

В. В. Лобынцев, А. Н. Бестужева, М. М. Горячая
(Санкт-Петербург, ЗАО «НПФ «АРГОС»»). **Моделирование процессов распространения загрязняющих веществ в безграничной морской среде.**

Доклад посвящен экологическим последствиям попадания загрязняющих веществ в безграничную морскую среду. Предположим, что загрязняющие вещества попали в морскую среду в результате одномоментного импульса. Состав и плотность загрязняющих веществ таковы, что процессами осаждения и всплытия можно пренебречь. Для того, чтобы получить аналитическое решение, необходимо построить достаточно простую математическую модель. Было выяснено, что для описания исследуемого процесса можно использовать уравнение турбулентной диффузии [1]. Если предположить, что среда изотропна в горизонтальной плоскости и отсутствуют глубинные течения, то математическую модель для функции концентрации загрязняющего вещества после масштабирования и перехода к безразмерным сферическим координатам можно описать с помощью следующей постановки:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial c}{\partial r} \right),$$

граничные условия $c(r, t) \rightarrow 0$ при $r \rightarrow \infty$, $c(0, t) < \infty$ и начальное условие $c(r, 0) = f(r)$. Аналитическое решение задачи найдено методом разделения переменных и разложения функции $r f(r)$ в интеграл Фурье. В частном случае начального условия $c(r, 0) = f(r) = \begin{cases} 1, & 0 \leq r \leq 1 \\ 0, & r > 1 \end{cases}$ выражение для функции концентрации примет следующий вид

$$c(r, t) = \frac{2}{\pi r} \int_0^\infty \left(\frac{\sin \lambda}{\lambda} - \cos \lambda \right) \frac{e^{-\lambda^2 t}}{\lambda} \sin \lambda r d\lambda.$$

При решении экологических задач, как правило, исследуется та область, в которой значение концентрации загрязняющего вещества выше допустимого. В данной задаче областью загрязнения является сфера, которая со временем сначала увеличивается в размерах, а затем начинает уменьшаться вплоть до своего исчезновения. При переходе к размерным переменным эта сфера превращается в сильно сплюснутый сфероид.

При исследовании характеристик «жизни» области загрязнения было численно решено неявное уравнение $c(r, t) = c_m$ (c_m — значение предельно допустимой концентрации) и выполнена визуализация результатов.

Так как реальные значения c_m достаточно малы, то для расчета времени существования области загрязнения в реальных задачах использовались асимптотические оценки, полученные в [2].

Расчеты показывают, что время существования таких областей загрязнения невелико (порядка 100 секунд).

При решении задач по обнаружению таких областей возникают сложности двух порядков: короткая жизнь области загрязнения и почти плоская форма наблюдаемого

объекта. Одним из разрешающих условий для таких задач может быть учет морской гидрологии окружающей области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Озмидов Р. В.* Диффузия примесей в океане. СПб.: Гидрометеиздат, 1986, 277 с.
2. *Бестужева А. Н., Смирнов А. Л.* Динамика распространения диффундирующего вещества на поверхности и в толще воды. — Вестник Санкт-Петербургского ун-та. Сер. 1. Матем., мех., астроном., 2015, т. 2 (60), в. 4, с. 589–599.