

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Тикушевой Людмилы Николаевны

«Трансформация водорослевых сообществ водных объектов в зоне влияния магистрального газопровода (Полярный Урал и Большеземельская тундра)», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 –экология (биологические науки)

Актуальность работы. Водоросли – основные продуценты органического вещества, определяющие направление дальнейших превращений вещества и потоков энергии в водных экосистемах, функционирование которых неразрывно связано как с природными геохимическими и гидроклиматическими процессами, так и с разными формами антропогенного воздействия, являются прекрасным биоиндикатором состояния среды их обитания. В связи с возрастающим хозяйственным освоением регионов Крайнего Севера при оценке влияния последствий человеческой деятельности на водные экосистемы важно установить в первую очередь реакцию водных альгоценозов. С этой точки зрения актуальность диссертационной работы Тикушевой Людмилы Николаевны «Трансформация водорослевых сообществ водных объектов в зоне влияния магистрального газопровода (Полярный Урал и Большеземельская тундра)» не вызывает сомнения. Тем более, что данные об изменении состояния альгоценозов под воздействием магистральных газопроводов практически отсутствуют.

Оригинальность и научная новизна диссертационной работы Тикушевой Людмилы Николаевны заключается в том, что автор реализовала попытку к выявлению последствий влияния строительства и эксплуатации магистрального газопровода на состав и структуру альгоценозов водных экосистем Крайнего Севера.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные результаты вносят значительный вклад в понимание закономерностей формирования состава и структуры альгоценозов пресноводных экосистем под влиянием антропогенных факторов. Они могут

быть использованы для разработки научных основ рационального природопользования, для экологического мониторинга, а также для оценки экологического состояния водных экосистем, для совершенствования учебных курсов по водной экологии в ВУЗах.

Структура и объем диссертации.

Диссертационная работа Л.Н. Тикушевой изложена на 212 страницах, состоит из введения, 5 – ти глав, заключения, выводов, списка литературы, насчитывающего 292 источников, в том числе 83 – на иностранных языках, и 7 приложений. Работа проиллюстрирована 12 таблицами и 31 рисунком.

В первой главе диссертационной работы Л.Н. Тикушевой представлен детальный анализ литературы, посвященной альгологическим исследованиям северо-востока Европейской части России, начатым еще в 50-е годы прошлого века. Кроме того, автор проанализировала изменение химического состава и альгологических показателей внутренних вод Большеземельской тундры под влиянием различных форм антропогенного воздействия, в основном связанных с добычей нефти и угля. Из чего следует, что сведения об изменении состояния альгоценозов под воздействием магистральных газопроводов практически отсутствуют, что и послужило основанием для представленного диссертационного исследования. Глава завершается сводной таблицей, обобщающей литературные данные о состоянии водной среды и отдельных альгоценозов при различных степени и формы загрязнения вод исследованного региона.

Замечания к главе 1: в тексте встречается несогласование падежей и неудачные выражения, например, на стр. 18, 3–4 строка сверху « ...происходит накопление поллютантов, в том числе **при непосредственном влиянии водорослей**, в основном перифитона». Каким образом водоросли перифитона влияют на накопление поллютантов? Очевидно, речь идет об участии водорослей в накоплении поллютантов, а не влиянии их на этот процесс. На стр. 18, вторая строка снизу – «**травиализация**» структуры сообществ, лучше просто – «упрощение» структуры, на стр. 19 третий абзац сверху –

«**высокоиндикаторны**» на наличие загрязнений, имеется в виду диатомовые водоросли и т.п.

К сожалению, без внимания остались сведения по фитопланктону 5 озер Большеземельской тундры, полученные И.С. Трифоновой, хотя ссылка на работу автора (Трифорова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990) присутствует в списке литературы диссертации.

Во второй главе описаны природные условия района исследования – восточной части Большеземельской тундры и западного макросклона Полярного Урала: геологическое строение и рельеф местности, климатические особенности, гидрография, почвенно-растительный покров, а также характеристика водных объектов. Показано, что исследуемый район, принадлежащий к бассейну реки Кара, отличается разнообразием по происхождению водоемов и их слабой изученностью, что и предопределило изучение автора гидрохимических и гидробиологических показателей для оценки их современного состояния.

