

ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В АЦИДОТРОФНЫХ ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ

Н. Ю. Суховило, Д. Б. Власова, А. А. Новик, Б. П. Власов

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Аннотация. На примере восьми ацидотрофных озер Беларуси проведен анализ динамики степени их зарастания и видового состава макрофитов. Актуальность исследования заключается в том, что ацидотрофные озера, являющиеся местами произрастания охраняемых видов растений, наиболее чувствительны к изменению природной среды и антропогенной нагрузке, поэтому их изучение перспективно для выявления изменений, происходящих на водосборах, и принятия мер, направленных на охрану озерных экосистем.

Наиболее выраженные изменения в характере зарастания наблюдаются в озерах Свityязь и Белое (Лунинецкий район), испытывающих высокую рекреационную нагрузку, а также Большое Островито. За 30 лет в оз. Свityязь глубина распространения погруженных макрофитов сократилась с 7 до 2 м, а обилие и проективное покрытие полупогруженных макрофитов возросло. В оз. Белое почти полностью исчез полушник озерный (*Isoëtes lacustris* L.), формировавший ярус погруженных растений, и образовалась ранее отсутствовавшая полоса воздушно-водных растений. Общая площадь зарастания озера сократилась с 35,0 % площади акватории до 3,2 %. В оз. Большое Островито практически исчез водяной мох, ранее распространенный на глубинах до 3–5 м.

В других изученных озерах изменение площади зарастания выражено меньше. Основные причины деградации макрофитов – увеличение антропогенной нагрузки и изменение гидрологического режима.

Ключевые слова: ацидотрофное озеро; Беларусь; макрофиты; схема зарастания озера; антропогенное воздействие.

Для цитирования. Суховило Н. Ю., Власова Д. Б., Новик А. А., Власов Б. П. Динамика распространения водной растительности в ацидотрофных озерах Беларуси // Природопользование. – 2023. – № 2. – С. 67–83.

DYNAMICS OF AQUATIC VEGETATION DISTRIBUTION IN ACIDOTROPHIC LAKES OF BELARUS

N. Yu. Sukhovilo, D. B. Vlasova, A. A. Novik, B. P. Vlasov

Belarusian State University, Minsk, Belarus

Abstract. We analyzed the dynamics of overgrowth and the species composition of macrophytes in eight acidotrophic Belarusian lakes. The relevance of the study lies in the fact that acidotrophic lakes, which are places where protected plant species grow, are most sensitive to changes in the environment and anthropogenic load. Therefore, their study allows us to identify changes occurring in watersheds and take measures aimed at protecting lake ecosystems.

The most pronounced changes in the nature of overgrowth are observed in lakes Svityaz and Beloe (Luninets district), which experience high recreational pressure, as well as Bolshoe Ostrovito. For 30 years in Lake Svityaz, the depth of distribution of submerged macrophytes decreased from 7 to 2 m, and the abundance and projective cover of semi-submerged macrophytes increased. In Lake Beloe *Isoëtes lacustris* L. disappeared almost completely. 20 years ago, it formed a solid layer of submerged plants. Previously absent strip of aerial-aquatic plants formed. The total area of overgrowth of the lake decreased from 35.0 % of lake area to 3.2 %. In Lake Bolshoe Ostrovito water moss has almost disappeared. Previously it distributed at depths of 3–5 m.

In other studied lakes, the change in the area of overgrowth is less pronounced. The main reasons for the degradation of macrophytes are an increase in anthropogenic load and changes in the hydrological regime.

Keywords: acidotrophic lake; Belarus; macrophytes; lake overgrowth scheme; anthropogenic impact.

For citation. Sukhovilo N. Yu., Vlasova D. B., Novik A. A., Vlasov B. P. Dynamics of aquatic vegetation distribution in acidotrophic lakes of Belarus. *Nature Management*, 2023, no. 2, pp. 67–83.

Введение. Среди огромного многообразия озер Беларуси выделяется группа из 22 уникальных водоемов, которые служат местами произрастания реликтовых видов водных растений – полуушника озерного (*Isoëtes lacustris* L.) и лобелии Дортмана (*Lobelia dortmanna* L.). Наиболее ранние исследования ацидотрофных озер как мест произрастания *Isoëtes lacustris*, *Lobelia Dortmanna*, и *Litorella lacustris*, относятся к началу прошлого века и затрагивают в основном флористическую характеристику и характер распространения высшей водной растительности в оз. Свитязь [1].

До 1970-х годов в Беларуси достоверно было известны четыре места произрастания полуушника озерного [2]. Начиная с 1973 г. в Белгосуниверситете проводилось комплексное исследование озер, в программу которого входило изучение водной растительности. В результате широкомасштабного исследования в 1976–1977 гг. в Белорусском Поозерье выявлено еще семь мест произрастания *Isoëtes lacustris* L., дана детальная морфологическая, гидрологическая, гидрохимическая, гидробиологическая характеристика озер, служащих местами произрастания вида [3].

Информация о результатах флористических исследований уникальных озер и новых местах произрастания видов регулярно обновляется, что отражено в публикациях Г. С. Гигевич, Д. В. Дубовик, Г. В. Вынаева, И. И. Шимко [4–6].

Специалистами-ботаниками Витебского госуниверситета продолжены флористические исследования озер, служащих местами произрастания реликтовых охраняемых видов полуушника озерного и лобелии Дортмана [7]. Ими были выполнены детальное обследование видового состава, особенностей произрастания и физико-химических параметров среды озер Глубокое, Чербомысле, Бредно, проведено картографирование и определение продуктивности их водной растительности [8–10]. В оз. Бредно зарегистрировано семь видов макрофитов, которые образуют три полосы: воздушно-водных растений, растений с плавающими листьями и погруженных макрофитов. Оно является единственным в Витебской области известным местом произрастания лобелии Дортмана [8], где она произрастала в оптимальных условиях. В составе водной растительности оз. Глубокое было обнаружено всего семь видов макрофитов. Слабая застаетаемость озера в целом обусловлена узкой литоралью, низкими величинами минерализации и содержания биогенных элементов, кислотой реакцией воды. Отличительной чертой водоема является то, что погруженные макрофиты были представлены лишь двумя видами: полуушником озерным и мхом (*Drepanocladus Sendtneri* (Schimp.)), и приурочены исключительно к наиболее развитому участку литорали у северного берега. Фитоценоз полуушника озерного протяженностью 140 м и шириной 30 м простирался на пологой литорали северного плёса на глубинах от 0,7 до 4,0 м. Расчеты показали, что макрофиты в оз. Глубокое занимали площадь 0,75 га, что составляет 1,8 % площади всего зеркала озера [9]. Видовое разнообразие, биомасса и продуктивность высшей водной растительности в оз. Чербомысле 25 лет назад были значительно более высокими, чем в других ацидотрофных озерах. В озере отмечено 15 видов макрофитов. Для озера характерен фрагментарно-поясной тип зарастания. Полосу прибрежных воздушно-водных растений формировали тростник обыкновенный, рогоз узколистный *Typha angustifolia* L., осока высокая *Carex elata* All., хвощ приречный *Equisetum fluviatile* L. и аир болотный *Acorus calamus* L. Погруженные макрофиты в оз. Чербомысле были представлены полуушником озерным, который сплошным ковром шириной около 20,0 м опоясывал все озеро и заходил на глубину до 3,5 м. В западной части озера полуушник в массе отмечался в литорали, начиная с глубины 40,0 см. Обилие его колебалось от 3 на периферии и до 6 баллов – к центру озера [10].

Регулярные полевые обследования и систематизация накопленного материала позволили выявить основные закономерности и характер распространения, особенности произрастания, взаимосвязь с условиями среды произрастания и проблемы охраны популяций *Isoëtes lacustris* L., а также разработать рекомендации по их охране. Разработанные рекомендации включают в себя характеристику объекта охраны, результаты инвентаризации (паспортизация, распространение) местонахождений, ревизию, общие природоохранные мероприятия по сохранению вида, программу мониторинга состояния популяций, протокол генетического мониторинга популяций, перечень рекомендаций по оптимизации условий произрастания, по снятию/снижению внешних антропогенных угроз и др. [11].

Позже на примере 19 уникальных озер Беларуси, для которых находки видов *Isoëtes lacustris* L. и *Lobelia dortmanna* L. достоверно подтверждены гербарными образцами, определены характер распространения исчезающих реликтовых видов в уникальных озерах Беларуси и установлена зависимость состояния популяций от параметров среды произрастания. Анализ опирается на данные многолетних натуральных наблюдений. Исследованы морфометрические, физико-химические параметры озер, видовой состав растений, площадь и глубина произрастания, биомасса, ярусность, встречаемость, обилие и частное проективное покрытие видов. Анализ показал существование обратной зависимости развития видов и следующих параметров среды: активной реакции воды (рН), концентрации общего фосфора, азота нитритного, перманганатной и бихроматной окисляемости, на основании которого были выделены две группы озер. Оптимальные ценотические и экологические условия характерны для

ацидотрофных озер с песчаными водосборами, покрытыми лесом и верховыми болотами, низкими показателями минерализации воды, кислотности, цветности, содержания биогенных элементов и с высокой прозрачностью воды. В таких озерах формируются продуктивные заросли и «подводные луга». В результате исследования определены угрозы существованию исчезающих видов и предложены меры по организации мониторинга и созданию природных резерватов для сохранения видов [12].

В последние годы стало активно развиваться новое направление в исследованиях – изучение генетического разнообразия и структуры популяций *Isoëtes lacustris*, приуроченного к олиготрофным озерам, распространение которых в Европе резко сокращается. Выяснено, что снижение уровня генетического разнообразия в небольших изолированных популяциях в сочетании с лимитирующими факторами (природными – южная граница распространения; антропогенными – эвтрофикация и изменение режима озера) представляют высокий риск для развития популяций и распространения вид в Беларуси. На основе комплексного анализа эколого-фитоценотических характеристик ареала, уровня и структуры генетической изменчивости его популяций предложены меры по сохранению видов *in situ* и *ex situ* [13].

Изучение реликтовых видов аквафлоры *Isoëtes lacustris* L. и *Lobelia dortmanna* L., встречающихся в уникальных озерах сопредельных стран Восточной Европы, Прибалтики, Украины и России, посвящено в основном геоботаническим исследованиям и направлено на исследование распространения, характеристику среды произрастания и каталогизацию видов. Наибольшее количество уникальных полушниковых озер сосредоточено в северо-западных областях России и в Карелии, однако детальных исследований о распространении и условий произрастания редких и охраняемых видов недостаточно [14, 15].

