

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Кривиной Елены Сергеевны «Трансформация фитопланктона малых водоемов урбанизированных территорий в условиях изменения антропогенной нагрузки», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология)

Актуальность темы диссертационного исследования

В условиях, когда человечество вовлекает в свои производственные и хозяйственные нужды все большее количество пресной воды, вопросы рационального использования и сохранения водоемов становятся особенно актуальными. Однако успех природоохранных мероприятий, эффективность экологического прогнозирования и нормирования во многом будут зависеть от используемой системы диагностики. В настоящее время общепризнано, что в качестве одного из наиболее чувствительных компонентов водных экосистем, позволяющих оценить состояние водоемов, выступает фитопланктон. В связи с этим возникает необходимость как тщательного изучения структурно - функциональных характеристик этой группы гидробионтов, так и сезонной, многолетней динамики качественно-количественного состава. Именно эти вопросы являются предметом рассмотрения Е.С.Кривиной в диссертационном исследовании.

Представленная к защите диссертация включает три бесспорно актуальных момента: 1. посвящена изучению МАЛЫХ водоемов;

2. УРБАНИЗИРОВАННЫХ территорий;

3. в условиях ИЗМЕНЕНИЯ антропогенной нагрузки.

Известно, что на урбанизированных территориях происходит интенсивное изменение всей биоты и, в том числе, сообществ водорослей. Антропогенное воздействие создает предпосылки для формирования комплекса гидробионтов наиболее приспособленных к жизни в условиях постоянного загрязнения водоемов. В особенности это важно для малых водоемов, принимающих стоки промышленных и бытовых предприятий, ливневые стоки с полей и населенных пунктов и т.д. Малые водоемы особо чувствительны к внешним воздействиям и обладают высокой уязвимостью. В связи с тем, что большинство из них имеют небольшую площадь и бессточные, поступающие в них антропогенные загрязнения должны перерабатываться биологическим путем, в том числе с участием водорослей, обеспечивающих самоочищение водоема. Поэтому выявляя структуру и наблюдая за динамикой развития альгологического сообщества, можно иметь достаточно четкую картину состояния экосистемы водоема в целом, а также направления ее развития.

Таким образом, исследование Кривиной Елены Сергеевны, направленное на изучение и анализ многолетних изменений состава и структуры фитопланктона ряда Васильевских озер и выявление особенностей его развития в зависимости от

степени и характера антропогенной нагрузки, следует рассматривать как вполне актуальное и важное в научном и практическом отношениях.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В основу работы положены результаты многолетних исследований автора и анализ обработки данных около 500 проб, отобранных из 5 водоемов с различным уровнем антропогенной нагрузки.

В результате, на основании обширного фактического материала и проведенных исследований диссертант пришел к выводам, которые логично вытекают из самого содержания работы. Научные положения, заключение и выводы, сформулированные автором в работе, обоснованы достаточным размером выборочных совокупностей и современными методами исследований, использованными в работе, широко обсуждены в печати и на научных конференциях.

Выводы диссертационного исследования полностью соответствуют поставленным целям и задачам и вытекают из представленного исследования.

Таким образом, достаточный объем использованного широкого спектра конкретных и взаимодополняющих методов исследования, адекватность методических подходов, сопоставление результатов с данными современной научной литературы дают основание для заключения о достаточной обоснованности полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность и новизна исследования и полученных результатов

Постановка вопроса и намеченные задачи исследования определили направление и необходимость работ, в результате которых впервые проведен анализ многолетней динамики структурно-функциональных характеристик фитопланктона пяти водоемов из системы Васильевских озер, различающихся по происхождению, характеру и уровню антропогенной нагрузки. Это позволило выявить 451 таксон водорослей рангом ниже рода, которые относились к 10 отделам, 15 классам, 23 порядкам, 59 семействам, 136 родам, определить особенности развития и распределения водорослей под влиянием как возрастающей, так и уменьшающейся антропогенной нагрузки. Установлено, что в период с 1991 по 2014 гг. в альгопланктоне «природных» водоемов существенно возросла роль нитчатых безгетероцистных форм синезеленых водорослей S₁-типа. Показано, что основными факторами, определяющими состав преобладающих форм синезеленых водорослей, являются концентрация азота (особенно его аммонийной формы) и соотношение общего азота и фосфора. На примере «техногенных» озер выявлены особенности самовосстановления водоемов после прекращения промышленной эксплуатации, но без проведения работ по рекультивации («нулевой вариант»).

