

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
БЕЛАРУСИ ПО БИОРЕСУРСАМ»

Объект авторского права

УДК 574.587:574.24:57.049

ЛАПУКА
Илья Игоревич

**ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ, ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ТРОФИЧЕСКАЯ
СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА ОЗЕР БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук
по специальности 03.02.10 – гидробиология

Минск, 2025

Диссертационная работа выполнена в Государственном научно-производственном объединении «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»

Научный руководитель

Вежновец Василий Васильевич,
кандидат биологических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник лаборатории
гидробиологии Государственного научно-
производственного объединения «Научно-
практический центр Национальной академии
наук Беларуси по биоресурсам»

Официальные оппоненты

Кулеш Виктор Федорович,
доктор биологических наук, доцент,
профессор кафедры биологии и методики
преподавания биологии учреждения
образования «Белорусский государственный
педагогический университет имени Максима
Танка»

Ковалева Оксана Владимировна,
кандидат биологических наук, доцент,
заведующий кафедрой экологии учреждения
образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Оппонирующая организация Белорусский государственный университет

Защита состоится «30» октября 2025 года в 14.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 01.32.01 в Государственном научно-производственном объединении «Научно-практическом центре Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам» по адресу: 220072, г. Минск, ул. Академическая, 27; +375 17 243-85-32; факс +375 17 304-15-93, e-mail: sovetsd01.32.01@gmail.com

С диссертацией можно ознакомиться в совете по защите диссертаций при ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам».

Автореферат разослан «23» сентября 2025 г.

Ученый секретарь совета по защите диссертаций
кандидат биологических наук, доцент



И.А. Соловей

ВВЕДЕНИЕ

Изучение структурной организации и пространственной неоднородности макрозообентоса, ее масштаб, характерные особенности, способы формирования – одна из важнейших областей экологии (Greig-Smith, 1983; Смуров, Полищук, 1989; Гиляров, 1990). Донные организмы чувствительны к изменениям среды обитания, слабо мигрируют и способны отражать долгосрочные изменения в экосистемах (Chen et. al., 2009; Zhang et.al., 2011; Zhang et.al., 2015; Экингер, Казанджи, 2021). Поскольку этот компонент гидробиоценоза зарекомендовал себя как эффективный индикатор в мониторинге и оценке экологического состояния водоемов и качества воды (Covich et. al., 1999; Vanni, 2002; Saxena, 2014), исследования изменений пространственной структуры макрозообентоса являются актуальными.

Согласно взглядам ряда ученых (Авакян, 1979; Баканов, 2000), при комплексном использовании водоемов особо перспективным представляется подход, заключающийся в осуществлении районирования дна водоемов для планировки, обустройства и эффективного его использования, исходя из различий отдельных его участков по биологическим особенностям, характеру хозяйственной освоенности и антропогенному воздействию (Баканов, 1990).

Сведения о видовом составе зообентоса, его распределении и количественном развитии необходимы для определения биологической продуктивности водоемов и при решении рыбохозяйственных вопросов. Изучение динамики развития зообентоса позволяет дать наиболее полную оценку состоянию кормовой базы промысловых видов рыб и выделить наиболее продуктивные зоны водоемов (Безматерных, 2017).

Изучение структурированности, влияния абиотических факторов на структуру зообентоса, учет его пространственной неоднородности, служат информационной основой для принятия решений об эффективности использовании как целого водоема, так и его части, при локальном характере воздействия человека на водные объекты.

Исследованию пространственного распределения макрозообентоса в озерах Беларуси посвящено сравнительно немного работ. Известны данные по оз. Дривяты (Гаврилов, 1970), водоему-охладителю Лукомской ГРЭС – оз. Лукомском (Митрахович, 2008) и Нарочанской группе озер (Винберг, 1985; Макаревич, 2019, Adamovich et. al, 2024). Настоящая работа посвящена изменению структурной, ценотической и трофической организации всего сообщества зообентоса и его отдельных частей в зависимости от трофности и изменения основных факторов среды, таких как температура и растворенный в воде кислород.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами, проектами и темами.

Диссертационное исследование выполнено в лаборатории гидробиологии ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» в соответствии с общим направлением исследований при выполнении следующих научно-исследовательских работ: «Сравнительный анализ пространственного изменения структуры сообществ фито- зоопланктона и зообентоса в озерах разного трофического статуса» государственной программы научных исследований на 2016–2020 гг. «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», № гос. рег. 20160496; «Влияние изменения климата на сообщества планктона и зообентоса в мелководных озерах» государственной программы научных исследований на 2021–2025 гг. «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», № гос. рег. 20210180; «Методы биоманипуляции с бентическими потребителями фитопланктона для восстановления эвтрофированных вод» договор Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований Б22КИТГ-019 от 01.12.2022 г., на 2022–2024 гг.; «Изучить состояние популяций стенотермных холодолюбивых беспозвоночных озер Беларуси и Западной Сибири в условиях антропогенного воздействия и изменения климатического фактора» договор Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований Б232МС-001 от 02.05.2023 г., на 2023–2025 гг., № гос. рег. 20230958.

Исследование поддержано грантом БРФФИ № Б23М-052 от 02.05.2023 г на 2023–2025 гг. «Изучить особенности таксономической и пространственной структуры зообентоса озер севера Беларуси при изменении основных факторов среды обитания», № гос. рег. 20230963; грантом Президиума НАН Беларуси для аспирантов № 2022-28-10 «Таксономическая, пространственная и трофическая структура зообентоса озер разного типа в зависимости от основных факторов среды обитания», руководителем которого являлся соискатель. За выполнение целей по приоритетному направлению диссертационной работы получена стипендия Президента Беларуси на 2021 г. в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 06.09.2011 № 398 «О социальной поддержке обучающихся».

Тематика работы соответствует перечню «Приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 гг.» (Указ Президента Республики Беларусь от 7 мая 2020 г. №156), в частности, пункту 3. «Энергетика, строительство, экология и рациональное природопользование: атомная энергетика, ядерная и радиационная безопасность» подпункт 7 «Рациональное использование, воспроизводство и управление ресурсами растительного и животного мира, лесными и водными ресурсами».

Цель, задачи, объект и предмет исследования

Цель исследования – установить закономерности распределения таксономической, пространственной и трофической структуры зообентоса в разнотипных водоемах.

Задачи исследования:

1. Изучить особенности пространственного распределения видового богатства зообентоса в озерах разного типа.
2. Установить изменение численности зообентоса в разных местообитаниях и оценить влияние температуры, содержания растворенного в воде кислорода и степени трофности озер.
3. Провести ценотический анализ, выделить зообентоценозы и установить особенности их формирования в озерах разной трофности.
4. Определить трофическую структуру макрозообентоса в градиенте глубины озер.
5. Установить сезонные изменения таксономической, пространственной и трофической структур зообентоса.

Объект исследования: донные фаунистические комплексы.

Предмет исследования: пространственная, таксономическая и трофическая структура макрозообентоса разнотипных озер.

Научная новизна

На основании градиентного анализа установлены закономерные изменения в видовом составе сообщества макрозообентоса озер разного типа и впервые показано, что с увеличением уровня трофности озер усиливается влияние температуры и концентрации растворенного в воде кислорода на пространственную структуру зообентоса.

Установлено, что трофическая структура сообщества зообентоса закономерно изменяется в градиенте уровня трофности озер, что связано с увеличением относительной численности хищных форм, а также в зависимости от температуры и концентрации кислорода.

Впервые для озер Беларуси использован ценотический подход, который позволил выделить различные зообентоценозы и их связь с трофическим статусом водоема.

Впервые показано, что сохраняется относительная стабильность пространственного распределения общей численности зообентоса в течении года при изменении соотношения таксонов.

Положения, выносимые на защиту:

1. В стратифицированных озерах исследованных трофических типов максимальное таксономическое разнообразие формируется в зоне обильного развития подводной растительности (12-37 таксонов). С увеличением трофности

озер численность макрозообентоса в этих зонах возрастает (с 26 до 54%), а глубина расположения максимума видового разнообразия уменьшается (с 6 до 1,5 метров). Общий характер распределения численности зообентоса сходен с пространственным изменением видового богатства и сохраняется в течение года.

2. Количество зообентоценозов и их формирование по глубинам сходно в озерах разного типа, различия наблюдаются только в профундали при разном сочетании температуры и содержании растворенного в воде кислорода. С увеличением глубины и уровня трофности озер соотношения трофических групп зообентоса изменяется, а количество их уменьшается с 6 до 1.

3. Влияние температуры и содержания растворенного в воде кислорода на распределение и численность основных таксономических групп и отдельных популяций зообентоса закономерно возрастает с увеличением трофности исследованных озер.

