

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу  
**Очеретяна Светланы Олеговны** «Видовой состав и структура альгосообществ «зеленых приливов» в Авачинской губе и устойчивость зеленых водорослей-макрофитов к неблагоприятному воздействию», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08-Экология (биология)

Диссертационная работа **Очеретяна Светланы Олеговны** – это обобщение результатов многолетних исследований сообществ зеленых водорослей-макрофитов в условиях Авачинского залива. Типичная современная ситуация, когда крупный, удобный морской залив с высокой продуктивностью и биоразнообразием превратился в деградированную экосистему, когда ранее чрезвычайно разнообразные литоральные бентосные сообщества представлены только сообществами зеленых водорослей. Не вызывает сомнений, что изучение структурной организации интенсивно эксплуатируемых прибрежных морских экосистем является весьма актуальной и своевременной задачей.

Работа имеет научное и практическое значение. С научной точки зрения представляется важным изучение устойчивости зеленых водорослей к стрессовому воздействию абиотических и антропогенных факторов, насколько их сообщества способны «решать» вопросы первичного продуцирования при сложившейся экологической ситуации, являющейся катастрофической для бентоса в целом. Диссертация, несомненно, имеет большое прикладное значение, поскольку сообщества зеленых водорослей как первичных продуцентов являются главными участниками биоремедиации прибрежных вод при сильном антропогенном загрязнении. Это исследование предлагает пути решения вопросов с точки зрения оценки экологического состояния морского залива, так и возможности восстановления неблагополучной ситуации.

Характеризуя диссертационную работу в целом, следует отметить, что представленное исследование значительно расширяет представления о современном состоянии экосистемы Авачинского залива, подверженной значительному антропогенному влиянию, и о таком характерном для настоящего времени явлении как «зеленые приливы» в условиях Камчатки.

Рецензируемая диссертационная работа представляет собой рукопись объемом 191 страница, включая список литературы и приложения. Список литературы включает 282 источника, из них 219 – работы зарубежных авторов. Текст диссертации занимает 161 страницу и состоит из введения, шести глав, выводов. Иллюстративный материал содержит 50 рисунков и 29 таблиц. Структура работы – четкая.

Во введении (стр. 3-9) представлена общая характеристика диссертации. Здесь дается описание актуальности, научной новизны и практической значимости диссертации, выносимых на защиту положений, четко формулируются цели и задачи работы, приводятся другие формальные сведения, требуемые от диссертанта.

Сквозь всю работу прослеживаются две линии: 1) исследование разнообразия зеленых макроводорослей, формирующих «зеленые приливы», сезонной и межгодовой динамики их сообществ, 2) изучение влияния комплекса абиотических и антропогенных факторов на морфофизиологическое состояние зеленых водорослей, их устойчивость к экстремальным воздействиям.

Первая глава «Обзор литературы» (стр. 10-17) состоит из трех небольших частей. В первой части представлен краткий обзор о становлении таксономии зеленых водорослей. Во второй части главы дана историческая справка об альгологических исследованиях в Авачинской губе. Показано по литературным данным, что в результате антропогенного загрязнения количество видов макроводорослей в Авачинской губе уменьшилось в три раза; у городского побережья губы появились «зеленые приливы». В третьей - также кратко характеризуются «зеленые приливы» как биоэкологическое явление, которое стало типичным в настоящее время для многих морских акваторий. Делается заключение, что структура и динамика сообществ зеленых водорослей, формирующих «зеленые приливы» в условиях восточного побережья Камчатки, изучены недостаточно.

Во второй главе «Общая характеристика района исследования» (стр. 18-24) представлена физико-географическая характеристика Авачинской губы, сведения о гидрологических и гидрохимических условиях, данные о сложившемся уровне загрязнения (фенолы, СПАВ, тяжелые металлы, нефтепродукты) морских прибрежных вод. Показана экологическая ситуация в Авачинской губе с точки зрения обитания водорослей, свидетельствующая о нарастании антропогенного воздействия на экосистему Авачинского залива, которая и привела к резкому снижению биоразнообразия макроводорослей.

Представленные в первой и второй главах материалы дают основания считать, что автор хорошо ориентируется в научной литературе, что касается объекта и предмета выполненных исследований.

Из третьей главы «Материалы и методы исследований» (стр. 25-32) видно, что работа основана на большом фактическом материале, который был собран лично автором на суровом восточном побережье Камчатки в период 2009-2016 гг. Наблюдения в природе за развитием сообществ зеленых водорослей сопровождаются микроскопическим изучением видов в лаборатории и экспериментальными исследованиями физиологического состояния водорослей в ответ на стрессовые воздействия абиотических факторов.

