

Развитие экосистемы озера Рамза на реке Ворона как проявление долговременных последствий мелиоративных работ и климатических изменений

Г. А. Анциферова¹✉, Л. Е. Борисова², Н. И. Русова³, Ж. Ю. Кочетова⁴

¹Воронежский государственный университет, Российская Федерация
(394068, Воронеж, Университетская площадь, 1)

²Государственный природный заповедник «Воронинский», Российская Федерация
(393310, Тамбовская область, п. Инжавино, ул. Братская, 23)

³Военно-морской политехнический институт ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,
Российская Федерация
(196602, г. Санкт-Петербург, Кадетский бульвар, 1)

⁴ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»,
Российская Федерация
(394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А)

Аннотация. Цель – изучение развития оз. Рамза, расположенного в среднем течении р. Ворона, как проявление долговременных последствий мелиоративных работ по спрямлению речного русла в середине 1960-х годов и в условиях современных климатических изменений.

Материалы и методы. Исходными материалами послужили сведения о глубинах, и их замеры, прослеживание прозрачности вод, кислородного режима. Гидробиотический метод связан с изучением макрофитов и фитопланктона, с применением метода биоиндикации.

Результаты и их обсуждение. Начало направленных изменений озерной экосистемы связано с проведением спрямления русла р. Ворона (антропогенный фактор). Развитие водоема выражается в обмелении и зарастании озера. Данные процессы активизировались на фоне климатических изменений, проявляющихся с 2010 года (природный фактор). Ниже по течению сформировалась и развивается новая озерная акватория. Неблагоприятная экологическая ситуация связана с накоплением органического вещества. Она подчеркивается присутствием среди макрофитов и фитопланктона представителей загрязненных местообитаний.

Заключение. Развитие оз. Рамза показало его обмеление, зарастание и появление ниже по течению новой акватории. Исследования важны для прослеживания природного развития водоемов, обмелевших вследствие антропогенного воздействия на фоне климатических изменений, а также для понимания общей тенденции формирования качества поверхностных вод.

Ключевые слова: биоиндикация, водная экосистема, гидробиотика, развитие озера, макрофиты, фитопланктон.

Для цитирования: Анциферова Г. А., Борисова Л. Е., Русова Н. И., Кочетова Ж. Ю. Развитие экосистемы озера Рамза на реке Ворона как проявление долговременных последствий мелиоративных работ и климатических изменений // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2025, № 3, с. 142-148. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/142-148>

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований водных объектов центральной России, в связи с их повсеместным загрязнением, трудно переоценить. В условиях ограниченной хозяйственной нагрузки на особо охраняемой природной территории заповедника «Воронинский» исследованы развитие проточно-руслового оз. Рамза и его экологический статус.

При изучении развития озера интересным моментом явилась возможность четкого определения начала его преобразований, связанных с проведением спрям-

ления русла р. Вороны в середине 1960-х годов (антропогенный фактор). Началось обмеление, зарастание озера, его заиливание, местами на прибрежных мелководьях заболачивание.

Для понимания влияния на преобразование водных экосистем собственно природных факторов, рассматриваются температуры (природный фактор). Начавшиеся в озере после спрямления русла реки изменения, при проявлении экстремально высоких летних температур воздуха начиная с 2010 года, заметно активизировались. В последующем и по настоящее время (2024 год) про-



должается зарастание мелеющего водоема. В составе фитопланктонного сообщества распространяются цианобактерии загрязненных местообитаний.

Изученная последовательность процессов, происходящих в озере Рамза, позволила сделать прогноз направления развития этого водного объекта от момента проведения спрямления русла р. Ворона и по настоящее время. Данные по макрофитам и микроводорослям подтверждают правильность прогнозных представлений, сформулированных по материалам 2007-2014 и 2017-2024 годов [1, 4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Фактические материалы, полученные по оз. Рамза заповедника «Воронинский», рассматриваются как эталон развития природных водоемов, обмелевших вследствие антропогенного воздействия в условиях климатических изменений.

Визуальные наблюдения направлены на отслеживание прозрачности вод, кислородного режима, сбор сведений о глубинах в разные годы исследований, и их измерение по площади акватории. Гидробиотические работы связаны с изучением таксономического состава сообществ макрофитов (высшей водной растительности) и микроскопическим изучением фитопланктона и микрофитобентоса. Совокупность различных аналитических приемов позволяет четко определять направленность природных и антропогенных преобразований, происходящих в водоеме.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Озеро Рамза находится в Кирсановском массиве заповедника «Воронинский». Этот проточно-русловой эвтрофный водоем расположен в среднем течении р. Ворона в Тамбовской области [9].