Личный вклад соискателя ученой степени. Материал, положенный в основу диссертации, собран, обработан и проанализирован автором самостоятельно. Подготовка рукописи кандидатской диссертации выполнена соискателем лично при консультации научного руководителя к.б.н., доцента Вежновца Василия Васильевича.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Результаты диссертационного исследования доложены и обсуждены на: I Республиканской заочной научно-практической конференции молодых ученых «Структура и динамика биоразнообразия» (Минск, 2019); XV, XVI, XVII, XVIII и XIV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии» (Гродно, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024); Международной конференции, посвященной 145-летию академика Л.С. Берга (Бендеры, 2021); 21-й Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2021 года: экологические проблемы XXI века» (Минск, 2021); XI International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students «Actual environmental problems» (Minsk, 2021); XVIII, XIX и XX Международной научной конференции «Молодежь в науке» (Минск, 2021, 2022, 2023); Международной научно-практической конференции «Национальный парк «Браславские озера» и другие особо охраняемые природные территории: состояние, проблемы, перспективы развития» (Браслав, 2022); II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы охраны животного мира в Беларуси и сопредельных регионах» (Минск, 2022); Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы эффективного и комплексного использования водных ресурсов» (Минск, 2023); Международной научно-практической конференции «Пресноводная аквакультура: проблемы, достижения, перспективы» (Минск, 2023), V Республиканской научно-

практической экологической конференции «Проблемы оценки, мониторинга и сохранения биоразнообразия» (Брест, 2023), IV международной научно-практической конференции «Инжиниринг: теория и практика» (Пинск, 2024), XVII Всероссийской научной конференции молодых ученых, посвящённой 300-летию Российской академии наук, 170-летию со дня рождения Н.А. Морозова и 130-летию со дня рождения И.Д. Папанина «Биология внутренних вод. Перспективы и проблемы современной гидробиологии» (Борок, 2024), Международная научно-практическая конференция «IV Дорофеевские чтения» (Витебск, 2024).

Опубликование результатов диссертации. По материалам диссертации опубликована 31 научная работа, в том числе 10 статей в изданиях, соответствующих п. 18 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь» (объем 6,1 авторских листа); 18 статей в сборниках материалов конференций и 3 тезисов докладов (объем 3,4 авторских листа).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из перечня сокращений и обозначений, введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации составляет 255 страниц, в том числе 23 таблицы и 86 рисунков на 52 страницах, 5 приложений общим объемом 80 страниц. Библиографический список состоит из 160 наименований (на 14 страницах).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Структурная организация зообентоса и ее зависимость от основных экологических факторов (обзор литературы)

Структурированность биоты является ее неотъемлемой особенностью, распределение зообентоса неодинаково по площади водоема и зависит от множества факторов. Для разных уровней организации живого применяются различные подходы для выявления структурных особенностей и закономерностей (Алимов, 1989; Баканов, 2000; Щербина, 2003).

Пространственная неоднородность макрозообентоса, ее масштабы, характерные особенности, способы формирования и методы анализа актуальны для изучения структурированности сообществ. Традиционно в популяционной экологии принято различать четыре основных типа пространственного размещения: равномерное, случайное (мозаичное), пятнистое (агрегированное) и клинальное (градиент) (Greig-Smith, 1983; Смуров, 1989; Вдовина, Азовский, 2007, Безматерных, 2017).

Считается, что наиболее удобным и информативным при изучении пространственно-временной организации в озерных экосистемах является

анализ влияния ключевых экологических факторов в значимом градиенте того или иного параметра. Регистрация изменений или откликов проходит через таксономический состав, пространственную структуру и количественные характеристики. В силу относительной стабильности в пространстве и инертности, макрозообентос является наиболее подходящим объектом для этих целей (Безматерных, 2009).

Результаты ряда исследований показывают тесную связь между отдельными факторами водной среды и структурной организацией зообентоса (Пшеницина, 1986; Wiederholm, 1973; Алимов, 1998; Кучко, Савосин, 2018).

С другой стороны, некоторыми авторами отмечено, что, несмотря на бесспорное существование некоторых закономерностей, образованию характерных структур зообентоса в большей степени присуща стохастичность (Хазов, Рябинин, 1987; Иванов, 2000; Шитиков и др., 2011). При формировании сообществ донных организмов результат при изменении одного и того же фактора может быть противоположным (Шуйский и др., 2004). Здесь наблюдается или синергическое взаимодействие факторов или лимитирующее влияние одного из них.

Однако, по имеющимся исследованиям, можно сказать, что наибольшие количественные показатели зообентоса отмечаются для второй половины весны, наименьшие – в летний период. Наиболее стабильные показатели наблюдаются в подледный период (Остапеня, 1973; Еремова, Орловская, 1997; Павловский, 2000; Dombrovskii, 2009; Баскаева и др., 2015).

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что пространственная структура зообентоса изучена недостаточно и большинство расчетов и представлений в гидробиологии базируются на усредненных величинах. В связи с этим, существует необходимость рассмотреть влияние как комплекса, так и основных экологических факторов на распределение общего зообентоса, отдельных групп и популяций более детально.

Объекты, материал и методы исследования

Исследования проведены в озерах Белорусского Поозерья разной трофности, которые различались по ряду параметров (глубина, прозрачность, содержание кислорода, температура и т.д.). Всего с 2019 по 2021 гг. летом было обследовано 6 озер: Южный Волос (далее Ю. Волос) и Северный Волос (С. Волос) – мезотрофные с чертами олиготрофии, Сита – мезотрофное, Круглик – высокотрофное, Барковщина – эвтрофное, меромиктическое, Лукомское – мезотрофное, подверженное подогреву. Круглогодичные изменения пространственной структуры зообентоса изучены на озерах Ю. Волос и С. Волос в сезон 2019-2021 гг.

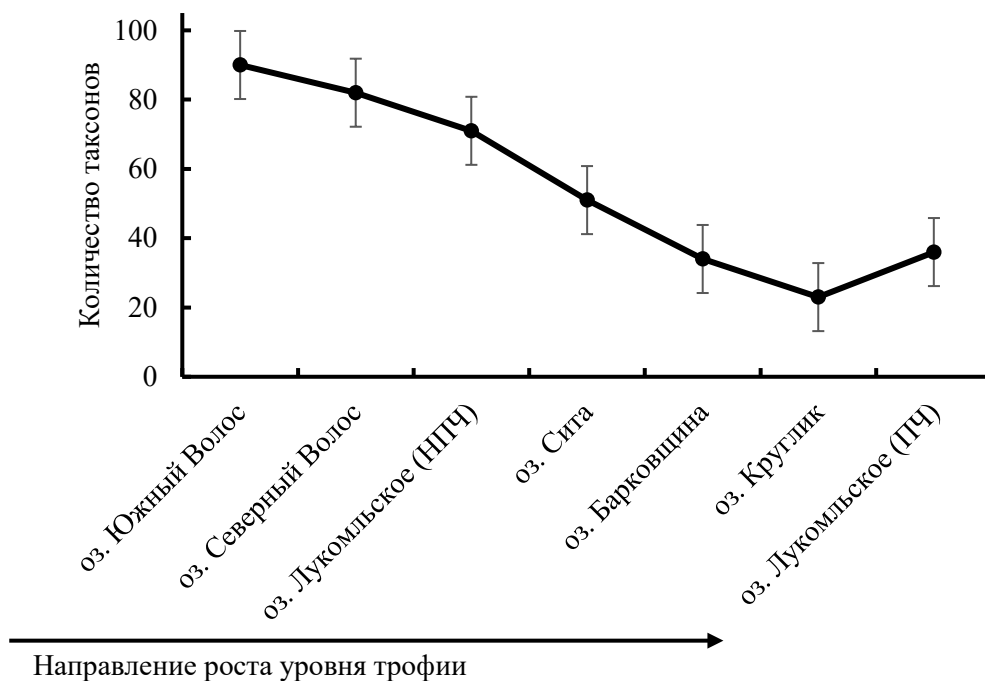
Выбор станций для исследования проводили исходя из гидрологических характеристик, с учетом прозрачности, распределения температуры и концентрации кислорода. В перечень обязательных входили прибрежные сборы (с растительностью и «чистой» литорали), глубины: прозрачности, двойной прозрачности, начала, середины и конца термоклина, середины клинолимниона, максимальная. Для озер с окисклином дополнительно выбирали точки аналогично, исходя из вертикального распределения концентрации кислорода. На каждой станции отбирали по три дночерпательные пробы на глубоководных станциях дночерпателем Боруцкого, предварительно измерив глубину эхолотом Eagle Cuda 128. До глубины 1,5 м пробы отбирали с помощью сачка (ISO 7898). Численность зообентоса рассчитывали на 1 м². Подсчет и идентификацию проводили под бинокулярным микроскопом МБС-10 при увеличении $\times 56$. Детали морфологии уточняли на микроскопе Jenaval при увеличении до $\times 250$. Взвешивание производили на торсионных весах с точностью до 50 или 1000 мг. В общей сложности собрано и обработано 542 пробы, идентифицировано более 70 тысяч организмов зообентоса.

Для разделения видов на трофические группы была использована классификация О. Моог (Moog, 2002), которая положена в основу программы Asterix 4.0., с уточнениями по А.В. Монакову (Монаков, 1998). Статистическую обработку данных проводили общепринятыми методами (Мастицкий, 2009; Жученко, 2010), использовали также непараметрические методы анализа.

