ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Гусева Андрея Александровича
«Многолетняя динамика макрозообентоса в юго-восточной части Балтийского моря»,
представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.10 – гидробиология

Российский сектор Балтийского моря, примыкающий к побережью Калининградской области, вплоть до недавнего времени оставался недостаточно изученным в гидробиологическом отношении, весьма неприглядно выглядя в этом отношении на фоне остальных регионов Балтики, одного из наиболее изученных морей мира. Это в полной мере относится и к макрозообентосу. В советское время исследования донной макрофауны в Балтийском море проводились преимущественно силами научных организаций, расположенных на территории республик Прибалтики, в прибрежных водах которых и выполнялась основная масса наблюдений. Району вблизи побережья Калининградской области уделялось мало внимания. Заполнение этого «белого пятна» на балтийской карте во многом связано с именем автора диссертации, что и является основным моментом, определяющим актуальность и новизну выполненных А.А. Гусевым многолетних исследований. Необходимо также отметить важное практическое значение диссертации в связи с активной хозяйственной деятельностью в юго-восточной части Балтийского моря, связанной с разработкой нефтяных месторождений, гидростроительными работами, дампингом и др.

Диссертация является результатом почти двадцатилетних исследований автора и представляет собой солидный труд, изложенный 179 страницах; состоит из введения, 5 глав, выводов и списка литературы, включающего 270 источника, из которых 137 иностранных авторов. Материалы и результаты их анализа иллюстрированы 20 таблицами и 46 рисунками; 9 таблиц и 50 рисунков вынесены в приложение.

Глава 1 представляет собой объемный литературный обзор с описанием района исследований, его гидрологических и гидрохимических условий. Проанализирована роль бактериального сообщества и его влияние на развитие макрозообентоса в глубоководных частях моря. Описана история изучения макрозообентоса в юго-восточной части Балтийского моря.

В главе 2 изложены материалы и методы исследований. Сбор и обработка материала проведены в соответствии со стандартными международными методами, принятыми при

мониторинге макрозообентоса Балтийского моря. Объем исходных данных впечатляет: всего отобрана 1791 проба макрозообентоса на 698 станциях. Несомненным достоинством диссертации является тщательная статистическая обработка результатов. Особый интерес представляет использование применительно к динамике сообществ макрозообентоса математического алгоритма для установления года коренных изменений (т.н. режимный сдвиг), ранее разработанного для анализа временных рядов в климатологии. Корректность процедур анализа данных, выполненных в современных статистических пакетах, не вызывает сомнений. Однако использованное диссертантом название меры сходства «коэффициент Брея-Кёртиса» распространилось после выхода программного пакета PRIMER в 2001 г. (см. Yoshioka 2008, MEPS 368:309–310). По мнению оппонента, предпочтительней сохранить название «коэффициент Чекановского», давно и прочно закрепившиеся, по крайней мере, в отечественной литературе.

Также из главы остаются неясными следующие моменты:

(1) выбор автором при расчете продукции изопод и амфипод более высокого, чем для других таксономических групп, коэффициента эффективности использования ассимилированной пищи на рост (K_2 = 0.5), заимствованного из работы Н.Н. Хмелевой по черноморским равноногим ракообразным. Результаты работ по более северным водоемам, включая Балтийское море, показывают, что K_2 этих ракообразных вполне соответствуют средним величинам для донных животных (около 0,3). Более того имеются указания, что для амфипод сем. Pontoporeiidae, доминирующих в материале автора, характерна существенно более низкая эффективность использования пищи на рост. Например, у исследованной В.П. Семенченко (1986) популяции *Monoporeia affinis* K_2 не превышал 14%.

(2) Расчеты трат на обмен выполнены применительно к вегетационному периоду, принятому равным 150 дням, что представляется неверным для незамерзающей юго-восточной Балтики. Например, по данным Е.А. Кудрявцевой (2017) вегетация фитопланктона имеет место даже в зимнее время, а более 20% годовой первичной продукции приходится на весенний пик развития фитопланктона, достигающего максимума в апреле.