Анализ структуры озерных фитоценосистем зоны краевых оледенений северо-запада Европейской России, которые представляют собой флоры-изоляты, был проведен сотрудниками Института биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина Российской академии наук. Он показал, что межпопуляционный обмен генетическим материалом в озерах очень затруднен, так как эти водоемы зачастую расположены на высоких гипсометрических уровнях относительно остальной гидросети, поэтому имеют особый гидрологический и гидрохимический режимы, сдвинутые в сторону олиготрофии. Этим объясняется нахождение в составе гидрофитобиоты олигомезотрофных популяций *Isoëtes lacustris* и *Lobelia dortmanna*, экогенетически связанных с чистыми олиготрофными водами [16].

Исследование водной растительности озер Северной Европы, испытывающих антропогенную нагрузку в результате использования в гидроэнергетике, позволило определить важные факторы, вызывающие ухудшение экологического состояния озер. Колебания уровня воды вызывают эрозию береговой линии и, в зависимости от диапазона колебаний, влияют на видовой состав или исчезновение чувствительных макрофитов. С использованием данных о макрофитах 73 озер Финляндии, Норвегии и Швеции с различными колебаниями уровней воды были рассчитаны амплитуды колебаний уровней, при которых начинается деградация макрофитов и получены индексы понижения уровня воды. Для полушника озерного зимняя сработка не должна превышать 3 м [17]. На естественных водоемах Беларуси соизмеримые амплитуды колебаний уровней воды не происходят, а для ацидотрофных озер в многолетнем разрезе не превышают 50–60 см.

В ходе четырехлетнего эксперимента по изменениям в прорастании микро- и макроспор *Isoëtes lacustris* в лаборатории и в естественных условиях *in situ* на оз. Черное в Чехии были зарегистрированы различия в прорастании спор при различных температурах воды. Прорастание как микро-, так и макроспор постепенно увеличивалось в течение четырех сезонов. Минимальная температура, необходимая для прорастания, была ниже для микроспор (6 °C), чем для макроспор (12 °C). Длительное прорастание и развитие зародыша может ограничить размножение *Isoëtes lacustris*, сделав его чувствительным как к эпизодическим, так и к постоянным изменениям в среде обитания. Средняя продолжительность времени, когда температура (12 °C) была достаточно высокой для прорастания, составила 119 дней и наблюдалась в период с июня по сентябрь [18].

Значительные успехи в исследовании лобелиевых озер достигнуты в Польше. Лобелиевые озера расположены главным образом в северной части страны. В середине XX в. в Польше насчитывалось более 190 озер с лобелией. Их относят к так называемым озерам с мягкой водой из-за низкого содержания кальция и магния. Их воды слабо забуферены, обычно имеют кислую реакцию, а также небольшое количество биогенных элементов. Озера зарастают специфическими видами растений – изоэтидами, приспособленными к бедной среде обитания: *Lobelia dortmanna*, *Isoëtes lacustris*, *Littorella uniflora* и рядом других сопутствующих видов. Увеличение скорости эвтрофирования озер является наиболее распространенным и серьезным антропогенным нарушением, происходящим в водных геосистемах. Лобелиевые озера – одни из самых ценных водоемов, особенно подвержены такому давлению. В статье описано трофическое состояние 13 лобелиевых озер, расположенных в северо-восточной части Кашубского Поозерья. Оценка показала, что шесть из этих озер находились на границе мезотрофно-евтрофное состояния, а семь представляли собой значительно развитое евтрофное состояние [19].

Обзор данных за последние 50 лет изучения олиготрофных озер и озер с признаками дистрофии Эстонии, являющихся основными местами обитания редких макрофитов, особенно изоэтид, позволил выявить основные причины в динамике развития макрофитов. Антропогенное воздействие на эти озера в Эстонии началось с вымачивания льна и потребления воды, продолжается строительством саун, обогащение сельскохозяйственными питательными веществами. Антропогенное закисление озер Эстонии не выявлено, но наблюдается естественная дистрофирование из-за притока гуминовых соединений. Эвтрофикация увеличивает заселение мелководной зоны поясами не характерной растительности, подавление изоэтид элодеидами и затемнение цветением фитопланктона на более глубоких участках. Быстрорастущие эвтрофенты ускоряют накопление органических осадков, неблагоприятных для изоэтид. Среди растений с плавающими листьями происходит гибридизация между редкими и обычными видами. Делается вывод, что практически невозможно восстановить экосистемы, которые формировались и балансировались на протяжении тысячелетий и потеряли свои свойства за гораздо более короткий период [20].

Лимнологические исследования на 13 лобелиевых озёрах Польши, имеющих уникальную ценность не только в масштабах страны, подвергаются деградации из-за увеличения антропогенного давления. Полученные результаты показывают, что только одно из озер, вероятно, сохранит низкий трофический уровень. Четыре озера представляют собой геоэкосистемы с умеренным уровнем естественной эвтрофикации. Остальным из изученных лобелиевых озер грозит быстрая эвтрофикация воды, о чём свидетельствуют высокая уязвимость водосбора к активизации рассеянной биогенной нагрузки и низкая устойчивость озер к внешнему воздействию [21].

Изученные мягководные озера с изотидами являются экосистемами, склонными к деградации из-за низкой буферной емкости их вод. Одной из главных угроз является эвтрофикация из-за использования водосбора в сельском хозяйстве, урбанизации и рекреационной привлекательности. В этой статье рассмотрены изменения в составе воды и трансформация биоценозов за последние 30 лет одного из крупнейших польских озер – оз. Елен. С начала 1990-х годов наблюдается постепенное увеличение трофности озера, на что указывают увеличение доступности питательных веществ, ухудшение кислородного режима и уменьшение прозрачности воды. Изменения химического состава воды вызывают биологические трансформации, в частности увеличение численности фитопланктона, а также постепенное сокращение площади фитолиторали, уменьшение частоты встречаемости *Lobelia dortmanna* и *Isoëtes lacustris*, а также появление видов растений, характерных для эвтрофных озер [22, 23].

В статье M. Vöge о мониторинге жизнеспособности полушника озерного автор излагает результаты неинвазивного контроля *Isoëtes Lacustris*, проведенного в период с 1995 по 2014 г. более чем в 100 озерах по всей Европе. Характеризовались связь электропроводности, кислотности, прозрачности воды по диску Секки с распространением указанных видов подводных растений и их продуктивностью. Инвентаризация сопутствующих видов растений отражает меняющуюся окружающую среду. Высокие значения корреляции между средним и наименьшим числом листьев спороносных растений позволяет отделение молодых растений от взрослых. Наконец, полученные результаты показывают связь между гидрохимическими параметрами, уровнем жизнеспособности и структурой флоры [24].

Как видно из проведенных ранее исследований, растительность ацидотрофных озер достаточно динамична, поэтому актуализация сведений о ее распространении видится перспективным направлением.

Цель работы – провести анализ динамики зарастания ацидотрофных озер Беларуси в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия на их водосборы.

Материалы и методы. Исходными данными для проведения исследований послужили результаты натурных наблюдений, фондовые материалы научно-исследовательской лаборатории озероведения Белгосуниверситета за период с 1971 по 2014 г., включающие морфометрические, гидрохимические параметры, характеристики водосборов и водообмена, результаты изучения видового состава и распространения водной растительности [25–27], а также собственные полевые исследования авторов, выполненные в 2022–2023 гг. Основными методами исследования были полевой, лабораторный, системного анализа, сравнительно- и эколого-географический, анализ данных дистанционного зондирования Земли, картографический.

Термин «ацидотрофные озера» был впервые введен А. Тинеманом в 1928 г. Под этим термином подразумевались низкопродуктивные озера со значениями водородного показателя ниже 5,5. Шинкичи Йошимура (1933 г.) разделил ацидотрофные озера на два типа: в первом кислая реакция среды обусловлена особенностями подстилающих пород, во втором – биологическими процессами. К данной типизации позднее добавили тип озер, закисление которых обусловлено выпадением кислотных дождей, т. е. имеет антропогенные причины [28]. Рассматриваемые в рамках данного исследования озера относятся ко второму подтипу, однако водородный показатель ниже 5,5 в них наблюдается, в основном, в зимний период (кроме озер Глубокое и Ильгиния). Из общего количества известных ацидотрофных

озер обследовано восемь водоемов, имеющих типичные признаки и отнесенных к модельным. Они различаются по морфометрии, генезису котловин, химическому составу воды, биогенным нагрузкам, поэтому достаточно полно отражают природные особенности ацидотрофных озер Беларуси. Географическое положение объектов исследования отражено на рис. 1.



Рис. 1. Картосхема расположения объектов исследования

Fig. 1. Map of the location of research object

Большинство исследуемых озер приурочено к Полоцкой озерно-ледниковой низине: оз. Свityзь расположено на Новогрудской конечно-мореной возвышенности, оз. Ильгиния – в пределах Свенчянских конечно-моренных гряд, оз. Белое (Лунинецкий район) – на Логишинской водно-ледниковой равнине.

Водоемы имеют ледниковое, реже – карстовое (озера Свityзь и Белое, Лунинецкий район) происхождение, относятся к числу неглубоких и небольших по площади водоемов. Котловины, как правило, имеют простое строение: окружную или овальную форму, плавную береговую линию, воронкообразное строение подводной части. Исключением являются озера Глубокое и Белое (Полоцкий район), отличающиеся изрезанной береговой линией и сложным рельефом дна. Литораль водоемов узкая, пологая, занимает 10–20 % площади акватории, сложена песками и песками заиленными, в оз. Ильгиния – высокоорганическими сапропелями. Сублиторальный склон неширокий, крутой, сложен илом опесчененным. Ложе озер Бредно, Большое Островито, Чербомыслло можно охарактеризовать как плоское, у озер Свityзь, Ильгиния, Белое (Лунинецкий район) – воронкообразное, у озер Глубокое и Белое (Полоцкий район) – сложное, с чередованием поднятий и ям. Берега ацидотрофных озер Поозерья чаще всего крутые, сложенные песком, покрыты лесной или луговой растительностью. На участках, примыкающих к болотам, берега сложены торфом, застают водно-болотной растительностью. Поймы не выражены. Склоны котловин имеют высоту 1–20 м, на отдельных участках крутые, но чаще пологие, сложены песками, преимущественно покрыты лесом. Водосборы озер имеют малую площадь – от 0,25 км² (Ильгиния) до 9,04 км² (Свityзь). Рельеф преимущественно крупнохолмистый, пологоволнистый, склоны чаще сложены песками, покрыты сосновым лесом. На водосборах почти всех озер имеются небольшие массивы верховых болот, примыкающие к акватории. Гидрологическая сеть на водосборах озер не развита, практически все озера не имеют впадающих водотоков. Лишь в оз. Глубокое на западе впадает небольшой ручей из оз. Пустое.

