

## РЕЦЕНЗИЯ № 1

### на статью «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОГРУЖНОГО ФЛУОРИМЕТРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ХЛОРОФИЛЛА «А» В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ»

авторского коллектива: К. А. Боровкова, С. В. Александров, А. В. Килесо

#### **Этап № 1.**

Работа мотивирована необходимостью уточнения региональных погрешностей измерений концентрации хлорофилла «а» с помощью погружного флуориметра в юго-восточном секторе Балтийского моря. Проведено сравнение данных, полученных непосредственно в пробах морской воды и опосредованно по подводным измерениям флуоресценции хлорофилла «а».

Также в работе проведен мультипараметрический анализ натуральных данных с целью учета зависимости определений хлорофилла «а» от мутности и температуры воды. Полагаю, что эта часть работы представляет наибольший интерес в виду значимой коррекции определений хлорофилла «а» за счет поправок на данные измерений мутности и температуры воды. Причем авторы приходят к выводу, что мутность в фотическом слое в Балтийском море имеет наибольшие значения в теплый период года в связи с обилием планктона.

**Статью рекомендуется доработать, как указано ниже. После доработки статья должна быть направлена на повторную рецензию.**

#### 1. Аннотация.

*Стр. 11.* «Концентрация хлорофилла «а» тесно связана с гидрохимическими процессами...» не понятно, зачем начинать аннотацию с этой фразы. Ведь в рукописи ничего о гидрохимических процессах не говорится.

#### 2. Введение.

Обзор литературы во «Введении» совершенно не достаточен и не отражает уровень работ в России по созданию морской техники и методов, адаптированных для региональных океанологических исследований по теме рукописи. Во «Введении» совсем нет ссылок на опыт и разработки коллег из МГУ, МГИ РАН, ТОИ ДВО РАН и других организаций в области подводной техники для измерений флуоресценции фитопланктона в море.

*Стр. 38–40.* «Консорциум «ОКЕАН: МОНИТОРИНГ И АДАПТАЦИЯ» (Mosharov et al., 2022; Bashirova, et al., 2023; Mosharov, Mosharova, Borovkova et al., 2024)» – нужна ссылка на официальный информационный ресурс. В статьях (Mosharov et al., 2022; Mosharov et al., 2024) этот «консорциум» не упоминается вообще, а в труднодоступном журнале (Bashirova et al., 2023) говорится, что «консорциум № 2» под указанным названием создан, и его членом является БФУ им. И. Канта. В новостной ленте БФУ (<https://kantiana.ru/news/bfu-realizuet-innovatsionnyy-gosproekt-edinaya-natsionalnaya-sistema-monitoringa-klimaticheskii-aktiv/>) можно найти такую информацию: «Центр климатического и экологического мониторинга океана и морей России (ОКЕАН: МОНИТОРИНГ И АДАПТАЦИЯ) был создан в 2022 году благодаря инициативе ИО РАН и объединил семь ведущих научных организаций из Москвы, Санкт-Петербурга, Севастополя, Ростова-на-Дону, Дальнего Востока и Калининграда.» К сожалению, проблема здесь в том, что на сайте самого ИО РАН нет официальных сведений о создании такого «консорциума». Похоже, что деятельность по созданию «консорциума» в 2022–2023 гг. не дала результата, а соответствующее упоминание в рецензируемой статье лучше опустить для ясности.

*Стр. 39–40.* В ссылках на публикации авторских коллективов не надо перечислять трех первых авторов, как например, Bashirova, Sivkov, Ulyanova et al., 2023; Mosharov, Mosharova, Borovkova et al., 2024 – достаточно указать первого автора.

#### 3. Раздел «Материалы и методы исследований».

Карта района работ в Балтийское море в 5 экспедициях в 2023–2025 гг. приведена на *рис. 1*. На карте указаны точки отбора проб. Для бóльшей информативности на карте нужно разными значками (или цветом значков) указать точки, в которых работы проводились в отдельные экспедиции, а если отбор проб проводился повторно, то для таких точек использовать дополнительные значки. В подписи к рисунку привести расшифровку значков.

