

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора биологических наук, профессора кафедры биологии и методики преподавания биологии Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка, доцента Кулеша Виктора Федоровича на диссертационную работу Лапуки Ильи Игоревича «Таксономическая, пространственная и трофическая структура зообентоса озер Белорусского Поозерья», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.10 – гидробиология

В результате рассмотрения представленных материалов, в том числе:

- диссертационной работы;
  - автореферата диссертации;
  - опубликованных научных работ И.И. Лапуки,
- сделаны следующие выводы.

### **Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите**

Выносимые на защиту положения и выводы диссертации И.И. Лапуки соответствуют пунктам 1, 7 паспорта специальности 03.02.10 – гидробиология (приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 14 ноября 2023 г. № 273) и отрасли науки – биологические науки:

п. 1. Экология популяций и сообществ гидробионтов. Закономерности пространственного распределения и временной динамики водных организмов. Сукцессионные процессы в водных экосистемах различного типа. Динамика численности популяций и структуры сообществ гидробионтов, механизмы регуляции их обилия, сезонных и суточных миграций. Влияние факторов среды на гидробионтов и функционирование водных экосистем. Значение гидробионтов в биологических процессах, протекающих в водных экосистемах;

п. 7. Изучение процессов антропогенной эвтрофикации, последствий загрязнения и самоочищения водоемов, оценка их экологической емкости. Изучение механизмов формирования качества природных вод как результата взаимодействия биотической и абиотической компоненты водной экосистемы. Разработка методов экологического мониторинга водных экосистем. Биоиндикация поверхностных вод.

### **Актуальность темы диссертации**

Структурная организация и пространственная неоднородность макрозообентоса, ее масштабы, характерные особенности, способы формирования и методы анализа – весьма значимая, но до сих пор еще

недостаточно выясненная область в зоологических исследованиях водных экосистем. Исследования в области установления пространственной структуры макрозообентоса актуальны, поскольку некоторые представители являются эффективными индикаторами качества воды. Важное значение имеет установление структурной организации и районированности акватории водоема, планировки и менеджмента водными ресурсами, т.е. открывается возможность целенаправленного использования отдельных участков водных экосистем в соответствии с их природными особенностями, характером хозяйственной освоенности.

Новые сведения о видовом составе зообентоса, его распределении и количественном развитии, необходимы для определения биологической продуктивности водоемов. Данные о неравномерности развития зообентоса позволяет дать наиболее полную оценку состоянию кормовой базы промысловых видов рыб и выделить наиболее продуктивные зоны водоемов различной трофности.

#### **Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту**

Научную значимость результатов диссертационной работы определяют новые научные знания в виде сформулированных положений, выводов и опубликованных данных о таксономической, пространственной и трофической структуре зообентоса озер разного типа.

На основании градиентного анализа установлены закономерные изменения в видовом составе сообщества макрозообентоса озер разного типа. Показано, что таксономический состав закономерно увеличивается от эвтрофных озер (23 таксона) к мезотрофным с чертами олиготрофии (90 таксонов): в литоральной зоне это личинки двукрылых насекомых, в сублиторали – фитофильный хирономидальный комплекс, в профундали – глубоководные эврибионтные виды хирономид и хабориды, а максимальное количество таксонов располагается на глубине зоны распространения водной растительности независимо от трофического статуса водоема.

Впервые установлена статистически достоверная связь пространственной структуры макрозообентоса с концентрацией растворенного кислорода и температуры в вертикально стратифицированных водоемах. С увеличением уровня трофности озер усиливается влияние этих показателей за счет увеличения относительной численности хищных форм.

Впервые для озер Беларуси использован ценотический подход, который позволил выделить различные зообентоценозы в связи с трофическим статусом водоема. Для исследованных озер Белорусского Поозерья выявлено шесть трофических групп с преобладанием собирателей, активных фильтраторов и хищников.

Показано, что сохраняется относительная стабильность пространственного распределения общей численности зообентоса в течение года при изменении соотношения таксонов и только в сем. Хирономид происходит смена доминирующих форм и их расположенности на разной глубине.