Уровенный режим озер отличается стабильностью. За многолетний период по данным визуальных наблюдений отмечаются небольшие колебания уровней воды в годовом цикле.

В водном балансе преобладает приток грунтовых вод и осадки на зеркало озера, которые доминируют в приходной части водного баланса. В расходной части доминирует испарение с поверхности озер. Из оз. Свityзь вытекает р. Свортва, сток из оз. Чербомыслло был перекрыт при неправильной установке дренажной трубы, поэтому в настоящее время сток из озера отсутствует. Остальные озера

являются бессточными. Водообмен озер замедленный. Основные морфометрические характеристики и параметры водообмена исследуемых озер приведены в табл. 1.

Таблица 1. Морфометрические характеристики исследуемых озер [27]

Table 1. Morphometric characteristics of studied lakes [27]

Озеро	Район	Площадь, км ²	Объем, млн м ³	Глубина, м		Открытость	Глубинность	Площадь водосбора, км ²	Период водообмена, лет
				максимальная	средняя				
Белое	Лунинецкий	0,23	1,75	17,0	7,6	0,03	99,13	0,31	44,80
Белое	Полоцкий	1,00	8,42	19,6	8,4	0,12	8,40	1,80	21,05
Глубокое	Полоцкий	0,42	2,20	11,5	5,2	0,08	6,93	1,94	3,58
Большое Островито	Полоцкий	0,48	1,50	6,0	3,1	0,15	3,97	1,12	6,00
Ильгиния	Мядельский	0,08	0,43	15,6	5,1	0,02	179,89	0,25	8,07
Чербомысле	Полоцкий	0,50	1,67	6,9	3,3	0,15	4,18	2,02	3,71
Святая	Новогрудский	2,24	7,76	15,0	3,4	0,52	5,80	9,04	5,00
Бредно	Верхнедвинский	0,21	0,54	4,7	1,9	0,15	20,36	0,30	6,90

Гидрохимический режим озер формируется под влиянием характера питания (атмосферные осадки) гидрологических особенностей, состава приточных вод и морфометрического строения котловины. Незначительная площадь водосбора и отсутствие поверхностного притока способствуют стабильности химического состава водной массы в течение вегетационного сезона. Значительные глубины озер (за исключением озер Бредно, Чербомысле, Большое Островито) при малой площади способствуют установлению в теплое время года прямой температурной стратификации. Важным показателем, влияющим на глубину распространения макрофитов, является прозрачность воды. Благодаря низкой продуктивности, ацидотрофные озера обладают высокой прозрачностью. Однако в многолетнем разрезе в ряде озер она снижается. Наиболее ярко этот процесс проявляется в озерах Глубокое (с 9,5 до 5,3 м), Святая (с 7,0 до 2,7 м) и Бредно (с 4,6 до 2,0 м). Это свидетельствует об усилении процессов эвтрофирования.

Макрофитные съемки большинства озер впервые были выполнены в конце 1970-х годов при их паспортизации. Тогда же в них были обнаружены редкие виды водной флоры. В дальнейшем, при проведении наблюдений за водной растительностью в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды, а также выполнении работ по созданию и преобразованию особо охраняемых природных территорий, в состав которых входят исследованные водоемы, сведения о видовом составе и распространении макрофитов актуализировались. Макрофитные съемки производили по методике В. М. Катанской [29]. Построение картосхем зарастания озер ранее осуществляли в программе Corel Draw, в последние годы для этого применяли ArcMap 10.4 и данные дистанционного зондирования Земли (базовая карта ArcMap). В период полевых работ предварительно составленные картосхемы уточняли, а также наносили погруженные макрофиты. Глубину их произрастания определяли с помощью эхолотов Eagle Fish ID 128 и Lowrance Hook Reveal 7 Triple Shot, а их видовой состав – с помощью «кошки». В местах предполагаемого распространения охраняемых видов макрофитные съемки выполняли с использованием камеры для подводной видеосъемки SITITEK и легководолазного снаряжения.

Результаты и их обсуждение. Наиболее ярко изменение площадей и характера зарастания выражено в озерах Святая и Белое (Лунинецкий район). В 2001 г. высшая водная растительность в оз. Белое была развита слабо и представлена двумя видами полностью погруженных гидрофитов и четырьмя видами аэрогидрофитов (полупогруженных растений). Растения с плавающими листьями в озере отсутствовали. У самого уреза воды на отдельных участках вдоль западного берега встречались осока, стрелолист стрелолистный, частуха подорожниковая, аир обыкновенный. В литоральной зоне на глубинах от 0,2 до 0,7 м вдоль всего побережья озера произрастал редкий, охраняемый вид растений – побелия Дортмана, образующая почти непрерывное кольцо шириной 2,0–3,5 м. Еще одним представителем погруженной растительности в озере являлся полуушник озерный, который произрастал почти повсеместно на литорали с глубины 1,0 м и сублиторальном склоне до глубины 5,0 м. Оз. Белое зарастало на 35 %, как показано на рис. 2. В 2006 г. характер зарастания водоема существенно не изменился.

Обследование озера в 2011 г. показало, что степень и характер зарастания водоема высшей водной растительностью, по сравнению предыдущими обследованиями в 2001 и 2006 г., претерпели значительные изменения. Зарастало всего 15 % площади озера.

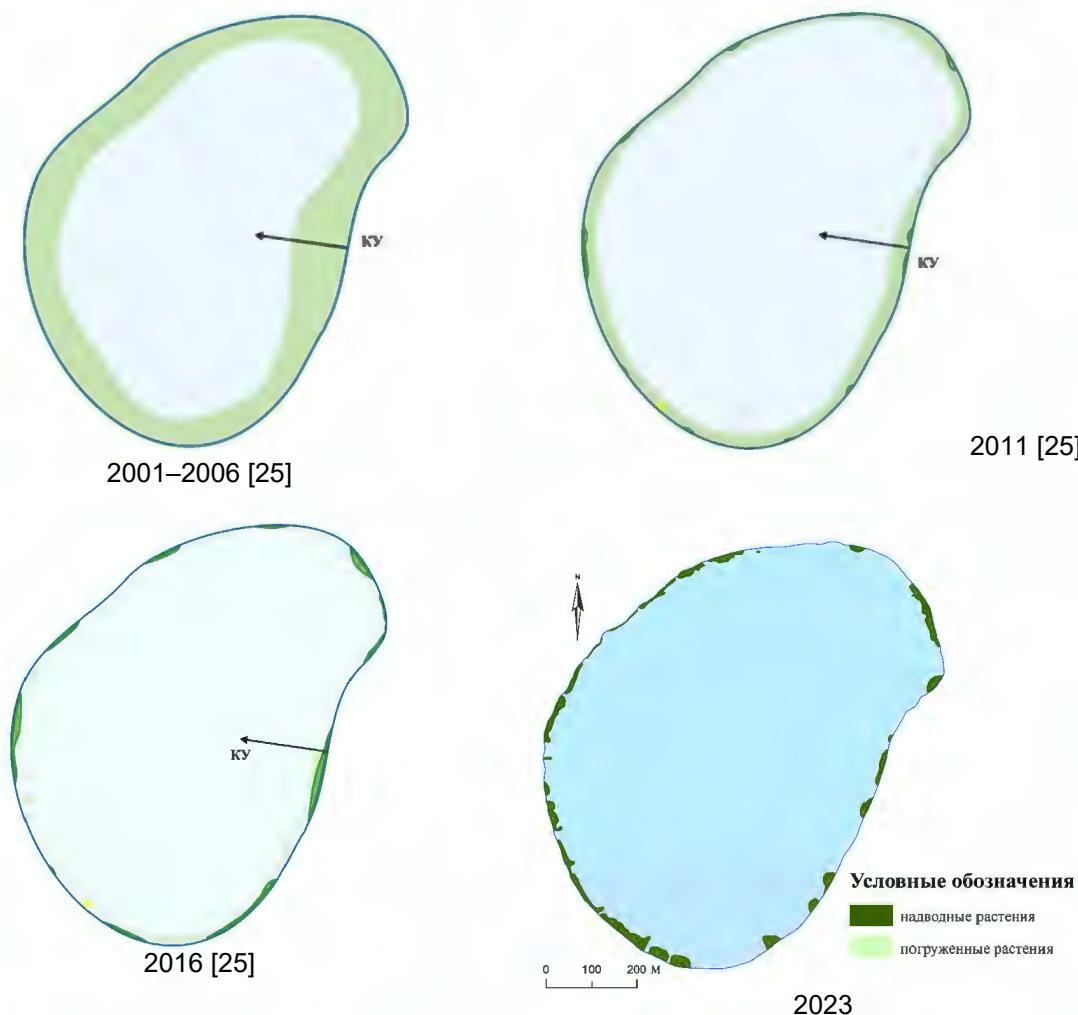


Рис. 2. Динамика площади и характера зарастания оз. Белое (Лунинецкий район), 2001–2023 гг.

Fig. 2. The dynamics of overgrowth area and nature in Lake Beloe (Luninets district), 2001–2023

Высшая водная растительность в озере была развита слабо и представлена двумя видами полностью погруженных гидрофитов и шестью видами аэрогидрофитов (полупогруженных растений). Растения с плавающими листьями были представлены одним видом – горцем земноводным. У самого уреза воды и до глубины 0,3–0,5 м на отдельных прибрежных участках встречались осока вздутая, тростник обыкновенный, рогоз узколистный, частуха подорожниковая, ситняг игольчатый (*Eleocharis acicularis* (L.) Roem. & Schult), аир болотный (*Acorus calamus* L.). В литоральной зоне на глубинах от 0,2 до 1,0 м вдоль всего побережья озера произрастала лобелия Дортмана, образующая почти непрерывное кольцо шириной 2,0–3,5 м. Полушник произрастал спорадически на глубинах 1,0–3,0 м. Единично встречался водяной мох [25].

Степень зарастания водоемов полушникового подтипа, к которым относится и оз. Белое, напрямую и тесно связана с прозрачностью, водородным показателем и минерализацией воды. Поэтому наблюдающиеся изменения в экосистеме озера можно связать с некоторым (хотя и незначительным) увеличением минерализации и кислотности. А появление в видовом составе и распространение тростника, рогоза и горца земноводного может указывать на тенденцию изменения типа зарастания озера с гидрофитного на гело-гидрофитный [4, 5].

