

ГИДРОДИНАМИКА ВОД БАЙКАЛА. ПРОЕКТ № 131

Координатор: член-корр. РАН Пухначев В. В.

Исполнители: ИГиЛ, ЛИН, ИВМиМГ, ИВМ, ИВЭП, ИДСТУ СО РАН

Проведен анализ случаев массового обновления придонных вод Байкала в 1993—2005 гг. Показано, что этот процесс происходит, как правило, не синхронно в разных котловинах озера. Для южной котловины по данным о температуре и химическому составу вод проанализирован эпизод массового обновления вод придонной зоны весной 1997 г. в результате развития холодных интрузий. Обновление привело к суммарному понижению запасов тепла в этой зоне на $33 \cdot 10^9$ МДж, оказавшемуся наиболее значительным по сравнению с другими годами. Содержание кислорода в придонной зоне возросло на 100—160 тыс. т, а содержание биогенных элементов уменьшилось: на 20—29 тыс. т — для кремния, на 2,1—2,7 тыс. т — для нитратов и на 200—400 т — для фосфатов. Вызванные обновлением потоки веществ на верхней границе глубинной зоны соответствовали 24—35 % от значений их годовых потоков на границе верхней и глубинной зон озера. По приближенным оценкам, в обновлении могло принимать участие до 100—200 км³ вод из верхних слоев озера.

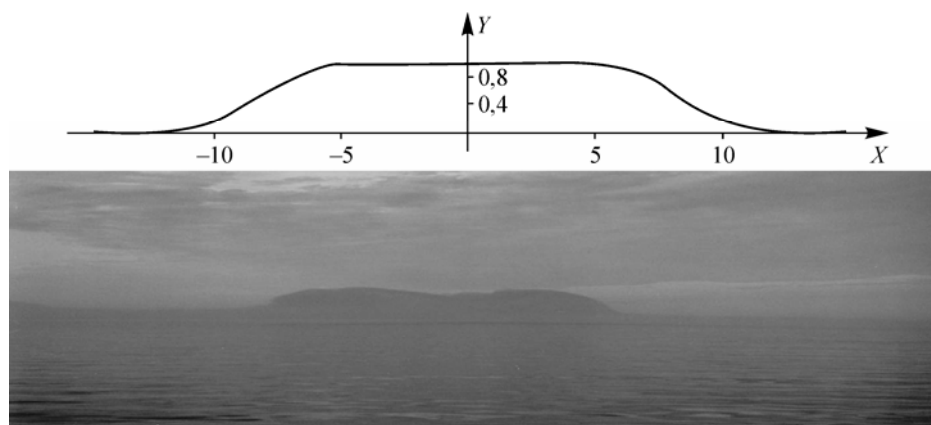
Проведена оценка максимальных вертикальных скоростей конвекции. Обсуждены ключевая роли взвеси в механизме самоподдержания фронтов и связь фронтов с топографией дна на оз. Байкал. Дан анализ гидрофизической структуры прибрежных вод в Южном Байкале подо льдом по наблюдениям 2003—2005 гг. Подробно рассмотрен слой мезотермического максимума температуры, описаны неизвестные ранее черты его пространственной структуры. Высокая пространственно-временная изменчивость гидрофизических структур вызывается, скорее всего, антициклоническими вихрями прибрежной зоны.

Разработаны математические модели различной степени сложности, предназначенные

для изучения гидродинамики и распространения примесей в озере. Выполненные сценарные расчеты показали работоспособность моделей. Продолжение работ по математическому моделированию видится в двух направлениях: совершенствовании модели гидродинамики в негидростатическом приближении и создании новых моделей для газовых примесей, включая кислород, метан, CO₂ и т. д. Кроме того, актуальными также в настоящее время являются вопросы взаимодействия озера с атмосферой.

При анализе процессов, происходящих в глубоководных водоемах (каким является оз. Байкал), следует учитывать отклонения плотности, вызываемые изменениями давления, поскольку возникающие перепады давления могут оказывать существенное влияние на конвективные процессы. В связи с этим изучена устойчивость конвективных течений (и состояния равновесия), когда плотность нелинейно зависит от температуры и давления.

Построена математическая модель развития мощных присклоновых течений и интенсивного вертикального переноса массы и импульса при обтекании подводного хребта слабостратифицированным потоком. Изучено влияние процесса перемешивания на формирование начального участка стационарного плотностного течения на подветренном склоне препятствия. Одним из интересных и недостаточно изученных аспектов течений жидкости над локальным препятствием является влияние слабой стратификации на глобальную структуру течения. К натурным явлениям, обусловленным наличием плотностной стратификации, относится развитие мощных присклоновых течений в атмосфере и океане при обтекании потоком локальных возвышенностей. Основным механизмом развития таких течений



Теоретический (вверху) и наблюдаемый (внизу) профили уединенных волн типа плато в охлажденном слое воздуха вблизи поверхности озера.

Theoretical (above) and observed (below) profiles of the plateau-shape solitary waver in cooled air layer near the lake surface.

является генерация крупных вихревых структур на подветренном склоне препятствия, обеспечивающих интенсивный вертикальный перенос массы и импульса в жидкости. К аналогичным явлениям можно также отнести отрыв пограничного слоя в течении слабостратифицированной жидкости над неровным дном. В указанном классе течений процессы перемешивания играют определяющую роль, и возникает настоятельная необходимость построения относительно простой математической модели этих явлений.

Проведен анализ математической модели двухслойной мелкой воды над неровным дном с учетом турбулентного перемешивания между слоями. Эта модель расширяет возможности применения классической теории мелкой воды для широкого класса турбулентных течений стратифицированной жидкости. При этом построенная модель достаточно проста для аналитического исследования эволюции основных типов течений, таких как слои смешения, плавучие струи, гравитационные течения (см. рисунок).

Основные публикации

1. Бочаров О. Б., Васильев О. Ф., Овчинникова Т. Э. Приближенное уравнение состояния воды вблизи температуры максимальной плотности с учетом минерализации// Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40, № 3. С. 423—425.
2. Букреев В. И. Гидродинамическая неустойчивость, обусловленная аномальной зависимостью плотности воды от температуры// Докл. РАН. 2004. Т. 396, № 6. С. 770—772.
3. Ерманюк Е. В., Гаврилов Н. В. Взаимодействие внутреннего гравитационного течения с погруженным круговым цилиндром// ПМТФ. 2005. Т. 46, № 2. С. 81—90.
4. Ляпидевский В. Ю. Слой смешения на подветренной стороне препятствия// Там же. 2004. Т. 45, № 2. С. 62—67.
5. Макаренко Н. И. О неединственности сопряженных течений// Там же. 2004. Т. 45, № 2. С. 68—74.
6. Пененко В. В., Цветова Е. А. Математические модели для изучения рисков загрязнения природной среды// Там же. 2004. Т. 45, № 2. С. 136—146.
7. Троицкая Е. С., Шимараев М. Н. Условная прозрачность и температура воды в Южном Байкале// Оптика атмосферы и океана. 2005. Т. 18, № 1—2. С. 130—133.
8. Шимараев М. Н., Троицкая Е. С. Сезонные особенности геострофической циркуляции в Байкале// Геогр. и прир. ресурсы. 2003. № 1. С. 58—65.