Структура ценоза определялась при помощи индекса плотности bp , где b – среднее значение биомассы популяций данного вида, p – частота его встречаемости. Чтобы не оперировать с большими числами, величина индекса плотности уменьшалась путем извлечения из нее корня квадратного. При этом индекс приобретал вид \sqrt{bp} . Название ценоза определялось по доминирующим таксонам.

Пространственное изменение таксономической структуры зообентоса

В составе зообентоса исследованных нами озер было обнаружено 173 вида и формы зообентоса, представляющие 8 классов беспозвоночных. Наиболее богато в таксономическом отношении был представлен класс насекомых, доля которых составила 75% от общего таксономического списка (128 видов и форм). В остальных группах, количество таксонов варьировало от 1 до 14. В стратифицированных озерах с увеличением трофности наблюдалось уменьшение таксономического разнообразия, не подверженная подогреву часть водоема-охладителя по разнообразию организмов бентоса близка к мезотрофным озерам, а подогреваемая к эвтрофным (рисунок 1).



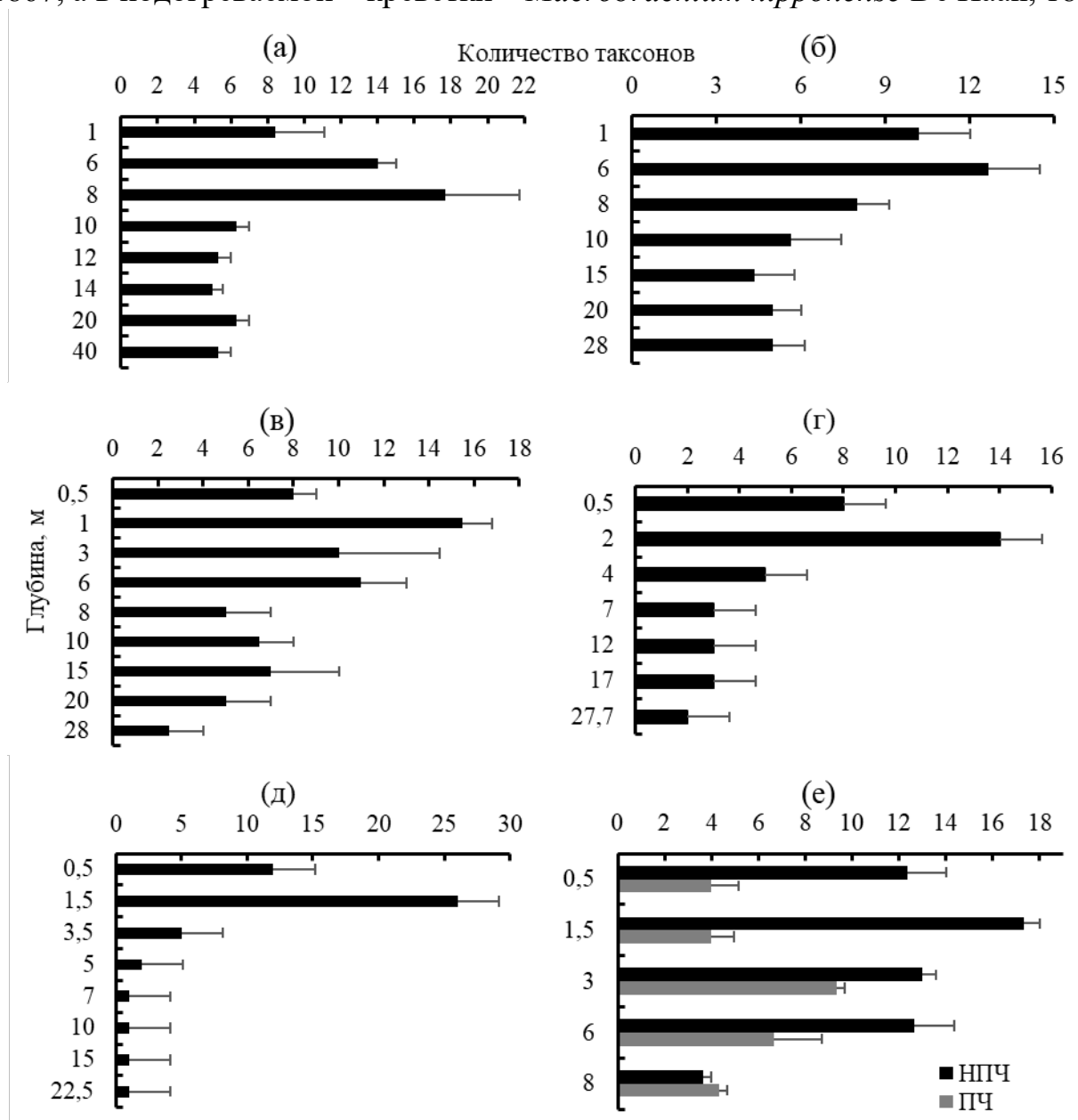
ПЧ – часть оз. Лукомского подвержена подогреву, НПЧ – не подогреваемая часть оз. Лукомского

Рисунок 1 – Количество таксонов в водоемах разной трофности

Общее таксономическое разнообразие уменьшалось за счет двукрылых. Снижение числа видов в эулитерали и сублитерали связано с исчезновением из видового состава в более трофных водоемах отр. Trichoptera и некоторых видов сем. Chironomidae. В профундальной зоне шло снижение видового разнообразия представителей сем. Chironomidae.

С глубиной во всех исследованных озерах видовое богатство зообентоса значительно изменялось: росло от побережья к зоне подводной растительности и снижалось с увеличением глубины отбора проб. Независимо от трофического статуса озера, максимальное количество таксонов приурочено к зоне погруженной и полупогруженной растительности. Максимум разнообразия макрозообентоса был более четко выражен в водоемах с более высоким трофическим статусом, что обусловлено меньшей площадью бентали с подходящих для обитания условиями. По этой же причине в озерах с более высоким уровнем трофии максимальное количество видов наблюдалось на меньших глубинах, чем в мезотрофных. Минимальные значения видового богатства (1-2 таксона) отмечалось на максимальных глубинах в высокотрофном (Круглик) и меромиктическом (Барковщина) озерах, где ограничивающим фактором выступает низкая концентрация или полное отсутствие кислорода (рисунок 2).

Смещение максимума на бóльшую глубину в подогреваемой (ПЧ) части озера Лукомское, зависело от негативного влияния повышенной температуры сбрасываемой воды. В не подогреваемой части водоема локально подтверждено наличие редкой реликтовой амфиподы *Pallaseopsis quadrispinosa* G. O. Sars, 1867, а в подогреваемой – креветки – *Macrobrachium nipponense* De Haan, 1849.



а – оз. Ю. Волос; б – оз. С. Волос; в – оз. Сита; г – оз. Круглик; д – оз. Барковщина; е – оз. Лукомское (НПЧ- не подогреваемая часть, ПЧ - подогреваемая зона)

Рисунок 2 – Видовое богатство зообентоса озера на разных глубинах

Зона максимального видового разнообразия при широком спектре таксономических групп в каждом озере имела свои особенности. Здесь наблюдалось снижение числа таксонов с ростом трофии, если в мезотрофном оз.

Ю. Волос было обнаружено 37, то в эвтрофном оз. Круглик только 13 таксонов (таблица 1).

Таблица 1 – Количество таксонов зон с максимальным видовым разнообразием разных озер (зона развития погружённой и полупогружённой растительности)

Таксономические группы	Озера						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Gastropoda	6	-	-	4	2	-	3
Bivalvia	3	1	1	2	1	1	1
Annelida	4	3	3	4	4	4	4
Crustacea	3	2	1	2	1	1	1
Ephemeroptera	1	2	4	1	1	1	-
Trichoptera	5	2	4	1	2	-	-
Odonata	2	-	3	-	3	1	-
Coleoptera	-	1	-	-	-	-	-
Megaloptera	-	-	-	-	2	-	-
Lepidoptera	-	-	1	-	-	-	-
Diptera	13	11	9	11	9	5	5
Всего:	37	22	26	25	25	13	14

Примечание – I – оз. Ю. Волос; II – оз. С. Волос; III – оз. Сита; IV – не подверженная подогреву часть оз. Лукомского; V – оз. Барковщина; VI – оз. Круглик; VII – подогреваемая часть оз. Лукомское.

С увеличением трофического статуса озера, снижалось количество таксономических групп, что связано с уменьшением пригодной площади дна для их жизнедеятельности. Распределение видового богатства во всех озерах сходное – наблюдался максимум, приуроченный к зоне подводной растительности.

