

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Беляевой Полины Геннадьевны
«Структура и функционирование водных альгоценозов Пермского
Предуралья», представленную на соискание
ученой степени доктора биологических наук
по специальности 1.5.16 – Гидробиология

Актуальность диссертационной работы определяется явно недостаточной до настоящего времени изученностью альгофлоры водных объектов Пермского Предуралья – уникальной территории Урала с высоким разнообразием физико-географических условий и высокой обеспеченностью водными ресурсами. В регионе до сих пор не были исследованы альгоценозы обрастаний каменистых субстратов и макрофитов. Водные объекты Пермского Предуралья в разной степени подвержены антропогенному воздействию, его территория, как и другие регионы России, затронута глобальными климатическими изменениями. В этой связи возникает необходимость изучения трансформации альгоценозов разнотипных водных объектов при совместном влиянии климата и комплекса антропогенных факторов с оценкой роли автотрофов в формировании качества водной среды. В связи с вышесказанным, диссертация Беляевой П.Г. имеет несомненную и высокую актуальность.

Цель работы состояла в выявлении закономерностей структурной организации и функционирования альгоценозов водных экосистем Пермского Предуралья под влиянием природных и антропогенных факторов.

В соответствии с целью автором были поставлены и успешно решены следующие **задачи**:

1. Изучить таксономический состав и структуру фитопланктона и фитоперифитона в разнотипных водных объектах Пермского Предуралья.
2. Определить уровень количественного развития и содержание фотосинтетических пигментов планктона и перифитона водохранилищ, предгорных рек и малых рек урбанизированных территорий.
3. Установить особенности пространственно-временных изменений альгоценозов водных объектов разного типа в условиях региона.
4. Оценить роль альго-бактериальных сообществ в продуцировании органического вещества и фиксации молекулярного азота в разнотипных водных экосистемах Предуралья.

Научная новизна работы заключается в том, что автором впервые проведено системное изучение альгофлоры планктона и перифитона водных объектов разных типов на территории Пермского Предуралья. Составлен аннотированный список водорослей, с информацией об их встречаемости и эколого-географических характеристиках. Идентифицировано 368 новых для региона видовых и внутривидовых таксонов. В планктоне Камского и Воткинского водохранилищ выявлено 8 инвазивных видов водорослей.

По результатам молекулярно-генетических исследований впервые в составе обрастаний каменистых субстратов выявлено преобладание протеобактерий, включающих пурпурные несерные бактерии, представителей порядка Nostocales, пеннатных шовных диатомовых водорослей. В составе цианопрокариот эпилитона р. Сытва впервые были обнаружены представители родов *Nodosilinea*, *Pleurocapsa* и *Cyanobium*.

По результатам многолетних наблюдений П.Г. Беляевой впервые установлены закономерности пространственно-временных и сезонных изменений состава и структуры альгоценозов планктона и обрастаний водных объектов с экстремальными условиями под влиянием природных и антропогенных факторов. Уточнены и дополнены данные о структурной организации фитопланктона Камского и Воткинского водохранилищ при эвтрофировании водоемов и изменении климата. Установлено, что повышение температуры приводит к возрастанию биомассы и численности планктона в водохранилищах и перифитона в предгорных реках. Получены первые данные о содержании растительных пигментов и установлена их связь с биомассой планктона и перифитона в разнотипных водных объектах региона. Впервые исследованы продуктивность и биологическая азотфиксация альго-бактериальных сообществ водных экосистем Пермского Предуралья с оценкой роли перифитона и планктона в этих процессах.

Наиболее существенные результаты, полученные лично автором и выносимые на защиту, состоят в следующем:

1. Альгофлора водохранилищ, прудов, предгорных рек, малых водоемов и водотоков Пермского Предуралья характеризуется невысоким видовым разнообразием и преобладанием диатомовых водорослей, что определяется климатическими особенностями региона. Богатство видов зависит от размеров, гидрологического режима водных объектов и характера водосборного бассейна. Усиление неблагоприятных свойств среды при антропогенном загрязнении проявляется в снижении общего видового богатства альгофлоры и уменьшении ее флористических пропорций.

2. Формирование пространственной структуры альгоценозов в водных объектах разного типа происходит преимущественно под влиянием гидрологических и морфометрических характеристик, но также зависит от типа антропогенного воздействия. В перифитоне, кроме того, оно определяется доступностью и своеобразием растительных и каменистых субстратов.

