

---

## Моделирование гидрофизических процессов в водоемах с морфологическими особенностями дна

Чикин А.Л.

*Южный научный центр РАН, ул. Чехова, 41, Ростов-на-Дону, 344006,  
Россия*

e-mail: chikin@rsu.ru

---

Среди проблем экологии особое место занимают проблемы сохранности качества природных вод. По этой причине стало актуальным моделирование процессов возникновения, распространения и оседания взвесей, распределения солености и температуры. Математическая модель гидрофизических процессов в водной среде содержит две составляющие: модель гидродинамики рассматриваемого водоема и модель, описывающая конвективно-диффузионный перенос субстанции, причем расчет гидродинамических параметров течения является наиболее сложной задачей. Под особенностями морфологии дна понимается большая неоднородность глубин, т. е. наличие как мелководных районов, так и районов с достаточно большой глубиной.

При расчете параметров течения в мелководных водоемах используют, как правило, уравнения мелкой воды, а течения в глубоководных водоемах моделируются трехмерными уравнениями движения жидкости. В водоемах с большой неоднородностью глубин применение одних только уравнений мелкой воды не даст достоверной картины течений в глубоководье. В то же время, использование трехмерных уравнений во всем водоеме может потребовать, по крайней мере, по вертикали использования криволинейных сеток или предварительного преобразования исходной нерегулярной области в регулярную. Такие преобразования существенно усложняют как постановку задачи, так и ее численное решение.

В рассматриваемой математической модели предлагается в одну область отнести все мелководье, а в другую всю глубоководную часть. Это дает возможность применять и уравнения мелкой воды, и трехмерные уравнения движения жидкости без предварительного преобразования расчетной области. При этом можно использовать конечно-разностные методы на равномерных прямоугольных сетках, что, несомненно, упрощает решение поставленной задачи. Достоинство данной модели - ее простое математическое описание, а также легкая численная реализация, особенно при использовании алгоритмов параллельного вычисления [1].

Исходная трехмерная область моделирования — водная толща водоема — ограничена сверху поверхностью моря, а снизу донной поверхностью. Проведем горизонтальную секущую плоскость  $P$ , отстоящую от невозмущенной поверхности водоема на глубине равной максимальной глубине мелководья, и разобьем всю область моделирования на два слоя — верхний I и нижний II.

Слой I — это все побережье и верхний слой открытого моря, слой II — это нижний слой водной толщи. Движение воды в слое I описывается уравнениями мелкой воды, а движение воды в слое II описывается системой трехмерных уравнений количества движения, уравнением неразрывности и гидростатического давления.

Отладка, настройка и верификация модели проводилась на метеорологических данных по Азовскому морю. Были получены зависимости колебаний уровня воды от силы и направления ветра, построены поля течений. Модель переноса вещества тестировалась на данных по распределению поля солености.

Отлаженная модель была использована при прогнозировании последствий поступления загрязняющего вещества в южную часть Цимлянского водохранилища. При этом были рассмотрены следующие случаи загрязнения:

- залповый выброс загрязнения из трубы АЭС на водную поверхность водохранилища;
- поступление загрязнения в водохранилище через береговую линию;
- поступление загрязнения с притоками малых рек, например, р. Цимла;
- поступление загрязнения из створа р. Дон;
- поступление загрязнения через всю водную поверхность.

Полученные результаты расчетов удовлетворительно согласуются с натурными данными, а также с результатами, полученными другими авторами.

### **Литература**

Чикин А.Л. *Об одном из методов расчета параметров течений в водоемах с большой неоднородностью глубин*, Водные ресурсы **32**, No. 1 (2005), 55–60.