*Стр. 65–68.* В разделе «Материалы и методы исследований» нужно уточнить, в каких условиях проводили измерения и отбор проб. Были

*Стр. 78–79.* В рукописи указаны характеристики измерительного канала флуориметра «диапазон 0–75 мкг/л и разрешение 0.03 мкг/л». К сожалению, выбор диапазона измерений 0–75 мкг/л нельзя назвать удачным. Дело в том, что по данным измерений на *рис. 2* значения концентрации хлорофилла «а» никогда не превышали 8 мкг/л. Выбор неоправданно широкого измерительного диапазона датчика привел к росту ошибок измерений. То, что авторы трактуют как «разрешение» измерений 0.03 мкг/л, на самом деле, по документации производителя Seapoint Chlorophyll Fluorometer – это чувствительность (sensitivity) датчика. Отмечу, что в основе определения «чувствительности» лежит отношение сигнал/фоновый шум. Поэтому, если руководствоваться описанием производителя датчика, то можно видеть, что при настройке флуориметра выбирая диапазон 0–15 мкг/л, можно получить чувствительность измерений 0.33 мкг/л, т. е. на порядок выше, чем в рецензируемой работе, а если бы флуориметр был настроен на диапазон 0–5 мкг/л, что вполне соответствует диапазону значений, полученных авторами рукописи при анализе проб, собранных в августе, ноябре и декабре, то качество данных измерений с помощью Seapoint Chlorophyll Fluorometer было бы наивысшим, поскольку чувствительность датчика в этом случае равна 1.

Существенным недостатком рукописи стало то, что пока в ней нет данных о времени измерений. Анализ совершенно упускает зависимость измерений флуоресценции хлорофилла «а» от освещенности в разное время суток. Хорошо известно, что при высоких значениях фотосинтетически-активной радиации в полуденное время наблюдается эффект тушения флуоресценции хлорофилла «а», хотя концентрация хлорофилла «а» может оставаться неизменной. Поэтому при сравнении данных измерений погружным флуориметром с данными анализа проб необходимо учитывать время измерений. В этой связи было бы целесообразно построить зависимость данных измерений мутности от времени измерений.

#### 4. Результаты исследования и их обсуждение.

*Стр. 176.* В таблице нужно указать величины ошибок или доверительные интервалы коэффициентов уравнений регрессии.

*Стр. 191–199.* Надо дать более подробный комментарий в тексте, поскольку здесь есть противоречия с результатами (De Oliveira, et al., 2018). По данным таблицы 1 коэффициенты линейной регрессии с мутностью всегда положительны, а у (De Oliveira, et al., 2018) – отрицательны, почему? Кроме того, (De Oliveira, et al., 2018) используют нелинейную регрессию (какую именно?), почему бы не попробовать то же самое по данным измерений в Балтийском море?

Что касается совместного анализа данных измерений мутности и определений концентрации хлорофилла «а» в пробах, то тут открывается любопытная перспектива, пока не исследованная авторами рукописи. Важно было бы провести количественное сравнение численности фитопланктонных организмов (числа клеток в одном миллилитре) и размера клеток (объема клетки в кубических микрометрах) с данными измерений мутности. Это могло бы дать очень интересные результаты, обладающие большой степенью новизны, о природе данных измерений с помощью турбидиметра.

#### 5. Рисунки.

Замечание к рисунку 3. Использование зеленого и красного цветов для закрашивания соседних областей на одном рисунке не желательного для читателей с красно-зеленым дальтонизмом.

**Подпись. Рецензент № 1. 21.01.2026.**

**От редакции:** рецензия была направлена авторскому коллективу.

**Ответ рецензенту № 1 на Рецензию от 21.01.2026 на статью авторского коллектива: К. А. Боровкова, С. В. Александров, А. В. Килесо «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОГРУЖНОГО ФЛУОРИМЕТРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ХЛОРОФИЛЛА «А» В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ»**

Авторы признательны уважаемому рецензенту за проделанную работу, во многом согласны со сделанными замечаниями, которые, несомненно, поспособствовали улучшению статьи.

