

ОТЗЫВ

на диссертацию Подрезовой Надежды Алексеевны на тему: «Моделирование морских плотностных потоков с учетом влияния придонного пампинга», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28. – океанология

Диссертация Подрезовой Надежды Алексеевны посвящена придонным плотностным потокам с учетом влияния пампинга в Белом море. Решается данная задача с помощью математического моделирования. Придонные плотностные потоки играют важную роль в формировании различных особенностей полей гидрологических характеристик. В частности, для ряда морей они являются основными процессами, осуществляющими вентиляцию придонных слоев, предотвращая развитие гипоксии. В качестве примера можно привести Белое и Балтийское моря. В первом, благодаря плотностным потокам, в придонных слоях поддерживается высокое содержание кислорода. В Балтийском море, где из-за особенностей рельефа дна придонные плотностные потоки достигают центральных частей моря лишь при больших затоках североморских вод, гипоксия является часто наблюдаемым явлением. Кроме аэрации глубоководных впадин придонные плотностные потоки участвуют в формировании придонных водных масс, фоновых полей температуры и солености, а также влияют на устойчивость плотностной стратификации вод и вносят вклад в вертикальные обменные процессы. Поэтому актуальность данной работы подтверждается не только отсутствием детальных сведений о распространяющихся баренцевоморских водах в глубоководной части Белого моря, но и подходом, который можно в будущем применить и к другим районам Мирового океана.

В ходе работы над диссертацией была разработана новая гидростатическая модель придонных плотностных потоков в море, которая учитывает такие особенности как влияние придонных экмановских процессов и взаимодействие плотностного потока с баротропными процессами приспособления. Изучены особенности формирования возмущений давления в окрестностях плотностного потока. Установлены механизмы и особенности траекторий и скоростей движения плотностных потоков в глубоководной части Белого моря, а также формирования трехмерной циркуляции в море.

Диссертация включает введение, пять глав и заключение. Во введении дается краткая характеристика работы, обосновываются ее актуальность, новизна, научная и практическая значимость.

В первой главе содержатся сведения о придонных плотностных потоках, полученные по результатам натурных наблюдений, лабораторных исследований и численного моделирования. Дан обзор моделирования придонных плотностных потоков, Рассмотрены интегральные модели, а также трехмерные. Выделены нерешенные вопросы. В частности, отмечено, что в рамках трехмерных моделей можно выделить два подхода: гидростатический и негидростатический. В первом случае используется гидростатическая система уравнений движения, Во втором – негидростатическая. Применение первого подхода обычно приводит к более простому алгоритму численной реализации модели. Однако, до настоящего времени вопрос о допустимости пренебрежения негидростатическими эффектами, возникающими в случае расположения плотностного потока у наклонного дна, остается дискуссионным.

Во второй главе приведены результаты исследования негидростатических эффектов в распределении давления в окрестности плотностной линзы. До настоящего времени вопрос о роли негидростатических эффектов в формировании динамики придонного плотностного потока является дискуссионным. Включение его в диссертацию представляется целесообразным. С помощью уравнений движения и неразрывности в приближении Буссинеска получено соотношение, описывающее распределение возмущения давления в окрестности плотностной линзы. С помощью данного соотношения проведено сравнение между величинами горизонтального градиента давления, рассчитанными в рамках гидростатической и негидростатической моделей. Показано, что для типичных углов наклона дна различие между ними пренебрежимо мало. Из этого делается вывод о допустимости использования гидростатического подхода при моделировании динамики придонных плотностных потоков. Это важный вывод, так как позволяет упростить исходную систему уравнений и алгоритм ее численной реализации.

В третьей главе представлена формулировка исходной системы уравнений модели, включающей уравнения движения в гидростатическом приближении, уравнение неразрывности, уравнение переноса соли и уравнение состояния. Кроме этого, содержится блок расчета вертикальных

течений, обусловленных придонным пампингом в области плотностного потока. Модель также включает блок, описывающий процессы приспособления, возникающие под влиянием придонного пампинга. Указанные блоки являются оригинальными и важными частями модели. Первый блок позволяет параметризовать процессы, протекающие в достаточно тонком придонном экмановском слое. Прямые численные расчеты таких процессов потребовали бы значительного сгущения сеточной области у дна, что существенно осложнило бы расчеты. Второй блок дает возможность описать опосредованное влияние пампинга на плотностной поток.

В четвертой главе с помощью представленной модели исследуется структура влияния придонного пампинга на придонный плотностной поток. Моделируется распространение плотностного потока в области, имеющей форму рельефа дна в виде конуса. Также рассматривается случай котловины с вершиной, смещенной к боковой границе. Выделены составляющие вертикальных течений, связанные с различными характеристиками плотностного потока и рельефа дна. Показано расположение таких составляющих относительно плотностного потока. Представлен характер влияния каждой составляющей на плотностной поток и его смещение. Исследовано влияние пампинга на процессы приспособления, в результате которых формируется возмущение уровня моря и баротропные горизонтальные течения. Результаты исследования позволили представить структуру воздействия придонного пампинга на придонные плотностные потоки. Полученные результаты обладают новизной и расширяют существующие представления о структуре придонного пампинга в области придонного плотностного потока и о характере его влияния на плотностной поток.

В пятой главе содержатся результаты моделирования распространения баренцевоморской воды в центральной глубоководной части Белого моря. Расчетная область включает сам Бассейн, а также Двинский и Кандалакшский заливы. Заток соленой воды задается на границе между Бассейном и Горлом. По результатам моделирования сделаны выводы о картине распространения баренцевоморской воды, характере изменения размеров, формы и солености потока. Несмотря на значительные упрощения, использованные в исходной постановке, полученные результаты содержат новые сведения о возможном характере распространения баренцевоморских вод в Белом море и представляют научный интерес.

Замечания к работе

В обзорную первую главу следовало бы включить раздел с описанием современных представлениях о придонном пампинге и его связи с плотностными потоками.

В четвертой главе было бы целесообразно шире сопоставить результаты расчетов с данными лабораторных исследований и данными натурных наблюдений.

В пятой главе, возможно, стоило бы учесть влияние температуры на плотность воды.

По результатам диссертации были опубликованы 7 статей, 3 из них в списке ВАК, а также были сделаны доклады на конференциях и семинарах.

Диссертация Подрезовой Надежды Алексеевны на тему: «Моделирование морских плотностных потоков с учетом влияния придонного пампинга» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Подрезова Надежда Алексеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28. – океанология.

к.г.н., и.о.зав.лаб.

СПО ФГБУ «ГОИН»



Тихонова Н.А.

08.06.2017