До реализации мелиоративного проекта по спрямлению русла р. Ворона оз. Рамза представлялось как самое крупное на Тамбовщине. Его площадь составляла более 250 га, а глубины достигали от 4 м в прибрежной зоне в 80 м от берега и максимально до 7 м. В с. Рамза существовало два рыболовецких колхоза, которые вылавливали в озере сотни центнеров рыбы на продажу [8].

После спрямления русла в середине 1960-х годов, изначально уровень воды в озере, по мнению местных жителей, упал примерно на 1,5 м. И к 1992 году, спустя около 30 лет, по описанию Н. И. Дудника, максимальные глубины наблюдались уже не более 2 м. К настоящему времени площадь озера сократилась до 168 га. Мелководный водоем не имеет морфологически выраженных зон. В 2004 году на батиметрическом плане выделялись всего 2 изолинии – 1,0 м и 1,5 м [11].

За последние 5 лет в центре озера дно стало еще более сглаженным – при обычном летнем уровне 1,5-метровая изолиния не регистрируется. Проточная часть, где аккумулируются донные речные наносы, катастрофически мелеет. Это привело к тому, что во время весеннего половодья здесь задерживается часть сплавинных кочек и выдернутых льдом фрагментов зарослей воздушно-водной растительности, переноси-

мых водными массами в юго-восточную часть озера, где формируется речной поток, «выходящий» из озера.

Более глубоководные участки отмечены только в зоне впадения р. Ворона в озеро [11, 13]. Например, по замерам 2024 года глубина оз. Рамза в месте впадения в него речного потока составила от 1,8 до 2,5 м.

Замеры глубин в новой акватории оз. Рамза были проведены 04.09.2024 года. На выходе речного потока из зарастающего оз. Рамза, при его впадении в новую акваторию, наблюдается глубокая, до 8,5-8,7 м, яма. Замеренные в новой акватории глубины показывают, что вдоль левого берега по краю непроходимого тростника они достигают 0,5-0,8 м, в среднем составляя от 1,0 м до 1,5-1,8 м, а справа на границе с проточной частью доходят до 2 м.

По данным Л. Е. Борисовой, общая площадь распространения водной растительности на оз. Рамза близка к 100 % [6]. Заросли воздушно-водных растений занимают до 45 % акватории. Они подразделяются на три типа зарослей – прибрежную полосу, ширина которой иногда достигает более 100 м (до глубины 1,1-1,2 м), островковые заросли и огромный массив в восточной половине, тяготеющий к проточной части.

С 2004 по 2024 годы Л. Е. Борисовой на озере зарегистрировано 47 видов высших сосудистых растений из 35 родов и 21 семейства [6], что составляет 19,6 % от водной флоры европейской части России, перечень которой приведен в работе В. В. Соловьёвой и А. Г. Лапирова [19].

Согласно современной классификации основных экологических групп водных растений, спектр флоры озера выглядит следующим образом: настоящие водные (гидрофиты) – 46,8 % (22 вида), воздушно-водные (гелофиты) – 23,4 % (11 видов), водные-воздушно-водные (гигрогелофиты) – 29,8 % (14 видов).

Макрофиты имеют различные показатели встречаемости и обилия, как на разных участках акватории озера, так и по годам. Неизменными доминантами в формировании распространения зарослей высшей водной растительности являются 4 вида. Это рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.) и тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), кубышка желтая (*Nuphar lutea* (L.) Smith) и роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.). Соответственно они представляют четыре формации.

Формация рогоза узколистного – *Typheta angustifoliae*. Занимает значительные площади в прибрежной полосе (от берега или зарослей тростника до глубины 1,0-1,2 м) и в виде массива в проточной части, и островов, особенно в западной части озера. Рогоз узколистный наступает на зону погруженных макрофитов, прорастает сквозь заросли кубышки желтой, через острова ежеголовника прямого (*Sparganium erectum* L.) и схеноплектуса озерного (*Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla). Площадь местообитаний вида неуклонно растет и по состоянию на 2024 год занимает 60-70 % от общей площади воздушно-водных макрофитов.

Формация тростника южного – *Phragmiteta australis*. По площади уступает предыдущей формации, занимает прибрежную зону до глубины 0,8-1,0 м практически по всему периметру озера, фрагментарно встречается в массиве воздушно-водных макрофитов в проточной части, часто образует чистые густые заросли.