**Рецензент: 1. Аннотация.**

*Стр. 11. «Концентрация хлорофилла «а» тесно связана с гидрохимическими процессами...» не понятно, зачем начинать аннотацию с этой фразы. Ведь в рукописи ничего о гидрохимических процессах не говорится.*

**Ответ:** Согласны с замечанием рецензента, исключили фразу из аннотации.

**Рецензент: 2. Введение.**

*Обзор литературы во «Введении» совершенно не достаточен и не отражает уровень работ в России по созданию морской техники и методов, адаптированных для региональных океанологических исследований по теме рукописи. Во «Введении» совсем нет ссылок на опыт и разработки коллег из МГУ, МГИ РАН, ТОИ ДВО РАН и других организаций в области подводной техники для измерений флуоресценции фитопланктона в море.*

**Ответ:** Учли замечание рецензента, добавили информацию во введение.

**Рецензент: 3. С. 38–40.** «Консорциум «ОКЕАН: МОНИТОРИНГ И АДАПТАЦИЯ» (Mosharov et al., 2022; Bashirova, et al., 2023; Mosharov, Mosharova, Borovkova et al., 2024)» - нужна ссылка на официальный информационный ресурс. В статьях (Mosharov et al., 2022; Mosharov et al., 2024) этот «консорциум» не упоминается вообще, а в труднодоступном журнале (Bashirova et al., 2023) говорится, что «консорциум №2» под указанным названием создан, и его членом является БФУ им. И. Канта. В новостной ленте БФУ (<https://kantiana.ru/news/bfu-realizuetinnovatsionnyy-gosproekt-edinaya-natsionalnaya-sistema-monitoringa-klimaticheskii-aktiv/>) можно найти такую информацию: «Центр климатического и экологического мониторинга океана и морей России (ОКЕАН: МОНИТОРИНГ И АДАПТАЦИЯ) был создан в 2022 году, благодаря инициативе ИО РАН и объединил семь ведущих научных организаций из Москвы, Санкт-Петербурга, Севастополя, Ростова-на-Дону, Дальнего Востока и Калининграда.» К сожалению, проблема здесь в том, что на сайте самого ИО РАН нет официальных сведений о создании такого «консорциума». Похоже, что деятельность по созданию «консорциума» в 2022-2023 гг. не дала результата, а соответствующее упоминание в рецензируемой статье лучше опустить для ясности.

**Ответ:** Консорциум является одним из 6 консорциумов, созданных в рамках проекта ВИП ГЗ. Головным партнером консорциума является ИО РАН, одним из исполнителей в рамках работы консорциума является БФУ им. И. Канта <file:///C:/Users/rkekj/Downloads/Распоряжение%20ВИП%20ГЗ.pdf> (ссылка на постановление о проекте ВИП ГЗ); <https://xn--80aa3ak5a.xn--p1ai/journal/klimat-kontrol-ot-monitoringa-izmeneniy-k-meram-adaptatsii/> (список консорциумов указан в конце новости).

В связи с тем, что номер темы госзадания конкретного проекта в рамках ВИП ГЗ меняется из года в год, руководителем консорциума было принято решение ссылаться в публикациях на сам консорциум для учета публикации в отчёте.

Такая ссылка правомерна и засчитывается в отчёте по проекту.

**Рецензент: 4. С. 39–40.** В ссылках на публикации авторских коллективов не надо перечислять трех первых авторов, как например, Bashirova, Sivkov, Ulyanova et al., 2023; Mosharov, Mosharova, Borovkova et al., 2024, – достаточно указать первого автора.