К 2016 г. увеличились площади зарастания аэрогидрофитов (надводных растений). В начале 2000-х годов данная группа растений отмечалась единичными экземплярами или небольшими группами на глубинах от 0,0 до 0,5 м. Надводные растения были представлены четырьмя видами, среди которых доминировала осока вздутая. За 15 лет сформировался пояс аэрогидрофитов. Эти макрофиты прерывистой полосой, ширина зарастания которой составляла 2–15 м, были распространены по всему периметру озера. Они формируют, преимущественно, чистые ассоциации, состоящие из тростника обыкновенного и рогоза узколистного. Данные виды были выявлены в 2011 г. В 2016 г. они

образовывали заросли с проективным покрытием до 30 %, обилие соответствовало 3 баллам. Среди зарослей рогоза и тростника в качестве примеси отмечались стрелолист стрелолистный, частуха подорожниковая и ситняг игольчатый.

Растения с плавающими листьями были представлены горцем земноводным. Вид произрастал единичными экземплярами или небольшими группами (по 3–5 растений) в юго-западной части озера.

Погруженные растения были представлены лобелией Дортмана, полушником озерным и единичными экземплярами водяного мха.

Лобелия Дортмана отмечалась в литоральной зоне на глубинах от 0,3 до 0,8 м по всему периметру озера. Отсутствовала она только в пляжных зонах озера. Ее обилие колебалось от 2–3 баллов на периферии зарослей до 4 баллов в оптимальных условиях произрастания. Проективное покрытие снизилось и изменялось от 10 до 60 % соответственно. Полушник озерный произрастал на глубинах 0,6–2,8 м, что свидетельствует о сокращении площади и глубины его распространения.

Изменения в характере и степени застарания оз. Белое проявились в формировании пояса надводных растений, распространении новых видов (тростника обыкновенного, рогоза узколистного), сокращении застарания озера с 30 до 10 % площади озера, причем преимущественно за счет погруженных растений. Вероятно, такие изменения связаны с активным рекреационным использованием прилегающих к водоему территории и самой акватории. Здесь находятся оздоровительные лагеря, развит (в теплое время года) временный отдых на берегах озера.

В настоящее время полоса надводных макрофитов, представленных, в основном, тростником, сформировалась окончательно. Прерывается полоса тростника лишь у входов в воду. В западной части озера в формировании полосы воздушно-водных растений также участвуют осока вздутая и дербенник иволистный (*Lythrum salicaria* Blush), на востоке встречается ситняг игольчатый. Частуха подорожниковая отмечена не была. Полушник озерный в озере произрастает отдельными угнетенными экземплярами у западного берега на глубинах 1,3–1,7 м. Лобелия Дортмана, ранее формировавшая сплошную полосу, распространена лишь у западного побережья озера на глубинах от 0,25 до 1,60 м. Характер ее распространения показан на рис. 3. Горец земноводный обнаружен не был, поэтому ярус растений с плавающими листьями в озере отсутствует.



Рис. 3. Заросли лобелии Дортмана в западной части оз. Белое (Лунинецкий район), июль 2023 г.

Fig. 3. Thickets of *Lobelia dortmanna* in the western part of Lake Beloe (Luninets district), July 2023

Таким образом, в оз. Белое наблюдается деградация высшей водной растительности, выражаясь в уменьшении степени застарания с 35 % площади акватории до 3,2 % [30]. Практически полностью исчезли погруженные макрофиты, доминирующая роль принадлежит воздушно-водным.

На оз. **Свityязь** расположен пункт мониторинга высшей водной растительности, поэтому динамика видового состава и площади распространения макрофитов также изучена хорошо. По результатам флористических исследований озера в 1989 г. в списке видов приводились такие виды, как рогоз узколистный, лютик жестколистный, водяной мох и два вида, внесенные в Красную книгу Республики Беларусь: каулиния гибкая и гидрилла мутовчатая, которые во время летнего обследования водоема в июле 2000 г. не обнаружены. Изменение характера зарастания оз. Свityязь отражено на рис. 4.

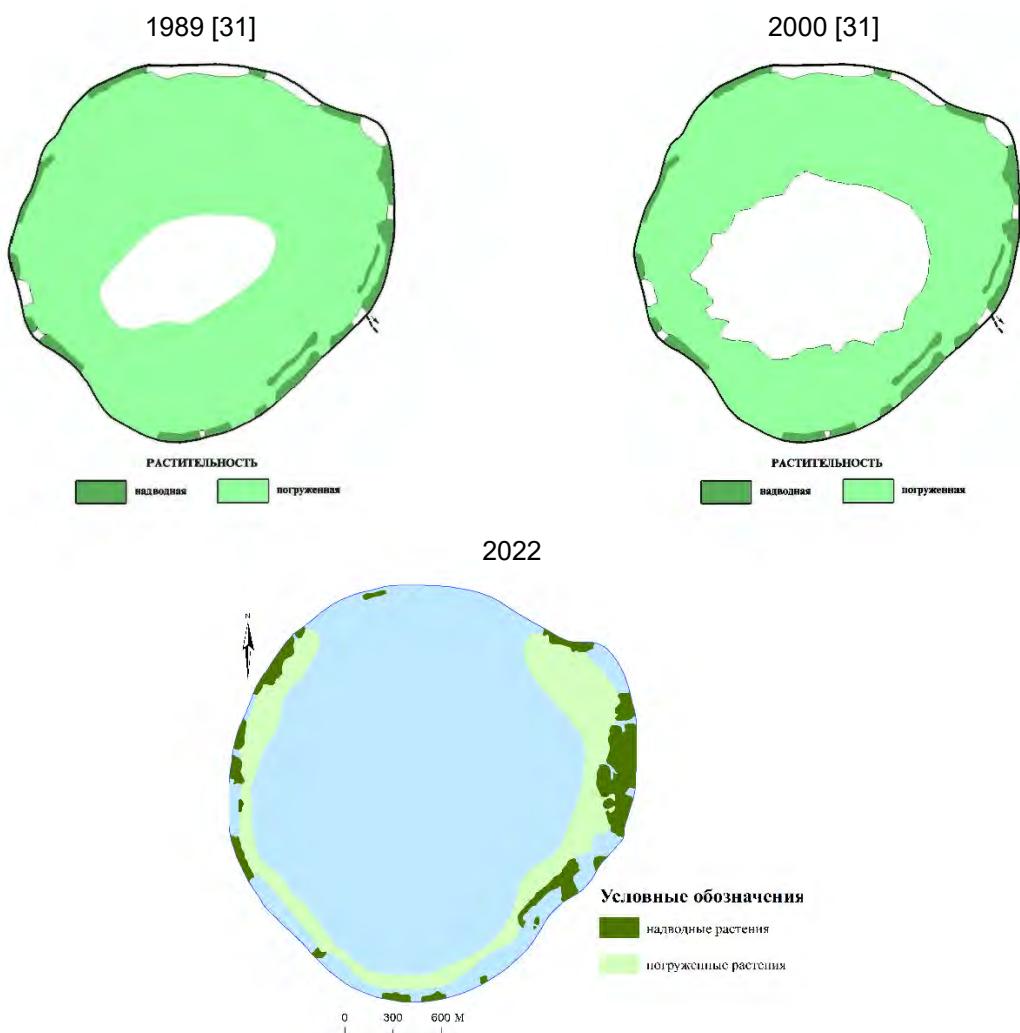


Рис. 4. Динамика площади и характера зарастания оз. Свityязь, 2000–2023 гг.

Fig. 4. The dynamics of overgrowth area and nature in Lake Svityaz, 2000–2023

Группа формаций полупогруженных растений в оз. Свityязь была представлена тремя видами гидрофитов (тростником обыкновенным, болотницей болотной, или ситнягом болотным, и камышом озерным) и одним видом гигрофитов (камышом лесным, небольшая куртина которого произрастала в зоне заплеска у западного берега озера).

Основным ценозообразователем полосы надводных или полупогруженных растений в озере являлся тростник обыкновенный, образующий прерывистую местами с лагунами полосу шириной в среднем 25 м (при максимальной ширине полосы до 200–250 м вдоль восточного берега). Тростниковые заросли были негустые (от 25 до 70 экз./м²), средняя их высота достигала 1,7 м, в отдельных местах вдоль восточного берега – до 2,5 м.

Вдоль восточного берега в районе вытока р. Свортва на глубинах до 0,5 м были отмечены разреженные заросли болотницы, или ситняга болотного. Почти повсеместно, за исключением отдельных участков вдоль южного берега, нижний (подводный) ярус полосы надводных растений сформировала прибрежница одноцветковая, которая образовала заросли с проективным покрытием 70–100 %. Вдоль

восточного и северо-западного берегов наряду с прибрежницей в нижнем ярусе часто встречалась лобелия Дортмана [25].

В целом по озеру надводные растения занимали площадь 0,16 км², что составляло около 9 % площади озера и формировало биомассу 48 т воздушно-сухого вещества (при средней биомассе тростниковых зарослей 0,300 кг/м²).

Растения с плавающими листьями в оз. Свитязь были представлены двумя видами: горцем земноводным (*Polygonum amphibium* L.) и рдестом плавающим (*Potamogeton natans* L.), которые занимали совсем незначительные площади. В северо-западной части озера, у самого берега, на глубинах 0,2–0,8 м горец земноводный с рдестом плавающим образовали пятно площадью 300 м², и в юго-восточной части озера в зарослях тростника были отмечены единичные экземпляры рдеста плавающего.

В подводном растительном покрове оз. Свитязь прослеживалась четкая закономерность. Глубины 0,3–1,8 м являлись экологической нишой полностью погруженных в воду низкорослых придонных растений – прибрежницы одноцветковой и лобелии Дортмана – видов, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь. Прибрежница одноцветковая явно доминировала в этой полосе растений, образуя сплошной пояс вдоль берегов как чистых формаций, в основном на глубинах 1,0–1,5 м, так и смешанных с лобелией, на глубинах до 1,0 м, реже – с элодеей канадской, на глубинах 1,5–1,8 м. Лобелия произрастала только на глубинах от 0,3 до 1,0 м у западного и северо-западного берегов.

В озере отмечено произрастание охраняемого вида – полуушника озерного: небольшие фрагменты сплошных зарослей в северо-западной части озера на глубинах 1,7–1,8 м и редкие экземпляры полуушника вместе с лобелией и прибрежницей по зарослям тростника на глубине 0,7 м в 100–150 м севернее беседки.