Научная новизна и значимость работы отражены как в положениях, выносимых на защиту, так и в основных научных результатах, приведенных в заключении.

#### **Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Прежде всего, необходимо отметить, что очень непростая задача идентификации трудно отличимых видов и их разделения на трофические группы с использованием программы Asterix 4.0 проведена весьма квалифицированно на основе анализа целого комплекса морфологических признаков..

В аналитическом обзоре литературы представлено 160 источников, 31 авторских работ, на основе которых был оценен уровень изученности структуры и пространственного распределения ценозов макрозообентоса в озерах Белорусского Поозерья разной трофности, которые различались по ряду параметров (глубина прозрачность, содержание кислорода, температура).

Методы и материалы, морфометрические, исследования соответствуют цели и задачам диссертационного исследования, охватывают в совокупности большой материал. Всего с 2019 по 2021гг проведено исследование 6 озер разгой трофности: Южный волос и Северный Волос – мезотрофные с чертами олиготрофии, Сита – мезотрофное, Круглик – высокотрофное, Барковщина – эвтрофное, меромиктическое, Лукомское–мезотрофное, подверженное подогреву, что позволило получить необходимый градиент абиотических и биотических условий для сравнительного анализа.

В общей сложности было собрано и обработано 542 пробы, идентифицировано более 71 885 организмов зообентоса. Для разделения видов на трофические группы была использована общепризнанная классификация О.Моог (2002). При оценке трофической структуры, с целью уменьшения

величины погрешности, использовались относительные значения численности трофических групп в общей численности макрозообентоса, что позволило азделить виды по типу предпочитаемого вида пищи и их положения в трофической цепи сообщества.

При проверке анализируемых данных на их соответствие закону нормального распределения использовался критерий  $\chi^2$ , тест Шапиро-Уилка и тест Колмогорова-Смирнова. Для оценки связи между изучаемыми признаками применялся коэффициент корреляции Спирмена ( $r_s$ ), а также дисперсионный анализ Краскела-Уоллиса (H). Расчеты индексов видового разнообразия сделаны в программе BioDiversityPro, и рассчитывались по значениям численности зообентоса. Сравнение таксономического разнообразия между озерами и разными зонами бентали делали на основании индекса Чекановского-Серенсена.

Использованные материалы и методы позволяют достоверно оценить и проанализировать таксономическую, пространственную и трофическую структуру зообентоса озер разного типа и выявить влияние основных факторов среды обитания на изучаемые показатели. Полученные результаты диссертационного исследования: выводы по каждой из глав, цель и задачи, положения выносимые на защиту, практические рекомендации в полной степени обоснованы и подкреплены статистическими выкладками.

### **Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов и основных научных положений диссертации**

Диссертация И. И. Лапука представляет собой самостоятельное цельное исследование, научную значимость которого определяют новые научные знания в виде сформулированных положений, выводов и опубликованных данных о закономерностях распределения таксономической, пространственной и трофической структуры зообентоса в водоемах разного типа.

В результате проведенного исследования впервые получены новые данные по видовому составу и пространственному распространению зообентоса в озерах Ю. Волос, С. Волос, Сита, Круглик и Барковщина. Уточнен современный таксономический список зообентоса для оз. Лукомское. Данные материалы являются базовыми для использования в практических целях: совершенствования национальной системы мониторинга, разработки рыбоводно-биологических обоснований, оценки изменения экологического состояния и индикации загрязнения водных объектов.

С экономической точки зрения материалы диссертационной работы будут полезны при рациональном ведении водного хозяйства и оптимизации озерной рыбохозяйственной деятельности, что уже подтверждено актами внедрения (от 15.05.2023 г.). Полученные данные использованы для составления карты по биомассе зообентоса в озерах белорусского Поозерья во втором издании Национального атласа Беларуси, раздел «Животный мир» (2024 г.) и в учебном процессе БГПУ им. Максима Танка, МГЭИ им. А.Д. Сахарова и Белорусском государственном университете. Современные сведения о редких и реликтовых видах животных бентоса войдут в очерки планируемого пятого издания Красной книги Республики Беларусь.

