

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Волощук Екатерины Васильевны

«Оценка влияния абиотических и биотических факторов на экологическое состояние придонных вод и донных отложений Финского залива в условиях изменения климата»,

представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология

Финский залив - один из самых эвтрофированных бассейнов Балтийского моря, о чем свидетельствуют как повышенный уровень первичного продуцирования органического вещества, так и спорадические периоды недостатка кислорода в его глубинных водах. При этом, как показали исследования, проведенные в рамках Международного Года Финского залива 2014, роль и соотношение природных (массообмен с Открытой Балтикой и особенности биогеохимических процессов в водной толще и донных отложениях залива) и антропогенных (поступление биогенных веществ с водосбора) причин и механизмов эвтрофикации все еще остаются недостаточно изученными. Между тем, качественное понимание и количественная характеристика таких механизмов совершенно необходимы для оценки обоснованности и ожидаемой результативности планируемых и осуществляемых природоохранных мероприятий.

Актуальность темы диссертации. Дальнейшему исследованию относительного значения природных и антропогенных механизмов эвтрофикации Финского залива и посвящена диссертационная работа Е.В. Волощук, выполненная в рамках системного подхода с использованием математического моделирования. Особенно актуальным является учет нового фактора - биоиррегационной деятельности полихет рода *Marenzelleria* spp., вселившихся и освоившихся в восточной части Финского залива лишь на протяжении последнего десятилетия.

Научная новизна исследований, достоверность и обоснованность научных результатов. Основными задачами работы было: исследовать взаимосвязь между изменением климата и формированием гипоксии в исследуемой акватории; проанализировать натурные наблюдения для выявления эффектов жизнедеятельности вида-вселенца *Marenzelleria* spp.; адаптировать биогеохимическую модель CANDI к специфике Восточной части Финского залива; оценить возможные изменения эвтрофирования Финского залива в условиях изменения климата с учетом воздействия вида-вселенца. Большинство результатов, полученных при решении этих задач, являются новыми или позволяющими уточнить ряд имеющихся положений. Их достоверность и обоснованность почти не вызывают у меня вопросов, за исключением поставленных ниже при рассмотрении содержания диссертации.

Краткое оценка содержания. Диссертация построена по традиционному плану и состоит из Введения, включающего все обязательные характеристики работы (новизна, публикации, апробация и т.п.), адекватно отраженные также и в автореферате, 4-х глав, Заключения и Списка литературы. Общий объем работы 122 страницы, включающих 45 рисунков, 12 таблиц и список литературы из 162 источников.

Первая глава посвящена детальному экосистемному описанию водной толщи и донных отложений Финского залива, включая специфику протекания в них биогеохимических процессов. Наряду с традиционным физико-географическим описанием детально рассмотрены источники и динамика поступления азота и фосфора, а также зависимость их круговоротов и, следовательно, процессов эвтрофирования от содержания кислорода (т.н. «порочный круг эвтрофикации»). Одним из важнейших является опубликованное в реферируемом журнале и вынесенное на защиту положение о том, что «возникновение гипоксических явлений в восточной части Финского залива обусловлено усилением отрицательных значений индекса Северо-Атлантического колебания» (с. 7). Этот вывод обосновывается качественным описанием механизмов ослабления вентиляции глубинных слоев (рис. 1.11) и

подтверждается впервые обнаруженной корреляцией, статистически значимой . В то же время, хорошо известно, что возникновение дефицита кислорода определяется нарушением баланса между его поступлением и использованием и происходит тогда, когда транспорт кислорода (вентиляция) оказывается в течение достаточного времени устойчиво слабее биохимического потребления кислорода на окисление органического вещества, содержание которого определяется общим уровнем эвтрофирования. Утверждение же: «Ухудшение кислородного режима вершины Финского залива в конце XX – начале XXI столетия, главным образом, вызвано крупномасштабными изменениями атмосферных процессов» (с. 34) оставляет в тени роль эвтрофикации и может привести к дальнейшему заключению о необходимости смирения перед атмосферными процессами и тщетности противостояния эвтрофированию снижением антропогенной нагрузки. Даже если это и так, *вопрос о соотношении природных и антропогенных причин эвтрофирования восточной части Финского залива* чрезвычайно важен для целеполагания и проведения дорогостоящих природоохранных мероприятий и *требует дополнительных пояснений* с привлечением данных об источниках происхождения окисляемых органических веществ и их вклада в снижение уровня кислорода.

Во *второй главе* описывается вселение червей *Marenzelleria* spp. в восточную часть Финского залива, дается характеристика особенностей их жизнедеятельности, определяющих биотурбацию и биоирригацию донных отложений, которая приводит к их аэрации и соответствующей модификации процессов круговорота азота и фосфора. Понимание и количественная характеристика этих взаимосвязей совершенно необходимы для дальнейшей их параметризации в имитационных моделях круговорота вещества. Общий обзор проблемы видов-вселенцев в Балтийском море мог бы показаться несколько избыточным с точки зрения научных задач диссертации. С другой стороны, такой обзор освещает другую сторону этой научно-квалификационной работы

- широкую эрудицию соискателя как условие системного подхода к решению геоэкологических задач.