**Ответ:** Исправили.

**Рецензент: 5.** Существенным недостатком рукописи стало то, что пока в ней нет данных о времени измерений. Анализ совершенно упускает зависимость измерений флуоресценции хлорофилла «а» от

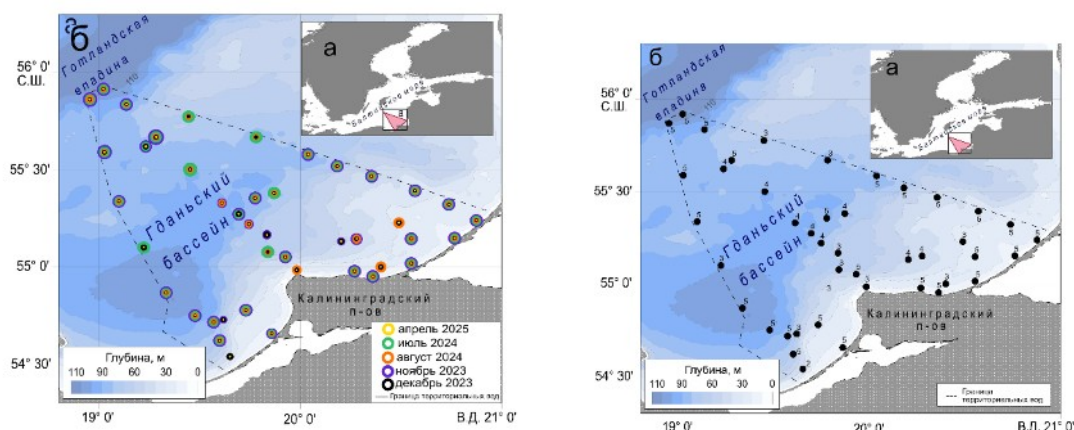
освещенности в разное время суток. Хорошо известно, что при высоких значениях фотосинтетически-активной радиации в полуденное время наблюдается эффект тушения флуоресценции хлорофилла «а», хотя концентрация хлорофилла «а» может оставаться неизменной. Поэтому при сравнении данных измерений погружным флуориметром с данными анализа проб необходимо учитывать время измерений. В этой связи было бы целесообразно построить зависимость данных измерений мутности от времени измерений.

**Ответ:** Очень высокая фотосинтетически-активная радиация (ФАР) в отдельные солнечные дни весной и летом действительно может оказывать влияние на фотосинтез фитопланктона, однако такой эффект наблюдается только в поверхностном слое. Стремясь получить зависимость для оценки обилия фитопланктона (по концентрации хлорофилла) для всего фотического слоя, авторы объединяли данные с глубин 1–20 м, и таким образом подавляющее большинство проанализированных проб не подвергалось воздействию угнетающей солнечной радиации, особенно учитывая перемешивание фитопланктона в морских водах.

Также, по мнению авторов, значимое влияние может оказывать не время измерений, а уровень ФАР, который будет значительно изменяться разные дни, сезоны и период. В этом аспекте, действительно имело значение построение такой экспериментальной зависимости. Однако авторы не располагают данными одновременных измерений ФАР для всего проанализированного ими массива данных по хлорофиллу, и не ставили такую задачу в статье. Целью было получение достаточно универсальных зависимостей для оценки обилия фитопланктона (по хлорофиллу) при стандартных измерениях гидрологическим зондом, а ФАР в отличие от температуры и мутности, не входит в стандартный набор измерений.

**Рецензент:** 6. Карта района работ в Балтийское море в 5 экспедициях в 2023–2025 гг. приведена на Рис. 1. На карте указаны точки отбора проб. Для большей информативности на карте нужно разными значками (или цветом значков) указать точки, в которых работы проводились в отдельные экспедиции, а если отбор проб проводился повторно, то для таких точек использовать дополнительные значки. В подписи к рисунку привести расшифровку значков.

**Ответ:** Авторы пытались учесть замечания, однако сформировать ярко различимые значки для 5 категорий оказалось трудно (рис. 1, слева). Поэтому авторы предлагают заменить цветовую шкалу указанием количества измерений рядом со станциями (рис. 2, справа).



**Рецензент:** 7. Стр. 65–68. В разделе «Материалы и методы исследований» нужно уточнить, в каких условиях проводили измерения и отбор проб.