Глава 3 посвящена экологической и зоогеографической характеристике макрозообентоса. Автором обнаружено 45 таксонов макрозообентоса, из них 8 таксонов донных макробеспозвоночных в российских водах юго-восточной части Балтики найдены впервые. В составе бентоса преобладали морские субтропическо-бореальные виды. Представлены сведения по батиметрическому распределению и частоте встречаемости видов макрозообентоса.

В главе 4 приводится характеристика популяций доминирующих видов макрозообентоса: двустворчатых моллюсков *Limecola balthica, Mytilus* spp. и полихет *Marenzelleria* spp. Приводятся данные по пространственному распределению, многолетней динамике численности, биомассы и продукции этих видов, а также всего макрозообентоса. Показано, что изменения количественного развития трех доминирующих видов определяли многолетнею динамику численности, биомассы и продукции всего макрозообентоса. При этом динамика численности макрозообентоса определялась, главным образом, развитием полихет рода *Marenzelleria*, биомассы и продукции – двустворчатых моллюсков *L. balthica* и *Mytilus* spp. В заключительном разделе главы приводятся данные интегрированного экосистемного анализа, подтверждающие наличие серьезных изменений в структурно-функциональных характеристиках макрозообентоса и доминирующих видов донных беспозвоночных юго-восточной части Балтийского моря, которые могут быть охарактеризованы как «режимный сдвиг».

Эта глава занимает центральное место в диссертации, поскольку именно здесь отражены наиболее значительные достижения автора. Полученные результаты позволили автору сделать важный вывод, что уменьшение поступления биогенных веществ с речным стоком с начала 2000-х гг. привело к снижению количественного развития двустворчатых моллюсков, особенно *L. balthica*. На развитии мидий также отрицательно сказалось сокращение площадей участков с каменисто-гравийными грунтами в мелководных (<30 м) районах, вызванное гидрометеорологическими факторами (изменением атмосферной циркуляции, увеличением частоты штормов и повышением средних скоростей ветра), которые способствовали перераспределению донных осадков. Необходимо отметить, что об изменениях балтийского бентоса в XX столетии (в частности, об увеличении биомассы из-за развития двустворчатых моллюсков *M. baltica, Mya arenaria, Mytilus edulis*) вследствие интенсивного эвтрофирования писали многие исследователи. А.А. Гусевым на базе обширного материала впервые убедительно доказан произошедший в середине 2000-х гг. перелом этой прежней тенденции, положивший начало новой эпохи в развитии донных сообществ Балтийского моря, связанной с деэвтрофированием этого водоема.

С общеэкологической точки зрения также очень интересным представляется сделанный диссертантом на основе изучения чужеродных полихет рода *Marenzelleria* вывод, что инвазия даже близкородственных видов может иметь разные экологические последствия, оказывая разнонаправленное влияние на структуру и функционирование природных сообществ.

Заключительная глава 5 посвящена многолетней динамике сообществ макрозообентоса. Автором рассмотрена история изучения донных сообществ в юго-восточной части Балтийского моря; выделены методом кластерного анализа пять современных сообществ в российских территориальных водах, приводятся данные по их распределению и временной динамике. На пространственное распределение сообществ оказывали влияние глубина, температура, соленость и концентрация кислорода в придонном слое. В динамике численности, биомассы и годовой продукции сообществ на протяжении периода исследований А.А. Гусевым была отмечена общая тенденция к снижению всех этих показателей, что привело к уменьшению нагульных площадей ценных промысловых бентосоядных рыб в Российском секторе Балтийского моря.

Оценивая работу в целом, наряду с несомненными достоинствами диссертации имеет смысл указать на ряд недостатков.

Текст рукописи местами растянут и перегружен избыточной второстепенной информацией. Это особенно касается разделов, где автор углубляется в гидрологические вопросы. Почти ¼ (39 стр.) основного текста приходится на долю описания района исследований (глава 1), содержащей заимствованные из различных источников сведения, имеющие к предмету исследования часто весьма отдаленное отношение.

