



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ЗИН РАН)**

Университетская наб., д. 1, Санкт-Петербург, 199034

Тел.: (812) 328-03-11

Факс: (812) 328-29-41, (812) 328-02-21,
(812) 714-04-44

E-mail: admin@zin.ru, office@zin.ru,
WWW: <http://www.zin.ru>

ОКПО 02698571, ОГРН 1027800535091,
ИНН/КПП 7801043337/780101001

14.03.2017г № 12505-621.5
На № _____ от _____



УТВЕЖДАЮ
Директор
Зоологического института
Российской академии наук
академик РАН

О.Н. Пугачев ✓

« 14 » марта 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Зоологический институт
Российской Академии наук (ЗИН РАН) на диссертационную работу

Волощук Екатерины Васильевны

«Оценка влияния абиотических и биотических факторов на экологическое состояние
придонных вод и донных отложений Финского залива в условиях изменения климата»,
представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по
специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле)

Цель диссертационной работы Е.В. Волощук заключается в оценке влияния изменения климата и биоирригационной активности недавно вселившихся в Балтийское море полихет *Marenzelleria* spp. на процессы эвтрофирования восточной части Финского залива Балтийского моря. Эвтрофирование прибрежных морских вод в настоящее время приобрело глобальный характер. Эта проблема весьма актуальна для Балтийского моря. Финский залив, в особенности его восточная часть, является одним из наиболее эвтрофированных районов Балтики. В связи с этим актуальность диссертационной работы Е.В. Волощук не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников. Общий объем работы 122 страницы. Список литературы включает 162 источника, из которых 122 на иностранных языках.

Во введении обосновывается актуальность проблемы, степень ее изученности, указываются цели и задачи работы. Подчеркивается важность придонного кислородного режима в процессе эвтрофирования Финского залива. Указывается, что вследствие развития внутренней биогенной нагрузки такое последствие эвтрофирования как гипоксия становится причиной его дальнейшего усиления, образуя так называемый «порочный круг» эвтрофирования.

В главе 1 рассмотрены особенности формирования геохимического состава придонных вод и донных отложений в районе исследований. Особое внимание при этом уделено наиболее важным для решения поставленных задач кислородным условиям и влиянию на них климатических изменений. Автором выявлены причины и механизм возникновения гипоксических явлений в глубинных водах восточной части Финского залива.

Глава 2 посвящена инвазии чужеродных полихет рода *Marenzelleria* в Балтийское море. В ней приводится краткий обзор видов-вселенцев в Финском заливе. Описываются особенности экологии чужеродных полихет, последствия их деятельности для биологических и геохимических процессов в балтийских экосистемах, динамика процесса инвазии *Marenzelleria* spp. в разных районах Балтийского моря, включая Финский залив. На основе собственных материалов проанализировано влияние физико-химических факторов на распределение полихет в восточной части Финского залива.

Глава 3 посвящена оценке влияния *Marenzelleria* spp. на геохимические изменения в донных отложениях на основе данных натуральных наблюдений и результатов моделирования. Рассмотрена пространственно-временная изменчивость физико-химических характеристик придонных вод и донных отложений Финского залива по данным натуральных наблюдений. Проведена оценка влияния *Marenzelleria* spp. на содержание веществ в твердой фазе донных отложений. Было выявлено, что при высокой численности полихет в поровых водах снижается концентрация фосфатов, нитратов и аммония вследствие их захоронения в твердой фазе донных отложений и/или выхода в придонную воду. Сделан вывод, что биотурбационная деятельность полихет также приводит к снижению захоронения органического углерода в верхнем слое донных отложений. Из материалов этой главы особенно значительный интерес представляют результаты модельных расчетов распределения биогенных соединений в поровых водах донных отложений под воздействием биоирригационной активности полихет *Marenzelleria* spp. Для выполнения расчетов автором была адаптирована для условий Финского залива бентосная диагенетическая модель CANDI, проведена верификация модели по данным натуральных наблюдений. Согласно модельным оценкам, биоирригация

донных отложений полихетами через 5 лет может снизить запасы фосфатов и аммония в поровых водах в 2.6 и 1.6 раза, соответственно. По результатам главы сделан вывод, что деятельность *Marenzelleria* spp. может существенно снизить внутреннюю биогенную нагрузку на экосистему восточной части Финского залива.