Формация кубышки желтой – *Nupharea luteae*. Занимает не менее 40 % акватории, большое распространение имеет среди рогоза узколистного. За период с 2004 по 2024 год площадь сообществ с ее участием увеличилась примерно вдвое, вследствие чего значительно уменьшилась зона с открытым водным зеркалом. Глубины в местообитаниях обычно составляют от 0,8 до 1,4 м, на глубоководных участках достигают 2 м.

Формация роголистника темно-зеленого – *Ceratophylleta demersi*. Роголистник темно-зеленый является самым распространенным макрофитом в растительном покрове оз. Рамза. Сообщества с доминированием вида занимают 80-90 % акватории, свободной от других макрофитов.

Среди макрофитов в оз. Рамза повсеместно наблюдаются многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid.), ряска малая (*Lemna minor* L.), водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsus-ranae* L.), кувшинка чисто-белая (*Nymphaea candida* C. Presl), рдест блестящий (*Potamogeton lucens* L.), уруть мутчатая (*Myriophyllum verticillatum* L.), ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L.) и схеноплектус озерный (*Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla.).

В период открытого водного зеркала кислородные условия в толще воды удовлетворительные. Этому способствует проточный гидрологический режим водоема, обеспечивающий водообмен в восточной половине озера, а также продуцирование кислорода обильной водной растительностью в процессе фотосинтеза и насыщение кислородом атмосферного воздуха через поверхность воды. В период ледостава на всех участках, не затронутых течением, уже в первой половине зимы наблюдается острый дефицит кислорода, а во второй половине зимы при толщине льда 50-60 см содержание кислорода падает до нуля.

Прозрачность воды в озере в связи с незначительными его глубинами определяется визуально, проследившаяся до дна. В редких случаях наблюдается разница в прозрачности воды от 1,0 до 4,0 м. Это происходит на более глубоководных участках водного объекта, которые приурочены к месту впадения Вороны в озеро и далее, когда водный поток, пройдя через него, вновь формируется и, вытекая из озера, впадает в новую акваторию Рамзы. Каждый сезон в июле – августе происходит массовое распространение микроводорослей. Но при этом прозрачность воды не снижается, поскольку они развиваются не в водной толще, а в виде перифитона покрывают всю погруженную растительность обильными обрастаниями.

По физико-географическим условиям бассейн среднего течения р. Ворона относится к лесостепной

провинции Приволжской возвышенности [4]. Соответственно, району исследований наиболее подходит перечень возможных индикаторов экологических процессов водных систем лесостепной и степной зон, приведенный в работе В.В. Соловьёвой [18].

Среди макрофитов преобладают виды, которые предъявляют различные требования к факторам среды. Все это несколько затрудняет использование водных растений в качестве показательных видов [17, 19].

Во флоре оз. Рамза насчитывается до 15 индикаторных видов макрофитов, указывающих на высокий режим трофности вод, а также на повышенное накопление илистых отложений. Среди них такие виды как кубышка желтая, кувшинка чисто-белая, многокоренник обыкновенный, водокрас обыкновенный, уруть мутчатая и другие.

На постепенное снижение уровня воды показывают сусак зонтичный, ежеголовник прямой, рогозы. Причем ранее сусак зонтичный регистрировался только в прибрежной зоне и в районе отложений речных наносов, в 2020 году внедрился в обмелевшую центральную часть акватории озера, где через год начал успешно плодоносить. И уже в 2024 году было отмечено множество мелких островов (около 1 м²) его распространения в зарослях кубышки желтой и кувшинки чисто-белой, а также на границе островов ежеголовника прямого и рогоза узколистного.

Согласно системе сапробности, применяемой для высших водных растений [10, 17], они развиваются преимущественно в олигосапробной и β -мезосапробной зонах. Эти зоны формируются благодаря процессам самоочищения вод [12, 20]. Из флоры оз. Рамза, например, к олигосапробной зоне тяготеет рдест блестящий (*Potamogeton lucens* L.) с индексом сапробности, равным 1,40, который характерен для вод II класса качества «Чистые». Его местообитания приурочены к участкам, свободным от зарослей кубышки желтой, в центре озера, но преимущественно у северного побережья, что свидетельствует о более благоприятных экологических условиях в этой части озера.