Достоверность диссертационного исследования Кривиной Елены Сергеевны определяется воспроизводимостью полученных результатов, адекватностью использованных для решения поставленных задач классических и современных мето-

дик, а также корректной интерпретацией полученных данных с использованием методов статистического анализа.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты исследования Кривиной Елены Сергеевны имеют теоретическую и практическую значимость.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что полученные данные расширяют представления об особенностях развития фитопланктона малых водоемов урбанизированных территорий в зависимости от степени и характера антропогенной нагрузки.

Кроме того, результаты работы в целом найдут свое применение при решении фундаментальных вопросов современной экологии— что и как происходит с экосистемой при превращении естественной природной среды в урбанизированную, каким путем идет трансформация сообществ живых организмов, и, в конечном итоге, оценке стабильности городских экосистем как жизненного пространства человека.

Также следует отметить, что приложение 1, не являющееся основным содержанием диссертации, но представляющее её фундамент, имеет большую научную ценность, так как дополняет знание о региональной флоре водорослей России.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты дают достаточно четкую картину как состояния экосистем водоемов в целом, так и направления их развития и могут быть применены для оптимизации мер по сохранению и восстановлению экосистем водных объектов, подвергшихся техногенному воздействию.

Материалы диссертации использовались при разработке природоохранных мероприятий предприятиями ООО «БМПО», ООО «СтройПроектИзыскания», при организации экологического мониторинга состояния водных экосистем и кормовой базы рыб ФГБУ «Главрыбвод». Данные, полученные в результате исследований, могут быть использованы при чтении учебных курсов по дисциплинам «Прикладная экология» и «Биоиндикация».

Кроме выше сказанного, проведенная работа наглядно доказала несостоятельность мероприятий биологической реабилитации водоемов по методике Богданова И. И. с использованием зеленой водоросли *Chlorella vulgaris* (штамм запатентован как *Chlorella kessleri* ВКПМ А1-11 ARW).

Оценка содержания диссертации, ее завершенности в целом, качества оформления

Диссертация Кривиной Елены Сергеевны носит целостный и завершенный характер и представляет собой законченное исследование, характеризующееся внутренним единством и имеющее фундаментальное и прикладное значение.

Работа изложена на 186 страницах, состоит из введения, обзора литературы, описания материала и методов, характеристики изучаемых водоемов, 5 глав собственных исследований, выводов, списка литературы (229 источников, из которых

58 на иностранных языках) и приложения; иллюстрирована 27 таблицами (включая приложение) и 29 рисунками.

Во введении автор обосновал актуальность темы исследования, определил основную цель и задачи работы.

В обзоре литературы, систематизируя данные отечественных и зарубежных исследователей, автор рассмотрел степень изученности вопроса антропогенного влияния на малые водоемы урбанизированных ландшафтов Европейской части России. В целом глава оставляет хорошее впечатление и свидетельствует о знании и ориентации автора в альгологической и гидробиологической литературе.

В главе 2 «Материалы и методы исследования» описывается методика отбора и изучения проб фитопланктона, приводятся методические материалы, справочники, определители и иная литература, использованная автором как руководство к действию. Из этой главы следует, что диссертант со всей серьезностью продумала методические вопросы, в том числе методы статистической обработки.

Третья глава традиционна и оправдывает свое назначение, так как знакомит с физико-географической характеристикой района исследований, вопросами происхождения озер, их морфометрическими параметрами и гидрохимией, антропогенными факторами, оказывающими влияние на экологическую обстановку в зоне расположения Васильевских озер.

Последующие главы диссертации содержат материалы непосредственно авторских исследований.

В главе 4 «Таксономическая и эколого-флористическая характеристики альгофлоры планктона Васильевских озер» подробно разбирается таксономическая структура альгофлоры планктона Васильевских озер в различные периоды исследования; приводятся результаты кластерного анализа таксономического состава альгофлоры планктона изучаемых водоемов на различных этапах исследования; осуществляется эколого-географический анализ альгофлоры планктона исследуемых водоемов. Особое внимание в главе уделяется сравнению таксономического состава водорослей «природных» и «техногенных» водоемов и его динамике в градиенте увеличения или снижения антропогенной нагрузки.

В плане оценки изменения экологического состояния «техногенных» водоемов очень показательны данные, представленные в таблице 13. Усложнение структуры фитопланктонного сообщества озер Отстойник и Шламонакопительное на уровне всех таксономических рангов наглядно свидетельствует об улучшении экологического состояния «техногенных» водоемов. Кластерный анализ таксономического состава альгофлоры планктона изучаемых водоемов на различных этапах исследования подтвердил, что после прекращения промышленной эксплуатации «техногенных» водоемов таксономический состав водорослей с течением времени стал ближе к типу, характерному для данного региона.

Глава хорошо иллюстрирована. Автором построены 70 лепестковых диаграмм, отражающих данные эколого-географического анализа альгофлоры планктона Васильевских озер в различные периоды исследования.

