

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СПОСОБОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ АВАРИЙНЫХ НЕФТЕРАЗЛИВОВ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Г.П. Бровка¹, В.Е. Савенок², В.К. Липский²

¹ГНУ «Институт проблем использования природных ресурсов
и экологии НАН Беларуси», Минск, Беларусь

²УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк, Беларусь

Круглогодичная транспортировка нефти и нефтепродуктов водным и трубопроводным транспортом заставила обратить серьезное внимание, как на обеспечение безопасности транспортировки водным путем нефти и нефтепродуктов, так и на создание технологических процессов и технических устройств улавливания и сбора нефтяных загрязнений с поверхности водных объектов в зимних условиях при авариях, приводящих к разливу нефти.

Технические решения защиты водных объектов от нефтяных загрязнений в зимних условиях должны обеспечивать сведение к минимуму стоимости, энерго- и ресурсозатрат без существенного ущерба эффективности.

Нами разработан и предлагается к использованию ряд способов локализации и улавливания нефтяных загрязнений с поверхности водных объектов в зимних условиях с использованием ледяного покрова, отличающиеся технической простотой реализации, низкими энергозатратами и достаточно высокой эффективностью применения.

Способ улавливания нефтяных загрязнений с поверхности водных объектов, покрытых льдом [1, 2], включает прорезание траншеи во льду по всей ширине водоема на глубину меньшую толщины льда, оставляя тонкую прослойку льда. Улавливание нефти с помощью этого способа производится ледяным барьером, намерзшим на нижнюю поверхность прослойки (ледяной бон). Принцип создания такого бона основан на зависимости скорости намерзания льда от толщины ледяного слоя. Уменьшение толщины ледяной прослойки за счет прорезания траншеи обеспечивает ускорение намерзания льда под этой прослойкой и образования ледяного барьера. Скорость намерзания ледяного барьера при этом будет зависеть от температуры воздуха, коэффициента конвективного теплообмена приземного слоя воздуха с поверхностью льда, исходной толщины льда и толщины ледяной прослойки под траншеей.

Для расчета оптимального расстояния, на котором от места аварии вниз по течению реки предполагается создавать ледяной бон, необходимо решить задачу по расчету скоростей намерзания льда в естественных условиях и в

случае выреза траншеи. Решение такой задачи при граничных условиях третьего рода удобнее всего производить численным методом с помощью ЭВМ. Для этого полагаем, что скорость намерзания льда на ровной поверхности и месте выреза траншеи определяется условием Стефана:

$$\frac{dh_n}{dt} = \frac{\lambda_n}{h_n \cdot Q_{\phi}} \frac{dT}{dh} \Big|_{T=0}, \quad (1)$$

где λ_n — коэффициент теплопроводности льда; Q_{ϕ} — объемная теплота фазового перехода воды в лед; h_n — толщина льда. На поверхности льда выполняются условия теплообмена третьего рода по закону Ньютона:

$$q = -\alpha(T_n - T_a) = -\lambda \frac{dT}{dh} \Big|_{h=0}. \quad (2)$$

Алгоритм численного интегрирования системы уравнений (1) и (2) основан на расчете изменений температуры поверхности dT_n и толщины слоя льда dh , на каждом временном шаге времени dt по формулам:

$$dT_n = \left(\alpha(T_n - T_a) - \lambda_n \frac{dT_n}{h} \right) / (0,5h_n C_n \rho_n) d\tau, \quad (3)$$

$$dh_n = \frac{\lambda_n}{h_n Q_{\phi}} \cdot d\tau, \quad (4)$$

где T_n — температура верхней поверхности льда; T_a — температура приземного слоя воздуха; C_n — удельная теплоемкость льда; ρ_n — плотность льда.

Рассчитав изменение толщины слоев льда на ровной поверхности и в месте образования траншеи за определенное время по разности изменения толщин этих слоев, можно определить высоту ледяного барьера, который будет выполнять функцию естественного бона для задержания нефтяного загрязнения. Для определения скорости намерзания ледяного бона была разработана программа для расчета на ЭВМ, в основу которой были положены приведенные выше расчетные зависимости.

Для переходного климатического периода (0...5 °C) предлагается способ улавливания и локализации нефтяных загрязнений под ледяным покровом водоема, предусматривающий изготовление ледяного бона физико-химическим способом [3]. С этой целью на поверхность льда по контуру локализации полосой шириной 0,2...0,3 м насыпают соль (хлористый натрий) в количестве, определяемом расчетным путем. Время окончания изготовления естественного бона определяется временем установления фазового равновесия в системе лед — соляной раствор и определяется выравниванием темпе-

ратурного поля смеси, образовавшейся в траншее, с температурой окружающего воздуха. После намерзания льда на нижней поверхности ледяного покрова, образовавшуюся смесь немедленно откачивают из траншеи любым известным способом для предотвращения протавивания льда. Высота ледяного бона может быть рассчитана с использованием уравнений тепломассобмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способ улавливания нефтяных загрязнений с поверхности водных объектов, покрытых льдом: пат. 2265 С1 ВУ, МПК E02B 15/00 / В.К. Липский, П.В. Коваленко, В.Е. Савенок // Официальный бюл. Белгоспатента. – 1998. – № 3. – С. 183.
2. Способ улавливания и сбора нефтяных загрязнений с поверхности водотоков, покрытых льдом: пат. 4679, С1 ВУ, МПК E02B 15/04 / В.К. Липский, В.Е. Савенок, П.В. Коваленко. – № a19980517; заявл. 27.05.1998; опубл. 30.12.1999 // Официальный бюл. Белгоспатента. – 2002. – № 3.
3. Способ улавливания и локализации нефтяных загрязнений под ледяным покровом водоема: заявка на изобр. a20000053, МПК E02B 15/04 / Г.П. Бровка, В.Е. Савенок, П.В. Коваленко, В.С. Саптанов, В.К. Липский; заявл. 18.01.2000; опубл. 30.09.2001 // Официальный бюл. Белгоспатента. – 2001. – № 3.

УДК 622.69

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПАСНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ АВАРИЯХ НА НЕФТЕПРОВОДАХ

В.К. Липский, Н.Л. Белорусова, А.А. Карпухина

УО «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Беларусь

Магистральные нефте- и продуктопроводы (МНП) являются опасными производственными объектами [1]. Основные последствия аварий на магистральных нефте- и нефтепродуктопроводах (АМНП) проявляются в экологической сфере, а наиболее тяжёлые экологические последствия (ЭП) связаны с загрязнением водных объектов (ВО) [1, 2]. Формы выражения экологических последствий многообразны, трудно поддаются изучению и количественному представлению в обобщённом виде, хотя для прогнозирования и планирования деятельности по минимизации ЭП при АМНП необходима именно количественная обобщённая форма их представления.