

## РЕЦЕНЗИЯ № 2

на статью **«ПАДЕНИЕ ПЯТЕН СОЛЕНОЙ ВОДЫ НА НАКЛОННОЕ ДНО В ОКРУЖЕНИИ ПРЕСНОЙ: ДИНАМИКА И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛОТНОСТНОГО ФРОНТА ВВЕРХ ПО СКЛОНУ»**  
авторского коллектива: **А. Е. Куприянова, В. А. Гриценко**

В работе представлено качественное описание влияния наклонного дна на динамику вихревых колец, образованных подкрашиваемыми каплями более плотной (соленой) воды, выпускаемыми, по-видимому, из пипетки в приповерхностном слое неглубокой воды. Рассмотрен важный аспект этого процесса: продвижение фронта вихревого кольца вверх по склону за счет силы инерции, его остановки и обрушения назад под влиянием вдольсклоновой составляющей редуцированной силы тяжести. Показано, что при погружении второго вихревого кольца практически сразу, вслед за первым, происходит взаимодействие двух колец на дне. Второе кольцо, как более плотное (поскольку движется в следе первого и слабее взаимодействует с окружающей пресной водой), вытесняет со дна первое и обволакивает его во фронтальной части, поднимающейся вверх по склону. В результате образуется квазиперемешанное – квазислоистое пятно более плотных вод по сравнению с окружающими водами, существенно превышающее по толщине слой более плотной воды, стекающей вниз по склону, где взаимодействие вод первого и второго пятна минимизировано. Эксперимент сопровождается численными решениями системы уравнений двумерной модели для завихренности, функции тока и избыточной плотности вихревых колец, которые позволяют в деталях рассмотреть процесс взаимодействия вихревых колец в области подъема их фронтов вверх по склону. Результаты лабораторного эксперимента, в совокупности с подтверждающими их результатами численного расчета, дают достаточно полное представление о различии во взаимодействии поднимающихся и опускающихся фронтов вихревых колец друг с другом и с окружающей жидкостью. Качественным образом эти результаты приложимы к натурным конвективным процессам над слабонаклонным дном шельфа Балтийского моря, а также и других акваторий Мирового океана, где имеет место свободная конвекция в мелком море над слегка наклонном дном.

Статья представляет интерес для опубликования в журнале «Океанологические исследования». Представленные в ней результаты обладают научной новизной и физической убедительностью. Вместе с тем имеется несколько замечаний, на которые авторам следует обратить внимание.

1. Название статьи заставляет вздрогнуть. Что это такое, «взаимодействие малых объемов соленой воды при их движении вверх по склону дна»? Первое впечатление парадоксально: авторам удалось изменить направление силы тяжести! На самом деле, малые объемы соленой воды движутся только вниз, если наблюдать за их геометрическими центрами, и по-другому быть не может. Вверх могут двигаться их фронты под влиянием силы инерции до тех пор, пока вдольсклоновая сила тяжести не обратит это движение вспять. Поэтому название следует слегка изменить, например, так: «Взаимодействие упавших на наклонное дно малых объемов соленой воды в области их фронтов, распространяющихся вверх по склону». Слова «экспериментальное исследование» лучше убрать, поскольку в статье присутствуют и результаты численного моделирования.

2. Небрежно (неполно) описаны условия эксперимента. Настолько неполно, что пытливому читателю вряд ли удастся воспроизвести эти опыты при всем желании. Важнейшую роль в этом исследовании играет не только объем выпускаемой соленой воды и его соленость, но и диаметр сопла из которого он выпускается (не указан), а также расположение этого сопла над поверхностью воды в бассейне или же под поверхностью (не указано). Есть ли начальный импульс при выпуске этого объема, или он

отсутствует? За какое время этот объем выпускается и как оно соотносится со временем формирования вихревого кольца и его опускания до дна? Какова высота расположения источника соленой воды относительно дна? От этих условий зависят результаты опытов. Указание на то, что выпускаемые объемы обладают «отрицательной плавучестью ( $1.0 \cdot 10^{-4}$ – $5.0 \cdot 10^{-5}$  г/см<sup>3</sup>)» не точно, поскольку приведена не плавучесть, а различие в плотности.

