

Neklonsky I.M., Elizarov A.V.

Determination of criteria for evaluating the effectiveness of interaction units of the Ministry of Emergencies of Ukraine and the Ministry of Internal Affairs of Ukraine in liquidation of emergency situations

Using taxonomic methods obtained a formal criterion for the comparison of variants of interaction of the two organizational systems involved in emergency response

Key words: interaction, structural and functional analysis of, taxonomic model, efficiency of interaction, version of interaction

УДК 504.5:665.6

*Неронов А.А., нач. отделения, НУГЗУ,
Чуб И.А., канд. техн. наук, нач. лаб., НУГЗУ*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ЛОКАЛИЗАЦИИ
И ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНОГО РАЗЛИВА НЕФТИ
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОНЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

(представлено д-ром техн. наук Куценко Л.Н.)

Определяется зависимость площади зоны загрязнения земной поверхности и величины потерь на фильтрацию в грунт и испарение при аварийном разливе нефти в зависимости от времени локализации и ликвидации

Ключевые слова: аварийный разлив нефти, потери нефти на фильтрацию в грунт и испарение, время локализации, ликвидации

Постановка проблемы. Использование современных технологий транспортировки нефти или нефтепродуктов и строгое соблюдение требований безопасности не гарантируют отсутствие чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с аварийными разливами. Успешной ликвидации таких ЧС препятствует недостаточная разработка эффективных методов оценки параметров ЧС и расчета необходимых сил и средств. Решение указанных проблем возможно на основе применения математического моделирования и современных информационных технологий. Поэтому актуальными являются исследования, направленные на разработку математических моделей зоны загрязнения с учетом геоклиматических особенностей местности, а также моделирование площади загрязне-

Неронов А.А., Чуб И.А.

ния и потерь нефти в зависимости от времени локализации и ликвидации аварийных разливов.

Анализ последних исследований и публикаций. Известен ряд публикаций [1, 2], в которых рассматриваются различные вопросы анализа и моделирования ЧС с аварийными разливами нефти (АРН), а также подходы к построению систем поддержки принятия решений для их локализации и ликвидации с использованием ГИС [3, 4]. Недостатками указанных подходов является общий характер рекомендаций, не учитывающих особенности формирования и динамики нефтяного пятна в зависимости от времени локализации аварии, а также зависимость потерь нефти и уровня экологического ущерба от времени ликвидации последствий АРН, влияющих на принятие решений по организации аварийно-восстановительных работ.

Постановка задачи и ее решение. В соответствии с вышесказанным, *целью статьи* является моделирование зоны загрязнения земной поверхности и величины потерь при АРН в зависимости от времени локализации и ликвидации. Границы аварийного разлива находятся с учетом процессов фильтрации нефти в грунт и испарения в атмосферу. Для упрощения анализа рассматривается случай истечения нефти на горизонтальный участок, однако результаты моделирования справедливы и для областей с рельефом.

Пусть на производственном объекте произошла авария, связанная с частичным разрушением нефтепровода (прокол), сопровождающаяся непрерывным истечением нефти на сушу и возникновением области загрязнения, размеры и форма которой определяются площадью отверстия, параметрами перекачки, метеорологическими условиями в зоне аварии и характеристиками подстилающей поверхности. Способы определения объемов истечения нефти из аварийного трубопровода при различных режимах были проанализированы в [5, 6]

Необходимо определить размеры зоны загрязнения и суммарные потери нефти на фильтрацию в грунт и испарение легких фракций в атмосферу в зависимости от времени прибытия аварийно-восстановительной бригады, полного устранения течи и сбора разлившейся нефти.

Определение потерь нефти на фильтрацию в грунт. Объем нефти V_f , которая впиталась в грунт, определяется свойствами

грунта, размерами пятна, временем фильтрации и вычисляется по формуле [7]

$$V_{\Gamma} = k_H S_{\text{РАЗЛ}} h_{\Gamma}, \quad (1)$$

где k_H – нефтеемкость грунта, %; h_{Γ} – средняя глубина пропитки нефтью грунта, м; $S_{\text{РАЗЛ}}$ – площадь аварийного разлива, м².

Глубина пропитки находится по формуле

$$h_{\Gamma} = W_{\phi} t, \quad (2)$$

где W_{ϕ} – скорость фильтрации, м/с; t – время фильтрации, с. Здесь время фильтрации равно общему времени локализации и ликвидации АРН.

Для оценки величины скорости фильтрации воспользуемся линейной зависимостью Дарси [8]

$$W_{\phi} = \beta k^*. \quad (3)$$

В формуле (3) величина $\beta = h / l$ представляет собой отношение высоты слоя нефти на поверхности грунта h к рассматриваемой толщине грунта в направлении фильтрации l ($l=0,4$ м [7]). Коэффициент проницаемости k^* имеет вид

$$k^* = k v / \rho,$$

где k – коэффициент фильтрации, м/с; v – кинематический коэффициент вязкости, м²/с; ρ – плотность нефти.

С учетом этого выражение (3) примет вид

$$W_{\phi} = \beta k^* = \frac{h k v}{l \rho},$$

а объем нефти, впитавшейся в грунт, оценивается как

$$V_{\Gamma} = \frac{k_H h k v}{l \rho} S_{\text{РАЗЛ}} t. \quad (4)$$

Определение потерь нефти на испарение. Объем $V_{И}$, легких фракций нефти, испарившихся в атмосферу, может быть найден по формуле

$$V_{И} = \frac{1}{\rho} W_{И} S_{РАЗЛ} t, \quad (5)$$

где $W_{И}$ – интенсивность испарения, кг / с м², t – время испарения, с. Здесь время испарения равно общему времени локализации и ликвидации АРН.

