

дов нефти с помощью растворителей, в том числе регенерируемым и циркулирующим метиленхлоридом.

За основу принята установка для очистки нефти и грунта «АКВА–КОНТУР», работы на которой производятся в соответствии с ТУ 36 47-001-52660326-2011. На основе результатов, полученных в процессе проведенных исследований, данную установку предлагается модернизировать, доработать с целью повышения эффективности ее работы и доукомплектовать, в связи с применением в качестве циркулирующего экстрагента регенерируемого метиленхлорида.

Процесс обезвреживания на модернизированной технологической установке осуществляется следующим образом. В НЗГ, привезенных на полигон, после отделения от них посторонних включений (мусора, камней, веток и т.д.) и измельчения крупных комьев определяется средняя концентрация нефти (нефтепродуктов)  $\bar{x}$ .

Если  $\bar{x} < A$  ( $A=5\%$ ), то НЗГ направляется на обезвреживание методом реагентного капсулирования, если  $\bar{x} \geq A$ , то НЗГ направляется на промывку, согласно блоку 1.

В данном блоке осуществляется первая промывка НЗГ растворителем №1, например, газовым конденсатом II или другим некондиционным углеводородом, и промытый грунт направляется в следующий блок 2. В блоке 2 осуществляется его следующая промывка растворителем № 2 – метиленхлоридом, после чего экстракт углеводородов в МХ направляется в блок 5 для отделения метиленхлорида IX от экстрагированных углеводородов X.

Промытый грунт V направляется на отделение экстракта механическим и термическим методами в соответствующих аппаратах 3 и 4, а далее, при необходимости, если остаточная концентрация нефтяного загрязнения превышает 0,1%, направляется на стадию обезвреживания методом реагентного капсулирования.

В блоке 6 осуществляется конденсирование паров метиленхлорида V, полученных в результате термического отделения экстракта и рекуперация МХ из вентиляционных вытяжек помещения, в котором располагаются блок 2 и аппараты 3 и 4 (на схеме выделено контуром). При аппаратном оформлении процесса отделения экстракта от рафината (промытого НЗГ) учитывается количество обезвреживаемого НЗГ (производительность установок) и подбирается оборудование в герметичном и взрывобезопасном исполнении.

Извлеченные углеводороды могут быть переработаны с целью получения моторных топлив, в частности в промышленных установках риформинга, цеоформинга и аэроформинга [2].

### Литература

1. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления. М.: Интермет Инжиниринг. 2000. 496 с.
2. Катальмов А.В., Мортиков Е.С., Суфиянов Р.Ш. Аэроформинг - новый способ получения высокооктановых бензинов /Тр. VI межд.науч.практ.конф. «Экологические проблемы индустриальных мегаполисов», М.: МГУИЭ. 2009. С.28-30. ИЦИА

### **Оптимизация обращения с нефтезагрязненными грунтами**

к.т.н. доц. Суфиянов Р.Ш.  
Университет машиностроения

*Аннотация.* В статье рассмотрены вопросы, связанные с поиском оптимального места размещения предприятия для переработки нефтезагрязненных грунтов с учетом инфраструктуры нефтедобывающего региона и существующих дорог.

*Ключевые слова:* нефтедобывающий регион, риск аварийного разлива нефти, транспортирование нефтезагрязненных грунтов, размещение предприятий для переработки нефтезагрязненных грунтов.

Масштабность, важность и актуальность проблемы обезвреживания нефтезагрязненных грунтов (НЗГ) отмечается в принятом Постановлении Правительства Российской Федерации [1], согласно которому при авариях, связанных с разливом нефти, предписано объявлять чрезвычайную ситуацию. Так, в зависимости от количества разлитой нефти, чрезвычайные ситуации подразделяют на:

- локального значения (до 100 т);
- муниципального значения (от 100 до 500 т);
- территориального значения (от 500 до 1000 т);
- регионального значения (от 1000 до 5000 т);
- федерального значения (свыше 5000 т).