В главе 4 представлен прогноз будущего экологического состояния Финского залива в условиях изменения климата и с учетом воздействия полихет *Marenzelleria* spp., выполненный с помощью модифицированной трехмерной эко-гидродинамической модели эвтрофикации Балтийского моря SPBEM. В главе приводится краткое описание модели и модификации подмодели бентосного слоя, выполненной для учета влияния биоирригационной активности полихет, условия проведения численных экспериментов и их результаты. Сделан вывод, что деятельность *Marenzelleria* spp. будет способствовать улучшению состояния экосистемы Финского залива в последующие три десятилетия. Согласно модельным результатам, биоирригационная активность полихет приведет к увеличению запасов фосфора в донных отложениях (от 1.75 до 5.6 %) и снижению биомассы цианобактерий (от 14.9 до 42.8 %). Реакция экосистемы на воздействие полихет была выражена сильнее при сценарии более теплого климата. Эти изменения могут способствовать замедлению или снижению интенсивности процесса эвтрофирования.

В заключении резюмированы основные результаты исследования.

Диссертация характеризуется высоким уровнем научной новизны. Новые результаты содержатся во всех главах исследования. Автором выявлена статистически достоверная связь между гипоксическими явлениями в вершине Финского залива и крупномасштабными климатическими процессами в северном полушарии, характеризуемыми индексом Северо-Атлантического колебания. Впервые на основе актуальных данных натурных наблюдений выявлены закономерности вертикального распределения ряда химических соединений в поровых водах донных отложений Финского залива в современный период, в условиях изменившегося состава сообществ макрозообентоса. Автором была адаптирована для Финского залива бентосная модель диагенеза биогенных веществ, с помощью которой впервые были получены количественные оценки изменений запасов биогенных веществ в донных осадках Финского залива с учетом биоирригационной деятельности чужеродных полихет. Повидимому, впервые в мировой литературе при моделировании динамики эвтрофирования в условиях меняющегося климата были учтены биогеохимические последствия изменений биоразнообразия, вызванных внедрением новых видов в донные сообщества водоемов в результате биологических инвазий.

Новизна полученных результатов одновременно является и показателем научной значимости выполненной работы. Несомненным достоинством диссертации является междисциплинарный системный подход к проблеме. Изменение климата, биологические инвазии и эвтрофирование в литературе часто рассматриваются в качестве самых серьезных угроз для водных экосистем. Однако, как правило, изучение их ведется специалистами разного профиля изолированно друг от друга. Автору удалось успешно соединить в диссертации исследование климатических, биологических и биогеохимических процессов. Объединение разных подходов на базе математической модели позволило разработать прогноз развития экосистемы Финского залива в будущем климате с учетом влияния вида-вселенца. Работа прошла солидную апробацию на международных конференциях. Достоверность и значимость результатов подтверждается публикациями в ведущих отечественных изданиях.

Диссертация имеет несомненное практическое значение. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации мероприятий по снижению биогенной нагрузки на Финский залив. Разработанный прогноз состояния экосистемы залива может быть также полезен при планировании хозяйственной деятельности на его акватории.