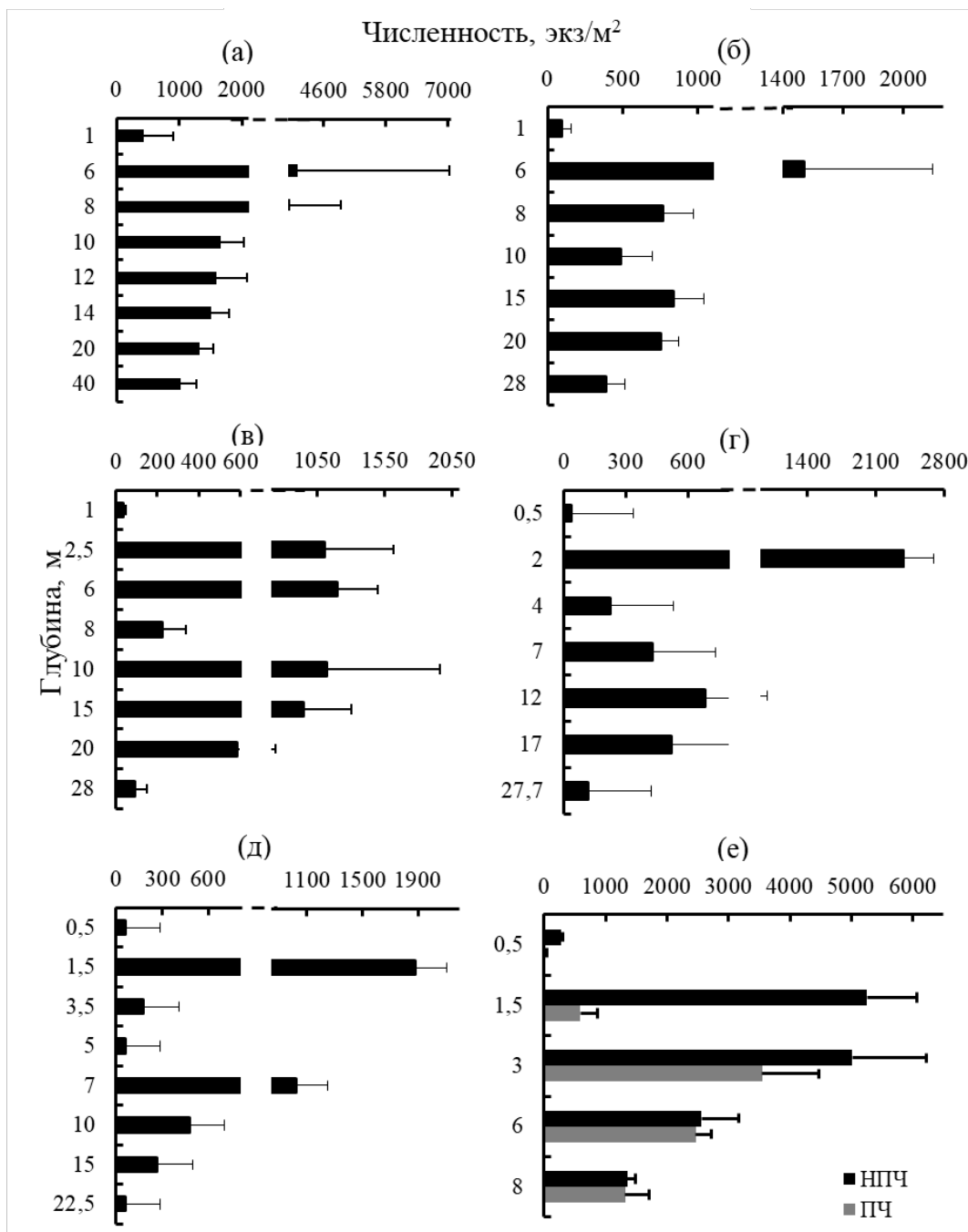
Пространственное изменение численности зообентоса

Распределение численности зообентоса по глубинам во всех исследованных озерах имело схожий характер: от прибрежной части до границ подводной растительности шло увеличение с последующим снижением к профундали, часто с дополнительным пиком (рисунок 3). Максимальные значения численности в зависимости от уровня трофии озера располагались на разных глубинах: от 1,5 м в меромиктическом оз. Барковщина до 6 метров в мезотрофном водоеме Ю. Волос.

Во всех водоемах основными таксономическими группами, от которых зависела общая численность, являлись класс Bivalvia, тип Annelida и семейство Chironomidae.

Определена зависимость распределения общей численности зообентоса (рисунок 4), а также отдельных систематических групп (таблица 2), от

температуры и концентрации растворенного кислорода всех исследованных водоемов.



а – оз. Ю. Волос; б – оз. С. Волос; в – оз. Сита; г – оз. Круглик;
д – оз. Барковщина; е – оз. Лукомское

Рисунок 3 – Пространственное распределение численности зообентоса в озерах

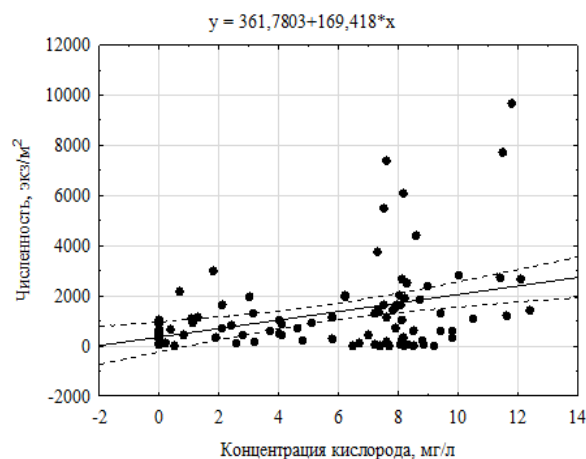


Рисунок 4 – Результат корреляционного анализа Спирмена общей численности зообентоса и концентрации растворенного в воде кислорода

Помимо общих зависимостей пространственного распределения, рассмотрено влияние абиотических факторов (температуры и концентрации растворенного в воде кислорода) на численность зообентоса в каждом из озер.

Таблица 2 – Значения коэффициента корреляции Спирмена (r_s) пространственного распределения численности основных таксономических групп зообентоса от температуры (T , °C) и концентрации растворенного в воде кислорода (O_2 , мг/л)

Таксономическая группа	T	O_2
Bivalvia	$r_s = 0,4, p \leq 0,01$	$r_s = 0,49, p \leq 0,01$
Annelida	$r_s = 0,29, p = 0,005$	$r_s = 0,37, p \leq 0,01$
Ephemeroptera	$r_s = 0,57, p \leq 0,01$	$r_s = 0,4, p \leq 0,01$
Trichoptera	$r_s = 0,36, p \leq 0,01$	$r_s = 0,47, p \leq 0,01$
Odonata	$r_s = 0,27, p \leq 0,01$	$r_s = 0,35, p \leq 0,01$
Coleoptera	$r_s = 0,31, p \leq 0,002$	$r_s = 0,22, p = 0,03$

Чем выше трофность водоема, тем сильнее проявляются зависимости пространственного распределения зообентоса от температуры и концентрации растворенного в воде кислорода. Например, коэффициент корреляции численности отр. Ephemeroptera и температуры в мезотрофном с чертами олиготрофии оз. Ю. Волос составил $r_s = 0,63, p \leq 0,05$, а в высокотрофном оз. Круглик $r_s = 0,76, p \leq 0,05$. Также увеличивался и коэффициент корреляции численности отр. Ephemeroptera с концентрацией растворенного кислорода: в оз. Ю. Волос – $r_s = 0,73, p \leq 0,05$, а в оз. Круглик – $r_s = 0,84, p \leq 0,05$. При это связь численного развития зообентоса и абиотических факторов наблюдаются только в стратифицированных водоемах.

В сезонном аспекте пространственная структура зообентоса изменялась слабо, и оставалась близкой к летнему распределению. Независимо от сезона

года основной численности «мягкого бентоса» в озерах Ю. Волос и С. Волос были представители отр. Diptera (от 33 до 39% – Ю. Волос, от 76 до 86% – С. Волос), но в течение года наблюдались изменения видового состава и доминантов. В оз. С. Волос в ноябре преобладали *Tanytarsus* gr. *gregarius* (Kieffer, 1909) и *Chironomus* f.l. *plumosus* (Meigen, 1830), в декабре и марте – *Chaoborus crystallinus* (De Geer, 1776), в июле – *Chironomus* f.l. *plumosus*. В оз. Ю. Волос в ноябре и декабре из хирономид доминировал *Chironomus* f.l. *plumosus*, в марте – *Endochironomus impar* (Walker, 1856); в июле – *Micropsectra junci* (Meigen, 1818).

При ценотическом анализе диапазон изменений и сочетание различных факторов (глубина, температура, кислород, наличие макрофитов, тип донных отложений и т.д.) служили причиной образования различных зообентоценозов. Всего в изученных озерах выделен 21 ценоз. Общим для всех озер был ценоз с основным видом *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). Относительно часто встречаемыми были ценозы *Chironomus* f.l. *plumosus* и *Chaoborus crystallinus*. Для всех озер характерной особенностью являлось формирование в эулиторали и сублиторали ценозов с доминированием моллюсков, а в профундали – представителей отр. Diptera (сем. Chironomidae и сем. Chaoboridae). В оз. Ю. Волос, из-за наличия в достаточном количестве реликтового ракообразного *Monoporeia affinis* (Lindström, 1885), выделялся зообентоценоз по данному виду, как доминирующему на определенных глубинах профундали (с 12 до 20 м). В водоемах, в профундали которых отсутствовал кислород, ценозы формировались ограниченным числом видов, куда входили только *Chaoborus* sp. и *Chironomus* f.l. *plumosus*.