Первоочередной задачей в этих чрезвычайных обстоятельствах является сбор разлитой нефти и ликвидация последствий аварии. В соответствии с Постановлением, время на ликвидацию последствий негативного воздействия на окружающую природную среду не должно превысить шести часов с момента получения информации об аварии. При этом почва, пропитанная нефтью, должна собираться и отвозиться на обезвреживание на специальные полигоны, оборудованные установками для их обезвреживания. Столь пристальное внимание к магистральным нефтепроводам вызвано опасностью аварий, приводящих к масштабному загрязнению окружающей природной среды.

В Методическом руководстве по оценке степени риска аварий на нефтепроводах [2] для повышения промышленной и экологической безопасности на магистральных нефтепроводах, предложено осуществлять оценку степени риска аварий по частоте их возникновения

Проведенный анализ статистических данных по аварийности в нефтяной промышленности [3] показывает что наибольшее число аварий, порядка 71%, происходит по организационным причинам, среди них: 17,5 % связаны с несоблюдением технологии; 15,4% вызваны причинами нарушения производственной дисциплины; 13,4% - неэффективностью производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности; 12,4 % - неправильной организацией производства; 10,5% - низким уровнем знаний требований промышленной безопасности и др. Остальные 29% связаны с неисправностью технических устройств и оборудования (16%), несоответствием проектных решений условиям проведения работ и конструктивным несовершенством используемой аппаратуры и технических устройств (13%).

При проведении работ по обезвреживанию НЗГ, образовавшихся в результате аварийного разлива нефти, значительную долю расходов составляют транспортные издержки, и поэтому для снижения себестоимости обезвреживания важно выбрать место размещения полигона с учётом частоты и масштабности аварий, принимая во внимание инфраструктуру нефтедобывающего региона на основе разработанной транспортной логистики.

На основе результатов исследований современной оценки экологической ситуации в нефтедобывающих регионах, анализа технико-экономических возможностей производственного комплекса и сложившихся обстоятельств определяются условия вложения инвестиций для решения этой важной природоохранной проблемы нефтедобывающего региона, в том числе для обустройства природоохранных предприятий и для реализации выбранного метода обезвреживания. Методы обезвреживания НЗГ отличаются аппаратурным оформлением и применяемыми технологиями. Выбор наиболее приемлемого метода, обеспечивающего эффективное обезвреживание данных опасных отходов при относительно невысоких затратах, является важной эколого-экономической задачей.

Техногенное загрязнение биосферы углеводородами есть результат хозяйственной деятельности нефтяной отрасли, и ликвидация его последствий является важной актуальной экологической и технической задачей. Прежде всего это касается загрязнений нефтью земельных ресурсов, и не случайно наиболее значительную часть экологических штрафов нефтяные компании платят именно за загрязнение земель, что вполне объяснимо, так как почва

принимает на себя неблагоприятное воздействие нефтяных загрязнений и аккумулирует вредные химические вещества, вследствие чего повышается уровень токсичности продукции растениеводства, в том числе пищевых и кормовых культур [4].

Неблагополучную экологическую ситуацию, сложившуюся в большинстве нефтедобывающих регионах страны, усугубляет тот факт, что по мере удаленности разрабатываемых месторождений «от центра к периферии» прослеживается негативная тенденция снижения экологических требований и техногенная нагрузка на экосистемы данных регионов резко возрастает. Кроме того, сроки эксплуатации значительной части нефтепроводов приближаются к предельным, что обуславливает возникновение аварий, приводящих к нефтяным загрязнениям земельных и других природных ресурсов [5].

При проведении работ по обезвреживанию НЗГ значительную долю составляют транспортные расходы, и для их снижения важно выбрать в каждом регионе, где добывается и транспортируется нефть, место для размещения предприятия с учетом вероятности аварий, их масштабов и существующей инфраструктуры региона. Отсюда возникает необходимость в математическом и логистическом описании и определении оптимального места размещения предприятия для переработки НЗГ в виде системы балансовых уравнений для материальных потоков с учетом транспортных и других затрат.

Рассмотрим некоторые основные моменты известных методик, разработанных для оценивания рисков аварий на объектах нефтяной отрасли и их последствий, в виде аварийных разливов нефти с загрязнением окружающей природной среды.