Четвертым видом охраняемых растений, произрастающих в оз. Свитязь, являлась нителла грациозная – водоросль из семейства харовых водорослей, образовавшая чистую формацию с проективным покрытием 30 % на глубине 1,5 м вдоль северо-северо-западного берега площадью не более 10 м².

С учетом проективного покрытия под зарослями низкорослых придонных гидрофитов находилось 0,2 км², что составило немногим более 11 % площади озера. Общая биомасса подводных растений этой зоны оценивалась в 60 т воздушно-сухого веса, при средней биомассе прибрежницы 0,250 кг/м² зарослей [25].

Глубины от 2,0 м и до максимального распространения растительности (4,5 м) являлись экологической нишей в основном элодеи канадской и рдестов, причем среди последних чаще встречался длиннейший, реже – блестящий и сплюснутый и еще реже – курчавый. Элодея канадская явно доминировала в зарослях. Причем в северной части озера она достигала максимального развития на глубинах 3,0–4,5 м (средняя биомасса – 0,300 кг/м², проективное покрытие – 70 %), в южной части озера наиболее густой покров элодеи наблюдался на глубинах 2,5 м, редкие заросли элодеи – на глубинах 4,5 м, чаще встречался рдест длиннейший, край растительности был неровный. Проективное покрытие дна в зарослях рдестов не превышало 50 %. Биомасса широколистных рдестов составляла в среднем до 0,200 кг/м². Всего заросли элодеи совместно с рдестами занимали 0,78 км². Общая биомасса их оценивалась в 156 т воздушно-сухого веса.

В целом озеро зарастало на 65 %, а биомасса макрофитов оценивалась в 264 т воздушно-сухого вещества, из них около 85 % приходилось на долю подводных растений. Анализ соотношения продуктивности двух автотрофных сообществ в экосистеме водоема макрофитов (около 40 г/м³) и фитопланктона (менее 10 г/м³) говорит о том, что основная производственная функция в экосистеме водоема принадлежала полностью погруженным растениям, степень развития которых определяла качество воды в оз. Свитязь. В настоящее время из-за несоблюдения режима охраны озера от дополнительного эвтрофирования и загрязнения со стороны окружающей озеро территории этот баланс нарушается. Современная картина зарастания оз. Свитязь в сравнении с данными прошлых лет исследований, полученными разными авторами, позволяет сделать следующие выводы:

1. Сократилась глубина максимального произрастания подводных растений – с 7 до 2 м. Прибрежница одноцветковая встречается на глубинах от 0,2 до 1,5 м, полуушник озерный формирует узкую полосу вдоль прибрежницы на глубинах 1,5–1,8 м.

2. Из подводного растительного покрова исчез водяной мох, по данным исследований 1980-х годов выстилавший дно на глубинах до 7 м.

3. Современными исследованиями не подтверждено произрастание в озере трех охраняемых видов растений: каулинии гибкой (*Caulinia flexilis* Willd) и гидриллы мутовчатой (*Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle), упоминавшихся при обследовании озера в 1990-х годах (сведения П. В. Парфенова).

4. Произошла структурная перестройка в видовом составе растительного сообщества. Сокращение ареала полуушника озерного и исчезновение водяного мха, увеличение площади под зарослями элодеи канадской и широколистных рдестов, а также появление в подводном растительном покрове рдеста курчавого свидетельствует об увеличении степени трофности водоема.

Изучение характера распространения водной растительности **оз. Белое (Полоцкий район)** проводилось в 1977, 2022 и 2023 г. В 1977 г. высшей водной растительностью было занято около 20 % площади озера. Морфометрические особенности котловины (узкая литораль и крутая сублитораль) препятствовали развитию растительности, но высокая прозрачность давала возможность заходить макрофитам (рдест сплюснутый) на большую глубину (8,4 м). Глубина распространения полупогруженных макрофитов достигала 1,6 м, а растений с плавающими листьями – до 2,0 м. Мхи встречались до глубины 12,7 м [26].

Из водно-болотных растений в озере встречались осоки, хвощ, ситняг. Полупогруженные растения были представлены в основном тростником и вообще не получили развития в акватории озера. Они не образовывали сплошной полосы, а встречались лишь на коротких участках берега. Максимальная ширина распространения полупогруженных растений была отмечена на северо-западе и составила 150 м.

Растения с плавающими листьями встречались только в заливах. Из них отмечены горец земноводный, кубышка и рдест плавающий.

Погруженные макрофиты были представлены двумя видами рдестов (пронзеннолистным и сплюснутым), урутью и элодеей [26]. Из особенностей зарастания следует отметить бедность видового состава макрофитов и произрастание в озере *Isoëtes lacustris*.

Среди изменений, произошедших в характере распространения высшей водной растительности, следует отметить увеличение площади произрастания тростника и ширины полосы, занятой им. На северо-востоке озера по данным дистанционного зондирования Земли она достигает 250 м. Растения с плавающими листьями распространены в основном в заливах, а также единичные экземпляры кубышки, горца земноводного и рдеста плавающего присутствуют среди зарослей тростника. Ширина полосы кубышки в северных заливах достигает 50 м.

Полушник озерный произрастает в северо-восточной части озера на глубинах 1,3–4,0 м. Местами, на глубинах около 2,5 м, он формирует смешанные ассоциации с элодеей канадской. По данным И. И. Шимко и И. П. Вознячук, в оз. Белое на глубинах 0,5–1,2 м отмечен также полушник колючеспоровый (*Isoëtes echinospora* Durieu), отличающийся от полушника озерного наличием шипов на макроспорах. Внешними различиями могут служить более тонкие, мягкие, дугообразно согнутые листья полушника колючеспорового, но основным его диагностическим признаком является именно строение спор [6]. Похожие по морфологическим признакам растения были зафиксированы авторами в феврале 2023 г. на глубинах 2,5–3,0 м в северо-восточной части озера. Возможно, в водоеме произрастают оба вида полушника, так как они характеризуются схожими экологическими условиями.

При первом обследовании в прибрежной полосе **оз. Большое Островито** росли тростник, рогоз широколистный, сабельник болотный, осоки. Надводная растительность образовывала полосу вдоль берега шириной до 10 м. Водяные мхи и полушник озерный сплошь покрывали дно озера до глубины 5 м. Кроме полушника в озере встречался еще один редкий вид – ежеголовник злаковый (*Sparganium gramineum* Georgi), распространение которого в Беларуси требует уточнения и дальнейшего изучения. Растительный мир озера отличался бедностью видового состава макрофитов. Полупогруженные, а также растения с плавающими листьями (вахта, осока, камыш, тростник, рогоз, кубышка, горец) не образовывали сплошной полосы, а встречались в единичных экземплярах, образуя разреженные участки до глубины 1,0–1,7 м. Полушник озерный произрастал вдоль берега до глубины 2,0 м, глубже, почти всю профундальную часть озера до глубины 5 м, покрывал водяной мох [26].

Результаты исследований свидетельствуют об уменьшении глубины распространения полушника озерного до 1,3 м у северо-западного берега и деградации зарослей водяного мха. Площадь распространения водных растений сократилась с 91 % площади озера в конце 1970-х годов до 21 % в 2023 г.

Высшая водная растительность в **оз. Глубокое** как при первом обследовании водоема, так и сейчас, развита слабо. Она представлена всего девятью видами: тростником обыкновенным, горцем земноводным, осокой омской, полушником озерным, ситником скученным, водяным мхом *Drepanocladus*, кубышкой желтой, белокрыльником болотным, сабельником болотным.

Надводные растения представлены тростником обыкновенным, осокой омской и ситником скученным. Единственный фитоценоз тростника обыкновенного протяженностью 30 м и шириной 3,5 м был приурочен к северной части озера, где занимал песчаные грунты и глубины от уреза воды до 0,8–1,0 м. Обилие (по шкале Друде) не превышало 2 баллов, покрытие составляло всего 15 % [25]. Редкие заросли осоки омской были характерны почти для всей литорали озера: отдельные куртины ее находились на расстоянии 2,0–5,0 м одна от другой при глубине произрастания до 0,4–0,5 м. Также приурочена к песчаным грунтам. В ряде мест к осоке омской примешивались очень редкие и низкорослые куртины тростника обыкновенного. У восточного и южного берегов большого плёса, а также вокруг острова были отмечены единичные куртины ситника скученного, приуроченные к песчаным грунтам. Отдельные растения его достигали в высоту 50 см. Схемы зарастания озера в 2011 и 2023 г. показаны на рис. 5.

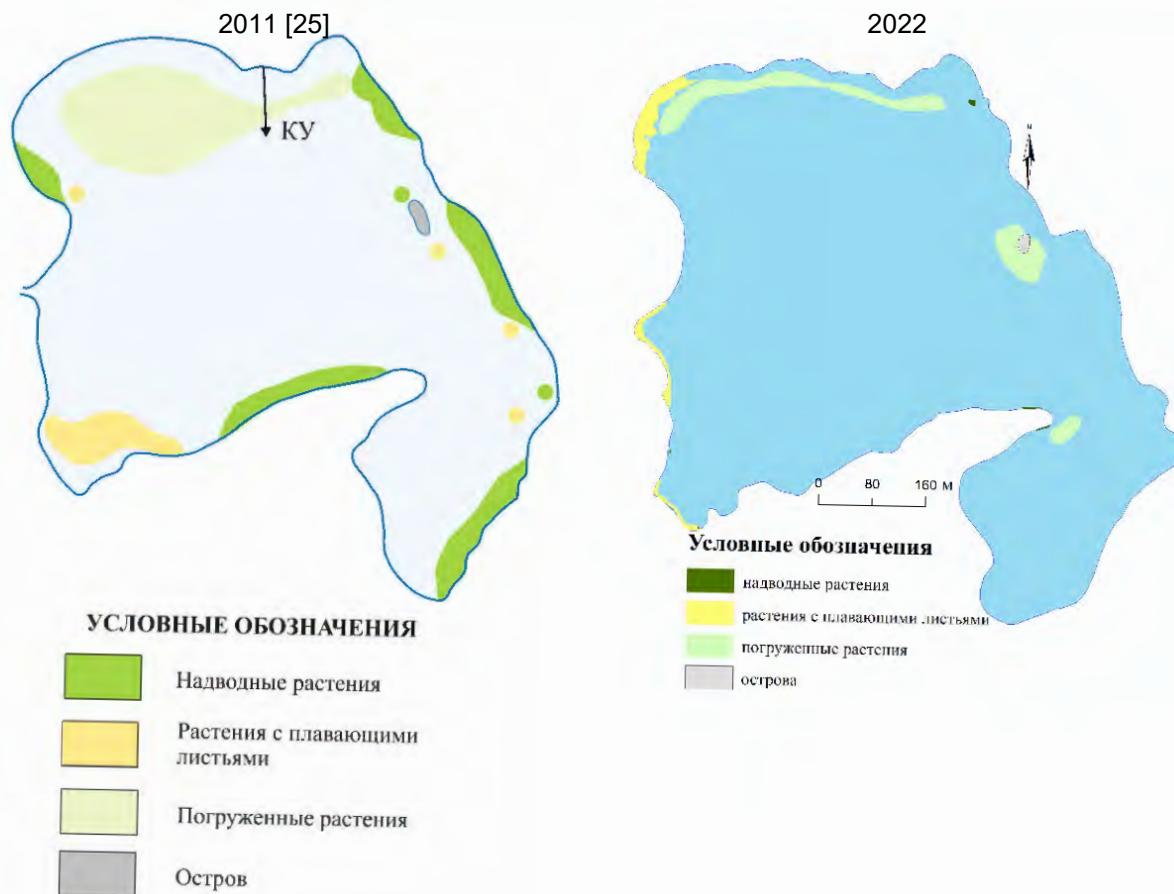


Рис. 5. Динамика площади и характера зарастания оз. Глубокое, 2011–2023 гг.

