A. cf. arnoldii* в общую численность и биомассу фитопланктона составил более 80%. Впервые вегетация этого вида в планктоне отмечена по завершении в озере экореабилитационных мер по изъятию донных отложений и наблюдалась на протяжении последующих двух лет. Позднее вид не обнаруживался в пробах фитопланктона. Обсуждается влияние факторов, способствовавших обильному развитию в озере р. *Anabaenopsis*, представители которого имеют преимущественно субтропическое и тропическое распространение.

В рамках проекта по формированию комфортной городской среды в Республике Татарстан с 2015 г. проводится благоустройство общественных пространств, а также экореабилитационные мероприятия на городских водоемах. В 2018 г. созданы фитоочистные сооружения на бережных озера Нижний Кабан, в 2019 г. выполнены дноочистительные работы на озере Комсомольское. Весной – в начале лета 2021 г. на озере Малое Чайковое проведены дноочистительные работы, выполнено укрепление береговой зоны, благоустроена парковая зона с созданием оздоровительно-физкультурного комплекса.

Мировой опыт свидетельствует о необходимости пристального внимания за состоянием водоемов, в которых проводилась очистка дна от накопленных донных отложений. Изучение водоемов, подвергшихся антропогенной трансформации, позволяет расширить знания о сукцессионных и адаптационных процессах гидробиологических сообществ и экосистемы в целом (Рубцова, Алёмов, 2011; Деревенская, 2022; Абрамова и др., 2024; Cabrera, 2014; Jing et al., 2019). Выявленная ранее авторами межгодовая сукцессия фитопланктона в оз. Комсомольское, сопровождающаяся сменой гетеротрофной фазы на автотрофную (Абрамова и др., 2024), способствовала интересу в продолжении подобных исследований и на других водоемах после их благоустройства, в частности, на оз. Малое Чайковое.

Цель данного сообщения – представление результатов изучения состава и структуры фитопланктона оз. Малое Чайковое после дноочистительных мероприятий. Отбор проб проводился из поверхностного слоя воды в летне-осеннюю межень с августа 2021 г. по октябрь 2024 г. Одновременно проведены исследования гидрохимических показателей. Обработка проб и анализ данных проведены согласно общепринятым гидробиологическим методам.

В первые два года наблюдений средне-вегетационный показатель общей биомассы фитопланктона составил 7.1 ± 1.28 мг/л (уровень эвтрофии), максимальные значения биомассы при этом достигали 10.4 ± 1.6 мг/л (август). По прозрачности воды, содержанию фосфатов и общего азота озеро соответствовало эвтрофному типу.

«Цветение» воды было вызвано гетероцистной синезеленой *Anabaenopsis* cf. *arnoldii* (рис. 1). Для водоемов Волжского бассейна «цветение воды», обусловленное данным видом, является довольно необычным явлением. Биомасса вида достигала 9,2 мг/л, численность – 70 млн кл./л. Доля от общей численности составила 65–82%, от биомассы – 70–85%. Пик развития *Anabaenopsis* приходился на август месяц, когда температура воды прогревалась до 25–26°C. Основными сопутствующими видами были зеленые водоросли пор. *Chlamydomonales*. Триггерным фактором массового развития *Anabaenopsis*, предположительно, послужило изменение гидрологического и физико-химического режима в озере в результате проведенных работ по извлечению донных иловых отложений. Немаловажную роль в этом сыграли и особенности толерантности/чувствительности вида к определенным абиотическим факторам.

Известно, что дноочистительные мероприятия в связи с особенностями применения техники и методами проведения работ могут привести к изменению гидрологических условий, включая снижение уровня воды, нарушение структуры донных отложений и изменение физико-химических свойств воды. Падение уровня воды в процессе удаления донных отложений чаще всего обусловлено увеличением размера озерной котловины; удалением водной растительности, участвующей в удержании воды; изменением формы дна и береговой линии, приводящим к нарушению естественного перераспределения воды (Yan, Li, 2023; Chao et al., 2024; Leira, Cantonati, 2008). Снижение уровня воды летом приводит к повышению концентрации питательных веществ в толще воды и повышению температуры воды на мелководных участках водоемов, что может приводить к усиленному росту синезеленых (Bakker, Hilt, 2016).