В ряду исследованных озер количество ценозов было близким, от 4-х до 6-ти, не отмечено каких-либо закономерных изменений количества зообентоценозов, с изменением трофического статуса озер (рисунок 5).

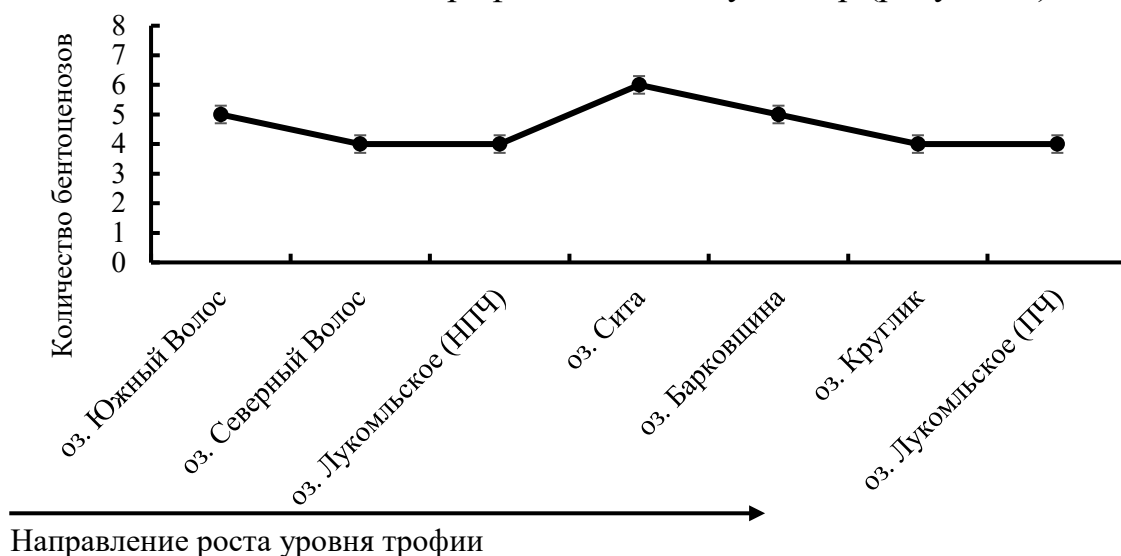


Рисунок 5 – Количество бентоценозов с увеличением трофности озер

Наибольшее количество зообентоценозов зафиксировано в оз. Сита, за счет развития пояса подводной и надводной растительности.

Трофическая структура и ее пространственная неоднородность

В изученных водоемах макрозообентос был представлен 6 трофическими группами: собиратели, активные фильтраторы, хищники, измельчители, соскребатели и минеры. Доминирующими во всех водоемах являлись собиратели (от 21 до 50%), активные фильтраторы (от 14 до 57%) и хищники (от 4 до 57%). В этих трофических группах во всех водоемах, доминировали одни и те же таксоны: собиратели – *Chironomus f.l. plumosus*, *Microtendipes pedellus*, *Polypedilum gr. nubeculosum*, *Dicrotendipes nervosus* (Staeger, 1839); активные фильтраторы – *Dreissena polymorpha*, хирономиды рода *Endochironomus*; хищники – *Chaoborus sp.*, *Procladius sp.*

Доля хищных форм зообентоса увеличивался с ростом трофического статуса водоема (рисунок 6). Увеличение доли хищников в эвтрофном оз. Барковщина и высокотрофном оз. Круглик связано с обильным развитием *Chaoborus sp.*, который хорошо переносит отсутствие кислорода, за счет своего планкто-бентического образа жизни.

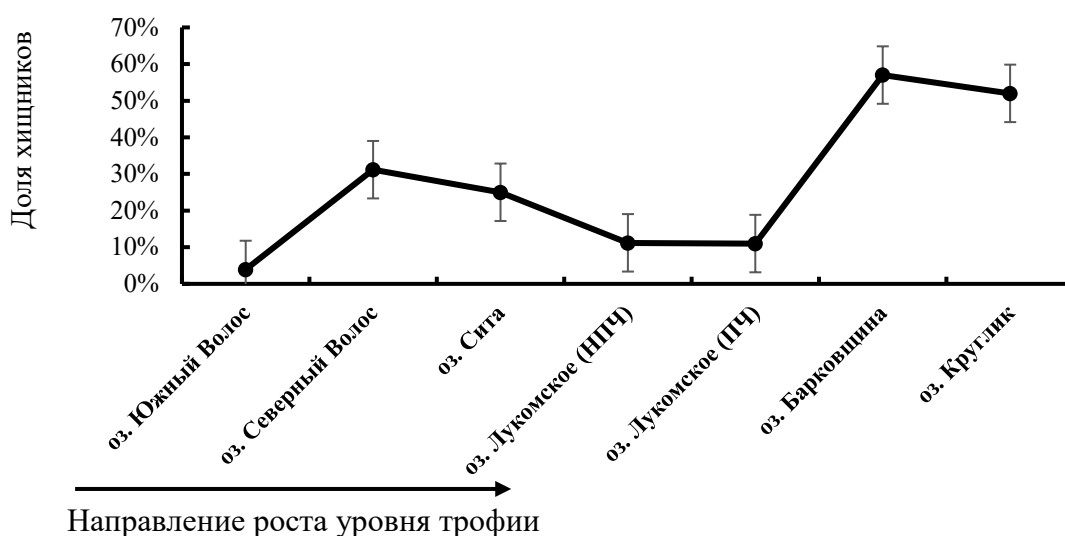
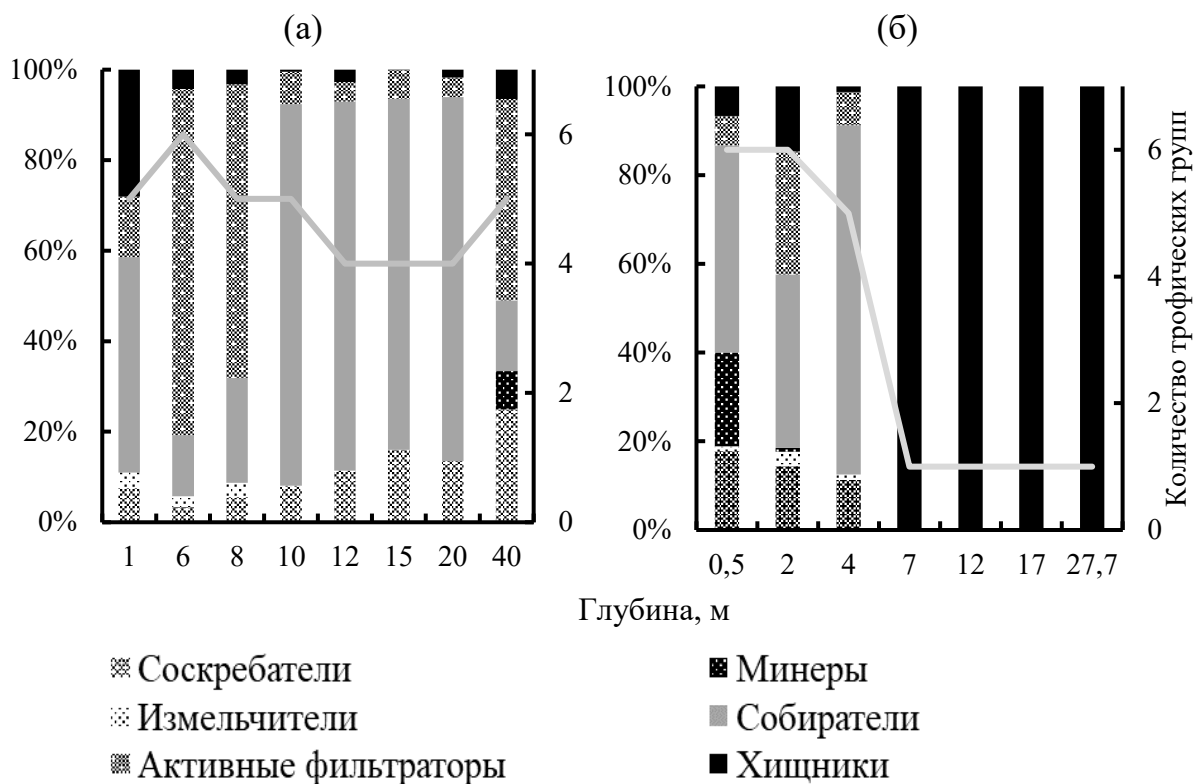


Рисунок 6 – Доля хищных форм зообентоса (%) в озерах разного трофического статуса

Число трофических групп оставалось фактически постоянным на всех глубинах в богатом кислородом мезотрофном оз. Ю. Волос (рисунок 7а). Уменьшение количества трофических групп с глубиной наблюдалось в озерах с недостатком или отсутствием кислорода в профундальной зоне и более высоким уровнем трофии (рисунок 7б). Сезонное изменение количества трофических групп с глубиной имели ряд особенностей.