Fig. 5. The dynamics of overgrowth area and nature in Lake Glubokoe, 2011–2023

Растения с плавающими листьями были представлены кубышкой желтой, образующей чистые ассоциации, и горцем земноводным, произрастающим единичными экземплярами в юго-западном заливе, а также у острова. Пятна кубышки желтой площадью от 50 до 100 м² спорадически встречались на литорали озера, но были наиболее развиты в северо-западном и юго-западном заливах.

В растительном покрове оз. Глубокое полностью отсутствовали широколистные рдесты, что обусловлено отсутствием необходимых биогенных элементов в донных грунтах и воде озера. Погруженные макрофиты были представлены полуушником озерным и водяным мхом и приурочены исключительно к наиболее пологому участку литорали у северного берега. Полушник озерный занимал пространство протяженностью 140 м и шириной 30 м.

Южнее границы полуушникового фитоценоза находился фитоценоз водяного мха, занимавший песчаные грунты, слегка покрытые тонким слоем тонкодетритного сапропеля на глубине от 2 до 7 м (максимальная глубина произрастания растений). Обилие – 3 балла, проективное покрытие – около 15 %.

При обследовании оз. Глубокое в 2011 г. все заросли полуушника и водяного мха оказались густо покрытыми нитями массово развивающейся водоросли мужоции (*Mougetia*), из-под густых сплетений которой едва заметны верхушки шиловидных листьев полуушника и пятна мха. К 2022–2023 гг. на севере озера произошло сокращение глубины произрастания полуушника [29]. Если ранее он произрастал в северной части озера на глубинах 0,7–4,0 м, то в 2023 г. был обнаружен на глубинах 0,7–2,2 м. Однако был найден новый участок его распространения, ни в одном исследовании ранее не упомянутый. Полушник полукольцом обрамлял остров (за исключением севера и северо-востока) и произрастал на глубинах от 0,9 до 4,0 м, где формировал заросли с проективным покрытием 100 %. Водяной мох глубже 3,5 м не отмечался. Среди прочих изменений в характере зарастания озера следует отметить сокращение количества куртин осоки на расстоянии нескольких метров от берега. Сейчас она произрастает лишь узкой полосой вдоль уреза.

Все произрастающие в оз. Глубокое макрофиты образуют чистые ассоциации, что свидетельствует о начальном этапе зарастания озера.

В оз. **Бредно** зарегистрировано всего лишь семь видов макрофитов, которые образовали три полосы: воздушно-водных растений, растений с плавающими листьями и погруженных макрофитов. На границе лitorали и суши почти по всей длине береговой линии небольшими, но хорошо развитыми кочками произрастала осока омская. Отдельные ее кочки у восточного мыса росли на расстоянии до 15 м от берега в ассоциации *Lobelia dortmanna*, но чаще всего она отмечалась среди зарослей тростника южного. Хвощ речной как вид был представлен единичными растениями и в образовании растительного покрова участия практически не принимал. Растения высотой около 80 см отмечались на песчаных грунтах на глубине 50 см в северо-западной части озера.

Полосу воздушно-водных растений формировали *Carex* sp. *Phragmites australis* и *Lobelia dortmanna*. Фитоценозы тростника были приурочены к восточной и северной частям озера. Чистые фитоценозы тростника занимали наиболее мелководную часть лitorали с песчаными грунтами. Группировки тростника были разрежены (обилие равно 2–3 баллам, покрытие составляет 15–25 %).

Заросли лобелии Дортмана занимали песчаные, иногда с прослойками торфа грунты на глубине от 30 до 100 см и были распространены на 1/3 доступной для нее площади лitorали. Ее обилие колебалось от 2–3 баллов на периферии зарослей до 6 баллов в оптимальных условиях произрастания. Проективное покрытие изменялось от 20 до 90 % соответственно. Чистые фитоценозы лобелии занимали 0,50 га. Все это свидетельствовало о том, что популяция *Lobelia dortmanna* в оз. Бредно находилась в оптимальных для своего произрастания условиях.

Полоса растений с плавающими листьями в оз. Бредно была представлена фрагментарно чистыми несмешивающимися фитоценозами кубышки желтой и кувшинки белой [10].

Отдельные куртины кубышки желтой занимали площадь от 40 до 1000 м² и были приурочены главным образом к восточной и юго-восточной частям озера, предпочитая глубины от 70 до 120 см и песчаные грунты. Обилие кубышки в ее фитоценозах колебалось от 3 до 5 баллов, проективное покрытие – от 40 до 80 %.

Группировки кувшинки белой были характерны для лitorали западной и северо-западной частей озера. Куртины кувшинки занимали площадь от 25 до 150 м² и были приурочены к мягким песчано-илистым грунтам. Глубина ее произрастания достигала от 100 до 180 см. Обилие было равно 5–6 баллам, проективное покрытие – 70–100 %. В оз. Бредно кувшинка белая обильно цвела и плодоносила. Условия произрастания кувшинки белой в оз. Бредно близки к оптимальным.

Полоса погруженных растений в оз. Бредно была представлена *Isoëtes lacustris*, который приурочен к песчаной лitorали с глубинами от 60 до 150 см. Заросли его отсутствовали лишь в юго-западной части водоема, где дно покрыто илистыми отложениями. Обилие полуушки озерного колебалось от 3 баллов на периферии до 6 баллов в оптимальных для произрастания условиях. Проективное покрытие составляло 30–60 %.

За последнее десятилетие в характере зарастания озера произошли значительные изменения. Из-за уменьшения прозрачности воды и усиления процессов эвтрофирования популяция полуушки сокращается. В настоящее время он произрастает южнее и восточнее мыса на глубинах до 2 м. Глубже границы произрастания полуушки до глубины 4 м дно покрыто густыми зарослями мха, предположительно относящегося к виду *Drepanocladus sendtneri* (Schimp. ex H.Müll.) Warnst. Сократилась также площадь и густота зарослей лобелии. Ее обилие в настоящее время не превышает 4 баллов. К северу от мыса погруженные растения отсутствуют, так как донные отложения находятся в гелеобразном состоянии, что ограничивает возможности по укоренению макрофитов.

В оз. **Чербомысле** в ярусе надводных макрофитов доминирует тростник обыкновенный, реже встречаются осока, камыш озерный (ранее отмечен не был), рогоз узколистный и хвощ. Они образуют прерывистую полосу шириной от 1 до 35 м. Наибольшая ее ширина отмечена в заливах на севере и северо-востоке озера.

Среди растений с плавающими листьями встречаются горец земноводный, кубышка желтая, рдест плавающий, ежеголовник длиннолистный. Распространены они на глубинах до 2 м, ширина полосы – до 30 м.

Погруженные растения произрастают на глубинах от 0,3 до 2,2–2,5 м и представлены полуушником озерным. Полоса его прерывистая, шириной до 80 м. На сильно заиленных участках дна погруженные растения отсутствуют. Наиболее широкое распространение полуушник озерный получил вблизи болотных массивов на севере и юге озера, наибольшая глубина распространения (2,5 м) отмечена в восточной части водоема.

Изменения в характере зарастания оз. Чербомысле проявляются в сокращении глубины распространения погруженных макрофитов [29] с 4,0 м в 1977 г. до 2,2–2,5 м в 2023 г. Причиной этого является ошибка при реконструкции грунтовой дороги Большое Ситно – Белое. Из-за установки дренажной трубы под дорогой на вытоке из озера без учета гипсометрического положения уреза воды произошел подпор, повлекший подъем уровня воды, а приток кислых вод с верхового болота, расположенного к югу

от озера, был ослаблен. Полушник озерный – ацидофильный вид, для которого наличие притока вод с низким водородным показателем является важным условием произрастания.

Впервые высшую водную растительность **оз. Ильгиния**, расположенного в заповедной зоне НП «Нарочанский», изучали сотрудники научно-исследовательской лаборатории озероведения в 2018 г. Повторные исследования были проведены в 2022 и 2023 г. За столь короткий промежуток времени динамику зарастания водоема проследить не удалось, но факторы распространения макрофитов при каждом полевом исследовании анализируются все более детально. При высокой прозрачности воды, менявшейся от 4,2 м в 2018 г. до 5,0 м в 2023 г., озеро отличается крайне бедным видовым составом макрофитов, а также небольшой площадью их распространения (15 % площади водоема). Надводные растения не образуют полосы, произрастают отдельными участками и представлены в основном осокой. На востоке озера до глубины 0,6 м встречается хвоц речной, на западе – вахта трехлистная. Они произрастают на 2,5 % площади озера. Растения с плавающими листьями (кувшинка и кубышка) также не получили широкого распространения. Произрастают они у берега до глубины 1,5 м и занимают 2,1 % площади водной поверхности. Погруженные растения, зафиксированные в южной части озера на глубинах от 4,0 до 5,0 м только с помощью эхолота, нуждаются в дополнительном изучении. Распространение макрофитов на севере озера сдерживается морфометрическими особенностями котовины. Очень крутой подводный склон не способствует формированию растительных ассоциаций. Донные отложения литорали здесь представлены высокоорганическими сапропелями, на которых многие виды растений не могут укорениться, поэтому единственной зоной с оптимальными для развития погруженных растений условиями является пологая сублитораль.

Выходы.