В третьей главе описаны материал и методы исследований, использованных для решения поставленных задач, из которой видно, что автором проанализирован большой трехлетний полевой альгологический материал (2011–2013 гг.), собранный в летний период, когда наблюдается максимальное развитие водорослей, в различных биотопах 5-ти рек и 9-ти озер бассейна р. Кара. Помимо этого для анализа использован обширный материал по различным физико-химическим показателям из поверхностного слоя воды (56 параметров) и донных отложений (11 параметров). Рассчитан коэффициент донной аккумуляции загрязняющих веществ. Для анализа данных использованы различные статистические методы, в частности многомерная статистика, регрессионный и корреляционный анализы, что не дает возможности усомниться в достоверности полученных результатов.

Замечания и вопросы к главе 3: неудачное выражение на стр. 44. ... определение биомассы отдельных клеток измеряли...». Лучше так: определение биомассы осуществляли обычным счетно-объемным стереометрическим методом.

На стр. 45 представлены достаточно неопределенные ссылки на шкалы галобности, которыми пользовалась автор – Прошкина, Лавренко, 1953 и Баринова и др., 2006. Во-первых, в издании Диатомовый сборник (1953) А.И. Прошкиной-Лавренко представлены классы галобности Р. Кольбе (Kolbe (1927) с поправками автора, поэтому правильнее было указывать на шкалу Р. Кольбе с дополнениями А.И. Прошкиной-Лавренко. В книге же С.С. Бариновой с соавторами вообще не указано, чьей классификацией пользовались авторы, разделяя виды на поли-, мезо- и олигогалобы. И уж тем более никак нельзя называть эти группы галобности «общепринятыми», так как существует система солености Van der Werff (1958) и Van der Werff, Huls (1957–1974, а также система галобности Хустедта (Hustedt, 1953, 1957), в основе которой лежит шкала R. Kolbe (1927). Существует также система солености R. Simonsen (1962). И разные авторы используют ту или иную шкалу.

То же касается и экологической шкалы водорослей по отношению к рН воды. Автор скорее всего пользовалась классификацией видов по отношению к рН, представленной в системе Ф. Хустедта (Hustedt, 1939) в упрощенной модификации N. Foged (1960). При этом ацидофилы и ацидобионты рассматриваются в одной группе также, как алкалофилы вместе с алкалобионтами.

Правильно писать вырАвненность, т.е. выравнивание численности или биомассы видов в сообществе, а не вырОвненность (от слова ровный).

На стр. 44 и 46 повторение – какие индексы применила автор для анализа структуры альгоценозов.

В Приложении 5, в котором автор представила Таблицу с аннотированным списком видов, отсутствуют расшифровка сокращений в графах Экология, Температура, Реофильность, Сапробность, Галобность и РН-приуроченность. Непонятно, что такое

«Условный номер водного объекта» и почему это словосочетание оказалось над первым и вторым столбцами, где указаны порядковые номера и названия встреченных таксонов? Неясно, что за цифры представлены для каждого вида в столбцах 3–19? Если это степень обилия видов по шестибальной шкале, то тогда нужно было это указать в Примечании к таблице или в круглых скобках в названии таблицы.

В остальных двух главах (4–5) представлены основные результаты проведенных исследований.

В 4-ой главе дана характеристика исследованных рек и озер, которые разделены на 2 категории: не испытывающие влияние строительства и эксплуатации магистрального газопровода и расположенные в зоне его влияния. Это дает возможность проводить сравнение физико-химических и биологических (альгологических) показателей для оценки последствий влияния строительства и эксплуатации газопровода на различные водные экосистемы.

Детальный анализ гидрохимических показателей в разделе 4.2 показал, что исследованные водные объекты в основном сохраняют свои природные особенности, обусловленные особенностями ландшафта и водосбора. Техногенное загрязнение вод проявляется в зоне влияния газопровода, особенно в оз. Коматы и оз. № 1. Это выражается, прежде всего, в повышенном содержании в водоемах нефтепродуктов и тяжелых металлов. Наиболее чистым является оз. Манясейто, удаленное на 8 км от магистрального газопровода. В разделе 4.3 автор детально раскрывает сущность отрицательного воздействия на водную среду строительства и эксплуатации магистрального газопровода, которое может усугубляться еще и природными особенностями водоемов Крайнего Севера.

