Моделирование разливов нефти

при авариях на объектах добычи нефти на примере Каспийского региона

Константин КОВЕНЕВ,
директор Волгоградского филиала ООО «СУПР» (г. Волгоград)
Наталья КРАСИЛЬНИКОВА,
ведущий специалист филиала ООО «СУПР» (г. Пермь)
Виктория ЛАПШИНА,
начальник отдела по разработке документации по промышленной безопасности ООО «ИНРИСК-ХОЛДИНГ» (г. Москва)
Роман АЛЕКСЕЙЧУК,
специалист ООО «ИКПС» (г. Волгоград)
Ирина ЛАДИК,
главный инженер проекта ООО «ИКПС» (г. Волгоград)

Площадь разливов нефти и нефтепродуктов напрямую связана с процессами, происходящими в нефтяном пятне, и его взаимодействием с окружающей средой. К ним относятся: действие гравитационной составляющей, растекание, диффузия, испарение, диспергирование, эмульсификация и изменение вязкости нефти.

Гравитационная составляющая позволяет учесть процесс перераспределения нефти из областей с большей толщиной в области с меньшей толщиной нефтяного пятна.

Процесс растекания приводит к увеличению площади пятна. Следуя решению Фэя [1], были рассмотрены три стадии растекания нефтяного пятна: гравитационно-инерционная стадия, гравитационно-вязкостная и поверхностно-вязкостная.

При моделировании также учитывались процессы взаимодействия нефтяного пятна с окружающей средой, к которым относятся процесс воздействия ветра и течений, а также процесс взаимодействия с берегом.

Диффузия вычислялась как случайная величина, распределенная по нормальному закону, с математическим ожиданием ноль и среднеквадратичным отклонением, равным скорости, рассчитанной в зависимости от течений и ветра.

При прогнозировании площадей разливов учитывалось испарение, которое приводит к уменьшению объема разлитой нефти.

Скорость естественной дисперсии была определена в зависимости от состояния водоема и вязкости нефти.

При расчете предполагалось, что пятно под действием ветра и течений перемещается в направлении течений со скоростью течений и в направлении ветра со скоростью, составляющей 3 % от скорости ветра. Результирующее направление перемещения складывалось из направления ветра и течения геометрически.

Поле течений определялось на основе базовых векторов с заданными изменениями скорости по времени. Течение в произвольной точке рассчитывалось посредством интерполирования значений базовых векторов с учетом условия непротекания на границе берега.

Ниже приведены результаты моделирования разлива нефти при аварии на нефтяной платформе для различных времен года с учетом морских течений. Для рассматриваемой области основные течения Каспийского моря образуют круговорот вдоль берегов, направленный против часовой стрелки. Причинами, породившими эти течения, являются сток Волги и северо-восточные ветры.