Для принятия мер по устранению аварий на магистральных нефтепроводах моделируются аварийные ситуации на нефтепроводах, в частности, на основе трехуровневой детализации местности. На первом (региональном уровне) решаются общие задачи по предупреждению чрезвычайной ситуации и организации аварийно-восстановительных работ. На втором (муниципальном) уровне разрабатываются сценарии для ликвидации аварии и на территории шириной 20 км вдоль нефтепровода изучаются возможности маневра и применения спецтехники. На третьем (локальном) уровне, на территории шириной 3 км вдоль нефтепровода моделируются схемы по устранению порыва нефтепровода и дальнейшего распространения нефтяного загрязнения.

При оценке риска аварий, сопровождающихся разливом нефти, используются следующие подходы:

- статистический, основанный на анализе данных об аварийности и надежности аналогичных объектов;
- графоаналитический, заключающийся в применении «деревьев отказов» и «деревьев событий»;
- экспертный;
- комплексный подход, сочетающий различные вариации вышеперечисленных подходов.

Безусловно, при оценке риска существует неопределенность, связанная с недостаточностью статистических данных, с неполной достоверностью полученной информации и с субъективными предположениями при интерпретировании данных.

Важным этапом, способствующим снижению неопределенности при оценке риска аварий на магистральных нефтепроводах, является условное разделение нефтепровода на определенные участки, при этом их границами могут быть места установления задвижек, пересечения с транспортными коммуникациями, расположения населенных пунктов и т.д. На этих участках проводится оценка частоты утечек нефти, расчет возможного количества пролитой нефти и для каждого участка строится зависимость показателя риска вдоль всей трассы.

По ожидаемым объемам потерь нефти (в т/год на 1000 км трассы) значения степеней риска аварий на нефтяных магистралях разделяют на: низкую – менее 0,10; среднюю – от 0,10 до 100,00; высокую – более 100,00.

Длина участков, в зависимости от перечисленных факторов, может варьироваться от

200 до 3000 м, при этом очевидно, что уменьшение длины участка позволяет повысить точность проведения оценок риска, но при этом возрастают и затраты, вызванные необходимостью проведения работ по сбору и анализу дополнительных данных.

Необходимо отметить, что все предусмотренные в различных руководствах и методиках мероприятия, связанные с учетом и анализом многочисленных факторов, влияющих на возникновение аварий, направлены на поиск решений для их предотвращения, что, безусловно, является важной природоохранной задачей. Но при этом требуют внимания и сами «продукты» ликвидации последствий аварийных разливов нефти, о чем свидетельствует огромное количество замазученных земель и НЗГ, накопленных в нефтедобывающих регионах.

Как правило, для удобства монтажа и обслуживания трассы трубопроводов проектируют вдоль проездов, дорог или полотен железной дороги. В настоящее время известно достаточное количество работ, посвященных определению причин и последствий аварий на нефтепроводах.

Для количественной оценки эколого-экономического риска («тяжести»)  $R_A$  потенциальной аварии, в частности, используют формулу [6]

$$R_A = \sum_{i=1}^n P(A) \cdot P(C_i|A) \cdot y_i = P(A) \cdot \sum_{i=1}^n [P(C_i|A) \cdot y_i], \quad (1)$$

где:  $P(A)$  — вероятность события А (аварии);

$P(C_i)$  — вероятность  $i = 1 \dots s$  последствий  $C_i$  с ущербом для окружающей природной среды  $y_i$ .

Все автодороги в Российской Федерации в зависимости от *дорожной одежды* и наличия встречного движения подразделяются на три основные группы, и стоимость перевозки зависит не только от расстояния, но и от качества дорог, в особенности когда речь идет о дорогах проселочных.

Определение обобщающего показателя качества и состояния дороги  $\Pi_D$  проведем по выражению

$$\Pi_D = K\Pi_D \cdot K_{об} \cdot K_{э}, \quad (2)$$

где:  $K\Pi_D$  — комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния дороги;

$K_{об}$  — показатель инженерного оборудования и обустройства;

$K_{э}$  — показатель уровня эксплуатационного содержания.

