

## РЕЦЕНЗИЯ № 2

**на статью «ВНУТРЕННИЕ ВОЛНЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА НА ГЕЛЕНДЖИКСКОМ ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ»**

**авторского коллектива: Е. Е. Химченко, А. Н. Серебряный, О. Е. Попов, В. В. Очередник**

Материалы, представленные в рукописи, соответствуют тематике журнала по направлению: физика океана и климат. Работа четко структурирована, снабжена достаточным количеством иллюстраций. Аннотация соответствует основному содержанию работы.

Статья посвящена анализу результатов специализированных полигонных измерений характеристик короткопериодных внутренних волн на шельфе Черного моря. В работе приводится подробное описание характеристик зарегистрированных внутренних волн, а также с привлечением результатов дополнительных измерений оценивается их связь с временной изменчивостью содержания растворенного в воде кислорода.

Тема исследования обладает новизной и актуальностью, т. к. океанологические наблюдения последних десятилетий в различных районах Мирового океана, в том числе и на шельфе Черного моря, позволили обнаружить проявления значительной изменчивости структуры вод с горизонтальным масштабом от сотен метров до десятков километров. Эта изменчивость обусловлена такими явлениями и процессами, как внутренние волны, малые вихревые структуры, локальные апвеллинги. Однако сведения об их влиянии на короткопериодную изменчивость концентрации растворенных в воде газов, даже таких важных для жизни деятельности как кислород, на рассматриваемой акватории практически отсутствуют. Хотя для явлений большего масштаба было показано, что именно динамика вод и формируемый ими поток кислорода, а не биогеохимические процессы, являются определяющими для межгодовых изменений распределения кислорода в современный период, что определило «системный» сдвиг в биогеохимической структуре вод Черного моря. Соответственно результаты работы могут быть весьма востребованы при разработке региональных моделей высокого разрешения.

При прочтении рукописи возник ряд вопросов и замечаний, список которых приведен ниже.

### Общие замечания по статье:

1. Последняя фраза первого абзаца статьи («Известны работы по ...») требует раскрытия или продолжения.

2. В последнем абзаце раздела «Материалы и методы» необходимо дать более полное описание процедуры фильтрации.

3. В описании таблицы 1 сказано, что изменение периодов колебаний с глубиной обуславливается общей фоновой циркуляцией. Но на рис. 4, где представлена временная изменчивость скорости течений, визуальной значимой перестройки характеристик течений на глубинах более 10 метров не прослеживается. Необходимо пояснить данное противоречие.

4. При полигонных измерениях характеристик внутренних волн наиболее интересные результаты связаны с оценкой доминирующих направлений их распространения при различных фоновых гидрометеорологических условиях (течениях, особенностях вертикальной структуры вод и т.д.). Представляется, что данные оценки наряду с оценками характеристик фоновых течений необходимо привести при интерпретации причин изменения концентрации кислорода в те или иные моменты времени под влиянием внутренних волн.

5. Публикации по исследованию внутренних волн второй моды по *in situ* данным ограничены и сведения о них носят весьма поверхностный характер. Но их столь подробное представление (два рисунка) в данной статье представляется избыточным. Так как из результатов не ясно, как зарегистрированные внутренние волны второй моды влияют на изменчивость концентрации кислорода, требуется или раскрыть данный вопрос, или сократить иллюстративный материал.

6. В разделе «Материалы и методы» сказано, что «Для последующего анализа ... данные были усреднены по 1 мин.». Однако в разделе «Цуги короткопериодных волн» отмечается присутствие пакета внутренних волн с «периодом около 2 минут», а рис. 9 построен по данным с более высокой дискретностью. Требуется прояснить данное противоречие.

7. Оси времени на всех графиках в работе следует представить единообразно.

Редакционные (построчные) замечания по тексту статьи:

8. *Строка 105.* Надо указать марку используемого ADCP.

9. *Строка 129.* Необходимо дать легенду для скорости ветра и буквенные обозначения для частей рисунка 2.

10. *Строки 155–156.* Необходимо дать буквенные обозначения для частей рисунка 4.

11. *Строка 204.* Требуется пояснения термин «Кажущаяся скорость».

12. *Строка 208.* Необходимо дать буквенные обозначения для частей рисунка 7 и пояснения к легендам.

13. *Строка 224.* Необходимо дать буквенные обозначения для частей рисунка 8 и пояснение к легендам.