Наряду с отмеченными достоинствами диссертация имеет ряд недостатков. Часть их является продолжением достоинства диссертации, ее междисциплинарного характера. Поскольку автор не является биологом, ему не всегда удается сохранять должный научный уровень при рассмотрении биологических вопросов. В частности раздел 2.1, посвященный видам-вселенцам в Финском заливе, написан довольно поверхностно. Не понятен принцип подбора прореферированной автором литературы. Имеются ссылки на тезисы докладов и иностранные источники, в тоже время не упомянут ряд основополагающих отечественных работ по данной тематике, в частности монографии сотрудников Зоологического института РАН. В диссертации приводятся устаревшие сведения из иностранных баз данных, которые, естественно, не отражают современной ситуации в российских водах Финского залива. В настоящее время число зарегистрированных чужеродных видов в восточной части Финского залива больше, чем указано автором. Имеются ошибки в названиях животных. Мизиды *Mysis relicta* не относятся к креветкам. В зоологии приняты биномиальные названия видов с обязательным употреблением и имени рода и имени вида. При повторном употреблении в тексте родовое название обычно сокращают до одной буквы. Однако не допустимо совсем опускать его, как это часто делает автор (например, на стр. 39: «Виды *viridis* и *neglecta* вселились из морей Северной Америки, а вид *arctia* первоначально обитал в морях европейской части Арктики»). Фразы вроде «Полихеты рода *Marenzelleria* spp. – вид-

вселенец» (с. 52) тоже некорректны, аббревиатура «spp.» уже подразумевает, что видов более чем один. Неудачным также следует признать использование словосочетание «эволюция экосистемы». Фактически в диссертации речь идет об изменениях межгодового и внутривекового масштаба (рассматривается период до 2040 г.), а термин «эволюция» принято употреблять (по крайней мере, в русскоязычной литературе) по отношению к существенно более длительным процессам. При описании модели SPBEM на с. 95 ошибочно указывается, что основными переменными являются 3 вида фитопланктона. Фактически здесь идет речь не о видах, а о более крупных таксонах, даже, точнее, о функциональных группах фитопланктонных организмов. Не стоит называть цианобактерии «фиксирующими атмосферный азот водорослями» (с. 99). Бактерии не водоросли. В отечественной ботанической литературе по отношению к этой группе фотосинтезирующих организмов часто используется старое название «синезеленые водоросли», однако поскольку автор в диссертации принял более корректный термин «цианобактерии», надо его придерживаться на протяжении всего текста.

Имеется также ряд редакционных замечаний. Текст диссертации недостаточно четко структурирован, местами перегружен второстепенной информацией, имеются обширные повторы. Такой стиль изложения затрудняет восприятие основных материалов, мешает определить вклад автора в разработку проблемы. Порой трудно понять, где представлены оригинальные материалы автора, а где излагаются литературные сведения. Диссертация много бы выиграла, если бы все методические разделы были бы выделены в отдельную главу Материалы и методы. В тексте встречаются неуместные в научной работе жаргонные и изобретенные автором слова («ковш» вместо дночерпатель, «турбирующие организмы», «турбация» вместо биотурбация). Слово «оффшорный» конечно вошло в современный русский язык, но использовать его для обозначения удаленных от берега участков водоема все же не стоит.

Все высказанные замечания имеют, по сути дела, редакционный характер и ни в коей мере не снижают общую высокую оценку работы. Диссертация выполнена на высоком научном уровне, вносит существенный вклад как в изучение экологии Балтийского моря, так и в методологию моделирования геоэкологических процессов. Выносимые на защиту положения и выводы полностью обоснованы. Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает ее основные положения и выводы.

Диссертационное исследование Волощук Екатерины Васильевны на тему «Оценка влияния абиотических и биотических факторов на экологическое состояние придонных вод и донных отложений Финского залива в условиях изменения климата» является

законченной научно-квалификационной работой и соответствует критериям ВАК, которым должна отвечать кандидатская диссертация (постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842); автор диссертации Волощук Е.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле).

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре Лаборатории пресноводной и экспериментальной лаборатории Зоологического института РАН 14 марта 2017 г., протокол *20* от 14 марта 2017 г.

Заведующий
Лабораторией пресноводной и экспериментальной гидробиологии
Зоологического института РАН
член-корреспондент РАН



С.М. Голубков