Из широко распространенных видов высокими значениями индекса сапробности в пределах 2,01-2,25, характерными для III класса вод («Умеренно (слабо) загрязненные»), и способностью обитать в α -мезосапробной зоне отличаются все плавающие на поверхности воды ряски (*Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid., *Lemna gibba* L., *Lemna minor* L.). За последние несколько лет обилие рясок в большей части озера значительно сократилось. Рясковые сплавины ныне можно встретить только в районе небольшого плеса и у восточного побережья. Повышение трофности здесь подчеркивается структурной перестройкой сообществ в зоне, свободной от воздушно-водной растительности, – из видового состава выпадают кувшинка чисто-белая (*Nymphaea candida* C. Presl), рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.), при этом внедрился телорез алоэвидный (*Stratiotes aloides* L.), который яв-

ляется индикатором заболачивания. Погруженная растительность развита плохо и представлена в основном разреженными зарослями роголистника темно-зеленого (*Ceratophyllum demersum* L.) и урути мутовчатой (*Myriophyllum verticillatum* L.), встречаются пузырчатка обыкновенная (*Utricularia vulgaris* L.) и скопления ряски трехдольной (*Lemna trisulca* L.). Наблюдения за развитием растительного покрова оз. Рамза в течение длительного периода позволяют сделать вывод о том, что все перечисленные выше водные макрофиты можно использовать только в качестве экспресс-индикаторов состояния водной среды.

Обследование макрофитов новой озерной акватории в 2024 году показало, что вдоль берега до глубины 1,1 м, максимально до 1,25 м, распространен рогоз узколистный, до глубины от 0,6-0,8 м, максимум до 1,2 м наблюдаются густые заросли тростника южного. Среди сопутствующих видов встречаются многокоренник обыкновенный, ряска малая, водокрас обыкновенный, по краю зарослей наблюдаются вех ядовитый (на самых мелководных местах), ряска трехдольная, уруть мутовчатая и другие.

Эвтрофный режим водоема подтверждается и соотношением зон сапробности на графиках эколого-биологического качества вод, приведенных и детально проанализированных в публикациях авторов разных лет [1-4].

Экологическое качество вод во многом сохраняется за счет положительного влияния деятельности макрофитов как естественных биофильтров. При поступлении в водоем хозяйственно-бытовых стоков с территорий с. Рамза и с. Коммунарка индекс сапробности вод повысился до 2,09. Но, судя по данным биоиндикации 2013-2014 и 2018-2019 годов, пройдя через новую акваторию Рамзы, экологическое качество вод улучшается, о чем свидетельствует снижение значений индексов сапробности до 1,49 и 1,58, и согласно данным параметрам по качеству воды относятся ко II и III классам [1, 4, 16].

Обмеление и зарастание оз. Рамза, образование его новой акватории создает многообразие биотопов, что сопровождается изменением таксономического и экологического состава сообществ фитопланктона и микрофитобентоса. На этом и базируется метод биоиндикации и изучение динамики развития озерной экосистемы [2, 4, 5, 14, 15]. В июле – августе каждого сезона вегетации обычно наблюдается увеличение биомассы фитопланктона, который выступает основным конкурентом макрофитов за биогенные вещества, и в это время донный наилот и водные растения покрываются микроводорослевыми обрастаниями.

В составе сообществ фитопланктона распространены диатомовые водоросли; с оценками обилия «в массе», «очень часто», «часто» представлены виды родов *Fragilaria* Lyngb., *Synedra* Ehr., *Navicula* Bory, *Gomphonema* Ehr., *Epithemia* Bréb., *Cymbella* Ag., *Nitzschia* Hass., *Cocconeis* Ehr. *Rhopalodia* O. Müll., *Amphora* Ehr., *Gyrosigma* Hass., *Cymatopleura* W. Sm. и многие другие. Среди цианобактерий повсеместно с оценками обилия «нередко», «часто» и «очень часто» наблюдаются виды *Microcystis pulvere* (Wood) Forti emend. Elenk. et f. *holsatica* (Lemm.) Elenk., *Coelosphaerium kützingiana* Näg., *Pseudoanabaena bipes* Böcher, *Phormidium foveolarum* (Mont.) Gom., *Phormidium paryraceum* (Ag.) Gom., *Phormidium uncinatum* (Ag.) Gom., *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm., *Lyngbya lagerheimii* (Mob.) Gom., *Lyngbya spendens* Tschern., *Schizothrix fragilis* (Kütz.) Gom. и многие другие.

