

ГИС-инструмент

Любомир Кржиж
Игорь Пашковский

прогнозирования экологического ущерба

Разработанная ГИС-моделирующая система позволяет формировать картину распространения загрязнения, на основании которой можно провести оценку экологических рисков, обусловленных аварийными разливами нефти и нефтепродуктов из магистральных трубопроводов. Применение этой системы обеспечит существенное сокращение затрат на ликвидацию последствий аварии и, в частности, на очистку территории от загрязнения.

Проблема обеспечения экологической безопасности при эксплуатации трубопроводов в нефтегазодобывающей отрасли остается очень острой. Только на нефтепроводах Европы ежегодно происходит 1-2 аварии на каждой 1000 км [5]. Количественная оценка риска в настоящее время рассматривается в качестве главного механизма разработки и принятия управленческих решений практически во всех странах мира.

Основной задачей при оценке экологического риска является определение ущерба, причиненного природной среде и здоровью человеку при возможной аварии на объекте и ее последствиями. Возможности современных геоинформационных систем (ГИС) в области анализа, обработки и представления картографической информации позволяют автоматизировать основные операции по оценке масштабов последствий аварии в пространстве и во времени [1-3].

Анализ экологического риска включает также экономическую оценку мероприятий, ведущих к минимизации экологического ущерба, и программу восстановительных мероприятий

Оценка риска от эксплуатации объекта для экосистем требует учета разнообразных характеристик как самого объекта, так и окружающей природной среды.

В данной статье рассматривается система анализа экологических рисков, примененная на территории Чехии для магистральных нефтепродуктопроводов предприятия «Чепро». Частота аварий на этом нефтепроводе примерно соответствует общеевропейской [5]. Примеры такой аварии и ее ликвидации показаны на рис. 1, 2.

Методический подход

В основу оценки рисков положены результаты исследований аварий, проведенных компанией Oil Pipelines Management Group на продуктопроводах Европы [5]. Результаты этих исследований представлены в таблице 1.

На основании этих данных выделено три категории возможного распространения нефтепродуктов по поверхности земли и соответствующие категории риска загрязнения поверхности (см. таблицу 1):

- I – всегда загрязненная,
- II – значительный риск загрязнения,
- III – малая вероятность загрязнения.

Таблица 1

Частота и вероятность превышения масштаба загрязнения

| Площадь загрязнения, м ² | <10 | 10–10 ² | 10 ² –10 ³ | 10 ³ –10 ⁴ | 10 ⁴ –10 ⁵ | >10 ⁵ |
|-------------------------------------|-----|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------|
| Встречаемость, % | 11 | 19 | 31 | 27 | 11 | 1 |
| Вероятность превышения, % | 89 | 70 | 39 | 12 | 1 | <1 |
| Категории риска загрязнения | I | | II | | III | |

Любомир Кржиж – исполнительный директор, главный специалист по оценке экологических рисков и очистке от нефтезагрязнения ООО «Деконта Геолинк». Профессиональная деятельность связана с проблемами очистки почв и подземных вод от нефтепродуктов и экологическим аудитом.

Игорь Пашковский – главный геолог-эколог ЗАО «Геолинк Консалтинг». Специалист в области геоэкологии и моделирования геофильтрации.

Анализ экологического риска проводится по следующим разделам и показателям:

- Природные условия:
 - характер объекта и его место на конкретной территории;
 - морфология и орография местности, климатические, геологические, гидрогеологические, гидрологические условия, геохимические данные о местности, наличие охраняемых территорий и ландшафтов.
- Характеристика потенциальных загрязнителей:

Рисунок 1

Авария на нефтепроводе «Дружба» в Чешской Республике в 2007 году

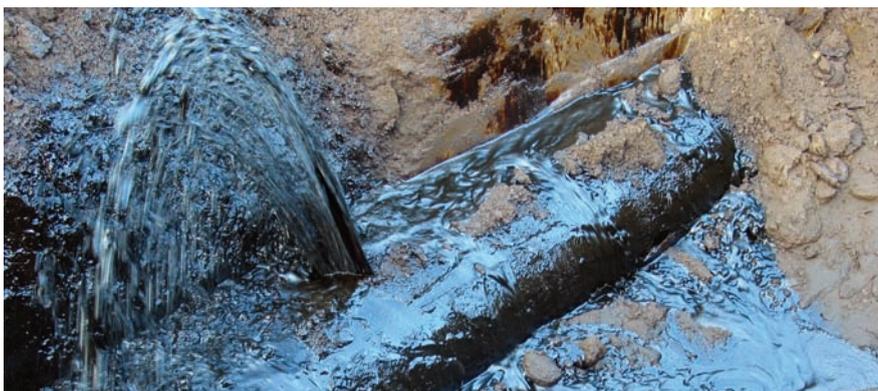


Рисунок 2

Ликвидация аварии на нефтепроводе «Дружба»



- выявление веществ, которые могут представлять потенциальную опасность;
- подробная информация о появлении на территории экологически опасных веществ в результате осуществляемой деятельности.
- Оценка возможности распространения загрязнения:
 - характеристика параметров почвы и зоны аэрации, оценка защищенности подземных вод;
 - оценка времени миграции в зоне аэрации;
 - характеристика водоносного горизонта с целью оценки миграции в подземных водах;
 - прогноз распространения загрязнения с учетом

процессов сорбции и деградации загрязняющих веществ;

- оценка возможного загрязнения поверхностных вод и существующих или предполагаемых источников водоснабжения.
- Оценка риска здоровья человека:
 - оценка соотношения «доза – воздействие», определение его характеристических параметров;
 - характеристика масштаба воздействия. Определение численности населения, подвергающегося воздействию. Идентификация путей и сценариев воздействия. Количественная оценка воздействия:

- количественная оценка риска неканцерогенного воздействия;
- количественная оценка риска канцерогенного воздействия;
- суммирование риска отдельных воздействий;
- оценка степени неопределенности.

