

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертацию Букановой Татьяны Васильевны
«ТЕНДЕНЦИИ ЭВТРОФИРОВАНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО
МОРЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук
по специальности 25.00.28 – океанология

Диссертационная работа Татьяны Васильевны Букановой «Тенденции эвтрофирования юго-восточной части Балтийского моря по спутниковым данным» посвящена изучению важной экологической проблемы Балтийского моря – эвтрофикации. Недостаток информации и данных по основным показателям эвтрофирования в акватории Юго-Восточной Балтики обусловил необходимость дистанционного определения одного из ее основных индикаторов – концентрации хлорофилла «а». Использование спутниковой информации оптического диапазона для расчета концентрации хлорофилла «а» является общепринятым оперативным методом мониторинга эвтрофикации в морях. Актуальность этой работы несомненна в условиях продолжающегося эвтрофирования Балтики.

Основная цель исследования - оценка уровня эвтрофикации и выявление тенденций её развития в открытой части Юго-Восточной Балтики по спутниковым данным о концентрации хлорофилла «а».

В первую очередь автором решалась задача по разработке региональных алгоритмов расчета концентрации хлорофилла «а» в юго-восточной части Балтийского моря по спутниковым данным. Спутниковые спектрорадиометры регистрируют величины яркости рассеянного и отраженного излучения, восходящего с поверхности моря, которое обусловлено наличием в морской воде оптически активных компонентов: фитопланктона (хлорофилла «а»), взвешенного неорганического вещества и окрашенного растворенного органического вещества («желтого вещества»). Способность данных компонентов к поглощению и рассеянию света в морской воде позволяет определять их дистанционными методами зондирования в оптическом диапазоне электромагнитного спектра. Концентрация хлорофилла «а» вычисляется по данным спутниковых радиометров через регressiveное соотношение спектральных коэффициентов яркости восходящего излучения водной поверхности на каналах максимума и минимума поглощения. Эмпирические алгоритмы основаны на использовании рассчитанных по данным натурных измерений статистических

(регрессионных) соотношений между определяемым параметром и отношением яркостей восходящего с поверхности излучения для выбранных длин волн. Эти статистические соотношения зависят от количественного и качественного состава оптически активных компонентов морской воды, который может сильно варьировать. По этой причине невозможно создать универсальные алгоритмы определения биооптических параметров воды, пригодные для использования во всех морях и океанах. Поскольку стандартные методики расчета этого параметра по спутниковым данным разработаны для открытого океана и дают большие ошибки в прибрежных районах морей, автором выявлена и подробно обоснована необходимость разработка регионального алгоритма для района исследования.

Предложенный региональный алгоритм расчета концентрации хлорофилла «а» позволил оценить его временную изменчивость и пространственное распределение, получить тенденцию изменения данного параметра и провести районирование акватории Юго-Восточной Балтики по уровню трофности и качеству вод, а также выявить тенденции изменения уровня эвтрофирования и качества вод.

В связи с дефицитом судовых наблюдений в исследуемой акватории, предложенный автором метод расчета концентрации хлорофилла «а» позволяет существенно дополнить информацию об уровне эвтрофирования Юго-Восточной Балтики, и имеет важное практическое значение для целей экологического мониторинга и оценки биологической продуктивности района.

Ряд полученных автором результатов обладают высокой степенью новизны. В юго-восточной части Балтийского моря впервые проведены подспутниковые эксперименты, которые позволили сопоставить спутниковые и натурные значения концентрации хлорофилла «а», рассчитаны ошибки стандартных алгоритмов и показать ошибки атмосферной коррекции спутниковых данных. Безусловно новым является разработанный региональный доктором наук алгоритм расчета концентрации хлорофилла «а», обеспечивающий наиболее точную оценку данного параметра в Юго-Восточной Балтике. Установлена положительная тенденция роста концентрации хлорофилла «а», составляющая $0,9 \pm 0,4 \text{ мг}/\text{м}^3$ за 2003-2012 гг.

Диссертационная работа Т. В. Букановой состоит из Введения, 3-х глав, Заключения и Списка литературы. Общий объем работы – 142 страницы. Работа содержит 57 рисунков и 23 таблицы. Список цитируемой литературы включает 210 источников.

В **первой главе** представлен подробный обзор литературы, отражающей современное состояние исследований проблемы эвтрофирования Балтийского моря. Дано подробное

описание пространственного распределения, сезонной и межгодовой изменчивости биомассы фитопланктона и концентрации хлорофилла «а» в различных районах Балтийского моря. В этой же главе описывается метод дистанционного зондирования моря в оптическом диапазоне спутниковыми спектрорадиометрами, который является эффективным методом оценки концентрации хлорофилла «а».

