

ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА НА ДИССЕРТАЦИОННУЮ РАБОТУ
ПАВЛА ВЛАДИМИРОВИЧА КУЛИЗИНА
«СОСТАВ, СТРУКТУРА И СУКЦЕССИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ВОДОТОКОВ
ЮГА ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ В ПРЕДЕЛАХ ВОДОСБОРА СРЕДНЕЙ ВОЛГИ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по
специальности 1.5.15 –экология (биологические науки)

Актуальность работы. Малые и средние реки, по протяженности составляющие более 95% гидрографической сети РФ, в бассейне которых формируется свыше 50% суммарного речного стока (Ткачев, Булатов, 2002), по-прежнему остаются наиболее слабо изученным звеном в гидрологическом, гидрохимическом и биологическом отношении. В Европейской части РФ режим и питание средних и малых равнинных рек определяет умеренно-континентальный климат. Диффузный сток с водосборных территорий, насыщенный взвесью и различными химическими веществами, при снеготаянии и выпадении атмосферных осадков в значительной степени может обуславливать трансформацию этих водных экосистем. В настоящее время на водосборах водных объектов Европейской части России практически не осталось территорий, не подверженных хозяйственной деятельностью человека. Попадание с водосбора отходов человеческой жизнедеятельности способствует интенсивному загрязнению водоемов. Установлено, что вклад ландшафтов в диффузный сток на левобережье Чебоксарского водохранилища составляет ~90% (Yasinskii et al., 2020). Средние и малые реки наиболее подвержены влиянию водосбора, а изменение их гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических параметров является индикатором последствий влияния как природного, так и антропогенного воздействия.

Базовым компонентом водных экосистем является фитопланктон, осуществляющий важнейшую функцию – синтез первичного органического вещества. Для реализации экологического мониторинга и прогнозирования сукцессионных процессов необходимо, прежде всего, знать закономерности изменения состава и количественных характеристик планктонных альгоценозов равнинных рек. В настоящее время мы до сих пор располагаем весьма скудной информацией как по фитопланктону средних и малых рек России в целом, так и волжского бассейна, в частности, где проживает основная часть населения РФ.

С этой точки зрения актуальность диссертационной работы Павла Владимировича Кулизина «Состав, структура и сукцессия фитопланктона водотоков юга таежной зоны в пределах водосбора Средней Волги» не вызывает сомнения.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа П.В. Кулизина изложена на 209 страницах, состоит из введения, 8-ми глав, заключения, выводов, списка литературы, насчитывающего 331 источник, в том числе 110 – на иностранном языке, и Приложения, включающего аннотированный список видов фитопланктона. Работа проиллюстрирована 27 таблицами и 46 рисунками.

В первой главе диссертационной работы П.В. Кулизина представлен обзор результатов альгологических исследований рек бореальной зоны, нацеленный на выявление закономерностей изменения структуры и разнообразия речного фитопланктона Евразии и Северной Америки как в широтном, так и долготном направлениях. Убедительно показано, что южно-таежные компоненты системы боковой приточности Средней Волги исследованы явно недостаточно, что и определило цели и задачи исследования автора.

Замечания к главе 1: Несмотря на наличие представленной обширной информации, на мой взгляд, не хватает общего систематизирующего заключения, что придало бы главе более конкретный и заверченный характер.

Во второй главе описаны материал и методы исследований, использованных для решения поставленных задач, из которой видно, что автором проанализирован огромный 50-летний полевой альгологический материал (1970–2000-е годы), собранный вдоль продольного профиля трех рек, различающихся своими размерами: большой (р. Ветлуга), средней (р. Керженец) и малой (р. Вишня). Для интерпретации данных применялись как стандартные гидробиологические методы, так и современные методы молекулярно-генетического анализа и электронной микроскопии. Для анализа и интерпретации полученных результатов использованы различные статистические приемы описательной и многомерной статистики, регрессионного и корреляционного анализа, что позволяет не усомниться в достоверности полученных данных.

Замечания к главе 2: Имеются неточности. В автореферате отмечено, что для анализа использованы данные за 1970–2021 гг., а в диссертации – за 1970–2019 гг.

На стр. 48 указано, что подсчет клеток водорослей осуществлялся в камере Нажотта объемом 0.01 мл. Однако камера Нажотта имеет объем 0.05 мл (см. описание <https://hawksley.co.uk/products/nageotte-double-cell>), больше похожа на камеру Фукс-Роченталя и более пригодна по глубине и объему к учету морского фитопланктона. Очевидно, автор имел в виду счетную камеру «Учинская –2, описание которой представлено К.А. Гусевой в серийном издании «Жизнь пресных вод», 1956. Т. 4. С. 151–154. Сходство камеры Учинской с камерой Нажотта заключается только в количестве (40) вертикальных полос (лазерных насечек) на дне камеры.