При этом значения  $K\Pi_D$  могут меняться в интервале 0,15...1,25, и значения весов ребер графа могут задаваться в зависимости от состояния автодороги, т. е. с учётом  $K\Pi_D$ .

Для определения месторасположения полигона разработаны алгоритм и программа, состоящие из трех основных шагов:

*Шаг.1.* Определение координат  $O_x$  и  $O_y$  «центра тяжести»  $O$ .

Расчет проведем по формулам:

$$O_x = \frac{\sum_{i=1}^m r_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^m r_i}, \quad (3)$$

$$O_y = \frac{\sum_{i=1}^m r_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^m r_i}, \quad (4)$$

где:  $m$  — количество учтенных потенциальных источников образования НЗГ;

$r_i$  — риск (вероятность)  $i$  – го аварийного разлива нефти (нефтепродуктов);

*Шаг.2.* Определение ближайших к «центру тяжести» населенных пунктов.

Вводится рамка с центром в точке  $O$  размерами  $\{0, 0.01 \cdot L_x; 0, 0.01 \cdot L_y\}$ , где:  $L_x, L_y$  — размеры региона, и задается число населенных пунктов  $k$ . Если в исследуемой области оно меньше  $k$ , то размеры рамки увеличивают. Процедура повторяется до тех пор, пока в выбранной рамке не окажется  $k$  населенных пунктов — альтернатив для выбора места располо-

жения полигона.

*Шаг 3.* Поиск «перспективного» населенного пункта.

Для данных  $k$  населенных пунктов проводится уточненный анализ. Выполняется прямой ход метода Дейкстры по определению минимального маршрута, на котором на всех остальных пунктах, характеризующихся значениями  $p_j$ , проставляются метки  $M_{ij}$ , отражающие стоимость перевозок из  $p_j$  в  $p_i$ . Полную стоимость перевозок из  $k$  населенных пунктов с учетом качества дорог определим по выражению:

$$S_i = \sum_{j=1}^k p_j \cdot M_{ij} . \quad (5)$$

Из всех пунктов выбирается пункт, для которого  $S_i = \min$ .

Таким образом, для минимизации транспортных расходов при транспортировании и переработке НЗГ выбор оптимального места размещения перерабатывающего предприятия должен проводиться с учетом рисков и опасностей возникновения аварийных разливов нефти и с учетом дорожной сети и инфраструктуры нефтедобывающего региона.

#### Литература

1. Постановление Правительства РФ «О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации» от 15 апреля 2002 г. № 240.
2. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах, колл.авт. 2-е изд., испр. М.: Гос. унит. предпр. «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002.
3. Аналитическая служба // Нефть и капитал. VII-VIII, 2003. с. 54-58.
4. Суфиянов Р.Ш. Отходы производства нефтехимической промышленности /Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. № 5, 2010. с. 36-40.
5. РД «Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах», утв. ОАО «АК «Транснефть»» 30.12.99 пр. № 152, согл. Госгортехнадзором России № 10-03/418 от 07.07.99г.
6. Гражданкин А.А., Лисанов М.В., Печеркин А.С. и др. Характерные ошибки анализа риска аварий при декларировании промышленной безопасности // Безопасность труда в промышленности. № 10, 2004. с. 6-12.

### **Оценка условий инфильтрации нефтепродуктов в грунт при коррозионном повреждении обшивки резервуаров**

Куц Ю.Н., д.т.н. Корольченко И.А., к.т.н. доц. Векслер Г.Б.  
Университет машиностроения

*Аннотация.* Предложена методология оценки скорости просачивания жидкости при воздействии напора струи, а также при безнапорной фильтрации. Получены выражения, связывающие объёмный расход фильтрующейся сквозь грунт жидкости с размерами накапливающейся под резервуаром «линзы». Получены результаты расчёта интенсивности инфильтрации нефтепродуктов из аварийных резервуаров в грунты с различными характеристиками.

*Ключевые слова:* пролив нефтепродуктов в грунт, моделирование инфильтрации.

При коррозионном повреждении резервуаров происходят аварийные потери нефтепродуктов в результате их истечения и инфильтрации в грунт промплощадки. Если резервуарный парк не оснащён автоматизированными системами контроля уровня налива нефтепро-