1. Наиболее сильные изменения в характере зарастания наблюдаются в озерах Святая и Белое (Лунинецкий район), испытывающих высокую рекреационную нагрузку, а также озерах Большое Острвите и Бредно. За 30 лет в оз. Святая глубина распространения погруженных макрофитов сократилась с 7 до 2 м, а обилие и проективное покрытие полупогруженных макрофитов возросло. В оз. Белое почти полностью исчез *Isoëtes lacustris* L., формировавший ярус погруженных растений, и образовалась ранее отсутствовавшая полоса воздушно-водных растений. Общая площадь зарастания озера сократилась с 35 % площади акватории до 3,2 %. В оз. Большое Острвите практически исчез водяной мох *Fontinalis* sp., ранее распространенный на глубинах до 5 м, в оз. Бредно водяной мох *Drepanocladus* распространился до глубины 4 м. В оз. Глубокое вокруг острова на глубинах до 4 м обнаружен новый участок произрастания *Isoëtes lacustris* L. В оз. Чербомысле причина уменьшения глубины и площади распространения вида связана с ослаблением притока болотных вод из-за их подпора.

2. В оз. Белое (Полоцкий район) изменение площади зарастания выражено меньше. Короткий период исследования оз. Ильгиния не позволяет проследить динамику степени зарастания водоема.

3. Основные причины деградации макрофитов – увеличение антропогенной нагрузки и изменение гидрологического режима.

4. Для предотвращения дальнейшей эвтрофикации исследуемых озер рекомендуется соблюдение режима охраны с ограничением их использования в рекреационных целях. Для этого необходимо постоянное экологическое просвещение населения. Перспективным видится также регулирование численности отдыхающих с целью недопущения превышения рекреационной емкости территорий малых водосборов. Это позволит сохранить охраняемые виды макрофитов.

Благодарность. Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект X22M-069).

Acknowledgements. The research is funded by Belarusian republican foundation for basic research (project X22M-069).

Список использованных источников

1. Kolodziejczyk, I. Stosunki florystyczne jeziora Switezi / I. Kolodziejczyk. – Warszawa : Prace Towarz. Nauk., 1916. – S. 1–62.
2. Козловская, Н. В. Хорология флоры Белоруссии / Н. В. Козловская, В. И. Парfenов. – Минск, 1972. – 20 с.
3. Курлович, Н. Н. Новые местонахождения и основные условия произрастания полушника озерного в озерах Белоруссии / Н. Н. Курлович // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2, Хим. Биол. Геол. Геогр. – 1979. – № 1. – С. 53–56.
4. Вынаев, Г. В. О новых и контролируемых местонахождениях редких видов высших водных растений Беларуси / Г. В. Вынаев, Г. С. Гигевич, Д. В. Дубовик // Красная книга Республики Беларусь: состояние, проблемы, перспективы : материалы респ. науч. конф. / М-во образования Респ. Беларусь. – Витебск : Витебский гос. ун-т., 2002. – С. 64–65.

5. Вынаев, Г. В. О новых и контролируемых местонахождениях редких видов высших водных и околоводных растений Беларуси / Г. В. Вынаев, Г. С. Гигевич, Д. В. Дубовик // Теоретические и прикладные проблемы современной лимнологии : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию кафедры общего землеведения и лаб. озероведения БГУ, 20–24 окт. 2003 г. – Минск, 2003. – С. 121–128.
6. Шимко, И. И. Полушник колючеспоровый (*Isoëtes echinospora* Durieu) новый вид растений для флоры Беларуси / И. И. Шимко, И. П. Вознячук // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты : сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12–14 нояб. 2013 г. – Минск : Изд. центр БГУ, 2013. – 467 с.
7. Растительность порядка *Oenanthesetalia aquatica* в озерах Белорусского Поозерья / С. Э. Латышев [и др.] // Ботаника (исследования). – 2022. – № 51. – С. 85–94.
8. Дорофеев, А. М. Растительность озера Бредно / А. М. Дорофеев, В. П. Мартыненко // Веснік ВДУ. – 1997. – № 4 (6). – С. 76–80.
9. Дорофеев, А. М. Растительность озера Глубокое / А. М. Дорофеев, В. П. Мартыненко // Веснік ВДУ. – 1999. – № 1 (11). – С. 67–72.
10. Дорофеев, А. М. Растительность озера Чербомыслю / А. М. Дорофеев, В. П. Мартыненко, А. В. Шарендо // Веснік ВДУ. – 1999. – № 3. – С. 71–76.
11. Власова, А. Б. Охрана и мониторинг состояния популяций редкого вида аквафлоры Беларуси полушника озерного (*Isoëtes lacustris* L.) : метод. рекомендации / А. Б. Власова, Б. П. Власов, М. А. Джус. – Минск : БГУ, 2013. – 32 с.
12. Власов, Б. П. Особенности уникальных озер Беларуси как формирующая основа ресурсов реликтовых видов *Isoëtes lacustris* L. и *Lobelia dortmanna* L. / Б. П. Власов // Вестник БГУ. Серия 2, Химия. Биология. География. – Минск, 2014. – С. 62–67.
13. Эколого-фитоценотическая дифференциация, генетическая изменчивость и структура популяций реликтового вида аквафлоры *Isoëtes lacustris* L. в Беларуси / А. Б. Власова [и др.] // Генетика. – 2021. – № 57 (2). – С. 185–195.
14. Распопов, И. М., Видовое и ценотическое разнообразие макрофитов озера Красного в многолетнем аспекте / И. М. Распопов, А. Г. Русанов // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2010. – № 8. – С. 67–74.
15. Русанов, А. Г. Изменение водной растительности под влиянием флюктуаций гидрологического режима в эвтрофирующемся озере / А. Г. Русанов // Региональная экология. – 2018. – № 4 (54). – С. 53–61. doi:30694/1026-5600-2018-4-53-61
16. Кузьмичев, А. И. Структура гидрофитобиоты озер зоны краевых оледенений Северо-Запада Европейской России / А. И. Кузьмичев, А. Н. Краснова, И. Ю. Ершов // Журнал Сибирского федерального университета. – 2009. – № 3. – С. 299–312.
17. Mjelde, M. A water level drawdown index for aquatic macrophytes in Nordic lakes / M. Mjelde, S. Hellsten, F. Ecke // Hydrobiologia. – 2012. doi:10.1007/s10750-012-1323-6
18. Čtvrtlíková, M. The effect of temperature on the phenology of germination of *Isoëtes lacustris* / M. Čtvrtlíková, P. Znachor, J. Vrba // Preslia. – 2014. – Vol. 86, № 3. – P. 279–292.
19. Markowski, M. Trophic state of lobelia lakes subjected to strong anthropogenic pressure located close to the Tricity area (northern Poland) / M. Markowski // Limnol. Rev. – 2017. – Vol. 17, № 4. – P. 195–205. doi:10.1515/lmre-2017-0018
20. Mäemets, H. Natural and Anthropogenic Impacts on the Macrophytes of Soft-Water Lakes of Estonia / H. Mäemets. doi:10.5772/intechopen.109810
21. Markowski, M. Types of geoecosystems of the lobelia lakes of the tricity area / M. Markowski, M. Kwidzińska // Quaestiones geographicae. – 2015. – № 34 (1). – P. 15–25.
22. The Effect of Human Impact on the Water Quality and Biocoenoses of the Soft Water Lake with Isoetids: Lake Jeleń, NW Poland / P. Klimaszyk [et al.] // Weather. – 2020. – № 12 (4), P. 945. doi:10.3390/weather-12040945
23. Soft-Water Lobelia Lakes in Poland / D. Borowiak [et al.] // Springer Nature Switzerland AG 2020 ; E. Korzeniewska, M. Harnisz (eds.). Polish River Basins and Lakes. – Part I, The Handbook of Environmental Chemistry 86. doi:10.1007/978-3-030-12123-5_5
24. Vöge, M. Monitoring the vitality of *Isoëtes lacustris* by using a non-destructive method / M. Vöge // Limnol. Rev. – 2014. – Vol. 14, № 3. – P. 153–158. doi:10.1515/lmre-2015-0005
25. Проведение наблюдений за ресурсами водной растительности, а также за средой ее произрастания : отчет о НИР / БГУ ; рук. Б. П. Власов. – Минск, БГУ, 2000–2014. – № ГР 20162806.
26. Комплексное лимнологическое обследование озерных водоемов Белоруссии : отчет о НИР. – Минск : БГУ, 1973–1980. – ХД-ЛОЗ-671717.
27. Озёра Беларуси : справочник / Б. П. Власов [и др.]. – Минск : БГУ, 2004. – 284 с.
28. Larson, D. W. On reconciling lake classification with the evolution of four oligotrophic lakes in Oregon : abstr. ... PhD thes. / D. W. Larson. – Corvallis, 1970. – 162 p.
29. Катанская, В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР / В. М. Катанская. – Л. : Наука, 1981. – 187 с.
30. Уязвимость экосистем ацидотрофных озер Беларуси – мест обитания охраняемых видов флоры и фауны – к климатическим изменениям : отчет о НИР (промежут.) / БГУ ; рук. Н. Ю. Суховило. – Минск, 2023. – 76 с. – № ГР 20221196.
31. Гигевич, Г. С. Высшие водные растения Беларуси. Эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / Г. С. Гигевич, Б. П. Власов, Г. В. Вынаев. – Минск : БГУ, 2001. – 231 с.