На стр. 50 указано, что оценка отношения видов водорослей к pH проведена по шкале Хустедта со ссылкой на работу Н.Н. Давыдовой (1985). В шкале Ф. Хустедта (Hustedt, 1939) присутствуют ацидобионты и алкалибионты, которые были упрощены Фогедом (Foged, 1960). Вот эту упрощенную шкалу и использовала Н.Н. Давыдова. Поэтому правильнее было бы написать, что использовали систему Ф. Хустедта (Hustedt, 1939) в упрощенной модификации N. Foged (1960) вслед за Н.Н. Давыдовой (1985). То же самое и относительно системы галобности Кольбе. Правильнее писать: использовали шкалу R. Kolbe (1927) с дополнениями А.И. Прошкиной-Лавренко (1953).

В методической части диссертационной работы отсутствует описание расчета индекса EQR, который аннотирован в автореферате на стр. 8, а его величины проанализированы в заключительной 8-ой главе диссертации.

Третья глава диссертации посвящена детальному описанию физико-географических и гидрохимических характеристик исследованных рек, что позволяет соотнести сукцессионные и пространственные изменения в фитопланктоне рек в последующих главах диссертации с варьированием абиотических параметров среды.

В остальных пяти главах (4–8) представлены основные результаты проведенных исследований.

В 4-ой главе проанализирован состав альгофлоры исследованных рек с использованием различных сравнительно-флористических приемов: кривых Виллиса, оценки ранговых соотношений, коэффициента вариации и кумулятивных кривых. Дана оценка степени сходства таксономического состава конкретных флор рек и соотношения различных эколого-географических групп альгофлор рек в целом. Использование автором для оценки разнообразия и видового состава криптофитовых водорослей молекулярно-генетических методов, а чешуйчатых золотистых и центрических диатомовых – методов электронной микроскопии позволило расширить список видов водорослей, идентифицированных в реках до сих пор только по морфологическим критериям с помощью световой микроскопии. Кулизиным П.В. выявлено 29 новых видов водорослей для региона и РФ и потенциально новый вид для науки. Установленный факт, что за последние 50 лет состав альгофлор отдельных водотоков обновился наполовину, лишний раз подтверждает о серьезных трансформациях водных экосистем, происходящих в современных условиях изменения климата и усиливающегося антропогенного воздействия.

Замечания к 4 главе: Непонятно, на основании каких данных (не указано за какой период исследования, какие годы?) составлен общий список фитопланктона исследованных рек.

На мой взгляд (для дискуссии), при ранжировании крупных таксонов неудачно использована номенклатурная единица – латинский эпитет филума? Ochrophyta, выделенный британскими специалистами Т. Кавалье-Смит и Э. Чао (1986, 2006). Возможно, это дело вкуса, но тогда нужно указывать автора классификации, которой придерживался автор диссертационного исследования. Ochrophyta – это группа гетероконтовых фотосинтетиков, куда входят также бурые и диатомовые водоросли, но в другом статусе – как классы с окончанием -phyceae. Если автор диссертации диатомовые водоросли выделил в ранг отдела с окончанием -phyta, то, что осталось в охрофитовых? По сути, это в основном золотистые водоросли, т.к. желтозеленые и рафидофитовые всегда немногочисленны в планктоне. Диатомовые, золотистые, желтозеленые и рафидофитовые водоросли обладают различной экологической и функциональной специализацией и для экологической работы было бы уместнее использовать не протозоологическую, а ботаническую классификацию, которая принята, например, авторитетными специалистами из Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины в своем многотомном издании *Algae of Ukraine* (2006, 2009, 2011, 2014, 2015). Тогда в частности диатомовые и золотистые водоросли приобретут равный не только экологический, но и таксономический статус.