а – оз. Ю. Волос (мезотрофное), б – оз. Круглик (высокотрофное)

Рисунок 7 – Пространственное распределение количества и соотношения (%) трофических групп зообентоса в озерах разной трофности

В эулитеральной зоне оз. Ю. Волос происходило снижение количества групп от осени (6) к весне (2) и увеличение в летний (3) период. В оз. С. Волос наибольшее количество групп здесь было осенью (6), а в остальные сезоны оставалось стабильным (от 2 до 4). Сублитеральная зона обоих озер оставалась относительно стабильной независимо от сезона года (4-6). Основные изменения проходили в начале профундальной зоны оз. Ю. Волос, где осенью и зимой было максимальное количество групп – 6, а весной и летом наблюдалось снижение до минимума. В остальной части профундали сохранялось 2-3 трофических группы в течение года. В оз. С. Волос во все сезоны, кроме лета, происходит снижение количества групп с увеличением глубины, а летом, наоборот, – рост к максимальной глубине. Это связано, в основном, с вертикальными и горизонтальными миграциями различных видов хирономид, а также с жизненными циклами различных представителей класса насекомые.

Только в оз. Ю. Волос была зафиксирована статистически значимая зависимость численности собирателей от концентрации растворенного кислорода ($r_s = 0,59, p=0,003$) (рисунок 8).

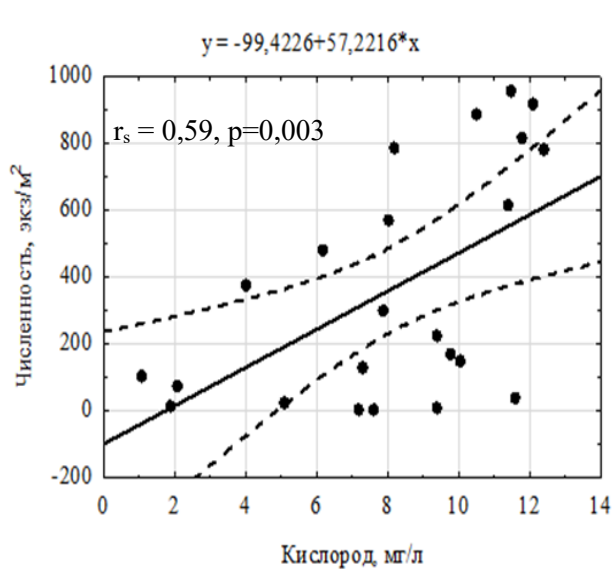


Рисунок 8 – Результат корреляционного анализа Спирмена численности собирателей с концентрацией растворенного в воде кислорода

В остальных озерах связь распределения численности отдельных трофических групп с концентрацией растворенного кислорода и температурой была слабой или недостоверной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Таксономический состав макрозообентоса в градиенте уровня трофности озер закономерно увеличивается от эвтрофных озер (23 таксона) к мезотрофным с чертами олиготрофии (90 таксонов). Основу этих изменений определяют различные группы макрозообентоса: личинки двукрылых насекомых (Diptera), в литоральной зоне, фитофильный хирономидный комплекс в сублиторали и глубоководные эврибионтные виды хирономид и хабориды в профундали озер. Максимальное количество таксонов (от 13 до 37 таксонов), независимо от трофического типа озера, располагалось на глубинах зоны распространения подводной растительности [1–А; 3–А; 4–А; 5–А; 10–А; 11–А; 12–А; 13–А; 14–А; 16–А; 18–А; 20–А; 29–А; 30–А].

2. В исследованных стратифицированных озерах разной трофности наблюдается сходный характер распределения численности зообентоса в пространстве. От прибрежной части до границ подводной растительности происходит закономерный рост численности зообентоса, а затем последующее ее уменьшение в профундали с дополнительными пиками численности, обусловленными развитием разных групп зообентоса. Максимальные значения численности всех групп зообентоса находятся в зоне подводной растительности. В сублиторальной зоне всех водоемов доминирует *Dreissena polymorpha* (от 19

до 75% от общей численности зообентоса). У ракообразных на глубинах развития подводной растительности максимальные значения численности связаны с массовым развитием *Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758) (кроме оз. Ю. Волос). В оз. Ю. Волос, максимальные значения ракообразных обусловлены доминированием *Monoporeia affinis* на глубине 12 м (56 % от общей численности зообентоса) [2–А; 3–А; 5–А; 6–А; 13–А; 14–А; 16–А; 18–А; 20–А].

3. Влияние подогрева воды Лукомской ГРЭС на видовое разнообразие зообентоса, больше выражено на мелководных участках озера. В не подверженной подогреву части акватории оз. Лукомского эулиторальная (23 таксона), сублиторальная (29 таксонов) и профундальная (23 таксона) зоны по количеству таксонов близка по значениям с мезотрофными озерами. В подогреваемой части эулитораль (4 таксона) и сублитораль (15 таксонов) соответствуют эвтрофным, а профундаль (15 таксонов) – мезотрофным водоемам [4–А].

4. Установлена статистически достоверная связь пространственной структуры зообентоса с концентрацией растворенного в воде кислорода ($r_s = 0,28$, $p=0,005$). Чем выше трофность водоема, тем сильнее проявляются зависимости пространственного распределения численности различных таксономических групп зообентоса от концентрации растворенного кислорода (от $r_s = 0,22$ до $r_s = 0,49$ при $p \leq 0,05$) и температуры (от $r_s = 0,27$ до $r_s = 0,57$ при $p \leq 0,05$). Влияние этих абиотических факторов имеет место только в вертикально стратифицированных водоемах. В оз. Лукомском такое влияние обнаружено только на численность личинок водных жуков ($r_s = 0,46$, $p=0,04$) и поденок ($r_s = 0,66$, $p=0,0015$) из-за меньшего количества растворенного в воде кислорода в подогреваемой зоне [3–А; 7–А; 14–А; 16–А; 24–А; 26–А].

5. Диапазон изменений и сочетание различных факторов (глубина, температура, концентрация кислорода, наличие макрофитов) служат причиной образования различных зообентоценозов. Для исследованных озер характерной особенностью является формирование в эулиторали и сублиторали зооценозов с доминированием моллюсков, а в профундали – представителей отр. Diptera. В оз. Ю. Волос за счёт развития реликтового ракообразного *Monoporeia affinis* происходит выделение зообентоценоза по данному таксону, как доминирующему на определенных глубинах. Количество бентоценозов не зависело от трофности озер [9–А; 23–А; 31–А].

6. В исследованных водоемах в составе сообщества зообентоса выявлено шесть трофических групп: активные фильтраторы, соскребатели, собиратели, хищники, измельчители и минеры. По численности преобладали три: собиратели (до 50%), активные фильтраторы (до 57%) и хищники (до 57%). Доля численности хищных форм зообентоса увеличивается с ростом трофности водоема (от 4 до 57%). Для отдельных трофических групп и озер установлены

зависимости распределения численности трофических групп от температуры и концентрации кислорода [7–А; 17–А; 19–А; 24–А].

7. Характер распределения общей численности зообентоса слабо изменялся в течение года и оставался схожим в разные сезоны. В модельных водоемах наблюдались миграции отдельных видов зообентоса у подвижных форм ракообразных и личинок рода *Chaoborus*, которые не меняли общую структуру. При сохранении общего характера распределения, только в сем. Chironomidae происходила смена доминирующих форм и их расположение в пространстве [8–А; 20–А; 22–А; 29–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

В результате проведенного комплексного исследования впервые получены данные по видовому составу и пространственному распределению зообентоса в озерах Ю. Волос, С. Волос, Сита, Круглик и Барковщина. Уточнен современный таксономический список зообентоса для оз. Лукомское. Данные материалы являются базовыми для совершенствования Национальной системы мониторинга и использования в рыбоводно-биологических обоснованиях.

Материалы, полученные в результате выполнения диссертационного исследования, могут быть использованы при разработке прогноза трансформации бентофауны озер в связи с изменением климата и антропогенной нагрузки на озера, а также основой для разработки систем экологического мониторинга озер, подверженных антропогенному трансформированию. Кроме того, материалы проведенной работы можно использовать при оценке изменения экологического состояния озер, рациональном ведении водного хозяйства, улучшении рыбохозяйственной деятельности и при индикации загрязнения водных объектов.

Результаты исследования использованы для изучения современного состояния экосистем и разработке дополнений к рыбоводно-биологическими обоснованиями, что подтверждено актами внедрения от 15.05.2023 г. Рекомендации используются в учебном процессе в учреждениях образования Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка (акт от 18.01.2024 г.), «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» БГУ (акт от 25.01.2024 г.), и Белорусский государственный университет (акт от 30.01.2024 г.).