**Ответ:** Добавили.

**Рецензент:** 8. Стр. 78–79. В рукописи указаны характеристики измерительного канала флуориметра «диапазон 0–75 мкг/л и разрешение 0.03 мкг/л». К сожалению, выбор диапазона измерений 0–75 мкг/л нельзя назвать удачным. Дело в том, что по данным измерений на рис. 2 значения концентрации хлорофилла «а» никогда не превышали 8 мкг/л. Выбор неоправданно широкого измерительного диапазона

датчика привел к росту ошибок измерений. То, что авторы трактуют как «разрешение» измерений 0.03 мкг/л, на самом деле, по документации производителя Seapoint Chlorophyll Fluorometer – это чувствительность (sensitivity) датчика. Отмечу, что в основе определения «чувствительности» лежит отношение сигнал/фоновый шум. Поэтому, если руководствоваться описанием производителя датчика, то можно видеть, что при настройке флуориметра, выбирая диапазон 0–15 мкг/л, можно получить чувствительность измерений 0.33 мкг/л, т. е. на порядок выше, чем в рецензируемой работе, а если бы флуориметр был настроен на диапазон 0-5 мкг/л, что вполне соответствует диапазону значений, полученных авторами рукописи при анализе проб, собранных в августе, ноябре и декабре, то качество данных измерений с помощью Seapoint Chlorophyll Fluorometer было бы наивысшим, поскольку чувствительность датчика в этом случае равна 1.

**Ответ:** Авторы согласны с замечанием рецензента. Для работы над данной статьёй авторы использовали данные, которые уже были собраны до них, с автоматически установленным диапазоном, поэтому не было выбора для установки более точного диапазона. В дальнейшем авторы будут руководствоваться более точной настройкой зондового флуориметра, что позволит сравнить данные с разным уровнем чувствительности датчика. Благодарим рецензента за возможность улучшить дальнейшие измерения.

**Рецензент:** 9. Стр. 176. В таблице нужно указать величины ошибок или доверительные интервалы коэффициентов уравнений регрессии.

**Ответ:** Указали.

**Рецензент:** 10. Стр. 191–199. Надо дать более подробный комментарий в тексте, поскольку здесь есть противоречия с результатами (De Oliveira, et al., 2018). По данным таблицы 1 коэффициенты линейной регрессии с мутностью всегда положительны, а  $\alpha$  (De Oliveira, et al., 2018) – отрицательны, почему? Кроме того, (De Oliveira, et al., 2018) используют нелинейную регрессию (какую именно?), почему бы не попробовать то же самое по данным измерений в Балтийском море?

**Ответ:** В работе (De Oliveira, et al., 2018) для описания диапазона данных были использованы 2 регрессии – линейная для низких величин мутности и логарифмическая (нелинейная) для больших величин. При подготовке нашей работы применение нелинейных зависимостей (степенной, логарифмической) для описания данных измерений хлорофилла «а» не дало значимого улучшения, поэтому авторы остановились на более универсальной для всех сезонов наблюдений и исследованных диапазонов линейной регрессии. Тем более, что в нашем районе исследования мутность имела относительно невысокий диапазон значений, по сравнению с работой коллег.

В работе (De Oliveira, et al., 2018) по мере роста мутности (при определенном граничном значении) эта зависимость становится нелинейной. При анализе данных по хлорофиллу авторы не выявили граничные величины, при котором форма зависимости данных может меняться.

Отрицательные значения регрессии в статье De Oliveira также были связаны со значительно большим диапазоном величин мутности (составляющим в этих экспериментальных работах 25000 %), когда очень высокие значения имели угнетающий эффект на флуоресценцию. В Балтийском море мутность была почти на 2 порядка меньше, поэтому не вносила отрицательного эффекта на флуоресценцию хлорофилла «а».

Авторы приводят ссылку на работу De Oliveira, et al. (2018) как подтверждение влияния мутности на флуоресценцию, однако эта работа построена на принципиально другом массиве данных – измерение флуоресценции органического вещества в заданном в эксперименте большом диапазоне мутности. Это принципиально отличает природный неоднородный массив данных по флуоресценции пигментов биологических объектов (различных отделов и видов фитопланктона) Балтийского моря. Поэтому можно говорить

лишь об общих тенденциях, но не о прямой зависимости или противоречии результатов работы.