3. При климатических аномалиях в регионе Пермского Предуралья, связанных с увеличением температуры воздуха и снижением количества осадков в конце летнего периода, в фитопланктоне водохранилищ в массе развиваются цианопрокариоты, а в перифитоне предгорных рек – бентосные виды диатомовых водорослей при увеличении доли цианопрокариот. В альгоценозах малых водных объектов урбанизированных территорий отсутствие выраженных сезонных изменений и развитие эвгленовых, зеленых водорослей и цианопрокариот определяется антропогенным

воздействием.

4. Ведущая роль в продуцировании органического вещества и фиксации молекулярного азота в равнинных водохранилищах Пермского Предуралья принадлежит планктону пелагической части, занимающей большую часть акватории, а в условиях предгорных рек с доминированием каменистого субстрата и высокими скоростями течения – эпилимнону.

Научная и практическая значимость исследования. Полученные соискателем результаты вносят существенный вклад в изучение закономерностей формирования биоразнообразия и структурно-функциональной организации планктонных и перифитонных альгоценозов разнотипных водных объектов под влиянием природных и антропогенных факторов; служат дополнением к развитию теории олиготрофно-эвтрофной сукцессии; являются необходимыми для оценки трансформации структуры альгоценозов и их количественного развития при антропогенном воздействии в условиях климатических изменений.

Практическая значимость исследований соискателя весьма высока. Аннотированный список водорослей послужит основой для составления региональной флористической сводки планктона и перифитона водных экосистем Пермского Предуралья. Структурные показатели альгоценозов и показатели содержания растительных пигментов могут быть использованы для оценки трофического статуса и экологического состояния исследованных водных объектов. Материалы работы найдут применение в оценке продуктивности альгоценозов и прогноза ее изменений; для оценки роли альго-бактериальных сообществ в процессах самоочищения вод; для разработки мероприятий по сохранению и восстановлению водных объектов при определяющем значении антропогенного фактора. Результаты исследований фитопланктона Камского и Воткинского водохранилищ вошли в научные отчеты по оценке кормовой базы рыб, состоянию запасов водных биологических ресурсов и могут быть использованы при составлении рекомендаций по рациональному водопользованию для других регионов.

Достоверность и обоснованность результатов исследования. Результаты исследования являются достоверными и основаны на многолетних работах автора на 26 водных объектах разного типа на территории Предуралья в период с 1992 по 2017 гг. В основу работы положен огромный фактический материал, собранный автором при проведении полевых наблюдений и экспериментов. Тема диссертации выполнялась в соответствии с планами НИР «Института экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН г. Перми. Исследования также были поддержаны грантами РФФИ, Программами Президиума Уральского отделения РАН в 2003–2008, 2008–2011, 2012–2014, 2015 гг. Материалы исследований автора представлены в мониторинговых исследованиях Пермского отделения ВНИРО.

В исследованиях автора использовались как общепринятые, так и

современные методы (например, молекулярно-генетический метод, использование электронной микроскопии для определения золотистых и диатомовых водорослей) изучения фитопланктона и фитоперифитона. Материалы исследований проанализированы с использованием ранговой корреляции Спирмена и факторного анализа методом главных компонент. Для кластеризации наблюдений использовалось евклидово расстояние. Построение филогенетических деревьев проводили при помощи программного пакета MEGA5.0. Все статистические вычисления и графический анализ данных выполнены в программах Statistica 6, Microsoft Excel и статистическом пакете R.

Научные положения и выводы диссертации П.Г. Беляевой полностью обоснованы, что подтверждается также успешной апробацией результатов исследований на отечественном и международном уровне.

Оценка содержания работы. Рецензируемая диссертационная работа является завершенным фундаментальным научным исследованием, позволяющим решить многие вопросы формирования биоразнообразия и структурно-функциональной организации планктонных и перифитонных альгоценозов, оценки трансформации их структуры и количественного развития под влиянием природных и антропогенных факторов в условиях климатических изменений.

Работа выполнена автором самостоятельно и на высоком научном уровне. Структура диссертации соответствует цели и задачам, поставленным в работе. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов, списка цитируемой литературы, включающего 765 источников, из которых 291 зарубежных, и приложения. Работа изложена на 421 странице, содержит богатый иллюстративный материал (80 иллюстраций, 95 таблиц).