Имеются несколько противоречивых высказываний. Например, на стр. 67 утверждается, что состав константных, постоянных и второстепенных видов за время, прошедшее с предыдущих исследований макрозообентоса не изменился. Но в следующем предложении говорится о появлении чужеродных полихет рода *Marenzelleria*, которые относятся к постоянным видам. В заключение к гл. 3 говорится об исчезновении теплолюбивых и появлении холодолюбивых видов с увеличением глубины, но какое-либо упоминание о тепло- и холодолюбивых в основном тексте главы отсутствует. Похожая ситуация с выводом диссертанта о том, что отклик различных сообществ макрозообентоса на изменение метеорологических и гидролого-гидрохимических условий, наблюдающийся с 2003 г., происходит с задержкой по времени от 2 до 8 лет. Быстрее всего, через 2 года, реагируют прикрепленные сестонофаги *Mytilus* spp., затем, через 5 лет, зарывающиеся детритофаги *Limecola balthica* и последними, через 8 лет, полихеты рода *Marenzelleria*. Обоснованность этого важнейшего интересного вывода, судя по приведенным в диссертации графикам многолетних рядов, никаких сомнений не вызывает, но в тексте рукописи он не обсуждается.

В диссертации неоднократно говорится об эвтрофировании глубинных вод впадин, где «в большом количестве накапливаются органические остатки, на окисление которых

требуется много кислорода» (стр. 79, 80, 139). Называть эвтрофированием процессы, происходящие в глубоководных впадинах Балтийского моря, неверно, поскольку это понятие подразумевает увеличение первичной продукции, что невозможно за пределами эвфотного слоя. Здесь речь фактически идет о возникновении придонной гипоксии, которая в Балтийском море лишь отчасти связана с эвтрофированием. Более того, в настоящее время внутренняя биогенная нагрузка во время придонных гипоксийно-аноксийных явлений рассматривается в качестве основного фактора, поддерживающего достаточно высокий трофический статус балтийских вод в условиях многократного снижения поступления биогенных элементов с водосбора после реализации природоохранных мероприятий, разработанных Хельсинкской Комиссии. То есть в актуальных временных масштабах гипоксия в какой-то степени может рассматриваться не как следствие, а как причина эвтрофирования Балтийского моря.

Много вопросов возникает к распределению видов по типам зоогеографического происхождения (стр. 64 и табл. 4 в Приложении). Очень широко распространенные виды, такие как *Bylgides sarsi, Neomysis integer, Amphibalanus improvisus* (последний встречается даже в тропических водах южного полушария), отнесены к арктическим (!?). В тоже время обитающие преимущественно в арктическом бассейне *Monoporeia affinis, Pontoporeia femorata, Saduria entomon, Halicryptus spinulosus* классифицируются как бореально-арктические. Отдельные популяции этих видов известны в континентальных или в морских водоемах бореальной зоны, в том числе в Балтийском море. Но они всегда рассматривались в качестве реликтов ледникового времени. По-видимому, у автора были веские основания для пересмотра традиционных взглядов, но они в диссертации не приводятся. В заголовке таблицы указано только, что она составлена по собственным и литературным данным без указания каких-либо источников.

Высказанные замечания никоим образом не умаляют значимость диссертационной работы А.А. Гусева, которая является оригинальным научным исследованием на актуальную тему, имеющим важное теоретическое и практическое значение. Диссертация вносит существенный вклад в изучение Балтийского моря и динамических процессов в прибрежных морских экосистемах. Диссертация характеризуется высоким уровнем научной новизны; выполнена на высоком научном уровне. Работа прошла солидную апробацию на российских и международных конференциях. Достоверность и значимость результатов подтверждается 17 публикациями, в том числе и в международных изданиях.

Выводы, сформулированные диссертантом в конце работы, непосредственно следуют из проведенных им исследований и раскрыты в работах, опубликованных автором по теме диссертации. Положения, выносимые на защиту, соответствуют выводам автора. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Отмеченные в отзыве замечания носят дискуссионный или редакционный характер и совершенно не снижают очевидных достоинств рассматриваемой диссертационной работы, которая представляет собой серьезное самостоятельное исследование динамики морских донных сообществ.

Диссертация А.А. Гусева «Многолетняя динамика макрозообентоса в юго-восточной части Балтийского моря» безусловно соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9, 10, 11, 13 14 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.10 - «гидробиология».