Сезонная и многолетняя динамика видового состава сообществ зеленых водорослей изучалась на выбранных полигонах с использованием гидробиологических методов сбора и обработки материала. В лаборатории выполнены микроскопические исследования зеленых водорослей с помощью стандартных морфологических и анатомических методов. Освоены методы длительного культивирования водорослей в условиях лаборатории. На современном оборудовании с использованием стандартных химических методов проведены анализы по определению загрязнения воды и водорослей тяжелыми металлами, нефтепродуктами и фенолами. Общая экологическая оценка состояния Авачинской губы основана как на собственных данных, так и привлечением интернет-источников. Для подтверждения научных положений, основанных на наблюдениях в природе, проведены экспериментальные исследования влияния факторов среды (замораживание, высушивание) - оценка абиотического стресса на физиологическое состояние зеленых водорослей

Таким образом, автор работы использует современные и стандартные методы морфо-анатомических, экологических, химических и гидробиологических исследований. Методика работы изложена четко, используется большой массив оригинальных данных, автор владеет материалом в полной степени и адекватно их анализирует, все это позволяет доверять результатам, представленным в диссертационной работе.

Результаты выполненных исследований и их обсуждение представлены в главах 4, 5 и 6. В главе 2 рассматриваются вопросы видового разнообразия водорослей (уровень видов) - лабораторные микроскопические исследования зеленых водорослей. Во второй

главе представлены исследования сообществ зеленых водорослей в природных условиях, сезонной и многолетней динамики разнообразия. А в главе 6 представлены и обсуждаются материалы экспериментальных исследований по влиянию абиотических и антропогенных факторов на физиологическое состояние зеленых водорослей.

Одно из достоинств данной диссертационной работы – её логичное построение.

Итак, глава 4 «Альгофлора водорослей-макрофитов, участвующих в формировании «зеленых приливов» в Авачинской губе» (стр. 33-100) - это ключевая в данной работе.

В разделе 4.1 представлена морфо-экологическая характеристика видов зеленых макроводорослей, участвующих в формировании так называемых «зеленых приливов». По результатам собственных исследований для 27 видов зеленых водорослей приводятся подробно следующие материалы: морфологические и анатомические особенности видов; географические данные - ареал; распространение у берегов Восточной Камчатки; биоэкологические - особенности обитания и сезонной вегетации, отношение к загрязнению. Такого рода материалы представлены достаточно стандартно.

Анализ видового разнообразия зеленых водорослей Авачинской губы содержится в разделе 4.2, в этой части выявлены фитогеографические особенности альгофлоры зеленых водорослей Авачинской губы. Из материалов работы следует, что альгофлора включается во флору всех районов Мирового океана, сходство со многими флорами находится на уровне 40 %. Виды, входящие в состав зеленых приливов, характеризуются мультizonальным и космополитным распространением, что говорит о высокой степени приспособленности целого ряда зеленых водорослей к широкому диапазону изменений факторов среды. Интересный, нетрадиционный подход к анализу фитогеографических данных.

Из возможных замечаний: например, при проведении фитогеографического анализа можно было бы использовать статистические методы для сравнения полученных обширных материалов.

Из данной главы видно знание флоры морских бентосных водорослей. Автора отличает хорошее владение собственным материалом о морфо-экологических особенностях видов зеленых водорослей в районе исследования и в целом в Мировом океане. Зеленые водоросли - группа сложная для определения, поскольку они обладают широкой морфологической изменчивостью в связи с факторами среды.

В работе содержатся отличные фотографии водорослей на разных стадиях развития, сделанные как в природных условиях, так и в лаборатории при разном увеличении под микроскопом.

При составлении списка видов используется международная база данных AlgaeBase, принятая альгологами всего мира. Поскольку биологи сейчас все виды переименовали, то представляется важным, что в диссертационной работе даются не только новые названия видов, но и приводятся и старые, при наличии хороших фотографий – все это позволяет ориентироваться в представленных материалах и по достоинству оценить, что сделано автором данного исследования.

Глава 5 «Характеристика сообществ водорослей, формирующих «зеленые приливы» (с. 101-135) содержит материалы по составу и структуре литоральных фитосообществ в связи с сезонной динамикой факторов среды (температура воздуха, облачность, температура воды, уровень приливо-отливных колебаний) на протяжении нескольких лет.

В разделе 5.1 обсуждаются условия произрастания водорослей на литорали в Авачинской губе. Подробно анализируется сезонная динамика погодных (по данным гидрометеослужбы г. Петропавловск-Камчатский) и гидрологических условий, которые в комплексе и определяют динамику развития зеленых водорослей. Показано, что характеристики условий обитания на литорали в разные года весьма изменчивы,

соответственно была изменчива и структура сообществ; определенные сочетания факторов среды. Даже незначительные изменения температуры воды оказывали существенное влияние на скорость протекания жизненных циклов, стимулировали или подавляли развитие тех или иных видов. Это влияло на сезонный ход структуры фитосообществ в целом. Привлекательны фото, регистрирующие сезонные изменения в конкретном одном и том же месте.

