

Механизмы перемешивания водной толщи в малых бореальных озерах

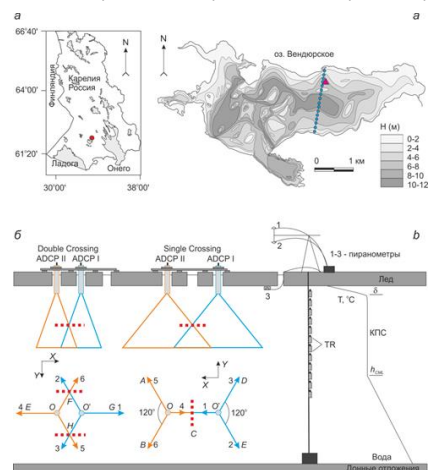


**Сергей Рэмович
Богданов**

*ведущий научный сотрудник
ИВПС КарНЦ РАН
д.ф.-м.н.*

Представлены некоторые результаты исследований теплового и гидродинамического режима малых озер, проведенных в последние годы коллективом лаборатории гидрофизики ИВПС КарНЦ РАН. Основное внимание уделено изучению механизмов перемешивания, в том числе в контексте таких трендов, как усиление антропогенной нагрузки и климатических изменений. Приоритет таких исследований обусловлен возрастающей значимостью проблемы доступности и качества пресной воды как важнейшего стратегического ресурса. Характер и особенности процесса перемешивания во многом определяют распределение кислорода в водной толще, условия функционирования биоты, тепловой и газовый обмен через водную поверхность. Проблема имеет и фундаментальный аспект, поскольку связана с изучением турбулентного тепло- и массопереноса в температурно-стратифицированной среде. Описание такого переноса, в частности, - важный элемент моделирования и глобальных процессов, включая, например, углеродный цикл, экологические и климатические модели.

Рис. 1. К планированию эксперимента на Вендюрском озере



Рассмотрены различные механизмы перемешивания, их роль в формировании термического и биологического статуса мелководных северных озер, классификации водных объектов. Выявлены и подробно проанализированы основные трудности при их изучении, для преодоления которых коллективом разработаны оригинальные экспериментальные методики, связанные с планированием полевых исследований, выбором рабочих параметров приборов, пространственной и временной дискретности измерений (Рис. 1). В докладе также представлены новые расчетные схемы, позволяющие провести оценку основных количественных параметров, описывающих перемешивание: коэффициентов турбулентной диффузии, эффективности перемешивания, скорости диссипации кинетической и потенциальной энергий.

Исследования, проведенные при использовании указанных оригинальных методик:

Для нескольких мелководных стратифицированных озер проведено исследование параметров внутренних волн. Показано, что преобладающей при этом является высокомодовая вертикальная структура (Рис. 2), способствующая усилению перемешивания.

Изучено влияние тепловой инерции на динамику температурного профиля, в частности, предложен и апробирован вариант расчета коэффициента турбулентной диффузии, основанный на выявлении температурных волн и вычислении их параметров. В рамках такого подхода разработан также альтернативный метод идентификации активного термического слоя.

В рамках интегрального энергетического подхода проведено вычисление базовой потенциальной энергии с учетом изменения объема водной массы; на этой основе разработан новый метод расчета эффективности перемешивания, в том числе - при ночном выхолаживании (Рис. 3). Показано, что этот параметр существенно уменьшается при увеличении толщины активного слоя, что может объяснить известный эффект «холодного дна» даже в условиях потепления климата.

В сотрудничестве с СПбПУ в рамках схемы прямого численного моделирования крупных вихрей (ILES) разработан специальный расчетный код, позволяющий выявить крупномасштабные структуры в перемешанном слое и рассчитать скорость диссипации энергии.

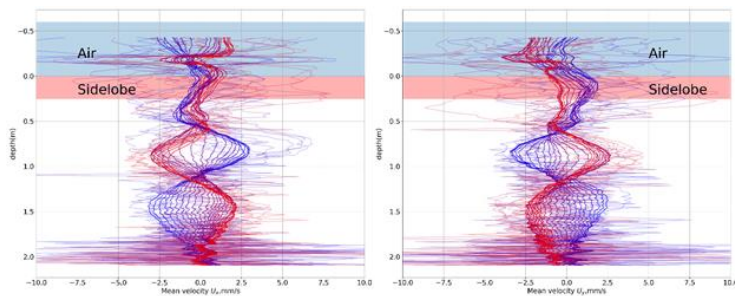


Рис. 2. Чудесная ламба. Внутренние волны, вторая вертикальная мода.

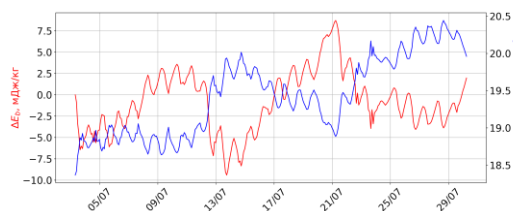


Рис. 3. Динамика средней температуры и базовой потенциальной энергии. Голубая ламба, 2022 г.

Результаты исследований применяются при решении задач, связанных с выявлением особенностей функционирования различных водных объектов Республики Карелия, которые определяют устойчивость их экосистем.