14. *Строка 256.* Надо указать оценку значимости коэффициента корреляции.

15. *Строка 279.* Выражение «профиль температуры похолодел» требует замены.

Резюме рецензента: Статья после устранения указанных незначительных замечаний может быть опубликована в журнале «Океанологические исследования».

**Подпись. Рецензент № 2. 18.06.2024.**

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

**Ответ рецензенту № 2 на Рецензию от 18.06.2024 на статью авторского коллектива: Е. Е. Химченко, А. Н. Серебряный, О. Е. Попов, В. В. Очередник «ВНУТРЕННИЕ ВОЛНЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА НА ГЕЛЕНДЖИКСКОМ ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ».**

Авторы выражают признательность рецензенту за детальное рассмотрение статьи и ценные замечания, устранение которых непременно улучшит статью. Ниже приведены замечания рецензента (курсив) и ответы авторов на них. В тексте статьи все внесенные исправления выделены желтым цветом.

Общие замечания по статье:

**Рецензент:** *1. Последняя фраза первого абзаца статьи («Известны работы по ...») требует раскрытия или продолжения.*

**Ответ:** Указанный фрагмент перестроен и дополнен более подробной информацией о проведенных работах в цитируемых источниках. Также добавлена работа, где приведены краткие сведения об изменчивости распределения кислорода при прохождении внутренних волн по наблюдениям в Черном море – Поярков, Стунжас, 1980.

**Рецензент:** *2. В последнем абзаце раздела «Материалы и методы» необходимо дать более полное описание процедуры фильтрации.*

**Ответ:** Описание процедуры фильтрации дополнено.

**Рецензент:** 3. В описании таблицы 1 сказано, что изменение периодов колебаний с глубиной обуславливается общей фоновой циркуляцией. Но на рис.4, где представлена временная изменчивость скорости течений, визуальнo значимой перестройки характеристик течений на глубинах более 10 метров не прослеживается. Необходимо пояснить данное противоречие.

**Ответ:** Благодарим рецензента за данное замечание, оно заставило авторов более внимательно посмотреть на данные и текст статьи. Видимо, в настоящем виде описание выше указанных изменений может не совсем верно трактоваться читателем. В нашем случае на горизонте 10 м выявляется сдвиг не в высокочастотную область, а в низкочастотную с периодом 18.43 ч (локальный инерционный период  $f_{in}=17.1$  ч), что обуславливается общей фоновой циркуляцией. Так как для расчета использовались данные до 17 июня, когда фоновое течение было направлено на юго-восток, т. е. наблюдалась циклоническая циркуляция. Как известно (Kunze, 1985), если фоновая циркуляция циклоническая, то частота инерционных колебаний увеличивается (если антициклоническая, то уменьшается). В нашем примере с ростом глубины период инерционных колебаний уменьшается, частота растет. И это уже больше зависит от непосредственного влияния близкорасположенного дна. В тексте статьи мы внесли некоторые правки, однако, более детальное изучение этого вопроса выходит за рамки данной работы.

**Рецензент:** 4. При полигонных измерениях характеристик внутренних волн наиболее интересные результаты связаны с оценкой доминирующих направлений их распространения при различных фоновых гидрометеорологических условиях (течениях, особенностях вертикальной структуры вод и т. д.). Представляется, что данные оценки наряду с оценками характеристик фоновых течений необходимо привести при интерпретации причин изменения концентрации кислорода в те или иные моменты времени под влиянием внутренних волн.

**Ответ:** Изначально проведенный эксперимент ставил своей целью регистрацию короткопериодных внутренних волн, поэтому постановка станций была выполнена таким образом, чтобы полученные данные позволили оценить их характеристики, которые приведены в работе. В дальнейшем при обработке данных было обнаружено более выраженное влияние квазиинерционных внутренних волн на изменения кислорода. Однако, параметры постановки (а именно расстояние между станциями от 88 до 157 м) не позволяют провести оценку длин и направления квазиинерционных волн, для этого необходимо было бы разносить станции на большее расстояние (порядка длины волны). Для примера влияния коротких волн на изменчивость кислорода в тексте сделано дополнение.

**Рецензент:** 5. Публикации по исследованию внутренних волн второй моды по *in situ* данным ограничены и сведения о них носят весьма поверхностный характер. Но их столь подробное представление (два рисунка) в данной статье представляется избыточным.