Во **Введении** автором убедительно обосновывается актуальность проведенных исследований, формулируются их цель и задачи, приводятся положения, выносимые на защиту, указывается научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приводятся сведения о результатах апробации результатов исследований, объеме исходных материалов, структуре диссертации и количестве публикаций.

В главе 1 «Материал и методы исследований» приведены сведения о материалах, послуживших автору для написания диссертации: результаты полевых наблюдений и экспериментов автора, проведенных в период с 1996 по 2017 гг. на 26 водных объектах разного типа на территории Предуралья. Далее подробно описаны методы отбора и обработки проб фитопланктона и перифитона, расчета биомассы водорослей, различных индексов и показателей для анализа структурно-функциональной организации водных альгоценозов. Идентификацию видов водорослей проводили по современным источникам. Видовой состав диатомовых и золотистых водорослей определяли в постоянных препаратах в световом и/или сканирующих электронных микроскопах. Описаны методы выделения тотальной ДНК альго-бактериальных сообществ эпилитона и построения филогенетических

деревьев при помощи программного пакета MEGA5.0. Определение растительных пигментов в перифитоне и планктоне проводили стандартным спектрофотометрическим методом, продукционные характеристики измеряли скляночным методом в кислородной и радиоуглеродной модификациях. Расчет валовой продукция фитопланктона Камского и Воткинского водохранилищ проводили по формуле В.В. Бульона (2006), учитывающей концентрацию хлорофилла, прозрачность воды по диску Секки, продолжительность вегетационного сезона и географическую широту. Интенсивность микробиологических процессов фиксации молекулярного азота и денитрификации проводили с использованием газохроматографического метода. Одновременно с гидробиологическими исследованиями проводили гидрохимический анализ.

Все описанные методы широко используются в современных гидробиологических исследованиях, они стандартны и общеприняты, полностью соответствуют поставленным задачам и применены автором вполне корректно.

Во 2-й главе «Физико-географическая характеристика региона исследований и особенности водных объектов» дана краткая характеристика района работ – территории Пермского края и незначительной части сопредельной Свердловской области. Указаны особенности географического положения Пермского края, описан климат региона, показано, что на территории Пермского края в течение ряда лет (1980–2017 гг.) отмечалась положительная тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха. Описана гидрологическая сеть региона, представленная всеми типами внутренних водных объектов, приведена их гидрохимическая характеристика. Установлено, что водные объекты региона подвержены техногенному загрязнению.

В главе 3 «Таксономическое и экологическое разнообразие водорослей перифитона и планктона водных экосистем Пермского Предуралья» автор вначале приводит обзор литературы по альгологическим исследованиям водных экосистем разных типов на территории Пермского Предуралья и сопредельных территорий.

Далее в главе подробно анализируется таксономический состав и структура альгофлоры. По результатам авторских исследований и их систематической ревизии в составе альгофлоры водных экосистем разного типа зарегистрировано 638 таксонов водорослей рангом ниже рода (593 вида), из них 368 таксонов приводятся впервые для альгофлоры Предуралья. В составе альгофлоры выявлено значительное таксономическое разнообразие диатомовых, зеленых водорослей и цианопрокариот. Доминирование этих отделов характерно практически для всех водных объектов Предуралья.

Автором установлено, что видовое богатство альгоценозов водных объектов Предуралья подвержено значительным изменениям, а определяющим фактором увеличения богатства альгофлоры является разнообразие биотопов в пределах конкретного водного объекта. Поэтому,

наиболее разнообразная альгофлора характерна для водохранилищ, в предгорных реках Предуралья зависимость биоразнообразия водорослей в большей степени зависит от длины и водосборной площади рек.

Альгофлоры разнотипных водных объектов Предуралья обнаруживают значительное своеобразие. Минимальные различия флоры характерны для водохранилищ и прудов (уровень сходства 0,44), максимальные – для городских малых рек (0,18–0,19).

После анализа таксономического состава и структуры альгофлоры различных водных объектов автор вполне логически переходит к эколого-географической характеристике водорослей, слагающих различные альгофлоры региона. Установлено, что основу альгофлоры исследованных водотоков и водоемов Предуралья составляют широко распространенные виды и космополиты, по отношению к солености воды большая часть видов относится к пресноводным олигогалобам (50,6% от общего числа таксонов) и индифферентам (36%), наиболее многочисленной группой по отношению к активной реакции воды также являются индифференты. Вклад видов-индикаторов сапробности варьирует от 65 до 80% от общего состава, среди них преобладают β -мезосапробы.

