

И. Л. Макарова, К. Н. Макаров (Сочи, СГУТ и КД). **Моделирование распространения взвеси и донных отложений при проведении дноуглубительных работ в порту Туапсе.**

Порт Туапсе расположен на Черноморском побережье Кавказа вблизи мыса Кош. К северу от порта находится устье реки Паук, а к югу — устье реки Туапсе.

Ремонтные дноуглубительные работы на акватории и на подходном канале порта Туапсе выполняются в двухгодичном периоде. Дноуглубление ведется на акватории порта и на подходном канале. Отвал грунта дноуглубления находится к югу от порта Туапсе на расстоянии 12 км на глубине 548 м, он представляет собой круг радиуса 370 м с координатами $43^{\circ}58'05''$ сш и $39^{\circ}03'02''$ вд.

Для общей оценки влияния дноуглубительных работ в порту Туапсе на морскую среду, а также для расчетов ущерба биоресурсам в работе, представленной данным докладом, для условий собственно дноуглубления, а также при дампинге грунта определены следующие параметры: мгновенное положение шлейфа загрязненных вод на различные моменты времени и максимальные расстояния от источника до границ зон с концентрациями, превышающими заданное значение; поле максимальной достигнутой за период работ концентрации (МДК) и максимальные расстояния распространения концентраций от источника или границы площадки за весь период работ; поле толщины отложившихся осадков и максимальные расстояния от источника или границы площадки до границ зон с толщиной осадков, превышающей заданную величину; максимальные значения за период работ мгновенных объемов (областей шлейфов), загрязненных выше заданной концентрации (м^3); средние значения мгновенных объемов загрязненных выше заданной концентрации за период работ (м^3); время существования шлейфов с концентрацией выше заданной (час); объемы свежих незагрязненных вод, протекающих через области шлейфов взвеси с заданной концентрацией за период работ (м^3); среднее время протекания через объемы шлейфов взвеси с концентрацией выше заданной (мин); площади осадков с толщиной, превышающей заданную величину вне границ зоны дноуглубления (м^2).

Разбавление взвеси по мере удаления от источника описывается фундаментальным уравнением диффузии вида

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} K_c \frac{\partial C}{\partial z} + K_{cl} \nabla^2 C + Q \delta(x-x^*) \delta(y-y^*) \delta(z-z^*) - \gamma C, \quad (1)$$

где C — концентрация примеси (взвеси), x, y, z — пространственные координаты, x^*, y^*, z^* — координаты источника примеси, u, v, w — компоненты скорости течения в водоеме, K_c, K_{cl} — коэффициенты вертикального и горизонтального молекулярного или турбулентного обмена, Q — мощность источника примеси, ∇^2 — трехмерный оператор Лапласа, δ — дельта-функция Дирака, γ — коэффициент неконсервативности примеси, при $\gamma < 0$ происходит распад примеси, при $\gamma > 0$ — накопление примеси, при $\gamma = 0$ примесь консервативна (в данном докладе взвесь считалась консервативной примесью), коэффициент K_c имеет значение порядка $10^{-3} \div 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, коэффициент K_{cl} — порядка $0,03 \div 30 \text{ м}^2/\text{с}$ (меньшие значения соответствуют штилевым условиям, большие — штормовым).

При отсутствии данных коэффициент K_{cl} может быть определен по формуле [1]: $K_{cl} = 0,032 + 21,8u^2$, где u — скорость течения.

При определенных аппроксимациях (допущениях) уравнение (1) имеет аналитические решения [2]. В частности, для расчета проникновения примеси от мгновенного источника с поверхности моря в глубину (например, при сбросе грунта с шаланды, как в рассматриваемом случае), аналитическое решение имеет вид

$$C(z, t)|_{t>0} = \frac{W_n C(0, 0)}{2(\pi K_c t)^{1/2}} \exp \left\{ -\frac{z^2}{4K_c t} \right\}, \quad (2)$$

где t — время, $C(0, 0)$ — концентрация примеси на поверхности моря в начальный момент времени, W_n — объем загрязненной жидкости с концентрацией $C(0, 0)$.

Распространение примеси после взмучивания рыхлителем (фрезой) земснаряда может быть в первом приближении описано уравнением

$$C(x, y) = \frac{C_0 Q_0}{4d} \frac{1}{\pi K_{cl}} \exp \left\{ - \frac{ux + vy}{4K_{cl}} \right\}, \quad (3)$$

где Q_n — расход загрязняющей жидкости с концентрацией C_0 , u , v — компоненты скорости течения, x , y — пространственные координаты (координаты работы рыхлителя), d — глубина.

Совместное решение уравнений (2), (3) позволяет рассчитать осаждение взвеси параллельно с ее распространением по акватории.

Приведенная модель реализована в прогностической системе ИПАС [3], которая и использовалась для выполнения расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пухтяр Л. Д., Осипов Ю. С.* Турбулентные характеристики прибрежной зоны моря. — Вопросы гидрологии и гидрохимии южных морей: Труды ГОИН, в. 158. Л.: Гидрометеиздат, 1981, с. 35–41.
2. Практикум по динамике океана. / Под. ред. А. В. Некрасова, Е. Н. Пелиновского. С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1992.
3. *Макаров К. Н., Секурова З. А., Шибяев С. В.* Структура и состав информационно-прогностической автоматизированной системы для побережий бесприливных морей. — В сб.: Материалы XXII Международной конференции «Проблемы управления и устойчивого развития прибрежной зоны моря» (Геленджик, 16–19 мая 2007 г.), с. 345–348.