Полученные данные использованы для составления карты распределения биомассы зообентоса в озерах белорусского Поозерья во втором издании Национального атласа Беларуси, раздел «Животный мир» (2024 г.). Современные сведения о редких и реликтовых видах животных бентоса войдут в очерки планируемого пятого издания Красной книги Республики Беларусь.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи в научных журналах, включенных в перечень ВАК

- 1–А. Лапука, И. И. Таксономический состав зообентоса озер Северный и Южный Волос и его изменение с глубиной / И. И. Лапука, В. В. Вежновец // Природные ресурсы. – 2019. – № 2. – С. 46–53.
- 2–А. Лапука, И. И. Изменение количественных показателей зообентоса с глубиной в озерах Северный Волос и Южный Волос / И. И. Лапука, В. В. Вежновец // Природные ресурсы. – 2020. – № 1. – С. 31 – 39.
- 3–А. Лапука, И. И. Таксономическая и пространственная структура зообентоса трансграничного (Беларусь–Латвия) озера Сита / И. И. Лапука, В. В. Вежновец, А. А. Шкуте // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2021. – Т. 66, № 1. – С. 53–63.
- 4–А. Лапука, И. И. Таксономическая структура зообентоса водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС / И. И. Лапука, В. В. Вежновец // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2021. – Т. 66, № 2. – С. 194– 204.
- 5–А. Вежновец В. В. Пространственное распределение зоопланктона и зообентоса в озере Барковщина Ушачского района Беларуси / В. В. Вежновец, И. И. Лапука // Природные ресурсы. – 2021. – № 1. – С. 76-83.
- 6–А. Лапука, И. И. Влияние подогрева воды на количественные показатели зообентоса водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС / И. И. Лапука, В. В. Вежновец // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2021. – Т. 66, № 4. – С. 462–474.
- 7–А. Лапука, И. И. Сезонные изменения пространственной структуры зообентоса в озере Южный Волос (Беларусь) / И. И. Лапука // Биология внутренних вод. – 2022. – №6. – С. 766-774.
- 8–А. Лапука, И. И. Трофическая структура зообентоса водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС / И. И. Лапука // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2023. – Т. 68, № 4. – С. 345–352.
- 9–А. Лапука, И. И. Зообентоценозы эвтрофного озера Круглик / И.И. Лапука // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2023. – Т. 39. – С. 369-377.
- 10–А. Лапука И.И. Распространение чужеродного брюхоногого моллюска *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) (Gastropoda: Physidae) в водоёмах и водотоках Беларуси / И. И. Лапука, В. В. Вежновец // Российский журнал биологических инвазий. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 131-136. DOI 10.35885/1996-1499-17-2-131-136.

Материалы конференций

11–А. Лапука, И. И. Видовой состав зообентоса озер Северный и Южный Волос / И. И. Лапука // Структура и динамика биоразнообразия [Электронный ресурс] : материалы I Респ. заоч. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 23 дек. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: С. В. Буга (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2019. – С. 268-271.

12–А. Лапука, И. И. Распределение личинок хирономид Лукомльского озера в зависимости от температуры / И. И. Лапука // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст., Гродно, 22–24 сен. 2020 г. / ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол.: И. Б. Заводник (гл. ред.), А. Е. Каревский, О. В. Павлова. – Гродно : ГрГУ, 2020. – С. 40–42.

13–А. Лапука, И. И. Пространственное распределение зообентоса озера Южный Волос в зависимости от температуры и растворенного кислорода / И. И. Лапука // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст., Гродно, 22–24 сен. 2020 г. / ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол.: И. Б. Заводник (гл. ред.), А. Е. Каревский, О. В. Павлова. – Гродно : ГрГУ, 2020. – С. 39–40.

14–А. Лапука, И. И. Пространственное распределение зообентоса в сероводородном озере / И. И. Лапука // Academician Leo Berg – 140 years: Collection of Scientific Articles = Академику Л.С. Бергу – 140 лет: Сб. науч. статей / Международная ассоциация хранителей реки „Есо-TIRAS” / Образовательный фонд им. Л.С. Берга / Бендерский историко-краеведческий музей. – Venedy: Eco-TIRAS, 2021 – С. 405–408.

15–А. Лапука, И. И. Влияние подогрева на распределение биомассы зообентоса в водоеме-охладителе Лукомльской ГРЭС / И.И. Лапука, // Сахаровские чтения 2021 года: экологические проблемы XXI века = Sakharov readings 2021 : environmental problems of the XXI century : материалы 21-й международной научной конференции, 20–21 мая 2021 г., г. Минск, Республика Беларусь : в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол. : А. Н. Батян[и др.]; под ред. д-ра ф.-м. н., проф. С. А. Маскевича, к. т. н., доцента М. Г. Герменчук. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021 – Ч. 1 – С. 281-284.

16–А. Лапука, И. И. Распределение зообентоса озера Круглик в зависимости от температуры и концентрации кислорода / И. И. Лапука // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст. / М-во образования Респ. Беларусь, ГрГУ им. Янки Купалы, Гродн. обл. ком. природ. ресурсов и охраны окр. среды ; редкол.: А. Е. Каревский (гл. ред.), Г. Г. Юхневич, И. М. Колесник. – Гродно : ГрГУ, 2021. –С. 37–39.

17–А. **Lapuka, I.** Trophic structure in the hydrogen sulfide lake Barkovshchina / I. Lapuka // Actual environmental problems. Proceedings of the XI International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students, 26-27 November, 2021, Minsk, Republic of Belarus. – Minsk, 2021. – P. 195–196.

18–А. **Лапука, И. И.** Пространственное распределение макрозообентоса в озере Сита в летний период / И.И. Лапука // Национальный парк «Браславские озера» и другие особо охраняемые природные территории: состояние, проблемы, перспективы развития : материалы международной научно-практической конференции (г. Браслав, 27-28 мая 2022) / Государственное природоохранное учреждение «Национальный парк «Браславские озера» ; редкол.: Е. В. Андрейчик (гл. ред) [и др.]. – Минск : Ковчег, 2022 – С. 129-131.

19–А. **Лапука, И. И.** Трофическая структура зообентоса в эвтрофном озере Круглик и ее пространственная структура в зависимости от концентрации кислорода / И.И. Лапука // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст. / М-во образования Респ. Беларусь, ГрГУ им. Янки Купалы, Гродн. обл. ком. природ. ресурсов и охраны окр. среды ; редкол.: А. Е. Каревский (гл. ред.), О. В. Павлова. – Гродно : ГрГУ, 2022 – С. 60-62.

20–А. **Лапука, И. И.** Пространственная структура зообентоса озера Южный Волос (Браславский р-н) в зимний период / И.И. Лапука // Актуальные проблемы охраны животного мира в Беларуси и сопредельных регионах : материалы II Международной научно-практической конференции, Минск, Беларусь, 11-14 октября 2022 г. / ред. колл. : А.В. Кулак [др.]. – Минск : А.Н. Вараксин, 2022. – с. 248-252.

21–А. **Лапука, И. И.** Особенности учёта зообентоса в стратифицированных озерах / И.И. Лапука // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы эффективного и комплексного использования водных ресурсов», приуроченной ко Всемирному дню водных ресурсов (Минск, 22–24 марта 2023 г.) / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, РУП «ЦНИИКИВР» ; [отв. ред. О. В. Ковзунова]. – Минск : Национальная библиотека Беларуси, 2023. – с. 216-218.

22–А. **Лапука, И. И.** Сезонные изменения пространственной структуры зообентоса в озере Северный Волосо / И.И. Лапука // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы эффективного и комплексного использования водных ресурсов», приуроченной ко Всемирному дню водных ресурсов (Минск, 22–24 марта 2023 г.) / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, РУП

«ЦНИИКИВР» ; [отв. ред. О. В. Ковзунова]. – Минск : Национальная библиотека Беларуси, 2023. – с.219-221.

23–А. **Лапука, И. И.** Зообентоценозы оз Южный Волос / И.И. Лапука // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст. / М-во образования Респ. Беларусь, ГрГУ им. Янки Купалы, Гродн. обл. ком. природ. ресурсов и охраны окр. среды ; редкол.: Н. З. Башун (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2023 – С.108-109.

24–А. **Лапука, И. И.** Зависимость трофической структуры зообентоса озера Северный Волос от основных экологических факторов (концентрация кислорода и температура) / И.И. Лапука // Проблемы оценки, мониторинга и сохранения биоразнообразия [Электронный ресурс] : электрон. сб. материалов V Респ. науч.-практ. эколог. конф., Брест, 23 ноября 2023 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Н.М. Матусевич [и др.]. – Брест : БрГУ, 2023. – С. 60-63.

25–А. **Лапука И.И.** Макрозообентос озера Обстерно / И.И. Лапука // Инжиниринг: теория и практика: материалы IV международной научно-практической конференции, УО “Полесский государственный университет”, г. Пинск, 25 апреля 2024 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2024. – С. 91-94.

26–А. **Лапука И.И.** Влияние концентрации растворённого кислорода и температуры на пространственное распределение численности зообентоса / И.И. Лапука // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст., посвящ. 60-летию факультета биологии и экологии / М-во образования Респ. Беларусь, Гродн. гос. ун-т им. Янки Купалы, Гродн. обл. ком. природных ресурсов и охраны окружающей среды ; редкол.: О. В. Янчуревич (гл. ред.), И. Б. Заводник, И. М. Колесник, Т. В. Ильич. – Гродно : ГрГУ, 2024. – С. 118-119.

