ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Шарова Андрея Николаевича «Фитопланктон холодноводных озерных экосистем под влиянием природных и антропогенных факторов», представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.10 – гидробиология

Диссертация Шарова А. Н. посвящена изучению закономерностей структурной организации фитопланктона холодноводных озерных экосистем при изменениях метеорологических условий (климата) и степени антропогенного воздействия. Влияние на водные экосистемы целого спектра антропогенных факторов сопровождается в последние десятилетия воздействием глобальных климатических изменений. Пресноводные экосистемы полярных регионов характеризуются, во-первых, высокой уязвимостью по отношению к антропогенному воздействию, и во-вторых, тем, что для водоемов криолитозоны последствия изменения климата могут быть наиболее драматичными. Фитопланктон, являясь базовым звеном трофических цепей и важнейшим компонентом водных экосистем, чутко реагирует на изменения условий среды обитания, и часто выбирается гидробиологами в качестве биологического индикатора. Выбор автором холодноводных озер как объекта исследования, обусловлен тем, что это типичные для полярных широт водоемы. История исследований фитопланктона озер севера Европейской территории России, где автором проведен подавляющий объем его наблюдений, насчитывает около 200 лет. Подробно изучен флористический состав водорослей, структура альгофлоры. Выяснены особенности антропогенной трансформации сообществ фитопланктона, восстановления водных экосистем после снижения загрязнения в регионе. Однако остаются слабо проработанными вопросы изучения изменений фитопланктона высокоширотных водоемов под совместным воздействием климатических и антропогенных факторов. Это дает основание утверждать, что научная проблема, сформулированная в диссертации, является актуальной.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка сокращений и обозначений, списка цитаций, содержащего 622 источника, из которых 265 - зарубежных, и приложения. Текст изложен на 368 страницах, содержит 35 таблиц и 58 рисунков.

Во **введении** диссертантом показана актуальность исследования. Поставленная автором цель работы заключается в выявлении закономерностей структурной организации фитопланктона холодноводных озерных экосистем при изменениях метеорологических условий (климата) и степени антропогенного воздействия. Четко определены задачи для ее достижения. Защищаемые положения представлены пятью пунктами. Диссертантом проиллюстрирована научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, а также достоверность полученных результатов. Описаны методы, применяемые автором в работе и материалы, привлеченные к данному исследованию.

В **главе 1** описаны основные закономерности действия экологических факторов, роль гидрологических, метеорологических и гидрохимических факторов в формировании среды обитания фитопланктона, особенности условий в литорали и пелагиали больших озер, общность и специфичность экосистем малых и средних озер.

В **главе 2** на основе литературных данных автор характеризует географическое положение, гидрографию, морфометрию, гидрологию и гидрохимию исследуемых водоемов, а также приводит данные о климате, уровне трофности и степени загрязнения

некоторых водных объектов. Соискателем в период с 1993 по 2016 гг. выполнены работы на территории Мурманской области на акваториях крупных озер (Имандра, Умбозеро) и 11 небольших тундровых, лесотундровых и горных озер. На территории Республики Карелия, Вологодской и Архангельской областей исследования проводились на акватории озер Онежского и Ладожского, а также ряда небольших водоемов. В Псковской области исследования проводились на Чудско-Псковском озере. Исследования были проведены на 23 озерах в Восточной Антарктиде в районах российских станций: Молодежная, Новолазаревская и Прогресс.

В **главе 3** оценено биологическое разнообразие фитопланктона исследованных водоемов европейской территории России и Восточной Антарктиды. Проведено сравнение видового состава фитопланктонных сообществ различных холодноводных озер. Определен комплекс доминантов, который включает 15 видов. В данном разделе автором охарактеризовано количественное развитие планктонных водорослей и особенности его сезонной динамики.

Глава 4 посвящена изучению отклика фитопланктона на комплекс природных и антропогенных факторов и по смысловой нагрузке является основным разделом диссертационного исследования. Диссертантом показано, что в результате потепления климата усилилось эвтрофирование вод, которое сопровождается массовым развитием цианобактерий. Определена положительная связь между содержанием хлорофилла «а» и температурой воды и отрицательная – с продолжительностью периода открытой воды. Доказано, что численность цианобактерий положительно коррелирует со среднемесячным индексом североатлантического колебания. Концентрация биогенных веществ в воде положительно коррелирует с количеством осадков. В то же время, при общем тренде потепления и увеличения продолжительности безледного периода, роста общей биомассы фитопланктона не наблюдается.

