

М. М. Горячая (Санкт-Петербург, ЗАО «НПФ «АРГОС»»). **Учет влияния источника загрязнений в математической модели оценки масштабов разлива нефтепродуктов в замкнутой акватории.**

Задача оценки масштабов загрязнений водной поверхности в настоящее время остается актуальной. Качество получаемого решения этой задачи во многом зависит от задания источника загрязнения, поэтому в данной работе рассматривается задача о переносе и диффузии пятна нефтепродуктов по водной поверхности замкнутой акватории при непрерывном истечении нефтепродуктов с учетом влияния параметров источника загрязнения.

Если рассматривать водную среду как идеальную несжимаемую жидкость, то математическую модель переноса пятна загрязняющих веществ можно строить на основе краевой задачи математической физики для уравнения турбулентной диффузии [1].

Прикладной характер задачи (наличие информации о районе возможной аварии, свойствах загрязняющих веществ) позволяет значительно упростить как само уравнение, так и краевые условия, в частности, ограничиться рассмотрением двумерной модели. В качестве загрязняющих веществ рассмотрим нефтепродукты в объемах менее 100 м^3 . Предположим, что средние значения температуры воды на поверхности за исследуемый период не превышают 10°C , следовательно, процессами испарения и осаднения можно пренебречь. В этом случае коэффициент неконсервативности в классическом уравнении турбулентной диффузии можно принять равным нулю. Краевые условия задачи также можно упростить вследствие предположения о том, что акватория не содержит створы рек, тогда их влиянием можно пренебречь, в частности, это позволяет не включать в математическую модель уравнение баланса жидкости.

С учетом упрощений получаем, что в основе математической модели можно использовать двумерное уравнение турбулентной диффузии:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(UC) + \frac{\partial}{\partial y}(VC) = K_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + f(x, y, t).$$

Здесь $C = C(x, y, t)$ — концентрация нефтепродуктов на поверхности водоема, $\bar{v} = (U, V)$ — вектор скорости суммарных поверхностных и ветровых течений, K_x, K_y — коэффициенты горизонтальной турбулентной диффузии, $f(x, y, t)$ — функция, описывающая функционирование источников нефтепродуктов.

Начальные условия (НУ):

$$C|_{t=0} = C_0(x, y),$$

где $C_0(x, y)$ — концентрация нефтепродуктов в начальный момент времени [2, 3].

Граничные условия (ГУ):

$$C = 0, (x, y) \in \bar{D}, \quad \frac{\partial C}{\partial n} = 0, (x, y) \in \Gamma,$$

где граница Γ — естественная береговая линия, $\bar{n}$ — внешняя нормаль к границе Γ , $\bar{D}$ — граница области D , исключая Γ (т.е. граница, проходящая по свободной акватории).

Учет влияния береговой линии усложняет задание ГУ: вид ГУ меняется в зависимости от того, в какую сторону направлен вектор $\bar{v}$. Прежде всего это связано с тем, что форма пятна нефтепродуктов преобразуется в эллипс сонаправленно с вектором $\bar{v}$.

Следует отметить, что направление переноса совпадает с направлением $\bar{v}$, независимо от свойств источника f .

Для описания функции f воспользуемся методом, предложенным в [4]. В зависимости от размеров пробоины в корпусе судна и объема нефтепродуктов, которые могут попасть на водную поверхность, определяются время истечения нефтепродуктов и среднее значение расхода нефтепродуктов. В результате можно смоделировать перенос пятна нефтепродуктов как от статического, так и от движущегося источника. В предложенных ранее моделях переноса, например, в [1], моделирование начиналось с момента окончания стадии растекания, описанной в [4]. Поэтому, для того, чтобы учесть это процесс необходимо для каждого момента времени t (до момента завершения процесса вытекания нефтепродуктов) определить радиус начального пятна загрязнения $r(t)$ методом, предложенным в [4], для каждой точки на плоскости, соответствующей траектории движения судна. В результате получаем, что максимальная площадь загрязнения достигается при прямолинейном движении источника в направлении, перпендикулярном $\bar{v}$, минимальная площадь, в случае, когда направление движения источника сонаправленно с вектором $\bar{v}$.

Предложенная модель позволяет провести оценку параметров аварийных разливов нефтепродуктов при их непрерывном разливе с учетом основных параметров источника: направления движения и скорости судна, объема нефтепродуктов и времени их истечения из пробоины заданных размеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астраханцев Г. П., Менишуткин В. В., Петрова Н. А., Руховец Л. А. Моделирование экосистем больших стратифицированных озер. СПб.: Наука, 2003, 361 с.
2. Озмидов Р. В. Диффузия примесей в океане. СПб.: Гидрометеиздат, 1986.
3. Искиердо А. Г., Каган Б. А., Рябикин А. А., Сеин Д. В. Численное моделирование растекания нефти по поверхности воды. — Метеорология и гидрология, 1995, № 7, с. 77–84.
4. Яковлев В. В. Нефть. Газ. Последствия аварийных ситуаций. СПб.: СПбГПУ, 2003, 420 с.