Проявление аномально высоких летних температур в период 2010-2012 годов нашло отклик в составе вегетационных сукцессий фитопланктона. Сообщества диатомовых водорослей снизили свое видовое разнообразие. Отклик сообществ цианобактерий к 2012 году проявился весьма выразительно. По сравнению с 2007-2009 годами наблюдений в их составе проявились инвазивные виды цианобактерий, чуждые для водоемов региона [2, 3]. Среди них с оценками обилия «часто» – «в массе» распространились виды *Phormidium tenue* (Menegh.) Gom., *Microcystis aeruginosa* f. *pseudoflorentosa* (Grow) Elenk., *Microcystis ichtyoblabe* Kütz., *Microcystis wesenbergii* Komarek, *Nematonostoc flagelliformis* (Berk. et Curt.) Elenk., *Spirulina meneghiniana* Zanard. Начиная с 2013-2014 годов, и к 2019 году, в составе сообществ цианобактерий с оценками обилия «очень часто» в обрастаниях водной растительности наблюдаются *Anabaena contorta* Bachm., *Anabaena variabilis* Kütz. и многие другие. На остроту экологической ситуации указывает также появление таких таксонов, как *Ostiillatoria lauterbornii* Schmidle, *Ostiillatoria princeps* Vauch., *Ostiillatoria putrida* Schmidle, *Ostiillatoria tenius* Ag., характерных для загрязненных местообитаний [3, 4, 7].

Озеро Рамза, расположенное на территории заповедника, является эталоном для понимания отклика водной экосистемы на воздействие антропогенного фактора на фоне глобальных климатических изменений. Поскольку озера среднего течения Вороны являются проточно-русловыми, то обмеление и зарастание озера привело к появлению новой акватории. Процесс сопровождается сменой условий обитания макрофитов, микроводорослей и цианобактерий, что вызывает изменение режима трофности водоема в результате накопления органики в донных осадках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере оз. Рамза прослежены долговременные, происходящие с середины 1960-х годов и по настоящее время, последствия мелиоративных работ по спрямлению русла реки. Начиная с 2010 года, к ним присоединились и климатические изменения. Первоначально они проявились чрезвычайно резкими температурными летними аномалиями, и их существенная роль выразилась в ускорении процессов обмеления, зарастания и заболачивания прибрежных мелководий старого озера. Многолетние исследования показали, что мелиорация сопровождалась перестройкой функционирования водной экосистемы. Изученная последовательность процессов обмеления и зарастания оз.

Рамза завершилась заложением и формированием ниже по течению от обмелевшего озера нового озеровидного расширения, которое ныне проявляется как новая акватория озера Рамза.

Установлено, что при отсутствии непосредственных антропогенных источников загрязняющих веществ, неблагоприятная экологическая ситуация возникает, в частности, вследствие накопления в донных осадках неразложившегося органического вещества. Об этом свидетельствует распространение представителей заболоченных и загрязненных местообитаний в составе сообществ макрофитов, микроводорослей и цианобактерий.

