

РЕЦЕНЗИЯ № 1

на _____ статью **«ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭВОЛЮЦИИ НЕФРОНТАЛЬНЫХ ВИХРЕЙ В ДВУСЛОЙНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ»**

авторского коллектива: Зацепин А. Г., Елкин Д. Н., Шварцман Д. Р.

В работе представлены результаты новых лабораторных экспериментов по исследованию динамики и эволюции вихрей в морской среде.

Работа выполнена на высоком уровне – получен ряд новых интересных результатов, касающихся различия в эволюции баротропных и бароклиных вихрей разного знака и интенсивности при разном рельефе дна над гладким, шероховатым и наклонным дном. Представлены критерии устойчивости вихрей и дано качественное описание их эволюции при постепенном затухании. Предложена параметризация, описывающая экспоненциальный закон затухания вихрей, которая опробована на примере черноморского мезомасштабного вихря. Получен важный вывод об определяющей роли горизонтального трения для затухания бароклиных вихрей верхнего слоя. Представлено подробное описание эксперимента и обзор литературы. Тем не менее, некоторые приведенные выводы требуют дополнительных пояснений и большей детализации.

Работа выполнена на высоком уровне, поэтому считаю, что статью можно рекомендовать к публикации в журнале “Океанологические исследования” после незначительных коррекций.

Замечания:

Из текста не ясно как определялся радиус вихря и его изменчивость. Хорошо бы добавить это при описании методов.

1) Соответственно, для антициклонического вихря толщина верхнего слоя внутри цилиндра равна $H_1 - h = 7$ см, а для циклонического вихря – $H_1 - h = 1$ см. В этой фразе, по видимому, есть ошибка ($H_1 + h = 13$ см?).

2) Рис. 4 – Безразмерный радиус $R/\langle R \rangle$ вихря от безразмерного времени t/T для циклона (красный)... – цвет желтый.

3) К рис. 1 было бы полезно добавить изменения радиуса в абсолютных величинах или относительно радиуса цилиндра, что позволило бы читателю получить лучшее представление о разнице размеров вихрей обоих знаков.

4) Возможно, изменчивость радиуса вихрей на стр. 4 связана не с горизонтальными, а с вертикальными колебаниями, вызванными подъемом цилиндра и силами поверхностного натяжения, которые переходят в горизонтальные движения вод.

5) После завершения стадии инерционных колебаний эволюция как циклонических, так и антициклонических вихрей, происходит по одному из двух сценариев. На мой взгляд, ниже перечислено 3 сценария, что соответствует рис 7–9.

6) Не совсем ясно, какую природу имеют присоединённые циклоны, образующиеся при неустойчивости АВ. Через какое время образуются эти циклоны и что происходит при дальнейшей эволюции АВ?

7) Во-первых, оказалось, что большая 612 шероховатость дна ($r_0 \approx 0.5$ см) увеличивает устойчивость как антициклонических, так и 613 циклонических вихрей. Этот интересный вывод было бы полезно снабдить соответствующей иллюстрацией, например, эволюцией скорости антициклона для случая с шероховатым и гладким дном на одном графике.

8) На рис. 12 сложно отличить зависимости, полученные с шероховатым дном и без него. Было бы нагляднее нанести кривую из рис. 12а на рис. 12б другим цветом.

9) В тексте статьи лишь вскользь упоминается о влиянии наклона дна. Здесь не хватает детального описания различий экспериментов с гладким, наклонным дном, о котором упоминается в аннотации. Рекомендую расширить эту часть и добавить соответствующие иллюстрации.

10) В приведенной параметризации (20) учитывается радиус вихря для оценки влияния горизонтального трения. Однако, например, при сценарии 16 присоединённые циклоны на периферии антициклона занимают большую площадь бассейна, стенки которого тормозят образовавшееся поле течений. В этом случае зона контакта с берегом будет больше, т. е. горизонтальное трение зависит от пристеночных течений, распределение которых, вероятно, различно при разных сценариях эволюции вихря. Этот эффект можно учесть при обсуждении предложенной параметризации.

Подпись. Рецензент № 1. 25.01.2023.

От редакции: рецензия была направлена редакцией авторскому коллективу.

Ответ рецензенту № 1 на Рецензию от 25.01.2023 на статью авторского коллектива: Зацепин А. Г., Елкин Д. Н., Шварцман Д. Р. «ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭВОЛЮЦИИ НЕФРОНТАЛЬНЫХ ВИХРЕЙ В ДВУСЛОЙНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ».

Авторы благодарны обоим рецензентам за внимательное прочтение нашей статьи «ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭВОЛЮЦИИ НЕФРОНТАЛЬНЫХ ВИХРЕЙ В ДВУСЛОЙНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ», ее положительную оценку и сделанные замечания. Работа над устранением замечаний позволила улучшить содержание статьи и характер изложения результатов. Исправленная и доработанная статья приложена в виде отдельного файла. Ниже приведены ответы на конкретные замечания рецензентов.

Рецензент:

Из текста не ясно как определялся радиус вихря и его изменчивость. Хорошо бы добавить это при описании методов.

Ответ: Добавлен следующий фрагмент текста (стр. 8). «По радиальным распределениям орбитальной скорости определялся радиус ядра вихря R , как расстояние от центра, где она достигает максимума в данный момент времени. Этот радиус практически совпадал с радиусом пятна краски на поверхности, причем это совпадение наблюдалось на протяжении каждого опыта вплоть до его финальной стадии, когда ошибки измерения становились сопоставимыми с измеряемой величиной скорости. При этом контур окрашенного пятна оставался достаточно резким, т.е. горизонтальная диффузия красителя была мала».