**Рецензент:** 4. Что касается совместного анализа данных измерений мутности и определений концентрации хлорофилла «а» в пробах, то тут открывается любопытная перспектива, пока не исследованная авторами рукописи. Важно было бы провести количественное сравнение численности фитопланктонных организмов (числа клеток в одном миллилитре) и размера клеток (объема клетки в кубических микрометрах) с данными измерений мутности. Это могло бы дать очень интересные результаты, обладающие большой степенью новизны, о природе данных измерений с помощью турбидиметра.

**Ответ:** К сожалению, на данный момент у авторов нет возможности получить данные о числе и размерах клеток фитопланктона, однако авторы обязательно подумают в данном направлении и благодарят рецензента за комментарий.

**Рецензент:** 5. Рисунки Замечание к рисунку 3. Использование зеленого и красного цветов для закрашивания соседних областей на одном рисунке не желательно для читателей с красно-зеленым дальтонизмом.

**Ответ:** Исправили.

**С уважением, автор. 02.02.2026.**

**От редакции:** ответ и доработанная версия статьи были направлены редакцией рецензенту.

## **Этап № 2.**

Ознакомившись с рукописью, полагаю, что авторы, по-видимому, сделали максимум того, что могли на тех данных, которые удалось собрать в экспедициях в Балтийском море в 2023–2025 гг.

Методика экспедиционных работ изначально была мало продумана, поэтому главный результат – эмпирические зависимости между величинами хлорофилла «а» по результатам анализа проб спектрофотометрическим методом и по данным измерений погружным флуориметром, а также с учётом температуры и мутности воды, оказались не достаточно достоверными.

Стремление получить универсальные зависимости для вод разных типов: в прибрежной зоне, в Гданьском бассейне и в Готландской котловине, – это довольно сомнительная стратегия. Не было представлено доказательств, что, благодаря оцениваю указанных зависимостей для приповерхностного слоя 1–20 м в целом, авторам удалось устранить эффект воздействия угнетающей солнечной радиации. В рукописи не были представлены вертикальные профили измеряемых параметров вообще, хотя приповерхностный слой моря мог быть довольно сильно стратифицирован по вертикали. Авторам не хватило опыта настроить флуориметр, чтобы получить на порядок лучшие по качеству данные. В итоге были получены зависимости, которые содержат большую неопределённость из-за больших погрешностей констант линейной регрессии (Табл. 1). Полученные зависимости ещё предстоит уточнить или пересчитывать, чтобы добиться приемлемой точности оценок хлорофилла «а» по данным инструментальных измерений в водной толще в будущем. Наконец, были не достаточно подробно рассмотрены природные факторы, влияющие на мутность воды, хотя, как показано в работе, учёт данных по мутности значимо повысил точность оценок хлорофилла «а».

Несмотря на критику, я все же считаю, что как пилотное исследование эту работу можно было бы зачесть. Авторам надо реалистично без натяжек прописать в тексте все ограничения на качество экспериментальных данных, которые влияют на полученные в

работе результаты. Это поможет уточнить методику проведения экспедиционных исследований в дальнейшем.

Наконец, я бы рекомендовал рукопись опубликовать при условии, что авторы исправят грубую ошибку в строке 92. В моей первой рецензии на рукопись было указано: «То, что авторы трактуют как «разрешение» измерений 0.03 мкг/л, на самом деле, по документации производителя Seapoint Chlorophyll Fluorometer, – это чувствительность (sensitivity) датчика» «Sensitivity» – это не «resolution». В подтверждение, прилагаю спецификацию датчика (обращение к сайту Seapoint от 06.02.2026).

**Подпись. Рецензент № 1. 06.02.2026.**

**От редакции:** повторная рецензия была направлена авторскому коллективу.

**От редакции:** доработанная версия статьи была направлена рецензенту. 09.02.2026.

**Подтверждение Рецензента № 1 на публикацию:**

Уважаемая редакция!

У меня больше нет замечаний к статье. Рекомендую опубликовать.

**Подпись. Рецензент № 1. 10.02.2026.**