В *третьей главе* обильно и детально представлены новые сведения о влиянии вселившихся червей на экосистемные характеристики придонных вод и донных отложений восточной части Финского залива, основанные как на данных наблюдений, полученных и проанализированных с участием автора, так и с помощью диагенетической модели CANDI, адаптированной Е.В. Волощук к анализируемым условиям. Поскольку объем, качество и площадное покрытие используемого материала, в частности, результаты химического анализа донных отложений (параграф 3.1), ограничены условиями проведения только двух экспедиций (в 2013 и 2015 гг.), *следовало бы привести сопоставление с типичными профилями концентраций, опубликованными другими исследователями для схожих условий*, как это сделано, например, в отношении изменений потоков массообмена в присутствии полихет (Табл. 3.8). Особый интерес представляет *обратная зависимость между обилием червей и содержанием органического вещества*. Если найденная зависимость обладает не только локальной новизной, ее глобальная новизна должна быть подчеркнута с особой ответственностью.

Высоко оценивая способность автора адаптировать достаточно сложную имитационную модель диагенеза CANDI с включением в нее эффектов жизнедеятельности полихет, хотелось бы *получить больше информации о численных значениях констант модели*, не приведенных в работе. Отсутствие такой информации снижает также и бесспорную ценность проведенного анализа чувствительности. Значения констант могли быть заимствованы откуда-то или подобраны в результате калибровки модели. В любом случае, компиляция набора констант, подходящих для конкретных географических условий, могла бы рассматриваться как один из практических результатов исследований автора.

Разумная сопоставимость смоделированных вертикальных распределений с наблюдаемыми позволяет считать модельные расчеты содержания биогенных

соединений в верхнем слое донных отложений достаточно правдоподобными для того, чтобы использовать их в качестве ориентировочных оценок в широком спектре задач - от планирования экспедиционных исследований до экстраполяции их результатов на ареалы, не охваченные наблюдениями.

Четвертая глава посвящена модельным сценариям изменения экосистемы Финского залива под влиянием прогнозируемых изменений климата. Подобные расчеты уже были проведены несколькими группами авторов. Однако, несомненным шагом вперед, сделанным Е.В. Волощук вслед за вселением червей, вызвавших реальную смену режима восточной части Финского залива, является учет модифицирующего влияния их жизнедеятельности на эволюцию экосистемы, обусловленную изменениями климата.

Анализ численных экспериментов, выполненных на экосистемной модели SPBEM (Санкт-Петербургская модель эвтрофикации), показал, что, вне зависимости от заданных сценариев изменения климата, осуществляемая полихетами биотурбация и биоирригация в любом случае приводит к увеличению соотношения растворенных соединений минеральных азота и фосфора в водной толще, что влечет за собой снижение биомассы сине-зеленых водорослей, т.е., в конечном счете, приводит к улучшению качества вод. Однако, учитывая, что для суждения о степени эвтрофирования характеристика биогеохимических потоков вещества едва ли не важнее знания концентраций и биомасс, Е.В. Волощук следовало бы также *проанализировать сценарные изменения таких определяющих процессов как азотфиксация и первичная продукция органического вещества*. Такой анализ существенно бы подкрепил выводы о противодействии червей эвтрофированию.

Сделанные замечания и предложения по уточнению некоторых формулировок ни в коей мере не снижают хорошего впечатления от работы в целом.

Опуская ряд стилистических замечаний, следует констатировать, что работа написана хорошим литературным языком с минимальным количеством

опечаток. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации, хорошо проиллюстрирован и дает адекватное представление о сути проведенных Е.В. Волощук исследованиях. Результаты этих исследований представлены в *3 научных работах*, опубликованных в журналах из списка ВАК Министерства образования и науки РФ, а также были представлены на нескольких отечественных и международных совещаниях различного уровня, т.е. прошли достойную *и достаточную апробацию*.

Значимость результатов для науки и практики. Диссертационная работа Волощук Е.В. «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 содержит новые решения актуальной научной задачи – оценки экологического состояния Финского залива в современных условиях и при возможных изменениях климата, - задачи, которая имеет существенное значение для теоретической и прикладной геоэкологии. В теоретическом плане особый интерес представляет действенное применение системного подхода, объединяющего разнокачественные знания и данные - от крупномасштабной атмосферной циркуляции до функционирования видов-вселенцев, - в том числе, и на основе математического моделирования. Практическое применение полученные результаты могут найти, например, в следующем виде: при планировании мероприятий по снижению антропогенной нагрузки в рамках межправительственного Плана Действий по Балтийскому Морю (ХЕЛКОМ); для выполнения аналогичных исследований и в других районах; массивы данных натуральных наблюдений будут и далее использоваться для решения разнообразных геоэкологических задач, а результаты работы в целом уже используются в практических работах студентов-океанологов по дисциплине «Моделирование экосистем».

Заключение. Таким образом, диссертация «Оценка влияния абиотических и биотических факторов на экологическое состояние придонных вод и донных отложений Финского залива в условиях изменения климата» полностью

соответствует основным квалификационным критериям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 02.08.2016), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ~~ее~~^н Волощук Екатерина Васильевна достойна присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология.

Кандидат географических наук

(О.П. Савчук)

16.02.17

Доцент кафедры океанологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9, тел. +7 (812) 328-97-09, o.savchuk@spbu.ru

Подпись кандидата географических наук, доцента Савчука Олега Павловича

Заверяю 
Начальник отдела кадров (ФИО)



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ СПБГУ

А. Д. СМОРОДИНЦЕВА