References

1. Kołodziejczyk J. Stosunki florystyczne jeziora Świtez. Warszawa, Prace Towarz. Nauk., 1916, pp. 330–331 (in Poland)
2. Kozlovskaya N. V., Parfenov V. I. *Horologiya flory Belorussii* [Chorology of the flora of Belarus]. Minsk, 1972, 20 p. (in Russian)
3. Kurlovich N. N. *Novye mestonahozhdeniya i osnovnye usloviya proizrastaniya polushnika ozernogo v ozerah Belarusi* [New locations and basic conditions for the growth of the lacustrine grasshopper in the lakes of Belarus]. J. of the Belarusian State University, Series 2, Chemistry. Biology. Geography, 1979, no. 1, pp. 53–56. (in Russian)
4. Vynaev G. V., Gigovich G. S., Dubovik D. V. *O novyh i kontroliruemyh mestonahozhdeniyah redkih vidov vysshih vodnyh rastenij Belarusi* [On new and controlled locations of rare species of higher aquatic plants in Belarus]. Materialy resp. nauch. konf. "Krasnaya kniga Respubliki Belarus': sostoyanie, problemy, perspektivy" [Proc. of the republic sci. conf. 'Red Book of the Republic of Belarus: status, problems, prospects']. Vitebsk, Ministry of Education of Belarus Publ., 2002, pp. 64–65. (in Russian)
5. Vynaev G. V., Gigovich G. S., Dubovik D. V. *O novyh i kontroliruemyh mestonahozhdeniyah redkih vidov vysshih vodnyh i okolovidnyh rastenij Belarusi* [On new and controlled locations of rare species of higher aquatic and semi-aquatic plants in Belarus]. Materialy Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf., posvyashch. 30-letiyu kafedry obshchego zemlevedeniya i lab. ozerovedeniya BGU "Teoreticheskie i prikladnye problemy sovremennoj limnologii" [Proc. of the Int. sci.-pract. conf., dedicated 30th anniversary of the Department of General Geography and Laboratory of Lake Researche BSU 'Theoretical and applied problems of modern limnology']. Minsk, 2003, pp. 121–128. (in Russian)
6. Shimko I. I., Voznyachuk I. P. *Polushnik kolyuchesporovyj (Isoëtes echinospora Durieu) novyj vid rastenij dlya flory Belarusi* [Polushnik colyuchesporus (*Isoëtes Echinospora* Dureyu) a new plant species for the flora of Belarus]. Sbornik statei II-j mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Aktual'nye problemy izucheniya i sohraneniya fito- i mikobioty" [Proc. of the int. sci. and pract. conf. 'Current problems in the study and conservation of phyto- and mycobiota']. Minsk, BSU Publ., 2013, p. 467. (in Russian)
7. Latyshev S. E., Merzhvinskij L. M., Vysockij Yu. I., Latysheva V. V. *Rastitel'nost' poryadka Oenanthalicia aquaticaе v ozerah Belorusskogo Poozer'ya* [Vegetation of the order Oenanthalicia aquaticaе in the lakes of the Belarusian Lake District]. Botanika (issledovaniya) = Botany (research), 2022, no. 51, pp. 85–94. (in Russian)
8. Dorofeev A. M., Martynenko V. P. *Rastitel'nost' ozera Bredno* [Vegetation of Lake Bredno]. J. of the Vitebsk State University, 1997, no. 4 (6), pp. 76–80. (in Russian)
9. Dorofeev A. M., Martynenko V. P. *Rastitel'nost' ozera Glubokoe* [Vegetation of Lake Glubokoe]. J. of the Vitebsk State University, 1999, no. 1 (11), pp. 67–72. (in Russian)
10. Dorofeev A. M., Martynenko V. P., Sharendo A. V. *Rastitel'nost' ozera Cherbomyslo* [Vegetation of Lake Cherbomyslo]. J. of the Vitebsk State University, 1999, no. 3, pp. 71–76. (in Russian)
11. Vlasova A. B., Vlasov B. P., Dzhus M. A. *Ohrana i monitoring sostoyaniya populyacij redkogo vida akvaflory Belarusi polushnika ozernogo (Isoëtes lacustris L.)* [Protection and monitoring of the state of populations of a rare species of aquaflora of Belarus, the lake weed (*Isoëtes lacustris L.*)]. Minsk, BSU Publ., 2013, 32 p. (in Russian)
12. Vlasov B. P. *Osobennosti unikal'nyh ozer Belarusi kak formiruyushchaya osnova resursov reliktovyh vidov Isoyotes L. i Lobelia dortmanna L.* [Features of the unique lakes of Belarus as the forming basis for the resources of relict species *Isoetes L.* and *Lobelia dortmanna L.*]. J. of the Belarusian State University, Series 2, Chemistry. Biology. Geography. Minsk, 2014, pp. 62–67. (in Russian)
13. Vlasova A. B., Yuhimuk A. N., Dzhus M. A., Tuhfatullina M. S., Vlasov B. P. *Ekologo-fitocenoticheskaya differenciaciya, geneticheskaya izmenchivost' i struktura populyacij reliktovogo vida akvaflory Isoëtes lacustris L. V Belarusi* [Ecological and phytocenotic differentiation, genetic variability and population structure of the relict species of aquaflora *Isoëtes lacustris L.* in Belarus]. Genetika, 2021, no. 57 (2), pp. 185–195. (in Russian)
14. Raspopov I. M., Rusanov A. G. *Vidovoe i cenoticheskoe raznoobrazie makrofitov ozera Krasnogo v mnogoletнем aspekte* [Species and coenotic diversity of macrophytes of Lake Krasnoye in a long-term aspect]. Phytodiversity of Eastern Europe, 2010, pp. 67–74. (in Russian)
15. Rusanov A. G. *Izmenenie vodnoj rastitel'nosti pod vliyaniem fluktuacij gidrologicheskogo rezhima v evtrofiruyushchemsyu ozere* [Changes in aquatic vegetation under the influence of fluctuations in the hydrological regime in a eutrophinating lake]. Regional Ecology, 2018, no. 4 (54), pp. 53–61. doi:10.30694/1026-5600-2018-4-53-61
16. Kuz'michev A. I., Krasnova A. N., Ershov I. Yu. *Struktura hidrofitobiety ozer zony kraevyh oledenenij Severo-Zapada Evropejskoj Rossii* [Structure of hydrophytobionts and the North-West of European Russia]. J. of Siberian Federal University, Biology, 2009, no. 3, pp. 299–312. (in Russian)
17. Mjelde M., Hellsten S., Ecke F. A water level drawdown index for aquatic macrophytes in Nordic lakes. *Hydrobiologia*, 2012. doi:10.1007/s10750-012-1323-6
18. Čtvrtliková M., Znachor P., Vrba J. The effect of temperature on the phenology of germination of *Isoëtes lacustris*. *Preslia*, 2014, vol. 86, no. 3, pp. 279–292.
19. Markowski M. Trophic state of lobelia lakes subjected to strong anthropogenic pressure located close to the Tricity area (northern Poland). *Limnol. Rev.*, 2017, vol. 17, no. 4, pp. 195–205. doi:10.1515/lmre-2017-0018
20. Mäemets H. Natural and Anthropogenic Impacts on the Macrophytes of Soft-Water Lakes of Estonia. doi:10.5772/intechopen.109810
21. Markowski M., Kwidzińska M. Types of geoecosystems of the lobelia lakes of the tricity area. *Quaestiones geographicae*, 2015, no. 34 (1), pp. 15–25.

22. Klimaszyk P., Borowiak D., Rosińska J., Szel E., Wasielewska A., Kraska M. The Effect of Human Impact on the Water Quality and Biocoenoses of the Soft Water Lake with Isoetids: Lake Jeleń, NW Poland. *Weather*, 2020, no. 12 (4), p. 945. doi:10.3390/w12040945
23. Borowiak D., Piotrowicz R., Nowiński K. and Klimaszyk P. Soft-Water Lobelia Lakes in Poland. *Springer Nature Switzerland AG* 2020. E. Korzeniewska, M. Harnisz (eds.). Polish River Basins and Lakes, Part I, The Handbook of Environmental Chemistry 86. doi:10.1007/978-3-030-12123-5_5
24. Vöge M. Monitoring the vitality of *Isoëtes lacustris* by using a non-destructive method. *Limnol. Rev.*, 2014, vol. 14, no. 3, pp. 153–158. doi:10.1515/lmre-2015-0005
25. *Provedeniye nablyudeniy za resursami vodnoy rastitelnosti, a takzhe za sredoy yeye proizrastaniya* [Carrying out observations of the resources of aquatic vegetation, as well as the environment of its growth]. Research Report. Supervisor B. P. Vlasov. Minsk, BSU Publ., 2000–2014, no. SR 20162806. (in Russian)
26. *Kompleksnoye limnologicheskoye obsledovaniye ozernykh vodoyemov Belorussii* [Comprehensive Limnological Survey of Lakes in Belarus]. Research Report, Supervisor O. F. Yakushko. Minsk, BSU Publ., 1971–1980. EC-LOZ-671717. (in Russian)
27. Vlasov B. P., e. a. *Ozyora Belarusi* [Lakes of Belarus]. Minsk, 2004, 284 p. (in Russian)
28. Larson D. W. *On reconciling lake classification with the evolution of four oligotrophic lakes in Oregon*. Abstr. PhD thes. Corvallis, 1970, 162 p.
29. Katanskaya V. M. *Vysshaya vodnaya rastitelnost kontinentalnykh vodoyemov SSSR* [Higher aquatic vegetation of continental reservoirs of the USSR]. Leningrad, 1981, 187 p. (in Russian)
30. *Uyazvimost ekosistem atsidotrofnykh ozer Belarusi – mest obitaniya okhranyayemykh vidov flory i fauny – k klimaticheskim izmeneniyam* [Vulnerability of ecosystems of acidotrophic lakes of Belarus – habitats of protected species of flora and fauna – to climate change]. Research Report. Supervisor N. Yu. Sukhovilo. Minsk, BSU Publ., 2023, 76 p., no. SR 20221196. (in Russian)
31. Gigovich G. S., Vlasov B. P., Vynaev G. V. *Vysshiye vodnyye rasteniya Belarusi. Ekologo-biologicheskaya kharakteristika, ispol'zovaniye i okhrana* [Higher aquatic plants of Belarus. Ecological and biological characteristics, use and protection]. Minsk, BSU Publ., 2001, 231 p. (in Russian)

Информация об авторах

Нина Юрьевна Суховило – кандидат географических наук, заведующий НИЛ озероведения, Белорусский государственный университет (пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь). E-mail: SukhoviloNY@bsu.by

Дарья Борисовна Власова – младший научный сотрудник, Белорусский государственный университет (пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь). E-mail: VlasovaDB@bsu.by

Алексей Александрович Новик – кандидат географических наук, доцент, Белорусский государственный университет (пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь). E-mail: novikA@bsu.by

Борис Павлович Власов – доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник, Белорусский государственный университет (пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь). E-mail: Vlasov@bsu.by

Information about the authors

Nina Yu. Sukhovilo – Ph. D. (Geography), Head of the Lab. of lake research, Belarusian State University (Nezavisimosti av., 4, 220030, Minsk, Belarus). E-mail: SukhoviloNY@bsu.by

Daria B. Vlasova – Junior Researcher, Belarusian State University (Nezavisimosti av., 4, 220030, Minsk, Belarus). E-mail: VlasovaDB@bsu.by

Aliaksei A. Novik – Ph. D. (Geography), Associate Professor, Belarusian State University (Nezavisimosti av., 4, 220030, Minsk, Belarus). E-mail: novikA@bsu.by

Boris P. Vlasov – D. Sc. (Geography), Professor, Chief Researcher, Belarusian State University (Nezavisimosti av., 4, 220030, Minsk, Belarus). E-mail: Vlasov@bsu.by