Велико значение изученного водоема заповедника «Воронинский» для понимания общей тенденции формирования качества поверхностных вод. Озеро Рамза является эталоном природного развития водоемов, обмелевших вследствие антропогенного воздействия на фоне климатических изменений, а также для водоемов, расположенных на антропогенно нагруженных и урбанизированных территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анциферова Г.А. Особенности вегетационных сукцессий низших водорослей в условиях аномально высоких летних температур 2010-2012 годов (бассейн Среднего Дона) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2013, № 2, с. 107-112.
2. Анциферова Г.А., Русова Н.И. Долгосрочные последствия влияния аномально высоких летних температур воздуха 2010-2012 годов на водные экосистемы лесостепной зоны // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2017, № 2, с. 5-12.
3. Анциферова Г.А., Шевырев С.Л., Русова Н.И. Вселение чужеродных видов цианобактерий в водоемы средних широт в условиях высоких летних температурных аномалий воздуха // *Успехи современного естествознания*, 2019, № 11-2, с. 407-412.
4. Анциферова Г.А., Русова Н.И. *Сообщества микроводорослей и биоиндикация проточно-руслowych озер лесостепной провинции Приволжской возвышенности*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга». 2019. 200 с.
5. Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. *Разнообразие водорослей-индикаторов в оценке качества окружающей среды*. Tel-Aviv: Piles Studio, 2006. 498 с.
6. Борисова Л.Е. Водная флора проточно-руслового озера Рамза // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Научные чтения памяти профессора Б.М. Козо-Полянского – 2025»* (г. Воронеж, 21-22 января 2025 г. (LXII) / под ред. В.А. Агафонова. Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2025. с. 34-37.
7. Горюнова С.В., Демина Н.С. *Водоросли – продуценты токсических веществ*. Москва: Издательство «Наука», 1974. 256 с.
8. Дудник Н.И. На стыке четырех областей // *По родным просторам* / под ред. Ф.Н. Милькова. Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1992, с. 105-111.
9. Егоров А.А. История создания заповедника «Воронинский» // *Труды государственного природного заповедника «Воронинский»: т. 1*. Тамбов: Издательство ТГУ им. Державина, 2009. с. 5-18.
10. Кокин К.А. *Экология высших водных растений*. Москва: Издательство МГУ, 1982. 158 с.
11. *Летопись природы заповедника «Воронинский» за 1997 год. Книга 2*. Инжавино, 1998 [Рукопись].
12. Макрушин А.В. *Биологический анализ качества вод*. Ленинград, 1974. 60 с.
13. Потапова О.Е., Самодурова Л.Е. Комплексное обследование озера Рамза // *Труды государственного природного заповедника «Воронинский»: т. 1*. Тамбов: Издательство Першина Р.В., 2009. с. 107-117.
14. Разумовский Л.В. *Оценка трансформации озерных экосистем методом диатомового анализа*. Москва: Издательство «Геос», 2012. 199 с.
15. Разумовский Л.В., Моисеенко Т.И. Оценка пространственно-временных трансформаций озерных экосистем методом диатомового анализа // *Доклады РАН. Общая биология*. 2009, т. 429, № 3, с. 274-277.
16. *Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем*. Санкт-Петербург: Гидрометеозидат, 1992. 320 с.
17. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. *Гидробиотика: Прибрежно-водная растительность*. Москва: Издательский центр «Академия», 2005. 240 с.
18. Соловьёва В.В. *Использование макрофитов в комплексной оценке экологического состояния реки Чапаевки. Методология и методика научных исследований в области естествознания*. Самара: Издательство ПГСГА, 2008. с. 349-352.
19. Соловьёва В.В., Лапиров А.Г. *Гидробиотика*. Самара: Издательство ПГСГА, 2013. 354 с.
20. Sládeček V. *System of water quality from biological point of view* // *Arch. Hydrobiol. Erg. Limnol.* 1973, vol. 7, p. 1-218.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 11.07.2024

Принята к публикации: 01.09.2025

The Development of the Ramza Lake Ecosystem on the Vorona River as a Manifestation of the Long-Term Consequences of Land Reclamation Works and Climate Change

G. A. Antsiferova¹✉, L. E. Borisova², N. I. Rusova³, Zh. Yu. Kochetova⁴

¹Voronezh State University, Russia Federation
(1, Universitetskaya Sq., Voronezh, 394018)

²State Natural Reserve «Voroninsky», Russia Federation
(23, Bratskaya Str., Inzhavino, 393310)

³Naval Polytechnic Institute "N.G. Kuznetsov Naval Academy"
Military Training and Scientific Center of the Navy, Russia Federation
(1, Kadetsky Boulevard, St. Petersburg, 196602)

⁴Military Training and Research Center of the Air Force
«Air Force Academy Named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin», Russia Federation
(54A, Starykh Bol'shevikov Str., Voronezh, 394064)

Abstract. The purpose is to study the development of the Ramza Lake, located in the middle reaches of the Vorona River, as a manifestation of the long-term consequences of the melioration work to straighten the riverbed in the mid-1960s and under the conditions of modern climate change.

Materials and methods. The initial materials were depth measurements, monitoring of water transparency, and oxygen regime. The hydrobotanical method is associated with the study of macrophytes and phytoplankton, using the bioindication method.

Results and discussion. The beginning of successive changes in the development of the lake ecosystem is associated with the straightening of the Vorona River bed (anthropogenic factor). The development of the reservoir is expressed in the shallowing and overgrowing of the lake. These processes have intensified against the background of climate change, which has been evident since 2010 (natural factor). Downstream, a new lake water area has formed and is developing. The unfavorable ecological situation is related to the accumulation of organic matter. It is emphasized by the presence of representatives of contaminated habitats among macrophytes and phytoplankton.