Распределение экологических групп водорослей в водных объектах разного типа отражает структурное своеобразие альгоценозов. Доля видов с недостаточно изученными экологическими характеристиками и географическим распространением значительно выше в мелководных объектах, особенно в городских малых реках и водах с экстремальными условиями.

Важное место в 3-й главе занимает раздел, посвященный разнообразию альго-бактериального сообщества эпилитона р. Сылва по данным анализа генов 16S рРНК. Автором представлены первые результаты филогенетического анализа эпилитона р. Сылва. В бактериальном сообществе выявлено преобладание филума протеобактерий, в альгоценозах детектировано 60 клонов, соответствующих цианопрокариотам, 80 – диатомовым и 2 – водорослям порядка *Desmidiiales*.

Распределение диатомовых водорослей на генетическом дереве по хлоропластному геному хорошо согласуется с филогенетической систематикой на уровне крупных таксонов. Данные морфологической идентификации и молекулярно-генетического анализа последовательностей фрагментов гена 16S рРНК эпилитона р. Сылва отражают преобладание пеннатных шовных диатомей и цианопрокариот порядка *Nostocales*. Следует отметить, что только 70% родов диатомей были детектированы в эпилитоне и морфологическими, и молекулярными методами.

По хлоропластному геному также выявлены харовые водоросли порядка *Desmidiiales*, филогенетически удаленные от *Vacillariophyta*. Некоторые из них (*Cosmarium botrytis*) выявлены и молекулярными, и морфологическими методами.

В целом, эпилитон р. Сылва характеризуется морфологическим многообразием видов цианопрокариот, но морфологические признаки слабо

согласуются с их филогенией на основе сравнения нуклеотидных последовательностей генов 16S рРНК. Поэтому, как совершенно справедливо замечает диссертант, для однозначного определения таксономического статуса морфологически сходных цианопрокариот необходим комплексный подход, что обеспечит более надежные представления об их разнообразии.

Глава 4 «Пространственно-временная дифференциация альгоценозов водных объектов разного типа в градиенте экологических факторов» представляет собой своеобразное ядро диссертационной работы П.Г. Беляевой. Глава хорошо иллюстрирована разнообразными рисунками и таблицами. В этой главе диссертации представлен обширный фактический материал о пространственно-временных изменениях альгоценозов предгорных рек (фитоперифитона). Выделен комплекс доминантных видов и охарактеризованы многолетние изменения таксономической структуры фитоперифитона р. Сылва, выделены факторы, оказывающие влияние на количественное развитие альгоценозов. Коэффициенты корреляции гидролого-гидрохимических показателей и структурных характеристик эпилитона р. Чусовая показали закономерное увеличение общих биомассы и численности эпилитона при повышении концентрации фосфатов, что особенно характерно для конца летнего периода.

При анализе пространственно-временных изменений альгоценозов малых водных объектов автором было установлено, что изменение структуры альгоценозов связано с увеличением доли эвгленовых, золотистых, криптофитовых, зеленых водорослей и цианопрокариот. В малых водотоках и водоемах с экстремальными условиями ключевое положение занимают высокосапробные виды эвгленовых, зеленых, криптофитовых водорослей и безгетероцистные цианопрокариоты, принимающие активное участие в процессах самоочищения. Сезонные изменения численности и биомассы планктона малых водных объектов представлены кривыми с резкими подъемами и спадами, частой сменой доминирующих видов, какие-либо закономерности не прослеживаются, сукцессия носит хаотический характер.

Далее в главе подробно проанализировано пространственное распределение фитопланктона Камского и Воткинского водохранилищ. Численность и биомасса фитопланктона центральных плесов водохранилищ Средней Камы обусловлены, преимущественно, развитием цианопрокариот и диатомовых водорослей, что, по-видимому, связано со сроками отбора проб (летний, наиболее продуктивный сезон). Также наблюдается увеличение обилия миксотрофных фитофлагеллят, способных использовать дополнительные источники фосфора. Число доминирующих таксонов в фитопланктоне среднекамских водохранилищ в разные годы варьирует от 10 до 15. Постоянным доминантным видом в фитопланктоне с 2004 г. стал инвазийный вид *Actinocyclus normanii*. Автором установлено, что трансформация доминантных комплексов альгоценозов перифитона и планктона является следствием эвтрофирования водоемов и водотоков исследованного региона.