### **Опубликованность результатов диссертации в научной печати**

Результаты диссертационной работы и полученные на их основе выводы с исчерпывающей полнотой изложены в 31 опубликованной научной работе. В их числе – 10 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Республики Беларусь для публикации результатов диссертации, в соответствии с пунктом 18 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь» (объем 6,1 авторских листа), 18 статей публикация в сборниках материалов 3 тезисов докладов научных конференций (объем 3,4 авторских листа). Количество и тематика публикаций И.И. Лапука по материалам диссертационного исследования соответствуют требованиям ВАК Республики Беларусь.

### **Соответствие оформлению диссертации требованиям ВАК**

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с правилами инструкции ВАК РБ по оформлению диссертаций и авторефератов. Общая характеристика работы и заключение идентичны в автореферате и диссертации. Основная часть автореферата полностью соответствуют содержанию диссертации по главам.

### **Замечания по диссертации**

Общий объем диссертации составляет 255 страниц, из которых текст составляет 105 стр. Диссертация написана хорошим литературным языком, но, на мой взгляд, перегружена иллюстративным, в том числе мелочным, материалом (23 таблицы, 86 рисунков, 7 приложений).

Стр.13, 14. В диссертации отмечено, что кроме Нарочанской группы озер, данные о сезонных изменениях зообентоса для других озер Беларуси отсутствуют. Однако в коллективной монографии «Экосистема водоема-охладителя

Лукомльской ГРЭС» – Минск: Право и экономика, 144 с. существует целый раздел 8.3 «Многолетняя и сезонная динамика макрозообеспозвоночных».

Стр. 29. Автор утверждает, что «Нет работ, которые бы рассматривали влияние того или иного экологического фактора на распределение организмов более детально». Я бы не стал так смело утверждать это. Например, существует множество работ по структуре и видовому составу бентосного населения на различных грунтах в водоемах разного типа.

Раздел 1.2.3 звучит как «Антропогенное влияние и загрязнение», хотя загрязнение здесь рассматривается как антропогенный фактор.

В тексте диссертации по-разному оформлены ссылки на литературный источник, например, на стр. 23 «согласно А.Ф. Алимову [31]», а на стр. 29 А. Гильбрихт-Ильковска с соавторами, (1977) [4] с указанием года. Более того, в литературном источнике под номером 4 в списке литературы приводится ссылка на другого автора.

На литературный источник 59 в списке литературы нет ссылки в тексте диссертации, также нет ссылки на литературный источник под номерами 89 и 147.

На стр. 53, где приводится ссылка на приложение, желательно было бы добавить, что в озерах Северный и Южный волос, согласно литературным данным, обитает широкопалый рак, но диссертантом он не обнаружен.

На стр. 55 диссертации (глава 3) из рисунка 3.1 выпал рисунок (г) – озеро Сита. В автореферате этот рисунок присутствует.

В диссертации, глава 3, стр. 58 и автореферате, стр. 10 этой главы одна и та же таблица названа по-разному.

На стр. 51 написано, что по данным А. Каратаева (1988), «Влияние подогрева воды на донное сообщество не существенно, и даже достаточно высокая температура (до 30°C) способствует развитию теплолюбивых видов, повышая таксономическое разнообразие в озере Лукомском». А на стр. 56 диссертантом написано, что «Характерной особенностью является то, что подогретые участки более бедные в сравнении с не подогретыми, а видовое богатство в зоне подогрева было почти в 2 раза ниже». Как это объяснить?

Ряд повторов, стр. 59, 60.

На стр. 64 индекс «Чекановского-Серенсена», здесь же в таблице 3,5 индекс Сёренсена».

Зависимости, приведенные на рисунках Б2, Б5, Б6, Б7, Б9, Б.10 (Приложение), на мой взгляд, более адекватно было бы описать экспоненциальными уравнениями, а не уравнением регрессии.