**Резюме:** авторам рекомендуется более подробно описать постановку и проведение опытов.

3. Стр. 5: «можно отметить, что именно вихревой характер движений вод внутри соленых пятен обеспечивает их смешение между собой и с окружающей пресной водой. Одновременно ламинарный режим течений способствует сохранению на некоторое время неоднородности их плотностной структуры». Совместно употребляемые термины «вихревой характер движения» и «ламинарный режим течений» обескураживают. Либо одно, либо другое. Мне представляется, что уместно говорить о переслоении стратифицированной по плотности водной среды (формировании ее слоистой структуры), вследствие упорядоченного вихревого движения при малых значениях числа Рейнольдса, недостаточных для турбулентного смешения слоев.

4. Стр. 7. Непонятно, что за масштабы используются в задаче для численного моделирования. Что такое  $h_0 = 1$  см? Высота пятна на дне, или что-то другое? Избыточная плотность: это начальная избыточная плотность воды в источнике или избыточная плотность вихревого кольца на дне? Поскольку у второго кольца на дне другая плотность, надо указать, какова она и как обе избыточные плотности связаны между собой? Приведенный масштаб скорости связан с коллапсом пятна под действием вдольсклонового градиента давления. Но есть еще скорость опускания вихревого кольца и связанная с ней скорость разбегания его фронтов по наклонному дну под действием инерции. Возможно, именно эти масштабы скорости определяют величину заплеска. Не уверен, что это так важно для численного моделирования, но стоит пояснить выбор масштаба скорости. **Резюме:** начальные условия задачи следует описать подробно и обосновать их выбор, поскольку от них в некоторой степени зависит ее решение.

5. Почему в эксперименте угол наклона дна 40, а в численном счете 100, что в 2.5 раза больше. Стоит пояснить, почему так получилось?

Статью хотелось бы прочитать вторично после исправления указанных недостатков.

**Подпись: Рецензент № 2. 01.07.2022.**

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

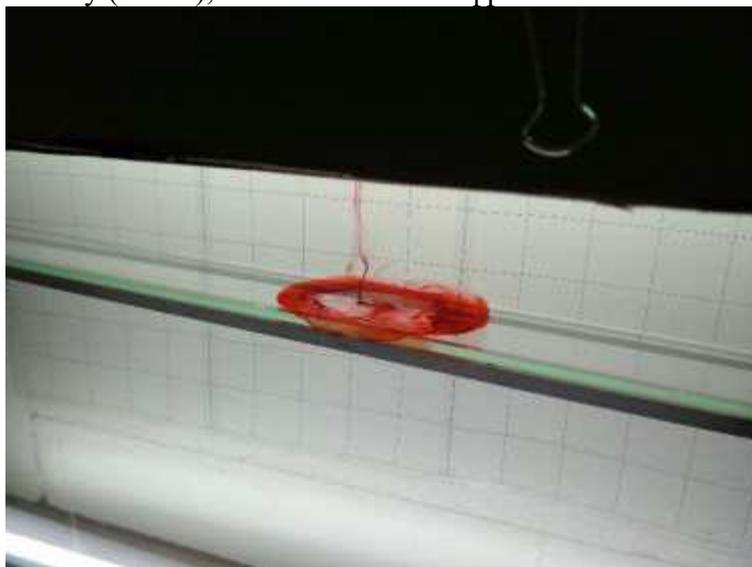
**Ответ рецензенту № 2 на Рецензию от 07.07.2022 на статью авторского коллектива: А. Е. Куприянова, В. А. Гриценко «ПАДЕНИЕ ПЯТЕН СОЛЕННОЙ ВОДЫ НА НАКЛОННОЕ ДНО В ОКРУЖЕНИИ ПРЕСНОЙ: ДИНАМИКА И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛОТНОСТНОГО ФРОНТА ВВЕРХ ПО СКЛОНУ».**

Уважаемый рецензент, мы рады пониманию сути нашей работы. Мы учли Ваши замечания и внесли соответствующие исправления в текст. Ответим теперь подробно на ваши замечания:

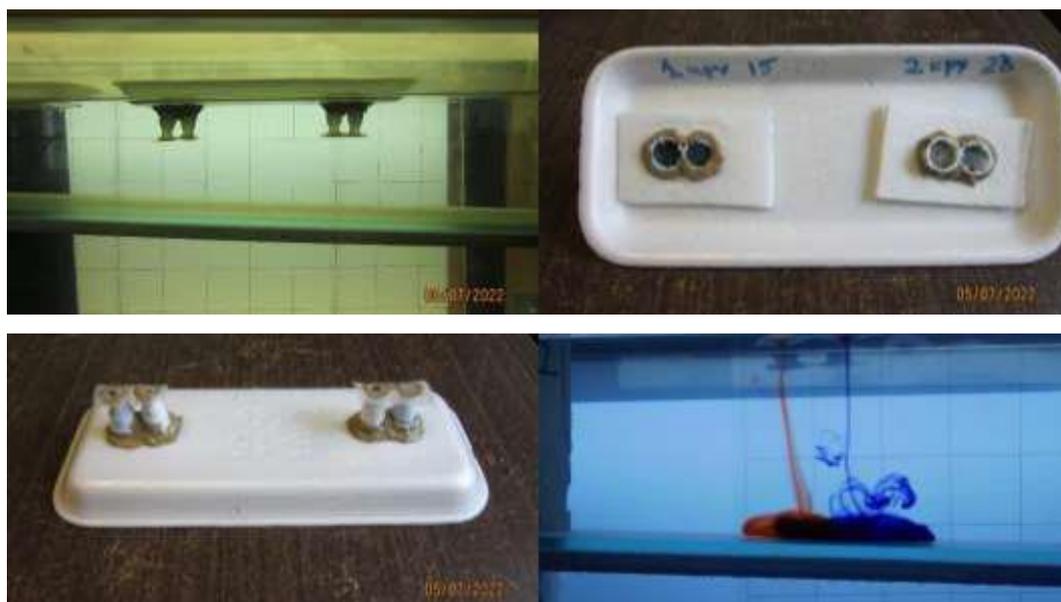
1. Согласно с несколько неточным названием статьи. Мы потратили значительные усилия на разработку нового названия. Ваше замечание принимаем и меняем название на следующее: ПАДЕНИЕ ПЯТЕН СОЛЕННОЙ ВОДЫ НА НАКЛОННОЕ ДНО В ОКРУЖЕНИИ ПРЕСНОЙ: ДИНАМИКА И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛОТНОСТНОГО ФРОНТА ВВЕРХ ПО СКЛОНУ. Оно, как нам кажется, отражает все грани описываемых движений пятен и в лотке и в расчетах.

Мы согласны с Вашим замечанием, что вверх по склону идет фронт, который разделяет пресную воду лотка и соленую воду пятна. Но за ним следует соленая вода пятна. Картина

лабораторного эксперимента показывает, что часть соленой воды пятна действительно движется вверх по склону (влево), т.е. не только его фронт.



2. Согласно с неполной описания лабораторных экспериментов, и внесли соответствующие изменения в текст (стр. 2–3). В тексте статьи дано подробное описание методики исследования в лабораторных условиях. Фотографии входного устройства, и пример его использования в лотке, приведены ниже.



3. Не совсем понимаем суть этого замечания. Профили скорости в течении Пуазейля объединяет ламинарный режим течения и присутствие завихренности. Но для нас важен вращательный характер. Примеры ламинарных течений со сдвигом скорости можно посмотреть в книге М. Ван-Дайка «Альбом течений жидкости и газа», глава 2, рис 30. В статье мы уточнили формулировку (стр. 7).

4. Начальные условия модели в статье переписаны (стр. 3–4). Для исследуемого круга задач можно рассматривать три масштаба скорости, предложенный в работе Зацепина и других (2005) и оценка Симпсона для вдольсклоновых течений, которые для наших начальных условий дают значения скорости соответственно 0.74 см/с и примерно 1.0 см/с. Наш масштаб скорости (0.76 см/с) мало отличается от выбранных этими авторами. Все определяется малыми перепадами плотности и углом наклона дна. Данное обстоятельство тоже уточнено в статье (стр. 7–8).

5. В данной работе для численных экспериментов использовался угол наклона в  $10^\circ$ , т.к. при меньшем угле наклона потребовалось увеличение расчетной сетки практически в два раза со значительным ростом времени расчетов. Кроме того, даже при наклоне в  $27^\circ$  градусов в лотке отмечалось движение вод на дне, по инерции, вверх по склону. Данное обстоятельство теперь отмечено в статье (стр. 8)

**С уважением, авторский коллектив. 18.07.2022.**

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

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

Здравствуйте.

Авторы существенно доработали статью с учетом замечаний рецензента. Полагаю, что ее можно принять к печати с учетом того, что текст будет стилистически подправлен на стадии редакторской подготовки статьи к публикации (в настоящем виде, начиная с аннотации, он грешит «шероховатостью» языка).

**Подпись. Рецензент № 2. 20.07.2022.**