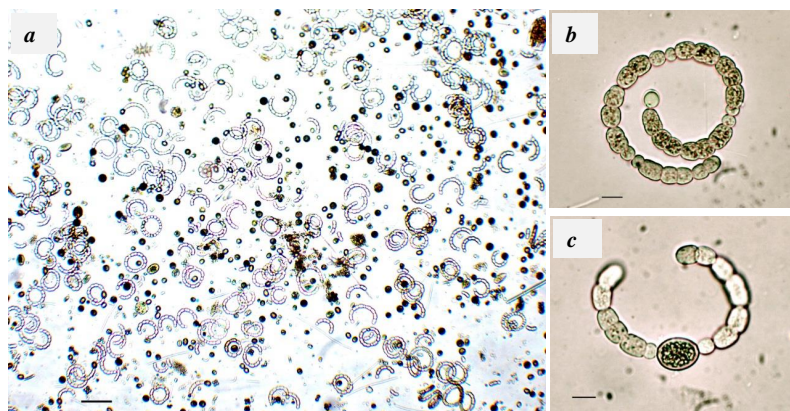


Рис. 1. Массовое развитие *Anabaenopsis* cf. *arnoldii* в оз. Малое Чайковое; август 2021–2022 гг. (a). Одиночная гетероциста на конце трихомы (b). Интеркалярная эллипсоидная спора трихомы (c). Масштаб: a 150 μm, b–c 10 μm.

Представители р. *Anabaenopsis* теплолюбивые, обитающие преимущественно в тропических и субтропических водоемах (Krienitz et al., 2013; Santos et al., 2018), предпочитающие пресноводные и солоноватые водоемы с щелочной средой (Ballot et al., 2007). Это обитатели мезотрофных и эвтрофных водоемов, оптимальный рост которых наблюдается при температурах воды свыше 25°C (Komárek, 2005).

По морфофункциональной классификации *A.* cf. *arnoldii* относится к группе Н1-типа, объединяющей diaзотрофные виды (способные фиксировать атмосферный азот),

обитающие в мезотрофно-гипертрофных водоемах, толерантные к низкому содержанию азота, чувствительные к перемешиванию и низкому содержанию фосфора. Основным фактором, способствующим цветению *Anabaenopsis*, является высокая концентрация биогенных элементов, особенно фосфора (Ballot et al., 2008; Mayer, 2020). Также развитие *Anabaenopsis* напрямую связано с уровнем воды через изменение минерализации, доступности питательных веществ, прогрева воды (Комарек, 2005).

За четыре года исследований уровень воды в озере изменялся (рис. 2). Наиболее низкие значения отмечались в первые два года наблюдений, в последующие он заметно поднялся. В период массового развития *Anabaenopsis* прозрачность воды в озере составила 0.2–0.4 м. Реакция среды соответствовала щелочному уровню (pH 8.6–8.7). По гидрохимическим показателям отмечено высокое содержание в воде железа (2–3ПДК_{рх}), что придавало ей бурый оттенок. Превышение предельно допустимой концентрации БПК₅ (3–20ПДК_{рх}) указывало на нарушение процессов самоочищения и ухудшения качества воды после экореабилитации. Превышение отмечалось также по фосфатам (2–3ПДК_{рх}). Как можно заключить, гидрохимические и гидрологические условия, сложившиеся в озере в период непосредственно после работ по экореабилитации, благоприятствовали развитию *Anabaenopsis*.