Для оценки величины $W_{И}$ в работе [7] предлагается использовать формулу

$$W_{И} = 10^{-6} \eta \sqrt{M_{П} P_{Н}}, \quad (6)$$

где $M_{П}$ – молярная масса паров нефти, г/моль; $P_{Н}$ – давление насыщенных паров нефти, кПа; η – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость ветра над поверхностью испарения.

Тогда, с учетом (6), выражение (5) примет вид

$$V_{И} = 10^{-6} \frac{\eta \sqrt{M_{П} P_{Н}}}{\rho} S_{РАЗЛ} t. \quad (7)$$

Определение функциональной зависимости площади разлива от времени разлива. При разливе нефти по горизонтальной твердой подстилающей поверхности зона загрязнения имеет форму, близкую к круговой. В [9] приведены формулы для вычисления радиуса R нефтяного пятна на момент времени t после аварии:

- при разовом истечении жидкости объемом V

$$R = 3.018 K_{П} V^{0.393} \nu^{-0.116} t^{0.115}; \quad (8)$$

- при непрерывном истечении с объемным расходом Q

$$R = 2.358 K_{П} Q^{0.333} \nu^{-0.155} t^{0.519}. \quad (9)$$

В формулах (8), (9) приняты следующие обозначения: V – объем разлива нефти, м^3 ; Q – объемная скорость истечения нефтепродукта, $\text{м}^3/\text{с}$; K_{II} – коэффициент поверхности растекания, определяющий соотношение фактического радиуса растекания по реальной поверхности и радиуса растекания по идеальной поверхности; ν – коэффициент кинематической вязкости нефти, Ст ; t – время растекания нефтяного пятна, с. Здесь время растекания равно времени локализации АРН, т.е. промежутку времени с момента прорыва до ликвидации течи в трубопроводе.

Выводы. Таким образом, в статье определены зависимости площади зоны загрязнения земной поверхности и величины потерь на фильтрацию в грунт и на испарение при аварийном разливе нефти от времени локализации и ликвидации последствий аварии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Широков Г.В. Анализ рисков аварийных отказов магистральных трубопроводов: моделирование зон загрязнения при разливах нефти на суше / Г.В.Широков, В.И. Ларионов, Т.С. Сущев // Трубопроводный транспорт. – 2010. – №2 (18). – С. 20-24.
2. Атнабаев А.Ф. Оценка последствий аварийных разливов нефти на магистральных нефтепроводах / А.Ф. Атнабаев, С.В. Павлов и др. // Нефтегазовое дело. – 2006. – №1. – С. 239-242.
3. Бахтизин Р.Н. Использование геоинформационных технологий для повышения эффективности предупреждения и ликвидации аварий на трубопроводном транспорте / Р.Н. Бахтизин, Р.З. Нагаев // Башкирский экологический вестник. – 2003. – № 2(13). – С. 17-20.
4. Митакович С.А. Применение современных геоинформационных технологий для моделирования и прогнозирования разливов нефти / С.А. Митакович, О.А. Сфремова и др. // Компьютерные науки и информационные технологии – 2003. – № 2. – С. 13-19.
5. Чуб И.А. Количественная оценка масштабов аварийных разливов нефти при авариях на нефтепроводе / И.А. Чуб, А.А. Неронов, В.М. Попов // Збірник наукових праць ХУПС. – 2012. – Вып. 1(30). – С. 185-188.
6. Козлитин А.М. Количественный анализ риска возможных разливов нефти и нефтепродуктов / А.М. Козлитин, А.И. Попов,

- П.А. Козлитин // Управление промышленной и экологической безопасностью производственных объектов на основе риска: Междунар. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2005, С. 135-160.
7. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах / Утверждено Министерством топлива и энергетики РФ 1 ноября 1995 г. – 122 с.
 8. Рабинович Е.З. Гидравлика / Е.З. Рабинович. – М.: Физматгиз. – 1963. – 492 с.
 9. Чаусов Ю.П. Растекаемость особо опасных жидкостей на твердых поверхностях / Ю.П. Чаусов // Горючесть веществ и химические средства пожаротушения. – 1978. – Вып.4. – С. 37 – 46. nuczu.edu.ua

Неронов О.А., Чуб І.А.

Моделювання впливу часу локалізації та ліквідації аварійного розливу нафти на характеристики зони забруднення

Визначається залежність площі зони забруднення земної поверхні і величини втрат на фільтрацію в ґрунт і випаровування при аварійному розливі нафти в залежності від часу локалізації та ліквідації

Ключові слова: аварійний розлив нафти, втрати нафти на фільтрацію в ґрунт і випаровування, час локалізації, ліквідації

Neronov O.A., Chub I.A.

Modeling of time and location oil spill performance areas of pollution

Dependence of the area affected zone and the magnitude of the earth's surface seepage into the ground and evaporation during emergency oil spill, depending on the location and time of liquidation, are determined

Key words: emergency oil spill, oil losses through seepage and evaporation in the soil, the time localization of liquidation