В 5-ой главе, которая является ключевой и самой обширной по объему в диссертации, представлен анализ пространственно-временной динамики различных структурных показателей планктонных альгоценозов (численности, биомассы, состава доминирующих видов, соотношения морфо-функциональных групп водорослей, индексов разнообразия и размерности клеток) изученных рек (разделы 5.1, 5.2, 5.3). Из полученных результатов видно, что невысокие скорости течения (0.2–0.4 м/с) и небольшие глубины рек определяют доминирование в планктоне наряду с бентосными пеннатными диатомовыми, зеленых жгутиковых и миксотрофных фитофлагеллят (динофитовых, золотистых и эвгленовых водорослей). Более того, выявлен достоверный положительный многолетний тренд биомассы динофлагеллят за последние 30 лет (начало 1990-х – 2020-е гг.) в р. Керженец. Увеличение представленности в планктонных альгоценозах миксотрофных фитофлагеллят в последние десятилетия прослеживается также и в водохранилищах Волги. Исходя из полученных данных, по биомассе фитопланктона автор дает оценку трофического статуса рек – основной интегрирующей характеристике водных экосистем, который оказался значительно ниже, чем по содержанию общего фосфора – основного лимитирующего фактора эвтрофирования пресноводных экосистем. Подобное явление часто наблюдается в различных реках и водохранилищах и связано со снижением биодоступности фосфора, что может компенсироваться увеличением обилия

жгутиковых бактериофагов, которые используют бактериальный фосфор. Павлом Владимировичем убедительно продемонстрировано также, что скорость многолетнего роста численности фитопланктона в реках выше, чем его биомассы. Это свидетельствует о том, что в ходе многолетней сукцессии размерность клеток водорослей уменьшалась, что подтвердилось достоверным отрицательным трендом многолетней динамики среднеценотического объема клеток в реках Керженец и Ветлуги, представленным на рис. 5.3.6 в разделе 5.3 диссертации. Уменьшение размерности организмов всех трофических уровней, увеличение пропорции короткоциклового быстрорастущих видов, т.е. г стратегии, – один из признаков роста трофии вод. Увеличение участия в структуре потамопланктона миксотрофных фитофлагеллят, способных к фаготрофии, вероятно, можно рассматривать как способ адаптации экосистемы к увеличению трофии, который обеспечивает более эффективный перенос энергии с меньшим отвлечением на детритный путь. Выявленные автором многолетнее увеличение ценотического разнообразия, выравнивания и соответственно снижения доминирования, а также максимальные значения индекса Шеннона в летний период в потамоценозах исследованных рек показывает, что при незначительном многолетнем увеличении биомассы в стадии олиго-мезотрофии подобный рост может быть обусловлен абиотическими факторами, в частности, повышением температуры воздуха и воды, которое прослеживается с середины 1970-х годов в водоемах Европейской части РФ (Второй оценочный доклад Росгидромета ..., 2014). Одновременное увеличение биомассы и видового разнообразия фитопланктона наблюдается на хорошо и быстро прогреваемых мелководьях водохранилищ.

Замечания к 5-ой главе: плохо различимы обозначения на рис. 5.1.2, 5.1.3, 5.1.6, 5.1.7 – очень мелкий нечеткий шрифт, неразборчивый узор легенды, что с трудом позволяет оценить полученные результаты. Это относится к шрифту и рисункам автореферата. На рисунке 5.3.6 по оси ординат нанесено обозначение буквой V, которое в методической главе расшифровано, как средний арифметический объем, а в подписи под рисунком написано – изменение среднеценотического объема. Вопрос – на рис. 5.3.6 изображена многолетняя динамика среднеценотического или среднего арифметического объема клеток?

В главе 6 автором проанализировано изменение различных флоро-ценотических показателей фитопланктона вдоль продольного профиля р. Ветлуги в направлении от истока к устью. Статистически доказано, что концепция «речного континуума» не приемлема для рек подобного типа, которые протекают в пределах постоянно меняющегося ландшафта. Убедительно показано, что биомасса фитопланктона

увеличивается от истока к устью реки (зона экотона), а максимальное ценотическое разнообразие наблюдается в среднем течении, в зоне наибольшей боковой приточности.

В главе 7 Павел Владимирович детально описывает современную экологическую проблему биологических инвазий чужеродных видов и региональную ситуацию с инвазийными видами фитопланктона в водоемах волжского бассейна. Основная часть выявленных автором видов-вселенцев в фитопланктоне исследованных рек встречается и в водохранилищах Волги. Впервые среди инвейдеров в реках Керженец и Ветлуга обнаружен бентосный представитель диатомовых водорослей *Plagiotropis lepidoptera* var. *proboscidea* – обитатель морских, солоноватоводных и высокоминерализованных вод. Находки трех таксонов *Gonyostomum semen*, *Unruhduinidium kevei* и *Plagiotropis lepidoptera* var. *proboscidea* были подтверждены молекулярно-генетическими методами, что безусловно является большим успехом автора. Эта глава диссертации имеет большое значение для выявления динамики ареалов натурализовавшихся видов-вселенцев и последствий их воздействия на аборигенную альгофлору и окружающую среду.