Сезонная динамика фитопланктона характеризуется одним растянутым летне-осенним пиком численности и биомассы, или описывается кривой с 2 пиками: в конце мая–июне за счет развития диатомовых водорослей и, более существенным пиком в августе–сентябре при доминировании цианопрокариот. В разные годы количественное развитие фитопланктона обусловлено неодинаковыми гидрологическими условиями.

Основные изменения в развитии фитопланктона водохранилищ закономерно связаны со сменой гидрологического режима после постройки плотины ГЭС, эвтрофированием водоема и антропогенным загрязнением. На протяжении ряда лет прослеживается достаточно равномерное развитие фитопланктона по биомассе, но значительное увеличение численности, обусловленное интенсивным развитием мелкоразмерных цианопрокариот. Возросли показатели индекса сапробности от 1.85 до 2.19.

В главе 5 «Пигментные характеристики альгоценозов водных экосистем Пермского Предуралья» автором приводятся сведения о содержании и соотношении растительных пигментов, характеризующих степень развития, пространственное распределение и временную динамику альгоценозов, а также экологическое состояние водных объектов разного типа на территории Пермского Предуралья.

Выявлена широкая вариабельность содержания растительных пигментов в фитоперифитоне предгорных рек, обусловленная неоднородностью его пространственного распределения, сезонной динамикой и характером субстрата. Максимальные значения $Xл\ a$ перифитона наблюдаются в августе–сентябре. Смещение сроков и величин сезонных максимумов $Xл\ a$ определяется типом субстрата и антропогенным влиянием (при поступлении хозяйственно-бытовых стоков). Более высокая доля $Xл\ c$, по сравнению с долей $Xл\ b$, соответствует степени развития диатомовых и зеленых водорослей в фитоперифитоне рек.

Трофический статус и качество воды р. Сылва, оцененный по содержанию $Xл\ a$ в фитоперифитоне, значительно меняется в течение вегетационного сезона. По этим показателям р. Сылва относится к водоемам мезотрофного или слабо эвтрофного типа.

Для фитопланктона предгорных рек велика доля $Xл\ c$ – $42.8.1 \pm 1.6\%$, $Xл\ a$ составляет в среднем не более $30.8 \pm 1.9\%$ от общей суммы хлорофиллов. Такое распределение хлорофиллов подтверждает гипотезу о дрифтовом (тахипланктонном) сообществе планктонных водорослей, состоящем большей частью из диатомовых водорослей. Пространственное распределение и сезонные изменения пигментов в этих реках напрямую определяется техногенным воздействием и локальными биотопическими условиями. Динамика значений $Xл\ a$ в планктоне изученных рек на территории города не имеет четкой закономерности. По содержанию пигментов предгорные реки относятся к объектам с высокой степенью экологического неблагополучия.

По содержанию $Xл\ a$ в фитоперифитоне и фитопланктоне малых

городских рек их трофический статус изменялся от мезотрофного до гиперэтрофного типа.

Распределение Хл *a* по акватории водохранилищ средней Камы неравномерно и связано с наличием разных морфометрических участков, поступлением вод притоков и Пермской ГРЭС. Между содержанием Хл *a* и прозрачностью воды получены достоверные коэффициенты корреляции ($r=-0.64$). Исходя из средних величин Хл *a* трофический статус среднекамских водохранилища в большинстве случаев был ограничен мезотрофной зоной.

В целом, содержание хлорофилла *a* в единице биомассы альгоценозов зависит как от условий среды обитания (температура, прозрачность воды, содержание биогенных элементов), так и от состава и размерной структуры сообществ.

Автор правильно отмечает, что применение оценки трофического статуса реки по содержанию Хл *a* возможно лишь при долгосрочных исследованиях с учетом внесения поправок на гидродинамический и температурный режим водных объектов, а также тип субстрата.

Представленные в главе 6 «Функциональная роль альгоценозов в водных экосистемах Пермского Предуралья» материалы и их тщательный анализ логически завершают фундаментальное научное исследование, проведенное П.Г. Беляевой.

В этой главе автор совершенно справедливо замечает, что для понимания функционирования экосистем очень важна количественная оценка потоков вещества в экосистеме, при этом необходимо изучать не отдельные альгоценозы, а оценивать вклад всех сообществ в суммарную первичную продукцию или круговорот биогенных элементов водных объектов.