По-разному названы рисунки: Рисунок 4.15. «Зависимость общей численности зообентоса от концентрации растворенного в воде кислорода» (диссертация, стр. 106), в автореферате (стр.12) – «Результат корреляционного анализа Спирмена от общей численности зообентоса и концентрации растворенного в воде кислорода».

Аналогичное замечание относительно таблицы 4.1. «Зависимость пространственного распределения численности основных таксонометрических групп зообентоса от температуры и концентрации кислорода» (стр.107 в диссертации), в автореферате – «Значение коэффициента корреляции Спирмена пространственного распределения численности основных таксонометрических групп зообентоса от температуры и концентрации растворенного в воде кислорода» (стр.12).

Стр. 114 диссертации есть ссылка на рисунки, которых нет в приложении: «В оз. Северный Волос определено 4 ценоза, определяющихся глубиной распределения зообентоса» (Приложение Д, рисунки Д.9 – Д.15.). В приложении Д рисунков нет, только таблицы. И так по всему тексту диссертации. То есть это ссылки на таблицы.

В автореферате присутствуют обобщающие рисунки № 1, 5, 6. Их нет в диссертации. Правилами оформления автореферата (Инструкция ВАК) допускается вносить информацию, которая не включена в диссертацию. На мой взгляд, эти рисунки были бы весьма показательны и уместны и в диссертации, которая перегружена более мелочной иллюстративной информацией.

На некоторых рисунках нет обозначения шкал (рис.3.8, 3.11). Например, рисунок 3.11. Из текста диссертации только понятно, что на оси Y обозначена глубина озера.

На рис. 4.8 – 4.11, 4.13 не обозначены показатели (значения численности, стандартное отклонение или ошибка средней, доверительные границы).

Указанные замечания в целом не носят принципиального характера, не ставят под сомнение достоверность выполненного диссертационного исследования, обоснованность выносимых на защиту положений и общих выводов, хотя вызывают некоторую досаду, чего можно было бы легко избежать.

**Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует**

Диссертационная работа Лапука Ильи Игоревича «Таксономическая, пространственная и трофическая структура зообентоса озер Белорусского Поозерья» является законченной на определенном этапе, самостоятельно

выполненной квалификационной научной работой, вносящей вклад в зоологическую науку, гидроэкологию и, в частности, в теорию адаптации водных организмов.

Ученую степень кандидата биологических наук по специальности 03.02.10 – гидробиология в соответствии с требованиями пп. 20, 21 и 22 Положения о присуждении ученых степеней и присвоения ученых званий в Республике Беларусь следует присудить Лапука Илье Игоревичу за оригинальные научно обоснованные результаты, которые приносят новые знания, а именно:

– установление закономерностей динамики видового состава сообщества макрозообентоса озер Белорусского Поозерья разного трофического типа, где на основе градиентного анализа выявлена достоверная связь пространственной структуры макрозообентоса с концентрацией растворенного кислорода и температуры.

– выявление трофической структура сообщества зообентоса, которая закономерно изменяется в градиенте уровня трофности озер, что связано с увеличением относительной численности хищных форм и зависит от температуры и концентрации кислорода.

– впервые для озер Беларуси показано применение ценотического подхода, позволяющего выделить различные бентоценозы в связи с трофическим статусом водоема с преобладанием собирателей, активных фильтраторов и хищников.

– показано, сохранение относительной стабильности пространственного распределения общей численности зообентоса в течение года при изменении соотношения таксонов.

Результаты диссертационного исследования имеют значение не только в рамках фундаментальной науки для получения новых знаний в решении современных экологических проблем, но и важны для практических мероприятий, связанных с мониторингом животного мира, биоиндикацией водных объектов, рациональным ведением водного хозяйства и оптимизацией озерной рыбохозяйственной деятельности.

Профессор кафедры биологии и методики преподавания биологии УО «Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка», доктор биологических наук, доцент



В.Ф. Кулеш