Замечания к 4 главе: поскольку раздел 4.3 содержит подробный литературный обзор, в котором раскрыт механизм комплексного антропогенного влияния газопровода на окружающую среду, то, на мой взгляд, эта информация была бы более уместна в первой главе диссертации. Это бы было с самого начала убедительным доказательством

решительной необходимости изучения последствий влияния газопровода на экосистемы окружающих водных объектов.

На стр. 64 в последнем абзаце в единицах измерения цветности вместо знака «°», который уместен для значений температуры, следует писать «град.». Низкий уровень цветности свидетельствует о низком содержании аллохтонного органического вещества, а не высокой пропорции автохтонного, содержание которого определяется скоростью фотосинтеза продуцентов (водорослей, макрофитов).

На стр. 65, последний абзац – не понятно, каким образом высокая доля биодоступных форм азота свидетельствует о не полной их утилизации в трофической пирамиде. Чтобы это утверждать, необходимо рассчитать изотопным методом, какое количество азота переходит от первичнопродуцентов (водорослей) к консументам (потребителям водорослей), а не просто на основании пропорции биодоступных форм азота. Неудачное выражение на стр. 66, 5 строка снизу – «...массовая концентрация анионных...».

В 5-ой главе, которая является ключевой и самой обширной по объему в диссертации, представлен анализ изменения различных альгологических показателей под влиянием абиотических последствий техногенного загрязнения в ходе строительства и эксплуатации магистрального газопровода. Для сравнения альгоценозов применялся редуccionный подход – анализ по доминирующим и индикаторным видам, часто используемый при анализе сообществ.

Сравнительный таксономический анализ не выявил какие-либо особенности конкретных альгофлор отдельных водных объектов, в разной степени подверженных антропогенному воздействию. Наиболее важным фактором формирования состава флор оказалась типология водоема – река или озеро. В целом альгофлора исследованных водоемов имеет общие черты, характерные для таковой высокоширотных регионов.

Сравнение соотношения эколого-географических групп водорослей также не выявил различия между озерами, реками и импактными участками.

Исходя из представленных в табл. 5.2.1 значений различных индексов разнообразия, доминирования и выравненности сделано заключение, что в импактных зонах рек наблюдается снижение разнообразия, выравненности и соответственно увеличение доминирования в альгоценозах. **Поскольку для индексов Шеннона, выравненности, Шелдона и Бергера-Паркера это происходит в 2-х случаях из 3-х, то, на мой взгляд, это утверждение достаточно голословно.**

Наибольший интерес представляет обобщенная схема изменения альгологических и гидрохимических показателей по мере увеличения загрязнения в зоне влияния газопровода (рис. 5.3.6) и обширная таблица 5.4.1, занимающая 9 стр. текста, где на основании литературных данных представлены водоросли – индикаторы исследованных водных объектов.

Исходя из полученных данных, автор резюмирует, что биологическими индикаторами последствий загрязнения газопровода являются изменение видового богатства и структуры альгоценозов, что наблюдается при эвтрофировании, acidификации и осолонения пресных вод. Происходит исчезновение стенобионтных и увеличение числа эврибионтных видов, уменьшение размерности клеток – преобладание короткоцикловых видов, г стратегов. Характер изменения видового богатства носит параболический характер – его увеличение на начальном и среднем уровне загрязнения и снижение в сильнозагрязненных водах. На основании полученных результатов по альгологическим и химическим показателям автор приходит к заключению, что экосистемы изученных водоемов находятся пока в стадии экологического равновесия, которое поддерживается процессами самоочищения. Отдавая себе отчет, что это равновесие не нарушится только в случае эксплуатации газопровода с соблюдением природоохранных мероприятий и нормативов качества водной среды, автор предлагает Программу экологического мониторинга состояния водных объектов в зоне влияния магистрального газопровода, где сформулированы диагностические признаки

загрязнения. Это придает важнейшее практическое значение диссертационной работе Л.Н. Тикушевой.