Автором доказано, что основным лимитирующим фактором развития фитопланктона в холодноводных озерах являются температура и низкое содержание биогенных веществ в воде. Поступление биогенных и органических веществ с хозяйственно-бытовыми сточными водами приводит к эвтрофированию, характеризующемуся увеличением общей биомассы фитопланктона и перестройкой структуры доминирующих комплексов, которое выражается в росте доли в планктоне таких таксономических групп как криптофитовые и зеленые вольвоксовые водоросли. В экосистемах малых озер под влиянием низкой pH и высокой концентрации тяжелых металлов происходят снижение видового разнообразия и увеличение вариабельности биомассы фитопланктона.

Важным результатом является доказанное автором отсутствие возможности возврата экосистемы больших озер к исходному природному состоянию после снижения антропогенного воздействия. Показано, что снижение содержания фосфора в воде в течение 20 лет наблюдений не привело к уменьшению концентрации хлорофилла «а» и обилия фитопланктона. Причина этого в увеличении относительного количества миксотрофных водорослей, которые способны использовать дополнительные источники фосфора, недоступные для фотоавтотрофов.

В **главе 5** автор предлагает новый комплексный подход к оценке экологического состояния водоемов, в качестве основы которого исследователем используется показатель количественной оценки отклонения экосистемы от естественного состояния (EQR).

Данный показатель представляет собой отношение наблюдаемого биологического параметра к фоновому показателю и меняет свое значение от 1 (естественное состояние среды) до 0 (большое отклонение от фонового показателя). Ранжирование индекса EQR позволяет выделять классы качества вод. Предлагаемый автором фитопланктонный индекс КФИ включает ряд качественных, количественных и продукционных показателей развития водорослей и рассчитывается как среднее арифметическое из EQR для каждого показателя. Использование предложенного автором индекса КФИ позволяет ожидать снижение вероятности ошибочной оценки и повышение надежности результатов.

К недостаткам работы я отношу следующее:

1. Считаю лишним обсуждение таких компонентов водной экосистемы как зоопланктон, зообентос, бактерии, макрофиты, которое выполнено в главе посвященной изучению влияния антропогенных факторов на фитопланктон (стр. 208 и далее по тексту, а также рис. 4.13 стр. 210). Исходя из названия главы 4, логичнее было бы оставить в анализе только факторы среды и показатели развития фитопланктона, не усложняя анализа включением признаков характеризующих бентос, бактериальное сообщество и пр. Ведь декларированная цель четко обозначена автором. Эта цель – оценка влияния антропогенных факторов среды на фитопланктон, а не некая комплексная оценка состояния водной экосистемы. Автор этим лишь напрасно усложняет и без того не простую задачу поиска связи между факторами среды и фитопланктоном.

2. Эвтрофирование рассматривается автором как фактор среды (например, стр. 261). Эвтрофирование, это все же не антропогенный фактор, а процесс, обусловленный различными факторами, в т.ч. антропогенными. В разделе 4.2, в соответствии с его названием, также стоило бы четче обозначить именно факторы, влияющие на фитопланктон.

3. Наблюдения по фитопланктону озер Антарктики проведены в течение одного вегетационного сезона. Автору, очевидно, не хватает собственных данных и на стр. 186-191 в разделе, посвященном изучению влияния климата, представлен скорее обзор литературы. Даже с привлечением литературных данных прежних исследований, вряд ли этот материал можно считать пригодным для решения такой задачи, как изучение закономерностей воздействия климата на развитие фитопланктона. Во всяком случае, на стр. 186-191 раздела 4.1 «Влияние климатической изменчивости», влияние климата на фитопланктон практически не обсуждается. Здесь нет анализа данных, подтверждающего воздействие климата на развитие фитопланктона озер Антарктики. Есть некоторые предположения, общие фразы, как на стр. 186, 189. Считаю, что материал по озерам Антарктики автору не стоило использовать для поиска связей климат-фитопланктон.

4. Использованный термин «достоверность» (стр. 98, 145, 182, 186, 223) применен неверно. Согласно "ГОСТ Р 50779.10-2000 «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения», подобные выражения считаются ошибочными. Например, на стр. 145 автор приводит достигнутое в результате корреляции значение $p<0.05$, и делает вывод о «достоверной» связи между событиями. Тогда как это означает лишь то, что результат не превышает порогового значения, которое автор в своей работе принял равным 5%. Т. о. здесь можно было сказать лишь о том, что связь при данном пороговом значении статистически значима.