Рис. 2. Юго-восточная часть озера Малое Чайковое (а), уровень воды в озере в 2022 (b) и 2024 гг. (с)

В последующие два года (2023–2024 гг.) доминирующий состав синезеленых водорослей значительно изменился. Ранее присутствующий *Anabaenopsis* cf. *arnoldii* выпал из состава планктона. Структуру сообщества формировали безгетероцистные виды S₁-типа: *Planktothrix agardhii* и *Pseudanabaena limnetica*. Средне-вегетационное значение общей биомассы фитопланктона соответствовало эвтрофным условиям. Сукцессия в доминирующем составе синезеленых от Н₁-типа к S₁-типу проявляется в межгодовой динамике. Предположительно, перестройка доминирующего комплекса в структуре сообщества связана с изменением физико-химических свойств и гидрологических характеристик озера, в частности, с повышением уровня воды.

Кроме того, исчезновение гетероцистных и появление безгетероцистных форм

синезеленых некоторые исследователи (Сиделев, 2010) связывают с обогащением воды азотом. Нитчатые азотофиксирующие водоросли из экологической группы N₁ наиболее конкурентны, чем виды S₁-типа в условиях низких концентраций азота. По мере увеличения содержания данного элемента в среде, наблюдается замещение видов одной экологической группы на другую.

Таким образом, проведенные дноочистительные работы на оз. Малое Чайковое способствовали изменению условий водной среды. Понижение уровня воды, увеличение содержания фосфатов в воде, прогрев воды до температуры 25–26°C и удаление гидрофитной растительности (роголистник) послужили факторами, спровоцировавшими массовое развитие синезеленых водорослей в озере. В первые два года в качестве возбудителя «цветения воды» выступал *Anabaenopsis* cf. *arnoldii*, что характеризовало собой фазу развития гетероцистных синезеленых водорослей (2021–2022 гг.). В последующем (2023–2024 гг.) межгодовая сукцессия перешла в фазу с безгетероцистными видами, представленными *Planktothrix agardhii* и *Pseudanabaena limnetica*, более характерными для водоемов Поволжья.

Литература

Абрамова К.И., Токинова Р.П., Иванов Д.В. Сукцессия фитопланктона в озере Комсомольском (г. Казань) после проведения дноочистительных работ // Российский журнал прикладной экологии. 2024. №2. С. 28–41.

Деревенская О.Ю. Сукцессии зоопланктона малых мелководных озер после проведения мероприятий по экореабилитации // Трансформация экосистем. 2022. 5 (2). С. 74–85.

Рубцова С.И., Алёмов С.В. Влияние дноочистительных работ на экологическое состояние портовых акваторий // Морской экологический журнал. 2011. №2. С. 81–87.

Сиделев С.И. Сукцессия фитопланктона высокоэвтрофного озера Неро: Автореф. ... канд. биол. наук. Борок. 2010. 27 с.

Bakker E.S., Hilt S. Impact of water-level fluctuations on cyanobacterial blooms: options for management // Aquat. Ecol. 2016. 50. P. 485–498.

Cabrita M.T. Phytoplankton community indicators of changes associated with dredging in the Tagus estuary (Portugal) // Environmental Pollution. 2014. 191. P. 17.

Chao Fusheng, Liang Xin, Wang Xin, Lu Bin. Water level fluctuation rather than eutrophication induced the extinction of submerged plants in Guizhou's Caohai Lake: implications for lake management // Water. 2024. 16(5). 772. P. 1–13.

Komárek Jiri. Phenotype diversity of the heterocytous cyanoprokaryotic genus *Anabaenopsis* // Czech Phycology. Olomouc. 2005. 5. P. 1–35.

Krienitz Lothar, Dadheech Pawan K., Kotut Kiplagat. Mass development of the cyanobacteria *Anabaenopsis* and *Cyanospira* (Nostocales) in the soda lakes Kenya: Ecological and systematic implicatons // Hydrobiologia. 2013. 703. P. 79–93.

Leira Manel, Cantonati Marco. Effects of water-level fluctuations on lakes: an annotated bibliography. 2008. V. 613. P. 171–184.

Mayer T. Interactions of fish, algae, and abiotic factors in a shallow, tropical pond // Hydrobiologia. 2020. V. 847(127). P. 4145–4160.