На основе приведенного обзора делается вывод о том, что Гданьский бассейн является одним из эвтрофированных районов Балтийского моря и требует особого внимания с точки зрения оценки тенденций изменения основных показателей эвтрофикации, чему и посвящена данная диссертационная работа.

Вторая глава посвящена разработке региональных алгоритмов расчета концентрации хлорофилла «а» по спутниковым данным для юго-восточной части Балтийского моря. В данной главе приводятся результаты работы автора, приводятся сравнения с существующими алгоритмами других научных коллективов. Разработка регионального алгоритма для такого сложного объекта исследования, каким является Балтийское море, является непростой задачей. Но автор существенно продвинулся в своих исследованиях, что имеет большую практическую значимость.

В **третьей главе** рассмотрена пространственно-временная изменчивость концентрации хлорофилла «а» и тенденции развития эвтрофикации в юго-восточной части Балтийского моря. Делается важный вывод, что в данной акватории происходит ежегодное увеличение площади эвтрофных вод на 2% за счет сокращения площади вод мезотрофного уровня. Данный вывод свидетельствует о том, что необходимо продолжать работу в данном направлении, проводить регулярный спутниковый мониторинг и развивать региональные алгоритмы.

В целом работа производит хорошее впечатление, содержит новые результаты, практическая значимость работы не вызывает сомнений.

Высоко оценивая диссертационную работу, хочу отметить следующие недостатки:

1. В первой главе рассмотрен уровень и характер основных проявлений эвтрофикации в различных районах Балтийского моря. Установлено, что большая часть акватории Балтийского моря подвержена эвтрофикации, а наиболее высокий уровень эвтрофирования характерен для восточной части Финского залива, южной и центральной части Рижского залива, юга Арконского бассейна, а также всего побережья в юго-восточной части моря. Однако, не достаточно подробно раскрыты причины региональных различий уровня

эвтрофирования, а только констатированы факты относительно роста или сокращения биомассы фитопланктона и концентрации хлорофилла «а».

2. Раздел рукописи 1.4 «Методы дистанционного зондирования в изучении проблемы эвтрофикации», вероятно, уместно отнести к Главе 2, посвященной разработке региональных алгоритмов расчета концентрации хлорофилла «а» в Юго-Восточной Балтике по спутниковым данным. В этой главе наиболее уместен обзор предпосылок и обоснование необходимости проведения этой работы.

3. В Таблице 6, содержащей информацию об измерениях в ходе подспутниковых экспериментов 2010 г., отсутствуют измерения солености в ходе трех из четырех подспутниковых экспериментов. Также отсутствуют измерения температуры поверхности моря и глубины белого диска в процессе июльской съемки. В методической части отсутствует пояснение, каким образом были использованы эти дополнительные данные в процессе разработки региональных алгоритмов.

4. При пространственном анализе изменчивости концентрации хлорофилла «а» (Таблица 17) не следует одновременно использовать незначимые и значимые при различных уровнях значимости тренды. Корректнее анализировать тренды для каждого месяца для временных рядов, а не использовать все измерения в течение всего периода наблюдений.

5. Автор утверждает, что рост температуры поверхности моря в регионе способствует увеличению концентрации хлорофилла «а» (стр. 110). Такой вывод поспешен и недостаточно обоснован ввиду отсутствия анализа динамики поступления биогенных элементов в данном районе за период исследования.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Диссертационная работа Т.В. Букановой «Тенденции эвтрофирования юго-восточной части Балтийского моря по спутниковым данным» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новые сведения о тенденциях эвтрофирования Юго-Восточной Балтики на основе разработанного автором алгоритма расчета концентрации хлорофилла «а». Выводы, полученные автором на основе тщательной и разносторонней обработки и анализа материалов натурных и спутниковых наблюдений современными методами математической статистики и технологий ГИС, имеют важное значение в теоретическом и практическом отношении.

Основные положения работы многократно докладывались на научных семинарах, Всероссийских и международных конференциях, они в полной мере опубликованы в

ведущих научных изданиях. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Тема диссертации и полученные результаты соответствуют специальности 25.00.28 – океанология.

Соискатель продемонстрировал высокий уровень квалификации и хорошее знание объекта исследований. Диссертационная работа Буановой Татьяны Васильевны полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.28 – океанология.

Официальный оппонент

кандидат физико-математических наук,

доцент, заведующая лабораторией

аэрокосмической радиолокации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института космических исследований Российской академии наук,

117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32

Тел.: +7 (495) 333-42-56

E-mail: olavrova@iki.rssi.ru

Лаврова Ольга Юрьевна

Подпись О.Ю. Лавровой заверяю,

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института космических исследований Российской академии наук

Доктор физико-математических наук

Захаров Александр Валентинович

25 ноября 2014 г.