5. С утверждением автора о том, что «антропогенное влияние … обусловлено глобальными изменениями атмосферы..» (стр. 4 в разделе «Актуальность..») трудно

согласиться. Ведь вопрос о том, в какой степени современные глобальные климатические изменения спровоцированы деятельностью человека, остается достаточно спорным.

Выявленные недостатки не снижают ценность работы, т.к. в целом не опровергают достоверность полученных автором результатов, а некоторые из замечаний дискуссионны. Работа А.Н. Шарова интересная, информативная, является цельным обобщением. Исследование Андрея Николаевича вносит существенный вклад в изучение структурной организации, биоразнообразия и особенностей функционирования первичных продуцентов озерных экосистем Северо-Запада России, арктических и антарктических регионов. Научная новизна работы подтверждается тем, что впервые для озер Севера и Северо-Запада европейской территории России выявлены особенности структуры и изменчивости фитопланктона под совокупным воздействием климатических изменений и комплекса антропогенных факторов. Для озер Восточной Антарктиды впервые выявлены закономерности формировании биоты в условиях светового и биогенного лимитирования. Автором разработан и апробирован комплексный фитопланктонный индекс (КФИ) – новый показатель качества вод холодноводных озер. Соискателем проводились наблюдения в течение без малого четверти века и собран обширный полевой материал. Диссертант выполнил тщательный анализ полученных данных и вдумчивую интерпретацию выявленных закономерностей с привлечением большого количества опубликованных материалов других исследователей. Это свидетельствует о достоверности сформулированных выводов и положений, и о высокой квалификации соискателя.

Текст автореферата и 83 печатные работы автора в полной мере отражают содержание рукописи диссертации. Среди опубликованных диссертантом журнальных статей, 25 работ вышли в журналах рекомендованных ВАК. Материалы диссертации апробированы соискателем на 35 международных и российских конференциях. Результаты работы использованы автором при публикации 1 монографии, и в качестве отдельных глав в 9 коллективных монографиях.

Диссертационное исследование Андрея Николаевича Шарова соответствует критериям установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., а ее автор Шаров А. Н. заслуживает присуждения ему степени доктора биологических наук по специальностям 03.02.10 – гидробиология.

Главный научный сотрудник лаборатории флористики геоботаники и мерзлотного лесоведения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук,

доктор биологических наук Габышев Виктор Александрович

Республика Саха (Якутия), 677980, г. Якутск, пр. Ленина, 41
Тел.: (4112)33-56-90
Факс (4112)33-58-12
E-mail: v.a.gabyshev@yandex.ru

16 марта 2020 г.

Подпись заверяю, специалист по кадрам В. И. Спирина

ОТДЕЛ КАДРОВ
Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук (ИБПК СО РАН)
ОГРН 1021401060306 ИНН 1435035057 КПП 143545002

В диссертационный совет Д 002.036.02

При Институте биологии внутренних вод

им. И.Д. Папанина РАН

Я, Габышев Виктор Александрович, даю согласие выступить официальным оппонентом диссертации Шарова Андрея Николаевича на тему «Фитопланктон холодноводных озерных экосистем под влиянием природных и антропогенных факторов», представленной на соискание учёной степени доктора биологических наук.

СВЕДЕНИЯ ОБ ОППОНЕНТЕ

1.1. Учёная степень: доктор биологических наук
1.2. Учёное звание: нет
1.3. Отрасль науки и научная специальность, по которой защищена диссертация: 03.02.10 – гидробиология
2. Место работы (полное наименование организации): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»
3. Сокращенное наименование организации: ЯНЦ СО РАН
4. Почтовый адрес организации с указанием индекса: 677980, Российская Федерация, Республика Саха (Якутия), Якутск, проспект Ленина, д. 44
5. Адрес официального сайта в сети Интернет: http://ibpc.ysn.ru/
6. Название структурного подразделения: Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской Академии наук, лаборатория флористики, геоботаники и мерзлотного лесоведения
7. Должность: главный научный сотрудник
8. Телефон с указанием кода города: (4112) 33-56-90
9. Адрес электронной почты: bio@ibpc.ysn.ru
10. Список основных публикаций по профилю оппонируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15):