На основании многочисленных литературных и собственных данных по изучению первичной продукции р. Сылвы автор характеризует роль фитоперифитона в первичной продукции речных экосистем. Перифитон в целом играет большую роль в балансе органического вещества в экосистемах рек. Значение перифитона среди первичных продуцентов зависит от конкретных условий в водотоке и может составлять от 1% до 100%. Количественные параметры, характеризующие продуктивность фитоперифитона речных экосистем существенно варьируют как в разных водотоках мира, так и на разных субстратах в одном водотоке. В деструкции органического вещества ведущая роль также принадлежит перифитону.

При изучении роли фитопланктона в первичной продукции Камского и Воткинского водохранилищ было установлено, что в обоих водохранилищах фонд биомассы и первичной продукции формирует фитопланктон глубоководной пелагической части – основной водной массы, занимающей большую часть акватории. На примере прибрежной зоны верхнего района Воткинского водохранилища показано, что роль фитоперифитона в образовании первичной продукции водоема может быть существенной для конкретной точки отбора, но в целом, учитывая незначительные заросли

мелководий (по литературным данным и собственным наблюдениям), невелика.

Далее в 6-й главе рассматривается роль альго-бактериальных сообществ в таких важных для водных экосистем процессах, как азотфиксация и денитрификация. Большое количество работ показывает ключевую роль фитоперифитона в продуктивности речных экосистем и круговороте азота в них, особенно в реках горного и предгорного типа с каменистым руслом и достаточно высокими скоростями течения.

При изучении круговорота азота на примере альгоценозов р. Сылва автором установлено, что основная роль в биологической азотфиксации принадлежит гетероцистным цианопрокариотам и пурпурным несерным бактериям. Повышение активности азотфиксации в планктоне и, особенно, в перифитоне, связано со значительным увеличением численности гетероцистных цианопрокариот. Значимая корреляционная связь для азотфиксации в перифитоне прослеживается также с численностью пурпурных несерных бактерий.

По мнению автора причина слабой изученности функционирования перифитона в речных экосистемах кроется, прежде всего, в неразработанности методологии и методики исследования. Наиболее перспективным изучением функциональных характеристик фитоперифитона является создание установок для определения фотосинтеза или круговорота азота в потоке, или применение методов математического моделирования, что позволит учесть высокие темпы круговоротов биогенных элементов в фитоперифитоне, происходящие в короткие промежутки времени.

Выводы диссертационной работы полностью соответствуют поставленным задачам и основаны на обширных и достоверных результатах исследований. Личный вклад автора в проведение исследований и написание работы очень высок и составляет не менее 80%, основу работы составляют материалы собственных многолетних (25 лет) исследований автора. В ходе выполнения работы автор проводил обоснование темы, определение цели и задач исследования, выбор методов сбора и анализа материалов, организацию и проведение полевых, камеральных и лабораторных работ. Обобщение и интерпретация представленных в диссертации данных выполнена лично автором.

Автореферат и опубликованные научные работы диссертанта полностью отражают основное содержание диссертации.

При анализе материалов, изложенных в диссертации, к автору возникли следующие замечания и вопросы.

Замечания

1. В положении 1 (стр. 7), выносимом на защиту «Альгофлора водохранилищ, прудов, предгорных рек, малых водоемов и водотоков Пермского Предуралья характеризуется невысоким *видовым разнообразием* и преобладанием диатомовых водорослей, что определяется климатическими

особенностями региона.», автор не совсем корректно использует термин «видовое разнообразие». В данном контексте правильнее было бы говорить о «видовом богатстве» альгофлоры водных объектов Пермского Предуралья.

2. В главе 1 «Материалы и методы исследования» на стр. 21 автор пишет «В исследуемых реках в связи с небольшими глубинами (в среднем 1.4 м) и значительными скоростями течения (0.3 м/с) стратификации водных масс не наблюдается...». Следует заметить, что скорость течения 0,3 м/с трудно назвать значительной.