Глава 5 посвящена описанию и анализу сезонной и многолетней динамики показателей количественного развития фитопланктона исследованных водоемов. На протяжении почти 30 страниц автор внимательно разбирает изменения в функционировании озер по сезонам и годам, сравнивая и вычлняя основные моменты. К таковым можно отнести следующее: а) во всех исследованных водоемах с течением времени произошло увеличение численности и биомассы фитопланктона; б) наиболее интенсивный рост данных показателей отмечался в группе «техногенных» водоемов (средние показатели численности возросли в 20 – 37 раз, биомассы в 10 - 86 раз); в группе «природных» водоемов рост показателей количественного развития фитопланктона был на порядок ниже; в) трофический статус всех водоемов, рассчитанный по биомассе фитопланктона, к 2014 году вырос до гиперэвтрофного; 4. с течением времени практически во всех водоемах увеличилась роль синезеленых водорослей, особенно «осцилляториевого» комплекса S1-типа, что было связано как с увеличением содержания азота в воде, так и изменением соотношения N : P; 5. значения вариабельности динамики биомассы свидетельствуют о снижении устойчивости фитопланктонных сообществ.

В главе 6. «Динамика показателей видового разнообразия фитопланктона исследуемых водоемов» автор, оперируя индексами Шеннона и Пиелу, рассматривает многолетнее изменение показателей ценотического разнообразия фитопланктона Васильевских озер. Автор отмечает, что во всех «природных» водоемах, на фоне увеличения общей численности и биомассы, происходит снижение видового разнообразия и выравнивости сообщества фитопланктона. Напротив, в «техногенных» водоемах, после прекращения промышленной эксплуатации, отмечалась тенденция к увеличению показателей видового разнообразия и выравнивости сообществ альгофлоры. Но при переходе этих озер к высокоэвтрофному состоянию уровень видового разнообразия начал снижаться.

Значительная часть главы посвящена анализу сезонной динамики индексов и ее особенностям в каждом из озер. Глава, как и вся диссертация, хорошо иллюстрирована графиками, насчитывающими в общей сложности 34 шт.

Глава 7. «Доминирующие виды водорослей исследованных водоемов» основана на применении индекса доминирования Симпсона (S), который отражает степень преобладания одного вида над другими и дополняет информативность индексов видового разнообразия и выравнивости.

Автор подробно рассматривает сезонную и многолетнюю динамику комплекса доминирующих видов водорослей изучаемых водоемов в различные периоды исследования. Для оценки степени трансформации таксономической структуры фитопланктона «техногенных» водоемов после прекращения промышленной эксплуатации был проведен графический анализ кривых доминирования. Он показал, что трансформация была математически значима, но переход на качественно новый уровень развития системы еще совершен не был. Иными словами, после снятия техногенного пресса запустился процесс самовосстановления, который еще не завершен, поэтому экосистемы исследуемых водоемов все еще нужда-

ются в пристальном наблюдении. Сопутствующие тексту таблицы и графики хорошо иллюстрируют сказанное и свидетельствуют о тщательной и обстоятельной обработке результатов.

В подглавке 7.2 описывается экология некоторых доминирующих видов водорослей с указанием максимальных показатели численности и биомассы.

Последняя глава 8. «О практической эффективности метода «альголизации» водоемов на примере оз.Б. Васильевское» написана на основе экспериментальных данных и убедительно доказывает несостоятельность способа биологической рекультивации, предложенного Н.И.Богдановым.

В заключении автор подводит общий итог полученных результатов и формулирует выводы.

Объем проведенных исследований, их анализ позволяют сделать вывод, что диссертанту удалось решить поставленные в работе задачи и достичь намеченной цели.

В качестве **замечания** по содержанию и оформлению диссертации следует отметить:

а) в тексте диссертации и автореферата в написании видового названия водорослей и цианопрокариот отсутствуют авторы, хотя в приложении 1 они есть;

б) некоторая несогласованность материала автореферата и диссертации. Так, на стр. 49 диссертации автор, анализируя количество видов-индикаторов сапробности, утверждает, что «... выявлено присутствие большого процента видов индикаторов низкой и средней степени органического загрязнения». Однако на стр 11 автореферата появляются фраза и цифры, не обсуждаемые в диссертации: «Однако основной вклад в формирование показателей количественного развития фитопланктона вносили представители средней (36–42% по численности фитопланктона; 36–41% по биомассе) и высокой степени органического загрязнения (32–38% и 27–32% по численности и биомассе фитопланктона соответственно.» Если бы автор просчитал хотя бы простейший индекс сапробности, разночтения в определении уровня органического загрязнения можно было бы избежать;