Замечание к данной части работы – не хватает количественных данных по биомассе или численности при характеристике сообществ зеленых водорослей, что представляется важным для сравнительных оценок состояния экосистемы и динамики первичных продуцентов при многолетнем мониторинге.

Во втором разделе пятой главы показаны результаты исследований сезонной динамики видового состава и структуры сообществ зеленых водорослей. Исследования показали, что на трех горизонтах литорали (разная степень «осушки») сообщества зеленых водорослей развиваются по определенному сценарию на протяжении года. Наблюдается закономерная смена доминирующих комплексов на протяжении вегетационного периода.

Известно, что сценарии сезонной динамики развития, например, фитопланктона (видов с коротким жизненным циклом) могут разными, запуск того или иного сценария определяется сочетанием абиотических факторов, важными являются и биотические взаимодействия. При обсуждении и анализе данных по сезонной динамике развития зеленых водорослей как фототрофных организмов не хватает данных по сезонному изменению фотопериода и интенсивности света в районе исследования.

В разделе 5.3 обсуждаются материалы межгодовых изменений структуры сообществ зеленых водорослей. Зарегистрированы и хорошо документированы данные о состоянии сообществ зеленых водорослей на протяжении всего года, в течение нескольких лет, на одних и тех же местах. Поэтому есть полное доверие представленным в работе результатам. На примере ведущих видов «зеленых приливов» показана сезонная динамика развития на протяжении трех лет (2009-2011) в связи с приливно-отливной ритмикой, изменениями температуры воздуха и воды, уровнем антропогенного воздействия. Сравнение особенностей вегетации позволило выделить несколько групп видов: 1) весенне-осенний холодноводный комплекс, 2) летний и раннеосенний тепловодный комплекс, 3) асезонные виды, 4) короткоциклические виды с ограниченным периодом вегетации.

Полученные материалы сведены воедино на рисунках (рис. 35-38), на которых представлены данные о видовом составе и ценотической роли (в форме редко, часто, массово) представителей зеленых водорослей различных комплексов (по группам видов: холодноводных и тепловодных комплексов, асезонные виды, короткоциклические виды). С одной стороны – удобно для понимания, рисунки очень информативны, с другой стороны – перегружены. Обозначения на рисунках не в полной мере представлены в подписях к рисункам и без текста не читаются.

При выделении сезонных комплексов хотелось бы увидеть и акцент на годовую динамику фотопериода. Известно, что температура и фотопериод, действуя взаимосвязано, определяют распространение и встречаемость макроводорослей.

В заключительном разделе (5.4) пятой главы обсуждаются сезонные изменения структуры альгоценозов, в первую очередь, относительно высокого уровня эвтрофикации, кроме того учитывались такие факторы как температура, концентрация биогенов, колебания солености. Исследования выполнены в условиях искусственно сооруженного участка берега (так называемые «карманы дамбы»), где сформировался особый альгоценоз зеленых водорослей. Отмечаются огромные размеры некоторых видов водорослей при высокой концентрации биогенов и уменьшение – других. Выявлен высокий уровень конкурентности зеленых водорослей, обитающих в литоральной зоне, за

пространственные и трофические ресурсы. Это важная часть выполненных исследований, имеющая практическое значение.

Глава 6 «Особенности воспроизводства и стратегия выживания некоторых видов зеленых водорослей в условиях загрязнения» (с. 136-158). В заключительной части работы еще раз продемонстрирована очень высокая устойчивость водорослей, входящих в состав «зеленых приливов», как к комплексному антропогенному загрязнению, так и к стрессовому воздействию таких абиотических факторов как высушивание, замораживание, температурный шок – с резким изменением этих показателей в течение суток литоральные водоросли сталкиваются регулярно на протяжении года.

В первом разделе этой представлены материалы и их анализ по воздействию комплексного загрязнения на состояние зеленых водорослей. Для разных мест, с разным типом загрязнения анализируется:

- видовой состав сообществ, относительная встречаемость видов, их стадия развития (фертильная-стерильная), аномалии развития, эпилбионты (часто сине-зеленые водоросли; нередко диатомовые);

- абсолютное и относительное содержание тяжелых металлов (медь, цинк, свинец, кадмий, никель) нефтепродуктов, фенолов у зеленых водорослей, встречающихся у причальных сооружений в разных местах с разным уровнем антропогенного воздействия. В каждом из мест имеются свои особенности.