Замечания к 5 главе: на стр. 80 в таблицах 5.1.1, 5.1.4, на рис. 5.1.2 и в Приложении 5 для эвгленовых водорослей использован латинский эпитет филума *Euglezoa*, которым пользуются протозоологи. Филум один из высших рангов (выше класса, ниже царства) таксономической иерархии в зоологии. В ботанической классификации ему соответствует термин отдел (лат. *divisio*). Поскольку все представленные отделы водорослей автором приведены согласно ботанической номенклатуре с окончанием *-phyta*, то правильнее было применить эпитет *Euglenophyta*;

отсутствует расшифровка обозначений на рис. 5.1.10; трудно различимы обозначения на рис. 5.1.11, 5.3.4 (очень мелкий нечеткий шрифт), что с трудом позволяет оценить полученные результаты;

Вопрос – на стр. 95 в таблице 5.2.1, где представлены величины индексов разнообразия, выравненности и доминирования. Очевидно, это средние значения индексов? Тогда должна быть представлена ошибка среднего значения, чтобы была возможность оценить достоверность различий этих величин. В разделе Методы заявлено использование 6-ти индексов, но в представленной таблице отсутствуют значения индекса Животовского, но присутствуют величины индекса Пиелу (вероятность межвидовых встреч), который не обозначен в «Методах».

На стр. 104, второй абзац: при обсуждении влияния экологических факторов на различные группы водорослей ошибочно дана ссылка на рис. 7, где представлено фото редкого вида из рода *Stigonema*.

На стр. 128 со ссылкой на работу Л.В. Снитыко (2009) автор ошибочно утверждает, что «...не выявлено однозначно установленной связи структуры сообществ фитопланктона с трофическим уровнем водной экосистемы». Первая альгологическая классификация фитопланктонных ассоциаций для вод разного уровня трофии предложена еще в начале 20-ого столетия (Naumann, 1919), продолжала совершенствоваться на

водоемах западной Канады Равсоном (Rawson, 1956), Хатчинсоном (Hutchinson, 1967), в Германии Кюммерлином (Kümmerlin, 1990), предложены трофические индексы коллегами из Швеции (Hörnström, 1981), а также из Эстонии (школа Р. Лаугасте). В настоящее время очень популярны различные фитопланктонные трофические индексы, разработанные для реализации Европейской Водной рамочной директивы (2000): в Норвегии, Австрии и Словении используют индекс BI (Brettum Index), в Германии – PTLI (Phytoplankton Taxa Lake Index), в Швеции и Италии – TPI (Phytoplankton Taxa Index), в Венгрии – индекс сообществ (Q). В основе последнего лежит другой подход, предложенный К. Рейнольдсом с коллегами – оценка качества воды не по индикаторным видам, а по индикаторным сообществам.

В разделе **Заключение** кратко изложена суть выполненного диссертационного исследования – изучена реакция альгологических и гидрохимических показателей рек и озер Крайнего Севера на влияние крупного промышленного объекта – магистрального газопровода и предложена программа экологического мониторинга, которой следует придерживаться при контроле за состоянием природных водных объектов, находящихся в зоне его влияния.

В разделе **Выводы** в краткой форме изложены основные результаты диссертационной работы, которые полностью соответствуют поставленным задачам.

Несмотря на отдельные замечания, которые, главным образом, носят стилистический, редакторский, дискуссионный или рекомендательный характер, автором проделана большая кропотливая работа, которая является существенным вкладом в изучение экологии пресноводных водорослей и биоиндикации.

Диссертационная работа Л.Н. Тикучевой представляет законченное, оригинальное научное исследование. Автореферат полностью отражает содержание рукописи диссертации, все выводы обоснованы, основные положения апробированы на 11-ти конференциях разного уровня и опубликованы в открытой печати (19 публикаций, в том

числе 4 – в рецензируемых научных журналах из перечня изданий, рекомендуемого ВАК РФ, разделы в трех коллективных монографиях).

На основании изложенного можно заключить, что диссертационная работа «Трансформация водорослевых сообществ водных объектов в зоне влияния магистрального газопровода (Полярный Урал и Большеземельская тундра)» отвечает требованиям пп. 9 – 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Тикушева Людмила Николаевна, заслуживает присуждения степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. –экология (биологические науки)

Корнева Людмила Генриховна

доктор биологических наук

по специальности 03.02.08 – экология (биология)

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,

главный научный сотрудник с возложением обязанностей заведующей лабораторией альгологии

152742, Ярославская обл., Некоузский р-он, п. Борок

Тел./ факс 8 48547 24042, e-mail: korneva@ibiw.ru

Тел. 8 (48547) 24 810

07. 11. 2022 г.

Подпись официального оппонента Корневой Людмилы Генриховны заверяю

Ученый секретарь Института биологии
внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
д.б.н. Извекова Г.И.