В главе 8 проведена оценка качества вод исследованных рек на основании традиционных методов сапробиологического анализа (метод Пантле-Букк в модификации В. Сладечека), предназначенного для оценки органического загрязнения, и с помощью индекса сообщества Q, разработанного венгерскими специалистами для реализации Европейской Водной рамочной директивы с целью сохранения и восстановления водных экосистем. Индекс Q используется для оценки последствий суммарного антропогенного и природного воздействия на водные экосистемы и общего состояния водоемов. Автор диссертации обнаружено некоторое несоответствие в оценке качества речных вод по индексу сапробности (100% «умеренное загрязнение» всех рек) и индексу сообщества Q (в 72% случаев – «хорошее» состояние рек). Это может быть связано с тем, что в первом случае биоиндикация проводится по соотношению индикаторных видов органического загрязнения, во втором – по соотношению морфо-функциональных групп (сообществ), адаптированных к определенному комплексу абиотических факторов. Кроме того, возможно, авторами индекса Q применялись иные критерии в оценке класса вод «плохое – хорошее», чем таковые при оценке последствий загрязнения легкоусвояемым органическим веществом, которое синтезируется в водоеме. Все это наводит на мысль о комплексном использовании различных показателей в биоиндикации качества вод. Результаты главы 8 несомненно придают важнейшее практическое значение диссертационной работе П.В. Кулизина.

В разделе **Заключение** кратко изложена суть выполненного диссертационного исследования – изучены динамика и распределение флоро-ценотических альгологических

показателей планктона трех разных по протяженности рек – притоков левобережья Средней Волги в широтно-зональном и сукцессионном аспектах.

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

Замечание – неудачное выражение «*высокотрофных цианопрокариот*» на стр. 172, которое встречается и в некоторых других разделах текста диссертации. Водоросли не могут быть мало- или высокотрофными. Использование подобных терминов правомерно применять к водным экосистемам в целом и отражает уровень их продуктивности (или урожайности, кормности по старой терминологии). Водоросли – индикаторы тех или иных трофических условий в водоеме. С точки зрения трофологии водоросли могут быть облигатными или факультативными автотрофами (фотосинтетиками), миксотрофами, фаготрофами, паразитами и т.п.

Несмотря на отдельные замечания, которые, главным образом, носят стилистический, редакторский, дискуссионный или рекомендательный характер, автором проделана большая интересная работа, которая является существенным вкладом в изучение экологии речного фитопланктона.

Оригинальность диссертационного исследования Павла Владимировича Кулизина заключается в том, что на основании обширных многолетних материалов (1970–2020-е гг.) по фитопланктону трех разных по протяженности притоков Чебоксарского водохранилища выявлены новые закономерности широтного распределения таксонов водорослей высшего ранга (отделов) в направлении с севера на юг и изменения структурных параметров потамопланктона в ходе многолетней сукцессии. Несмотря на рост трофии речных вод, трансформацию альгоценозов в сторону увеличения обилия миксотрофных фитофлагеллят, 50% обновление состава альгофлор планктона рек, увеличение ценотического разнообразия, пропорции мелкоразмерной фракции водорослей и внедрение не только планктонных, но и бентосных чужеродных видов **сезонная динамика фитопланктона характеризовалась удивительным постоянством.** Выявление этих закономерностей было осуществлено автором путем использования не только традиционной классической методологии гидроэкологических исследований, но и современных методов электронной микроскопии и молекулярно-генетического анализа. Последние позволили выявить 29 видов водорослей – новых для региона и России и потенциально новых для науки.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные результаты вносят существенный вклад в понимание закономерностей формирования состава и структуры планктонных альгоценозов лотических экосистем под влиянием природных и

антропогенных факторов. Они могут быть использованы для разработки научных основ рационального природопользования, для экологического мониторинга, а также для оценки экологического состояния и качества поверхностных вод и для совершенствования учебных курсов по водной экологии в ВУЗах.

В целом диссертационная работа П.В. Кулизина представляет законченное, оригинальное научное исследование. Автореферат полностью отражает содержание рукописи диссертации, все выводы обоснованы, основные положения апробированы на 18-ти конференциях разного уровня и опубликованы в открытой печати (23 работы, из которых 7 – в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ, 1 – коллективная монография).

На основании вышеизложенного можно заключить, что диссертационная работа «Состав, структура и сукцессия фитопланктона водотоков юга таежной зоны в пределах водосбора Средней Волги» 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, Кулизин Павел Владимирович, безусловно заслуживает присуждения степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 – экология (биологические науки)

Корнева Людмила Генриховна

доктор биологических наук

по специальности 1.5.15. (03.02.08) – экология (биологические науки)

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

31. 03. 2023 г.