Показано, что зеленые водоросли аккумулируют загрязняющие вещества из окружающей среды в концентрациях, значительно превышающих их уровень в водной среде. Другие таксономические группы (бурые и красные) не выдерживают такого уровня загрязнения. По уровню накопления загрязняющих веществ (тяжелые металлы, фенолы, нефтепродукты) зелеными водорослями можно судить о степени загрязнения района исследования. Все изученные виды имели аномалии развития, аномалии клеток, что отражает физиологическое состояние водорослей в условиях хронического антропогенного загрязнения.

Сделано заключение, что зеленые водоросли могут служить видами-индикаторами антропогенного загрязнения и видами-мониторами при комплексной оценке экологического состояния морских прибрежных вод.

Раздел 6.2 посвящен вопросу адаптационных стратегий выживания водорослей в стрессовых условиях среды. Вся работа свидетельствует о высокой степени выживаемости зеленых водорослей в условиях катастрофического антропогенного загрязнения.

Широкое распространение зеленых водорослей на литорали восточной Камчатки, особенно в зоне супралиторали и верхнем горизонте, - также свидетельство широкого толерантного диапазона к солености, высушиванию (продолжительности обсыхания), температуре (как низкой, так и высокой). Все наблюдения в природе говорят о высокой «живучести» зеленых водорослей. Для демонстрации и научного подтверждения данного положения были поставлены эксперименты по влиянию иссушения, заморозки, температурного шока.

Четко поставленные эксперименты, эксперименты длительные, что свидетельствует об аккуратности автора работы при лабораторном культивировании зеленых водорослей.

В целом данная глава хорошо документирована и не вызывает замечаний, относительно обсуждения представленных данных. Совокупность теоретических положений, сформулированных в данной главе, позволяет рассматривать эту работу как серьезное научное достижение в области биоэкологии.

Положениям, выносимым на защиту, в диссертационной работе дано развернутое обоснование.

Завершается диссертация разделом «Выводы» (с.159-161). Все 9 сделанных автором выводов не вызывают сомнений.

Рукопись диссертационной работы завершается списком литературы (с.162-184).

Приложение (с.185-191) содержит три таблицы о распространении видов трех родов зеленых водорослей в Мировом океане.

Представленную С. О. Очеретяна диссертацию отличает тщательность и продуманность выполнения, логичность в представлении материала, детальность в подтверждении научных положений, четкое понимание закономерностей структуры фитоценозов зеленых водорослей и стратегии выживания видов в условиях жесткого антропогенного загрязнения. Автор работы продемонстрировал отличное понимание флоры зеленых водорослей восточной Камчатки.

Автореферат написан четким понятным языком, соответствует рукописи диссертационной работы. Автореферат хорошо иллюстрирован. (Однако в автореферате встречается рисунок, на котором обозначения практически не видны.)

Содержание диссертации соответствует указанной специальности.

Работа хорошо иллюстрирована и оформлена, написана красивым русским языком, поэтому читается с большим интересом. Диссертация выглядит цельной и комплексной.

Основные защищаемые автором положения в достаточной мере обоснованы фактическим материалом, раскрыты в автореферате и 19 работах, опубликованных по теме диссертации, из них 4 – в рецензируемых научных журналах из списка ВАК. Результаты работы апробированы на международных, федеральных и региональных симпозиумах и конференциях.

Учитывая новизну и оригинальность полученной информации, ее важность для решения актуальных задач в области морской экологии хотелось бы видеть по этой проблеме научную монографию автора. А фотографии видов водорослей и ландшафтов морского побережья восточной Камчатки и описание ведущих видов представить в популярном издании для широкого круга читателей. Следует рекомендовать использование полученных результатов в учебных университетских курсах по морской биологии, частной гидробиологии и экологии водных сообществ.

Диссертационная работа *Очеретяна Светланы Олеговны* «Видовой состав и структура альгосообществ «зеленых приливов» в Авачинской губе и устойчивость зеленых водорослей-макрофитов к неблагоприятному воздействию» имеет теоретическое и практическое значение, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам, соискатель заслуживает присуждения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08- Экология (биология).

Зав. кафедрой биологии  
Мурманского государственного технического университета,  
доктор биологических наук, профессор

14.04.2017 г.

Е.В.Шошина

183010 Россия, г.Мурманск,  
Ул.Спортивная, 13, МГТУ  
Раб. тел 8 (8152) 40 33 53  
Моб +7 921 175 82 31  
E-mail: shoshinaev@gmail.com

Подпись Шошиной Е.В. заверяю  
Ученый секретарь ФГБОУ ВО «МГТУ»

Пронина Т.В.

