

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ
ХАРАКТЕРИСТИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ
СРЕДЫ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ
ВЫЧИСЛЕНИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ КОМПЛЕКСНОЙ
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОГО ПРОЛИВА
НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Для уточнения математической модели (ММП) можно использовать данные, полученные в результате исследований на реальных объектах, где когда-то произошел нефтяной пролив. Для этого на участках пролива делали шурфы для анализа почвы, грунта и грунтовых вод.

Исходя из исследований можно точно выделить 4 характеристики:

1. Точная глубина залегания грунтовых вод.
2. Концентрация нефтепродукта в грунте.
3. Мощность уровня грунтовых вод (если такие вычисления имеются).
4. Концентрация нефтепродукта на уровне грунтовых вод.

Данные полученные из реальных объектов можно сравнить с прогнозом ММП.

1. Форма пятна на поверхностном слое.
2. Адсорбированная грунтовым слоем масса нефтепродукта.
3. Концентрация нефтепродукта в грунте.
4. Глубина залегания грунтовых вод.
5. Скорость горизонтального продвижение пятна загрязнения с грунтовыми водами.
6. Концентрация нефтепродукта на уровне грунтовых вод.

Учитывая новые точки, на которых производилось исследование, можно уточнить рельеф местности на месте пролива. Зная эти точки можно уточнить форму пятна загрязнения на поверхностном слое. Подробный расчет формы пятна загрязнения приводился в статье [1].

Также, зная точный рельеф поверхностного слоя, можно предположить уровень залегания грунтовых вод. Зная это, мы можем уточнить форму пятна загрязнения под землей.

Учитывая точки, полученных из исследований, появляется возможность уточнить величину: адсорбированную грунтовым слоем масса M_3 (кг) НП:

$$M_3 = h_3^{ucc} \times S_l \times \rho_v \times m_3 \times w_3 \times \frac{\delta_0}{\delta_v},$$

где $h_3^{ucc} = < h_3^{ucc} > \wedge \min h_3^{ucc}$ – мощность грунтового слоя (м), S_l – площадь пятна загрязнения (м²), ρ_v – плотность воды (кг/м³), m_3 – пористость грунта (от 0 до 1), w_3 – капиллярная влагоёмкость грунта (от 0 до 1), δ_0 – коэффициент поверхностного натяжения НП (кг/с²), δ_v – коэффициент поверхностного натяжения воды (кг/с²). Значение $\min h_3^{ucc}$ мы используем в случае, если хотим рассчитать наихудший вариант.

Таким же образом можно уточнить максимальную глубину проникновения H_3 (м) НП в грунт, который зависит от адсорбированной в грунте массы и вычисляется следующим образом:

$$H_3 = \begin{cases} h_3^{ucc} \times \frac{M_0 - (M_1 + M_2)}{M_3}, & M_0 - (M_1 + M_2) \leq M_3; \\ h_3^{ucc}, & M_0 - (M_1 + M_2) > M_3, \end{cases}$$

где M_0 – масса пролитого НП (кг), M_1 – масса испарившегося нефтепродукта (кг), M_2 – адсорбированная почвой масса НП (кг), M_3 – адсорбированная грунтовым слоем масса НП (кг).

Концентрация НП C_3^{ucc} в грунте может зависеть от типа грунта. Учитывая данные о концентрации НП в грунте из исследований, представляется возможным уточнить тип грунта, главным показателем которым выступает плотность грунта ρ_3 (кг/м³),

$$\rho_3 = \begin{cases} \frac{M_3}{S_l \times h_3^{ucc} \times C_3^{ucc}}, & M_0 - (M_1 + M_2) \leq M_3; \\ \frac{M_3}{S_l \times h_3^{ucc} \times C_3^{ucc}}, & M_0 - (M_1 + M_2) > M_3, \end{cases}$$

где $C_3^{ucc} = < C_3^{ucc} > \wedge \max C_3^{ucc}$.

Не всегда исследования позволяют предоставить характеристики уровня грунтовых вод. Если такие исследования есть, появляется возможность уточнения ряда значений, например, максимальное расстояние распространения фронта загрязнения от центра пролива НП с грунтовыми водами l_4 (м).

$$l_4 = \frac{M_0 - (M_1 + M_2 + M_3)}{2R \times h_4^{ucc} \times m_3 \times w_3 \times \frac{\delta_0}{\delta_g}},$$

где $h_4^{ucc} = < h_4^{ucc} > \wedge \min h_4^{ucc}$ – мощность уровня грунтовых вод (м).

Данные исследования позволят уточнить значение горизонтальной скорости распространения v_4 фронта загрязнения с грунтовыми водами (м/сут).

$$v_4 = \frac{h_3'^{usc} - h_3''^{usc}}{l_4} \times \frac{k_b}{r_3},$$

где $h_4^{usc} = \langle h_4^{usc} \rangle \wedge \min h_4^{usc}$ – мощность уровня грунтовых вод (м), k_b – коэффициент фильтрации воды (м/с), r_3 – коэффициент задержки НП в грунте. Ожидаемая концентрация загрязнения в грунтовых водах C_4 также можно уточнить, если мы будем иметь данные из исследований о мощности грунтовых вод.

$$C_4 = \frac{M_0 - (M_1 + M_2 + M_3)}{2R \times l_4 \times h_4^{usc}}.$$

Совместно с Республиканским унитарным предприятием «Научно-производственный центр по геологии» и «Институтом природопользования национальной академии наук Беларуси» были проведены исследования на нефтебазах где ранее произошел нефтяной пролив. На местах исследования были прорыты шурфы для исследования геологического слоя. Используя метод предложенный в докладе и данные из реальных объектов представляется возможность уточнение характеристик прогноза математической модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буснюк, Н.Н. Эвристический алгоритм вычисления формы пятна загрязнения поверхности земли нефтепродуктами / Н. Н. Буснюк, А. В. Бурмакова, В. В. Смелов, // Труды БГТУ. Сер. Физ.-мат. науки и информатика. – 2018. – №. 1 (206). – С. 125–127.

УДК 004.051

А. С. Бируля, маг.; Н.И. Гурин, доц., канд. физ.-мат. наук
(БГТУ, г. Минск)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Для прогнозирования чрезвычайных ситуаций (ЧС) разрабатываются различные системы и программные комплексы, работающие как интеллектуальные системы, выполняющие в автоматизированном режиме прогнозирование ЧС, исходя из текущей обстановки и ситуации, а также выполняющих анализ результатов ЧС и предлагающих варианты устранения их последствий. Среди применяемых в работе