10.04.2020

Подпись руки Максимова
Алексея Александровича
удостоверяется
Ученый секретарь

Максимов Алексей Александрович
Доктор биологических наук,
Старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Зоологический институт Российской академии наук,
199034 Санкт-Петербург, Университетская наб. 1, тел. (812)328-13-11, e-mail: alexey.maximov@zin.ru

В диссертационный совет Д 002.036.02
При Институте биологии внутренних вод
им. И.Д. Папанина РАН

Я, Алексей Александрович Максимов, даю согласие выступить официальным оппонентом диссертации Гусева Андрея Александровича на тему «Многолетняя динамика макрозообентоса в юго-восточной части Балтийского моря», представленной на соискание учёной степени кандидата биологических наук.

СВЕДЕНИЯ ОБ ОППОНЕНТЕ

1. Учёная степень, учёное звание, отрасль науки и научная специальность, по которой защищена диссертация: кандидат биологических наук, 03.02.10 – Гидробиология.
2. Место работы (полное наименование организации): Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Зоологический институт Российской академии наук.
3. Сокращённое наименование организации: ЗИН РАН.
4. Почтовый адрес организации с указанием индекса: 199034, С.-Петербург, Университетская наб., 1.
5. Адрес официального сайта в сети Интернет: https://www.zin.ru/
6. Название структурного подразделения: лаборатория пресноводной и экспериментальной гидробиологии
7. Должность: старший научный сотрудник.
8. Телефон с указанием кода города: +7 (812) 328-13-11 (доб.253).
9. Адрес электронной почты: alexey.maximov@zin.ru; alexeymaximov@mail.ru
10. Список основных публикаций по профилю оппонируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15):

1 Максимов А.А. Многолетняя динамика и современное распределение сообществ макрозообентоса в восточной части Финского залива Балтийского моря // Биология моря. 2015. Т. 41. № 4. С. 269-278.

2 Maximov A., Bonsdorff E., Eremina T., Kauppi L., Norkko A., Norkko J. Context-dependent consequences of Marenzelleria spp. (Spionidae: Polychaeta) invasion for nutrient cycling in the Northern Baltic Sea // Oceanologia. 2015. V. 57. №4. P. 342-348.

3 Максимов А.А., Голубков С.М. Количественный учет мегабентоса как важного компонента подводных ландшафтов Невской губы // Региональная экология. 2015. №4(39). С. 45-47.

4 Ерёмина Т.Р., Волощук Е.В., Максимов А.А. Оценка биогеохимических изменений в донных отложениях восточной части Финского залива вследствие вселения полихет Marenzelleria spp. по данным наблюдений и результатам моделирования // Известия Русского географического общества. 2016. Т. 148. №1. С. 55-71.

5 Gogina M., Nygård H., Blomqvist M., Daunys D., Josefson A. B., Kotta J., Maximov A., Warzocha J., Yermakov V., Gräwe U., Zettler M. L. The Baltic Sea scale inventory of benthic faunal communities // ICES J. Mar. Sci. 2016. V. 73. №4. P. 1196-1213.

6 Березина Н.А., Максимов А.А. Количественные характеристики и пищевые предпочтения бокоплавов (Crustacea: Amphipoda) в восточной части Финского залива Балтийского моря // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2016. Т. 9. №4. С. 409-426.

7 Максимов А.А., Березина Н.А., Петухов В.А. Соотношение мейо- и макробентоса в озерном бентическом сообществе: динамический аспект // Доклады Академии наук. 2017. Т. 473. №5. С. 618-621.

8 Максимов А.А. Межгодовая и многолетняя динамика макрозообентоса на примере вершины Финского залива. — СПб.: Нестор-История, 2018. — 260 с.

9 Voloshchuk E.V., Maximov A.A. Assessment of influence of Marenzelleria arctia bioturbation activity on substances content in the sediments of the eastern Gulf of Finland // Fundamentalnaya i prikladnaya gidrofizika. 2017. V. 10. № 2. P. 34-40.

10 Berezina N.A., Maximov A.A., Vladimirova O.M. Influence of benthic invertebrates on phosphorus flux at the sediment—water interface in the easternmost Baltic Sea // Marine Ecology Progress Series. 2019. V. 608. P. 33–43.

К.б.н., с.н.с. лаборатории пресноводной
и экспериментальной гидробиологии Максимов Алексей Александрович

29.01.2020

Подпись руки Максимова
Алексея Александровича
удостоверяется
Ученый секретарь