Conclusion. The development of the Ramza Lake showed its shallowing and overgrowing, which led to the formation of a new water area. Research is important for understanding the natural development of reservoirs that have become shallow due to anthropogenic impact against the background of climate change, as well as for understanding the general trend in the formation of surface water quality.

Key words: bioindication, water ecosystem, hydrobotanics, lacustrine dynamics, macrophytes, phytoplankton.

For citation: Antsiferova G. A., Borisova L. E., Rusova N. I., Kochetova Zh. Yu. The Development of the Ramza Lake Ecosystem on the Vorona River as a Manifestation of the Long-Term Consequences of Land Reclamation Works and Climate Change. *Vestnik Voronezhskogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologia*, 2025, no 3, pp. 142-148 (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/142-148>

REFERENCES

1. Antsiferova G. A. Osobennosti vegetatsionnykh suksessiy nizshikh vodorosley v usloviyakh anomal'no vysokikh letnikh temperatur 2010-2012 godov (basseyne Srednego Dona) [Features of vegetation successions of lower algae in conditions of abnormally high summer temperatures in 2010-2012 (Middle Don basin)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologia*, 2013, no. 2, pp. 107-112. (In Russ.)
2. Antsiferova G. A., Rusova N. I. Dolgosrochnie posledstviya vliyaniya anomalno vysokikh letnikh temperatur vozduha 2010-2012 godov na vodnie ekosistemi lesostepnoi zoni [Long-term consequences of the influence of anomalously high summer air temperatures of 2010-2012 on water ecosystems of the forest-steppe zone]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologia*, 2017, no. 2, pp. 5-12. (In Russ.)

quences of the influence of anomalously high summer air temperatures of 2010-2012 on water ecosystems of the forest-steppe zone]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologia*, 2017, no. 2, pp. 5-12. (In Russ.)

3. Antsiferova G. A., Shevyrev S. L., Rusova N. I. Vselenie chужerodnykh vidov cianobakterii v vodoemy srednihsheir v usloviyakh visokikh letnikh temperaturnykh anomaliiivozduha [The invasion of alien species of cyanobacteria into water bodies of middle latitudes under conditions of high summer temperature anomalies of the air]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*, 2018, no. 11-2, pp. 407-412. (In Russ.)