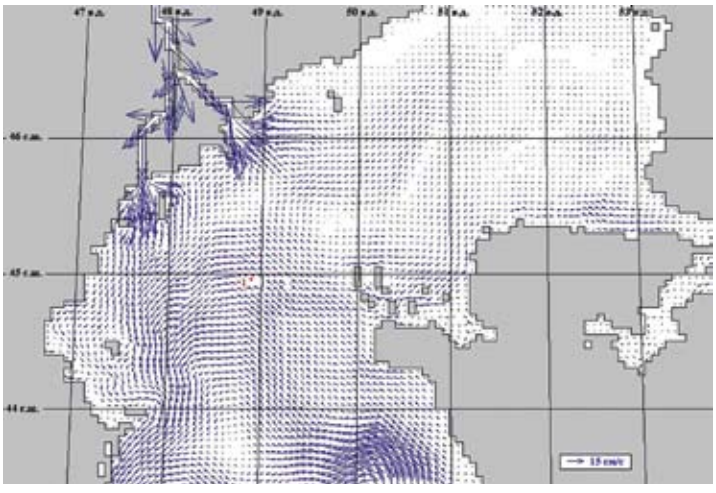

Рис. 1а. Векторное поле морских течений в весенний период

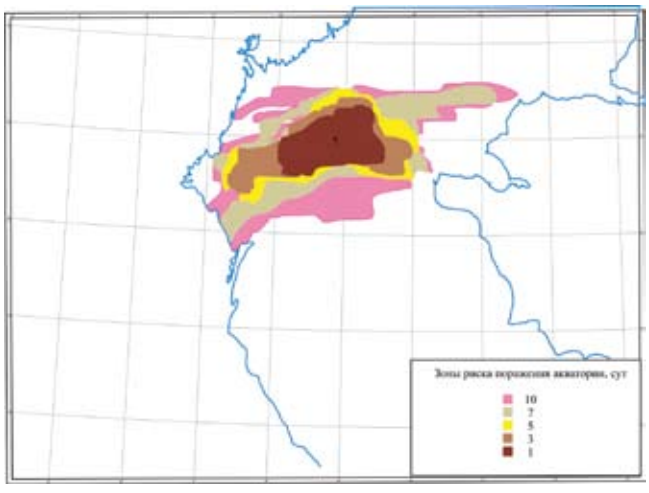

Рис. 1б. Зона распространения загрязнения в весенний период

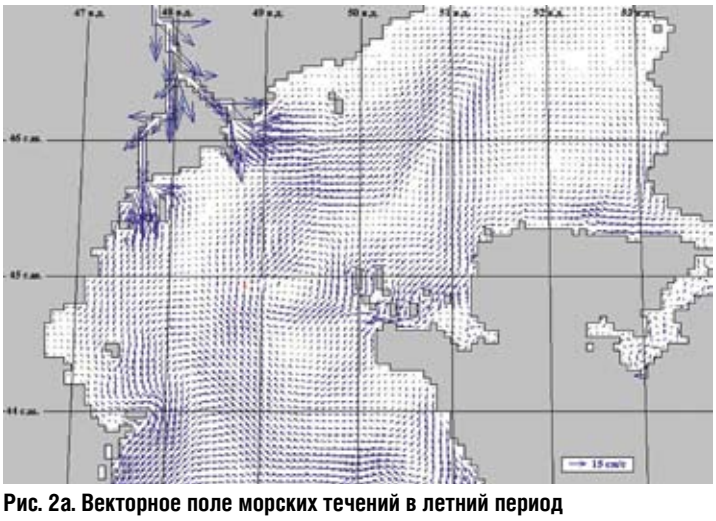

Рис. 2а. Векторное поле морских течений в летний период

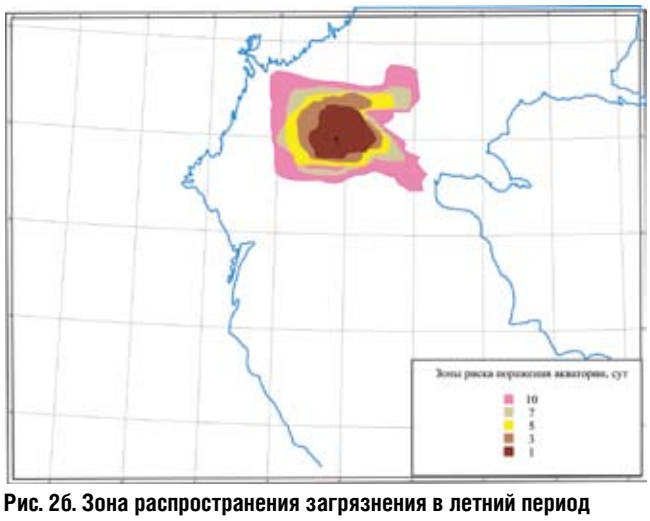

Рис. 2б. Зона распространения загрязнения в летний период

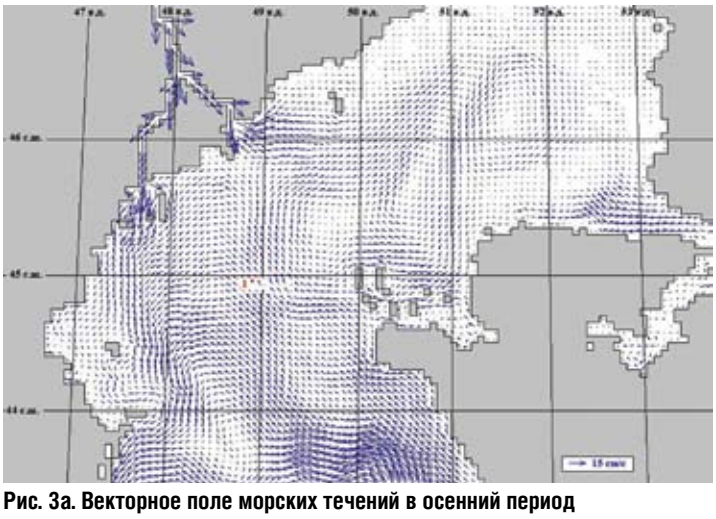

Рис. 3а. Векторное поле морских течений в осенний период

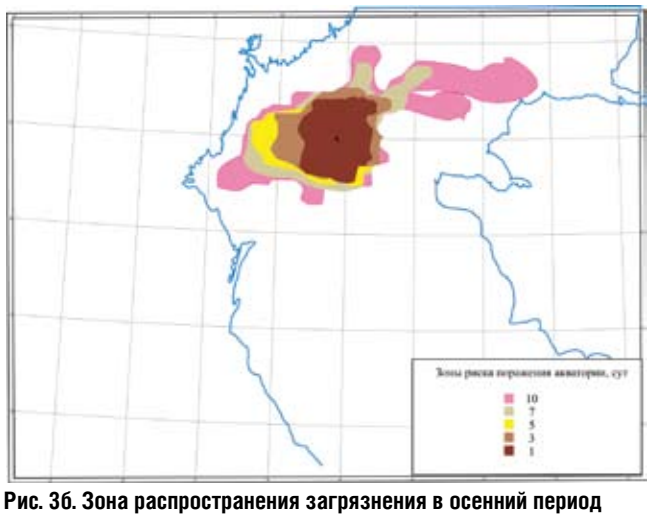

Рис. 3б. Зона распространения загрязнения в осенний период

Таким образом, наиболее опасными для данного региона с точки зрения загрязнения акватории моря и береговой линии являются аварийные разливы нефти, происходящие в весенний период.

Данная модель применима для любого водного объекта при наличии данных о течениях, ветровой и волновой нагрузке.

Литература

1. J. A. Fay. Physical processes in the spread of oil on a water surface. Proc. On Prevention and Control of Oil Spill, American Petroleum Institute: Washington, DC, pp.463-467, 1971.

2. Oil Spill Modelling and Processes. Edited by C.A. Brebbia. WIT Press, 2001.

3. Mackay O., I.A. Buistt, R.Marcarenhas, S.Paterson. Oil spill processes and models, Environment Canada Manuscript Report No. EE-8, Ottawa, Ontario, 1980.

4. G.-Sh. Jiang, Ch. Wu. A high-order WENO finite difference scheme for the equations of ideal magnetohydrodynamics // Journal of Computational Physics 150, c. 561-594, 1999.