27–А. **Лапука И.И.** Влияние температуры и концентрации кислорода на численность и пространственное распределение зообентоса в водоеме-охладителе Лкомльской ГРЭС / И.И. Лапука // Биология внутренних вод. Перспективы и проблемы современной гидробиологии: материалы XVII Всероссийской научной конференции молодых ученых, посвящённой 300-летию Российской академии наук, 170-летию со дня рождения Н.А. Морозова и 130-летию со дня рождения И.Д. Папанина, 21–25 октября 2024 г. / под ред. Д.Г. Загумённого, В.С. Вишнякова – Ярославль: Канцлер, 2024. – С. 62.

28–А. Алехнович А.В. Перспективы сохранения популяций широкопалого рака в водоемах Национального парка «Браславские озера» / А.В. Алехнович, В.В. Вежновец, М.Д. Журавлев, **И.И. Лапука** //

Экологическая культура и охрана окружающей среды: IV Дорофеевские чтения : материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 29 ноября 2024 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е.Я. Аршанский (отв. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2024. – С. 291 – 293.

Тезисы докладов

29–А. **Лапука, И. И.** Пространственное распределение личинок хирономид в озере Северный волос в летний период в зависимости от температуры и концентрации кислорода / И.И. Лапука // Молодежь в науке – 2021 : тез. докл. XVIII Междунар. науч. конф. молодых ученых (Минск, 27–30 сентября 2021 г.). В 2 ч. Ч. 1 Аграр-ные, биологические, гуманитарные науки и искусства / Нац. акад. Наук Беларуси, Совет молодых ученых ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2021 – С. 220–223.

30–А. **Лапука, И. И.** Пространственная структура зообентоса в озере Святое (г. Могилев) в зависимости от температуры и концентрации кислорода / И.И. Лапука // Молодежь в науке – 2022 : тезисы докладов XIX Международной научной конференции «Молодежь в науке» (Минск, 25–28 октября 2022 г.) : аграрные, биологические, гуманитарные науки и искусства, медицинские, физико-математические, физико-технические, химия и науки о Земле / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2022. – С. 163-166.

31–А. **Лапука, И. И.** Зообентоценозы оз Барковщина / И.И. Лапука // Молодежь в науке – 2023 : тезисы докладов XX Международной научной конференции молодых ученых (Минск, 20–22 сентября 2023 г.) : аграрные, биологические, гуманитарные науки и искусства, медицинские, физико-математические, физико-технические, химия и науки о Земле / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2023. –С. 164-166.

РЭЗІЮМЭ

Лапука Ілля Ігаравіч Таксанамічная, прасторавая і трафічная структура заабентаса азёр Беларускага Паазер'я

Ключавыя словы: заабентас, прасторавае размеркаванне, таксанамічная структура, трафічная структура, колькасць.

Мэта даследавання: усталяваць заканамернасці размеркавання таксанамічнай, прасторавай і трафічнай структуры заобентаса ў рознашпрых вадаёмах пры змене асноўных фактараў асяроддзя.

Метады даследавання: адбор і камеральная апрацоўка проб макразаобентасу, відавая ідэнтыфікацыя, вызначэнне структур.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: На падставе градыентнага аналізу ўстаноўлены заканамерныя змены ў відовым складзе супольнасці макразаобентасу азёр рознага тыпу і ўпершыню паказана, што з павелічэннем узроўню трофнасці азёр узмацняецца ўплыў тэмпературы і канцэнтрацыі растваранага ў вадзе кіслароду на прасторавую структуру заобентасу.

Устаноўлена, што трафічная структура супольнасці заобентасу заканамерна змяняецца ў градыенце ўзроўню трофнасці азёр, што звязана з павелічэннем адноснай колькасці драпежных форм, а таксама ў залежнасці ад тэмпературы і канцэнтрацыі кіслароду.

Упершыню для азёр Беларусі выкарыстаны цэнастычны падыход, які дазволіў вылучыць розныя заобентацэназ і іх сувязь з трафічным статусам вадаёма.

Упершыню паказана, што захоўваецца адносная стабільнасць прасторавага размеркавання агульнай колькасці заобентасу на працягу года пры змене суадносін таксонаў.

Устаноўлена, што сезонныя змены ў прасторы закрэпаюць толькі таксанамічную структуру са зменай дамінуючых таксонаў у пэўных групам заобентасу.

Упершыню вызначаны асаблівасці фарміравання заобентацэназ на розных глыбінях азёр. Паказаны змены іх структуры з глыбінёй і трофнасцю вадаёма.

Галіна выкарыстання: гідрабіялогія, экалогія, рыбагаспадарчая дзейнасць, захаванне біяразнастайнасці, вучэбны працэс.

РЕЗЮМЕ

Лапука Илья Игоревич

Таксономическая, пространственная и трофическая структура зообентоса озер Белорусского Поозерья

Ключевые слова: зообентос, пространственное распределение, таксономическая структура, трофическая структура, численность.

Цель исследования: установить закономерности распределения таксономической, пространственной и трофической структуры зообентоса в разнотипных водоемах при изменении основных факторов среды обитания.

Методы исследования: отбор и камеральная обработка проб макрозообентоса, видовая идентификация, определение структур.

Полученные результаты и их новизна: на основании градиентного анализа установлены закономерные изменения в видовом составе сообщества макрозообентоса озер разного типа и впервые показано, что с увеличением уровня трофности озер усиливается влияние температуры и концентрации растворенного в воде кислорода на пространственную структуру зообентоса.

Установлено, что трофическая структура сообщества зообентоса закономерно изменяется в градиенте уровня трофности озер, что связано с увеличением относительной численности хищных форм, а также в зависимости от температуры и концентрации кислорода.

Впервые для озер Беларуси использован ценотический подход, который позволил выделить различные зообентоценозы и их связь с трофическим статусом водоема.

Впервые показано, что сохраняется относительная стабильность пространственного распределения общей численности зообентоса в течении года при изменении соотношения таксонов.

Установлено, что сезонные изменения в пространстве затрагивают лишь таксономическую структуру со сменой доминирующих таксонов в определенных группах зообентоса.

Впервые определены особенности формирования зообентоценозов на разных глубинах озер. Показаны изменения их структуры с глубиной и трофностью водоема.

Область применения: гидробиология, экология, рыбохозяйственная деятельность, сохранение биоразнообразия, учебный процесс.

SUMMARY

Ilya Lapuka

Taxonomic, spatial and trophic structures of the zoobenthos of lakes of the Belarusian Poozerie

Key words: zoobenthos, spatial distribution, taxonomic structure, trophic structure, abundance.

The aim of the work is: to identify patterns the distribution of the taxonomic, spatial and trophic structures of zoobenthos in different types of reservoirs with changes in the main factors of the habitat

Methods of research: sampling and cameral processing of macrozoobenthos samples, species identification, determination of structures.

Obtained results and their novelty: Based on gradient analysis, regular changes in the species composition of lake macrozoobenthos communities of different types were identified, and for the first time it was shown that with an increase in lake trophic level, the influence of temperature and dissolved oxygen concentration on the spatial structure of zoobenthos intensifies.

It was established that the trophic structure of zoobenthos communities changes consistently along the trophic gradient of lakes, which is associated with an increase in the relative abundance of predatory forms, as well as with variations in temperature and oxygen concentration.

For the first time in Belarusian lakes, a coenotic approach was applied, which made it possible to distinguish different zoobenthos coenoses and their relationship with the trophic status of the water body.

It was shown for the first time that the relative stability of the spatial distribution of the total abundance of zoobenthos is maintained throughout the year, despite changes in the ratio of taxa.

It was established that seasonal spatial changes affect only the taxonomic structure, with shifts in dominant taxa in certain groups of zoobenthos.

For the first time, the features of zoobenthos coenosis formation at different lake depths were identified. Changes in their structure with depth and trophic status of the water body were demonstrated.

Application field: hydrobiology, ecology, fishery activities, biodiversity conservation, educational process.

Автор выражает искреннюю благодарность за постоянную помощь и поддержку научному руководителю кандидату биологических наук, доценту, ведущему научному сотруднику НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам В.В. Вежновцу. Автор также признателен за научные консультации заведующему лабораторией гидробиологии НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, доктору биологических наук, член-корреспонденту НАН Беларуси В.П. Семенченко, главному научному сотруднику лаборатории экологии водных беспозвоночных ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН, доктору биологических наук Г.Х. Щербине и старшему научному сотруднику лаборатории экологии водных беспозвоночных ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН, кандидату биологических наук С.Н. Перовой. Благодарность кандидату биологических наук М.Д. Морозу за помощь в подтверждении правильности таксономической идентификации представителей макрозообентоса.

Подписано в печать 03.09.2025 г. Формат 60x84_{1/16} Бумага офсетная
Печать цифровая Усл.печ.л. 1,6 Уч.изд.л. 1,8 Тираж 60 экз. Заказ 7425
ИООО «Право и экономика» 220072 Минск Сурганова 1, корп. 2 Тел. 8 029 684 18 66
Отпечатано на издательской системе Gestetner в ИООО «Право и экономика»
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий, выданное
Министерством информации Республики Беларусь 17 февраля 2014 г.
в качестве издателя печатных изданий за № 1/185