3. При анализе пространственного распределения фитопланктона Камского и Воткинского водохранилищ в разделе 4.2.1 в таблицах 4.17 (стр. 209) и 4.18 (стр. 211) автор проводит выделение доминирующих видов по численности и биомассе. Нужно отметить, что выделение доминантов по биомассе в водоемах, подверженных эвтрофированию, не имеет высокой информативности. Об этом упоминала еще Т.М. Михеева (1992), рекомендовавшая в таких случаях выделять доминанты по численности. Именно многочисленные мелкоклеточные организмы обладают на своем трофическом уровне наибольшей продуктивностью, поэтому при выделении доминирующих видов фитопланктона необходимо учитывать их численность, а не биомассу. Выделенные только по биомассе крупноклеточные виды-доминанты (*Ceratium hirundinella*, *Glenodinium sp.*, *Actinocyclus normanii*, *Melosira varians*) ввиду своей малочисленности не имеют большого значения в функционировании фитопланктона водохранилищ, в которых идет эвтрофирование.

4. В Приложении (стр. 383) в столбцах 2-6 приведены условные буквенные обозначения, но не дана их расшифровка. Хотя эти обозначения упоминаются в описании методов исследования, но обращаться в эту главу за расшифровкой слишком сложно.

5. В названии таблицы Приложения отсутствует слово «встречаемость», хотя в столбцах 7-29 приведены данные именно о встречаемости идентифицированных видов водорослей в исследованных водных объектах.

6. Таксоны высшего порядка (от отдела до семейства) приведены в Приложении без упоминания их авторов.

Вопрос

1. В описании методов выделения экологических групп альгоценозов (стр. 22-23 диссертации) упоминается, что использованы обширные литературные данные, а характеристика сапробности видов дается по спискам, приведенным в «Унифицированных методах исследования...» (1975; 1983), а также в сводках Сладечека (Sládeček, 1973) и справочнике «Водоросли» (Вассер и др., 1989). Возникает вопрос, почему автором не были использованы показатели сапробности видов, приведенные в более поздних литературных источниках – Баринава и др., 2006, 2019?


Указанные замечания не снижают научной ценности полученных

автором результатов, диссертационная работа Полины Геннадьевны Беляевой представляет значительный научный интерес для развития гидробиологии и обладает высокой практической и теоретической значимостью.

В техническом отношении работа выполнена на высоком уровне, хорошо иллюстрирована, число опечаток незначительно. Апробация результатов исследования вполне достаточна, автор докладывал основные положения диссертации на отечественных и международных научных конференциях. Научная активность П.Г. Беляевой очень высокая, по теме исследований ею опубликовано 65 работ в международных и отечественных изданиях, в том числе 20 статей – в журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ, из них 8 – в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science.

Заключение. Диссертационная работа Полины Геннадьевны Беляевой «Структура и функционирование водных альгоценозов Пермского Предуралья» выполнена на актуальную тему, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую обоснованные выводы и решение комплекса теоретических и практических вопросов актуальной научной проблемы о закономерностях формирования биоразнообразия и структурно-функциональной организации планктонных и перифитонных альгоценозов разнотипных водных объектов под влиянием природных и антропогенных факторов, являющихся необходимыми для оценки трансформации структуры альгоценозов и их количественного развития при антропогенном воздействии в условиях климатических изменений.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор Полина Геннадьевна Беляева заслуживает присуждения учёной степени доктора биологических наук по специальности 1.5.16 – Гидробиология.

Официальный оппонент,
Баженова Ольга Прокопьевна 
доктор биологических наук (1.5.15 Экология), профессор,
профессор кафедры экологии, природопользования
и биологии Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Омский государственный аграрный
университет имени П.А. Столыпина»,
(ФГБОУ ВО Омский ГАУ)
644008, г. Омск, Институтская пл., 1
28 октября 2022 года

Тел.: +7 (3812) 65-11-46

E-mail: adm@omgau.org ; olga52@bk.ru
Сайт: http://www.omgau.ru

Я, Баженова Ольга Прокопьевна, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела П.Г. Беляевой



Баженова Ольга Прокопьевна

Подпись О.П. Баженовой заверяю:

Начальник отдела по труду и управлению персоналом
ФГБОУ ВО Омский ГАУ
Черноусова И.А.



28 октября 2022 года

В диссертационный совет 24.1.034.01
при Институте биологии внутренних вод
им. И.Д. Папанина РАН

Я, **Баженова Ольга Прокопьевна**, даю согласие выступить официальным оппонентом по диссертации **Беляевой Полины Геннадьевны** на тему **«Структура и функционирование водных альгоценозов Пермского Предуралья»**, представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.16 – гидробиология.