4. Antsiferova G.A., Rusova N.I. *Soobshchestva mikrovodorosley i bioindikatsiya protochno-ruslovnykh ozer lesostepnoy provintsiy Privolzhskoy vozvysheynosti* [Microalgae communities and bioindication of flow-channel lakes in the forest-steppe province of the Volga upland]. Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskiy tsentr «Nauchnaya kniga». 2019. 200 p. (In Russ.)
 5. Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. *Rasnoobrasie vodorosley-indikatorov okruzhayuyey sredi* [Variety of algae indicators of the environment]. Tel-Aviv, 2006. 496 pp. (In Russ.)
 6. Borisova L. Ye. Vodnaya flora protochno-ruslovogo ozero Ramza. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauchnyye chteniya pamyati professora B.M. Kozzo-Polyanskogo – 2025»* (g. Voronezh, 21-22 yanvarya 2025 g. (LXII) [Aquatic flora of the Ramza riverbed lake] / pod red. V.A. Agafonova. Voronezh: Izdatel'stvo «Tsifrovaya poligrafiya», 2025. pp. 34-37. (In Russ.)
 7. Goryunova S.V., Demina N.S. *Vodorosli – produtsenty toksicheskikh veshchestv* [Algae – producers of toxic substances]. Moscow: Izdatel'stvo «Nauka», 1974. 256 p. (In Russ.)
 8. Dudnik N.I. Na styke chetyrekh oblastey [At the junction of four regions]. *Po rodnym prostoram* / pod red. F.N. Mil'kova. Voronezh: Izdatel'stvo Voronezhskogo universiteta, 1992. pp. 105-111. (In Russ.)
 9. Yegorov A.A. Istoriya sozdaniya zapovednika «Voroninskiy» [The history of the Voroninsky Nature Reserve]. *Trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Voroninskiy»: t. 1*. Tambov: Izdatel'stvo TGU im. Derzhavina, 2009. pp. 5-18. (In Russ.)
 10. Kokin K.A. *Ekologiya vysshikh vodnykh rasteniy* [Ecology of higher aquatic plants]. Moscow: Izdatel'stvo MGU, 1982. 158 p. (In Russ.)
 11. *Letopis' prirody zapovednika «Voroninskiy» za 1997 god. Kniga 2* [Chronicle of the Voroninsky Nature Reserve for 1997. Book 2]. Inzhavino, 1998 [Rukopis']. (In Russ.)
 12. Makrushin A.V. *Biologicheskyy analiz kachestva vod* [Biological analysis of water quality]. Leningrad, 1974. 60 p. (In Russ.)
 13. Potapova O. Ye., Samodurova L. Ye. Kompleksnoye obsledovaniye ozero Ramza [Comprehensive survey of Lake Ramza]. *Trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Voroninskiy»: t. 1*. Tambov: Izdatel'stvo Pershina R.V., 2009. pp. 107-117. (In Russ.)
 14. Razumovskiy L.V. *Otsenka transformatsii ozernykh ekosistem metodom diatomovogo analiza* [Assessment of transformation of lake ecosystems by diatom analysis]. Moscow: Izdatel'stvo «Geos», 2012. 199 p. (In Russ.)
 15. Razumovskiy L.V., Moiseyenko T.I. *Otsenka prostranstvenno-vremennykh transformatsiy ozernykh ekosistem metodom diatomovogo analiza* [Assessment of spatial and temporal transformations of lake ecosystems by the method of diatom analysis] *Doklady RAN. Obshchaya biologiya*, 2009, t. 429, no. 3, pp. 274-277. (In Russ.)
 16. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* [Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. Sanint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992. 320 p. (In Russ.)
 17. Sadchikov A.P., Kudryashov M.A. *Gidrobotanika: Pribrezhno-vodnaya rastitel'nost'* [Hydrobotany: Coastal and aquatic vegetation]. Moscow: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2005. 240 p. (In Engl.)
 18. Solov'yova V.V. *Ispol'zovaniye makrofitov v kompleksnoy otsenke ekologicheskogo sostoyaniya reki Chapayevki. Metodologiya i metodika nauchnykh issledovaniy v oblasti yestestvoznaniya* [The use of macrophytes in a comprehensive assessment of the ecological state of the Chapayevka River. Methodology and methodology of scientific research in the field of natural sciences]. Samara: Izdatel'stvo PGSGA, 2008. pp. 349-352. (In Russ.)
 19. Solov'yova V.V., Lapirov A.G. *Gidrobotanika* [Hydrobotany]. Samara: Izdatel'stvo PGSGA, 2013. 354 p. (In Russ.)
 20. Sládeček V. System of water quality from biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Erg. Limnol.* 1973, vol. 7, pp. 1-218.
- Conflict of interests:** The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 11.07.2024

Accepted: 01.09.2025

Антиферова Галина Аркадьевна

Доктор географических наук, профессор кафедры природопользования Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-0040-6564, e-mail: g_antsiferova@mail.ru

Борисова Лариса Евгеньевна

Заместитель директора по научной работе государственного природного заповедника «Воронинский», п. Инжавино, Тамбовская область, Российская Федерация, ORCID: 0009-0005-4127-4168, e-mail: nauka.zap@yandex.ru

Русова Надежда Ивановна

Кандидат географических наук, доцент кафедры радиационной, химической и биологической защиты Военно-морского политехнического института ВМПИ ВУНЦ ВМА «Военно-морская академия», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-9232-8059, e-mail: nadezhda_minnikova@mail.ru

Кочетова Жанна Юрьевна

Доктор географических наук, доцент кафедры эксплуатации и ремонта средств аэродромно технического обеспечения полетов Военный учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-8838-9548, e-mail: zk_vva@mail.ru

Galina A. Antsiferova

Dr. Sci. (Geogr.), Professor at the Department of Nature Management, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-0040-6564, e-mail: g_antsiferova@mail.ru

Larisa E. Borisova

Deputy Director for Scientific Work of the "Voroninsky" State Nature Reserve, Inzhavino, Tambov region, Russian Federation, ORCID: 0009-0005-4127-4168, e-mail: nauka.zap@yandex.ru

Nadezhda I. Rusova

Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof. at the Department of Radiation, Chemical and Biological Protection, Naval Polytechnic Institute "N.G. Kuznetsov Naval Academy" Military Training and Scientific Center of the Navy; St. Petersburg, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-9232-8059, e-mail: nadezhda_minnikova@mail.ru

Zhanna Yu. Kochetova

Dr. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof. at the Department of Operation and Repair of Airfield Technical Support of Flights, Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin», Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-8838-9548, e-mail: zk_vva@mail.ru