Так как из результатов не ясно, как зарегистрированные внутренние волны второй моды влияют на изменчивость концентрации кислорода, требуется или раскрыть данный вопрос, или сократить иллюстративный материал.

**Ответ:** К сожалению, в период регистрации внутренних волн второй моды датчик кислорода уже не работал, поэтому представить контактные наблюдения по изменчивости кислорода при их прохождении невозможно. Однако, как верно заметил рецензент, «публикации по исследованию внутренних волн второй моды по *in situ* данным ограничены», а для Черного моря сведений о внутренних волнах второй моды крайне мало, поэтому авторы хотели бы сохранить всю представленную информацию, касающуюся данного явления.

**Рецензент:** 6. В разделе «Материалы и методы» сказано, что «Для последующего анализа ... данные были усреднены по 1 мин.». Однако в разделе «Цуги короткопериодных волн» отмечается присутствие пакета внутренних волн с «периодом около 2 минут», а рис. 9 построен по данным с более высокой дискретностью. Требуется прояснить данное противоречие.

**Ответ:** В тексте статьи указано, что использованы исходные данные температуры, т. е. с дискретностью 10 сек. Усреднение в 1 мин применялось для данных течений и кислорода. Начальная фраза немного перестроена, чтобы не вводить читателей в заблуждение.

**Рецензент:** 7. *Оси времени на всех графиках в работе следует представить единообразно.*

**Ответ:** Оси времени приведены к единому представлению (Число/Месяц), на отдельных рисунках, где дополнительно указано время, считаем необходимым его сохранить.

Редакционные (построчные) замечания по тексту статьи:

**Рецензент:** 8. *Строка 105. Надо указать марку используемого ADCP.*

**Ответ:** Указано.

**Рецензент:** 9. *Строка 129. Необходимо дать легенду для скорости ветра и буквенные обозначения для частей рисунка 2.*

**Ответ:** Добавлены легенда и буквенные обозначения для частей рисунка, в соответствии с этим исправлена подпись к рисунку.

**Рецензент:** 10. *Строки 155–156. Необходимо дать буквенные обозначения для частей рисунка 4.*

**Ответ:** Добавлены буквенные обозначения для частей рисунка, в соответствии с этим исправлена подпись к рисунку.

**Рецензент:** 11. *Строка 204. Требуется пояснения термин «Кажущаяся скорость».*

**Ответ:** Исправлено на «горизонтальная фазовая скорость».

**Рецензент:** 12. *Строка 208. Необходимо дать буквенные обозначения для частей рисунка 7 и пояснения к легендам.*

**Ответ:** Добавлены буквенные обозначения для частей рисунка и пояснения к легендам, в соответствии с этим исправлена подпись к рисунку.

**Рецензент:** 13. *Строка 224. Необходимо дать буквенные обозначения для частей рисунка 8 и пояснение к легендам.*

**Ответ:** Добавлены буквенные обозначения для частей рисунка и пояснения к легендам, в соответствии с этим дополнена подпись к рисунку.

**Рецензент:** 14. *Строка 256. Надо указать оценку значимости коэффициента корреляции.*

**Ответ:** В тексте добавлена оценка значимости коэффициента корреляции.

**Рецензент:** 15. *Строка 279. Выражение «профиль температуры похолодел» требует замены.*

**Ответ:** Выражение исправлено.

Ссылки на литературу:

Поярков С. Г., Стунжас П. А. Разнопериодная изменчивость гидролого-гидрохимических полей аэробной зоны Черного моря // Экосистемы пелагиали Черного моря. М.: Наука, 1980. С. 20–44

Kunze, E. Near-inertial wave propagation in geostrophic shear. J. Phys. Oceanogr. 1985, 15, 544–565.

**С уважением, авторский коллектив. 08.07.2024.**

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

## **Подтверждение Рецензента № 2 на публикацию:**

Здравствуйте!

Авторы хорошо поработали и устранили почти все указанные ранее замечания. Спорный момент о количестве иллюстраций посвященных результатам наблюдения волн второй моды оставляю на усмотрение редколлегии.

Статья может быть опубликована в журнале «Океанологические исследования» ИО РАН.

**Подпись. Рецензент № 2. 16.08.2024.**

**От редакции:** Вопрос количества иллюстраций посвященных результатам наблюдения волн второй моды был согласован редакцией с авторами и оставлен в первичном виде.