СВЕДЕНИЯ ОБ ОППОНЕНТЕ

1. Ученая степень, ученое звание, отрасль науки и научная специальность по которой защищена диссертация: доктор биологических наук, биологические науки, экология.
2. Место работы (полное наименование организации): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»
3. Сокращенное наименование организации: ФГБОУ ВО Омский ГАУ
4. Почтовый адрес организации с указанием индекса: 644008 г. Омск, Институтская пл., 2.
5. Адрес официального сайта в сети Интернет: <https://www.omgau.ru/>
6. Наименование структурного подразделения: кафедра экологии, природопользования и биологии факультета агрохимии, почвоведения, экологии, природообустройства и водопользования
7. Должность: профессор
8. Телефон с указанием кода города: 8(3812) 65-46-27
9. Адрес электронной почты: olga52@bk.ru
10. Список основных публикаций по профилю оппонируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15):

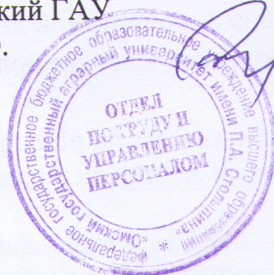
1. Bazhenova O.P., Gulchenko Y.I. Long-term succession of the phytoplankton of the irtysh river middle flow (Omsk, Russia) // International Journal on Algae. 2017. Т. 19. № 1. С. 85-98. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v19.i1.80
2. Баженова О.П., Барсукова Н.Н., Гульченко Я.И. Летний фитопланктон реки Иртыш на участке Павлодар (республика Казахстан) - Омск (Российская Федерация) // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (27). С. 42-50.
3. Баженова О.П., Шкилев Т.Э., Глушченко А.М., Гульченко Я.И., Куликовский М.С. Диатомовые водоросли (Fragilariophyceae) в планктоне среднего течения реки Иртыш // Ботанический журнал. 2017. Т. 102. № 7. С. 901-908. DOI: 10.1134/S0006813617070031
4. Bazhenova O.P. Phytoplankton and ecological status of Forest lakes in the Omsk Priirtyshye // Contemporary Problems of Ecology. 2017. Т. 10. № 3. С. 240-249.
5. Баженова О.П. Редкие виды водорослей в планктоне водных объектов Омского Прииртышья // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2018. № 17. С. 12-15.
6. Баженова О.П., Андасова З.Ю. О массовой вегетации *Schroederia setigera* (Schröder) Lemmermann в соленом озере Райнфельд (Омская область) // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (29). С. 63-69.

7. Bazhenova O.P., Krentz O.O. Phytoplankton as an indicator of ecological state of the Saltaim-Tenis lake system (Omsk region) // Contemporary Problems of Ecology. 2018. Т. 11. № 2. С. 168-178. DOI: 10.1134/S1995425518020026
8. Михайлов В.В., Баженова О.П. Оценка качества вод Новосибирского водохранилища по показателям развития фитопланктона, обилие и особенности его распределения // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2019. № 1 (29). С. 11-21. DOI: 10.32516/2303-9922.2019.29.2
9. Баженова О.П., Глущенко А.М., Игошкина И.Ю., Шкилев Т.Э., Куликовский М.С. Новые сведения о флоре пениатных диатомовых водорослей (Fragilariophyceae, Bacillariophyceae) из планктона среднего течения реки Иртыш // Новости систематики низших растений. 2019. Т. 53(2). С. 207-240. DOI: 10.31111/nsnr/2019.532.207
10. Bazhenova O.P., Igoshkina I.Y. Diversity and peculiarities of the formation of stomatocysts of the Chrysophyceae in a waterbody in the south of western Siberia // Inland Water Biology. 2020. Т. 13. № 4. С. 556-565. DOI: 10.1134/S1995082920030049
11. Баженова О. П., Капустин Д. А. New chrysophycean stomatocysts (Chrysophyceae) for Russia from the Omsk Priirtyshye waterbodies // Новости систематики низших растений. 2021. Т. 55(1). С. 7–18. DOI: 10.31111/nsnr/2021.55.1.7

Профессор кафедры экологии,
природопользования и биологии
Омского государственного аграрного
университета имени П. А. Столыпина,
профессор, доктор биологических наук

Баженова Ольга Прокопьевна
22 февраля 2022 г.

Подпись Ольги Прокопьевны Баженовой заверяю:
Начальник отдела по труду и управлению персоналом
ФГБОУ ВО Омский ГАУ
Черноусова И.Ю.



22 февраля 2022 г.