Рецензент: 1) *Соответственно, для антициклонического вихря толщина верхнего слоя внутри цилиндра равна $H_1-h = 7$ см, а для циклонического вихря – $H_1-h = 1$ см. В этой фразе, по-видимому, есть ошибка ($H_1+h = 13$ см?).*

Ответ: Исправлена опечатка « $H_1-h = 7$ см» на « $H_1+h = 7$ см» (стр. 13)

Рецензент: 2) *Рис. 4 – Безразмерный радиус $R/\langle R \rangle$ вихря от безразмерного времени t/T для циклона (красный) ... – цвет желтый.*

Ответ: исправлено на оранжевый цвет.

Рецензент: 3) *К рис. 1 было бы полезно добавить изменения радиуса в абсолютных величинах или относительно радиуса цилиндра, что позволило бы читателю получить лучшее представление о разнице размеров вихрей обоих знаков.*

Ответ: в подпись к рисунку добавлены размеры цилиндра и бассейна.

Рецензент: 4) *Возможно, изменчивость радиуса вихрей на стр. 4 связана не с горизонтальными, а с вертикальными колебаниями, вызванными подъемом цилиндра и силами поверхностного натяжения, которые переходят в горизонтальные движения вод.*

Ответ: В связи с тем, что диаметр извлекаемого цилиндра достаточно большой (20 см), а его стенка – тонкая (4 мм), возмущение жидкости при его вынимании невелики и не могут быть причиной наблюдаемых колебаний, тем более, что в однородной жидкости они никак не проявляются. Соответствующее разъяснение добавлено в текст на стр. 14.

Рецензент: 5) *После завершения стадии инерционных колебаний эволюция как циклонических, так и антициклонических вихрей, происходит по одному из двух сценариев. На мой взгляд, ниже перечислено 3 сценария, что соответствует рис 7-9.*

Ответ: согласны с замечанием, исправлено на 3 сценария.

Рецензент: 6) *Не совсем ясно, какую природу имеют присоединённые циклоны, образующиеся при неустойчивости АВ. Через какое время образуются эти циклоны, и что происходит при дальнейшей эволюции АВ?*

Ответ: Однозначного ответа на этот вопрос у авторов нет. Прежде всего, это результат бароклинной неустойчивости, вследствие которой на границе ядра антициклона образуются растущие азимутальные волны, в вогнутой части которых формируются циклоны. При низкомодовой неустойчивости с $n = 2$ ($n = 2\pi R/\lambda$, где λ – длина волны неустойчивости), возникают два присоединённых циклона, отстоящие друг от друга приблизительно на 180° , которые образуют вихревые пары с «материнским» антициклоном и растягивают его до определенных пределов, не вызывая его разрыва, как это происходит при сильной неустойчивости. Кроме того, присоединённые циклоны могут образовываться в результате сдвиговой неустойчивости на периферии антициклона в области циклонического сдвига скорости, как «вихри трения» (Федоров, 1983). Следует отметить, что время существования присоединённых циклонов, как правило, меньше времени существования «материнского» антициклона и в процессе его угасания они могут образовываться и затухать несколько раз. Данный комментарий добавлен к тексту статьи на стр. 18.

Рецензент: 7) *Во-первых, оказалось, что большая шероховатость дна ($r_0 \approx 0.5$ см) увеличивает устойчивость как антициклонических, так и циклонических вихрей. Этот интересный вывод было бы полезно снабдить соответствующей иллюстрацией, например, эволюцией скорости антициклона для случая с шероховатым и гладким дном на одном графике.*

Ответ: добавлены два рисунка (рис. 14 и 15), которые наглядно показывают увеличение устойчивости вихрей за счет шероховатости и наклона дна.

Рецензент: 8) *На рис. 12 сложно отличить зависимости, полученные с шероховатым дном и без него. Было бы нагляднее нанести кривую из рис. 12а на рис. 12б другим цветом.*

Ответ: сделано.

Рецензент: 9) *В тексте статьи лишь вскользь упоминается о влиянии наклона дна. Здесь не хватает детального описания различий экспериментов с гладким, наклонным дном, о котором упоминается в аннотации. Рекомендую расширить эту часть и добавить соответствующие иллюстрации.*

Ответ: данная часть расширена и добавлена иллюстрация (рис. 15).

Рецензент: 10) *В приведенной параметризации (20) ($\tau = C_i (RH_1/(\nu\Omega))^{1/2}$) учитывается радиус вихря для оценки влияния горизонтального трения. Однако, например, при сценарии 1б, присоединённые циклоны на периферии антициклона занимают большую площадь бассейна, стенки которого тормозят образовавшееся поле течений. В этом случае зона контакта с берегом будет больше, т. е. горизонтальное трение зависит от пристеночных течений, распределение которых вероятно различно при разных сценариях эволюции вихря. Этот эффект можно учесть при обсуждении предложенной параметризации.*

Ответ: замечание учтено, данная гипотеза добавлена в обсуждение на стр. 28.

С уважением, авторский коллектив. 21.02.2023.

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

Подтверждение Рецензента № 1 на публикацию:

Здравствуйте!

Я благодарю авторов за подробные ответы на мои замечания. Авторы значительно улучшили текст статьи, дополнили её полезной информацией и исправили все мелкие недочеты.

Считаю, что статья может быть принята к публикации.

Подпись. Рецензент № 1. 22.02.2023.