в) несколько не корректна формулировка основных положений диссертации, выносимых на защиту, в которых идет экстраполяция полученных результатов на все малые водоемы урбанизированных территорий умеренной зоны, хотя сама работа и выводы из нее касаются исключительно конкретных водоемов;

г) уровень трофности водоемов в диссертационном исследовании оценивался исключительно по количеству биомассы фитопланктона (по классификации И. С. Трифионовой, 1990), что, в целом, допустимо. Но, использование одного показателя может давать «размытое» отражение трофического статуса не отражающее действительности. Учитывая количество существующих на сегодняшний день показателей и индексов оценки трофического уровня водоема (Данилов Р.А., 2002; Шитиков В.К. и др., 2005; Даценко Ю. С., Ветрова Е. И., 2006; Даценко Ю. С., 2007; Giovanardi F., Volleinweider R.A., 2004; Coelho S. et al., 2007; Salas F. et al., 2008 и т.д и т.п.), применение еще каких-либо из них привело бы к более достоверным вы-

водам.

Сделанные замечания носят рекомендательный характера

К погрешностям, имеющим место в диссертации, относятся опечатки, некоторые неудачно построенные фразы, цитируемая литература, отсутствующая в списке. Но все эти недочеты обычно неизбежны в подобных работах и не влияют на общую положительную оценку.

Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

По теме диссертации была опубликована 21 работа, в том числе 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, из которых 1 входит в международную базу данных научного цитирования «Scopus».

Связь диссертационной работы с плановыми исследованиями и научными программами.

Исследования были выполнены в рамках плана научно-исследовательских работ ИЭВБ РАН по теме «Биологическое разнообразие» Программы фундаментальных научных исследований государственной академии наук на 2013-2020 годы.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата в целом соответствует основным положениям и выводам диссертации.

Положительно оценивая работу в целом и подчеркивая ее новизну и практическую значимость для науки и практики, хотелось бы получить ответ диссертанта на вопросы:

1. Обосновывая научную новизну работы автор пишет, что: «На примере «техногенных» озер выявлены особенности самовосстановления водоемов после прекращения промышленной эксплуатации, но без проведения работ по рекультивации» (стр 5 диссертации, стр 4 автореф.). Безусловно, все материалы, отражающие это положение представлены на страницах диссертации. Но хотелось бы услышать об этих особенностях тезисно: 1.....; 2.....; 3.....и т.д.

2. На стр. 41, описывая данные таблицы 11, автор утверждает, что: «Высокие ранги в каждый период исследования родов *Navicula* и *Scenedesmus* могли быть связаны с высокой концентрации биогенных элементов». Находит ли этот тезис подтверждение в литературных источниках?

3. На стр. 42, в таблице 12 отсутствуют 1 и 2 ранговые места. С чем это связано?

4. В главе 4, оценивая таксономическую характеристику альгофлоры исследуемых озер, автор приводит градиент коэффициентов флористической общности Серенсена (K_s). В связи с этим, хотелось бы услышать ответ на вопрос - сколько

ко видов, разновидностей и форм водорослей (из 451) специфичны для каждого водоема и сколько общих видов для всех водоемов? Ответ на этот вопрос хорошо проиллюстрирует своеобразие каждого изученного водоема.

5. В водоемах, как показал эколого-географический анализ, автором выявлено присутствие большого процента видов - индикаторов низкой и средней степени органического загрязнения (стр. 49, рис. 4), что говорит об относительно благополучном состоянии водоемов. Однако трофический статус характеризует водоемы как гиперэвтрофные (стр. 57, табл. 15), что подразумевает почти экологическую катастрофу локального масштаба. Как соотносятся эти два вывода между собой?

Заданные вопросы носят дискуссионный характер и ни в коей мере не умаляют значение результатов, полученных автором.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положениями о порядке присуждения ученых степеней

Таким образом, диссертационная работа Кривиной Елены Сергеевны «Трансформация фитопланктона малых водоемов урбанизированных территорий в условиях изменения антропогенной нагрузки» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи – анализ многолетних изменений состава и структуры фитопланктона ряда Васильевских озер и выявление особенностей его развития в зависимости от степени и характера антропогенной нагрузки, что имеет существенное значение для экологии (биология) и соответствует п.п. 9 -11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология).

19 сентября 2018 г.

Доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории водной микробиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения Российской академии наук

Почтовый адрес: 460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, д. 11; Тел.: (3532)77-54-17,
e-mail: yacenkostn@gmail.com

Татьяна Николаевна Яценко-Степанова

Личную подпись д.б.н., доц. Яценко-Степановой Татьяны Николаевны заверяю:

Начальник отдела кадров ИКВС УрО РАН

И.В.Турленко