1. Barinova S., Gabyshev V., Boboev M., Kukhaleishvili L., Bilous O. Algal Indication of Climatic Gradients // American Journal of Environmental Protection.- 2015.- 4(3-1). P. 72-77
2. Габышев В.А., Габышева О.И. Пространственная структура потамофитопланктона в экстремальных условиях северо-востока Сибири // Биология внутренних вод.- 2016.- № 1, С. 71–79 Gabyshev V. A., Gabysheva O. I. The spatial structure of potamophytoplankton in extreme environmental conditions of northeastern Siberia // Inland Water Biology. 2016, Vol. 9, Issue 1, P. 65-72 DOI 10.1134/S1995082916010053
3. Габышев В. А., Новаковский А. Б. Применение критерия хи-квадрат для оценки континуальности речных сообществ на примере фитопланктона // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2016.- №1.- С. 70-79
4. Габышев В.А., Ремигайло П.А., Габышева О.И. Пространственная структура и среда обитания фитопланктона рек системы бифуркации Делькю // Наука и образование.- 2017,- №2.- С. 126-131
5. Gabyshev V.A. New approach to predicting change in aquatic ecosystems without having long-term monitoring data // European Journal of Natural History. – 2018. – № 3 – P. 47-52 DOI 10.17513/ejnh.33878
6. Габышев В.А., Габышева О.И. К изучению влияния концентрации органических и биогенных веществ на ценотическую и флористическую структуру сообществ миксотрофных фитофлагеллят крупных субарктических рек Восточной Сибири //

Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 6. – С. 93-97 DOI 10.17513/mjpfi.12299
7. Габышев В.А. Особенности развития водорослевых сообществ низовьев арктических рек северо-востока Сибири // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 7. – С. 118-122 DOI 118-12210.17513/mjpfi.12339
8. Genkal S., Gabyshev V., Kulikovskiy M. &Kuznetsova I. Pliocaenicus bolshetokoensis – a new species from Lake BolshoeToko (Yakutia, Eastern Siberia, Russia) // Diatom Research, 2018. V. 33, I. 2. P. 145-153DOI: 10.1080/0269249X.2018.1477690
9. Генкал С. И., Габышев В.А. Новые находки центрических диатомовых водорослей из Якутии (озеро Большое Токо): морфология, экология и распространение // Новости систематики низших растений. – 2018. – Т. 52, Ч. 2. – С. 245-252. DOI: 10.31111/nsnr/2018.52.2.245
10. Gusev E. S., Guseva E. E., Gabyshev V. A. Taxonomiccompositionofsilica-scaledchrysophytesinriversandlakesofYakutiaandMagadanskayaoblast(Russia) // Nova Hedwigia, Beiheft, 2018. №147. P. 105–117 DOI 10.1127/nova-suppl/2018/009
11. ГабышевВ. А., ГабышеваО. И. Оценка важнейших факторов среды в формированиипространственной структуры фитопланктона крупныхсубарктических рек (Восточная Сибирь) // Водные Ресурсы. 2019. Т. 46, № 4. С. 385–392. Gabyshev V. A., Gabysheva O. I. Assessingthekeyenvironmentalfactorsintheformationofphytoplanktonspatialstructureinlargesubarcticrivers(EastSiberia) // Water Resources. 2019. Vol. 46, №. 4, PP. 563–570.
12. Габышев В.А., Царенко П.М., Иванова А.П.Разнообразие и особенности пространственной структуры водорослевых сообществ водоемов и водотоков устья р. Лены // Биология внутренних вод. 2019. 2-2. С. 3-11. Gabyshev V. A., Tsarenko P. M., Ivanova A. P. Diversityandfeaturesofthespatialstructureofalgalcommunitiesofwaterbodiesandwatercoursesinthe LenaRiverestuary // Inland water biology. 2019. Vol. 12, Suppl. 1. PP. S1–S9. DOI: 10.1134/S1995082919050067

д. б. н., главный научный сотрудник
лаборатории флористики, геоботаники
и мерзлотного лесоведенияИнститут
биологических проблем криолитозоны
Сибирского отделения
Российской Академии наук
ЯНЦ СО РАН _____ Габышев Виктор Александрович

9.12.2019 г.

Ученый секретарь ИБПК СО РАН,
к.б.н., _____ Шеин Алексей Анатольевич

Подпись заверяю,
специалист по кадрам _____ В. И. Спирина