Santos Kleber Renan De Souza, Lentschke Guilherme Scotta, Andreote Ana Paula Dini et al. Polyphasic characterization of newly isolated *Anabaenopsis* (Cyanobacteria) strains from tropical Brazil and Mexico // Phytotaxa. 2018. 367 (1). P. 1–12

Yan Jiale, Li Fang Effects of sediment dredging on freshwater system: a comprehensive review // Environmental science and pollution research. 2023. Vol. 30. P. 119612–119626

***ANABAENOPSIS* CF. *ARNOLDII* - THE CAUSATIVE AGENT OF «WATER BLOOMS» IN A SHALLOW URBAN WATER BODY (KAZAN)**

K.I. Abramova, R.P. Tokinova, N.V. Shurmina

Mass development of the blue-green alga *Anabaenopsis* cf. *arnoldii* was detected in the plankton of the urban shallow lake Maloe Chaikovo (Kazan). The level of water “blooming” during this period reached more than 10 mg/l in biomass. The contribution of *A. cf. arnoldii* to the total abundance and biomass of phytoplankton was more than 80%. For the first time vegetation of this species in plankton was observed after the completion of ecorehabilitation measures in the lake to remove bottom sediments and was observed during the following two years. Later, the species was not detected in phytoplankton samples. The influence of factors contributing to the abundant development of *Anabaenopsis* in the lake, representatives of which have predominantly subtropical and tropical distribution, is discussed.

CARASSIUS GIBELIO (BLOCH, 1782) – КАК ОБЪЕКТ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО РЫБОЛОВСТВА В ПОЙМЕННЫХ ОЗЕРАХ ЕЛАБУЖСКИХ ЛУГОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НИЖНЯЯ КАМА»

Д.Ф. Аверьянов^{1,3}, С.П. Монахов^{2,3}, Ю.А. Лукьянова³

¹Отдел по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов по Республике Татарстан Камско-Волжского филиала ФГБУ «Главрыбвод»

²Институт проблем экологии и недропользования АН РТ

³Национальный парк «Нижняя Кама»

Проблема биологических инвазий является одной из ключевых в исследованиях экосистем, претерпевающих деформацию в результате деятельности социума, и ставит вопрос о сохранении самих экосистем. В настоящее время в бассейне Средней Волги, в границах которого располагается национальный парк «Нижняя Кама», насчитывается более двадцати видов рыб-вселенцев, из которых в водоемах самого парка зафиксировано четыре вида, в том числе серебряный карась. Серебряный карась входит в состав особо опасных инвазионных видов России, но при этом является одним из ценных объектов промысла рыболовства, рыбоводства и прикладного декоративного рыборазведения. Действенными путями контроля его численности считаются увеличение доли хищной фауны, употребляющей данный вид в пищу и рыболовство.

Большинство водных экосистем национального парка «Нижняя Кама» являются частью гидрологической сети прирусловой, центральной и притеррасной поймы правобережья нижнего течения реки Камы и расположены в пределах двух территориально разграниченных природных кластеров – Елабужских и Танаевских пойменных лугов, примыкающих к городу Елабуга и селу Танайка, соответственно. Помимо этого, в лесном массиве «Боровецкий лес» расположено два озера суффозионного типа (Технико-экономическое ..., 1990).

Водные экосистемы Елабужских лугов включают устьевой участок реки Тоймы – притока первого порядка – р. Камы и старичные водоёмы, представляющие собой остатки бывшего русла р. Камы. Из которых, за период систематических исследований с 2018 по 2024 гг., было обследовано девять озер и участок р. Тоймы.

Сбор материала осуществлялся ставными одностенными нерамными жаберными сетями с ячей 18, 22, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 мм длиной по 3 м каждая (всего 10 шт.), с ячей 40, 50, 60 мм по 30 м каждая (всего 3 шт.) и мальковой волокушей, длиной 7 м. с