□ Оценка риска для экосистем.

Объем разработки этой части территории зависит от способа использования территории. В случае если территория в настоящее время используется для промышленной деятельности и на ней не находятся ценные экосистемы, можно провести лишь краткую оценку состояния.

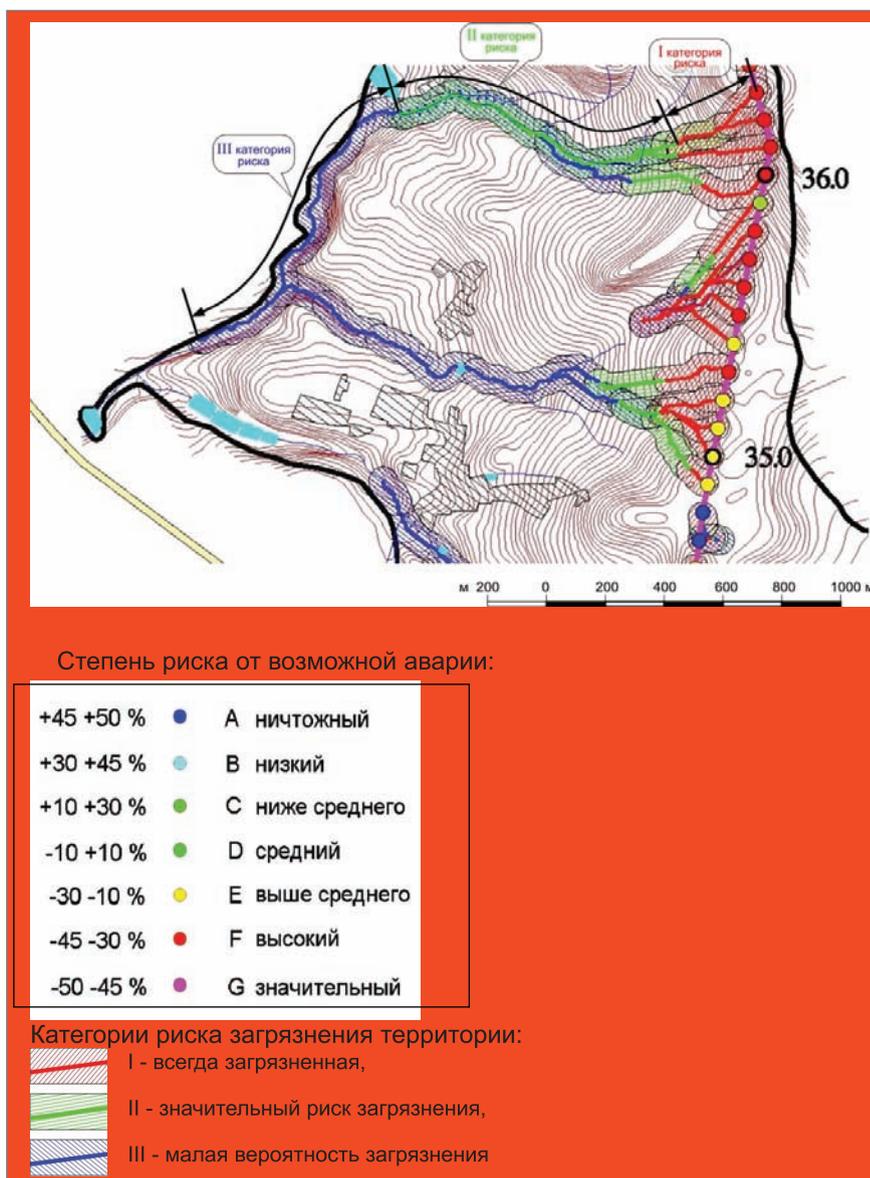
В каждом из перечисленных разделов на основе экспертных оценок и с использованием метода аналогий выделяются ведущие показатели, которым присваиваются баллы по семибалльной шкале. Крайние значения шкалы выражают экстремумы, среднее значение – среднее состояние (в диапазоне от -50 до +50).

Соответственно, каждый из разделов характеризуется определенным весовым коэффициентом, зависящим от конкретных условий и определяемым также экспертным путем. Это относительно долговременный процесс, во время которого коэффициенты постепенно дополняются, регулируются и определяются.

Информационно-моделирующая система

Для реализации метода по поддержке принятия решений в аварийных ситуациях была создана информационно-моделирующая ГИС система. Она базируется на программных продуктах ESRI-ARC/INFO и ARCVIEW. Задача этой системы – предоставить при возникновении аварийной ситуации необходимый

Рисунок 3
Результаты оценки риска на нефтепроводе «Чепро»



объем ранее собранной информации.

Эта прогностическая система включает картографическую и фактографическую базы данных, а также блок моделирования, позволяющий прогнозировать распространение жидких нефтепродуктов по поверхности земли, в зоне аэрации, в подземных и поверхностных водах. Прогноз реа-

лизуется либо путем решения дифференциальных уравнений переноса методом конечных разностей, как в случае переноса в зоне аэрации и подземных водах [1–4], либо с использованием известных аналитических решений, как в случае переноса в реках [1].

Результаты прогнозирования используются для оценки возможной зоны поражения территории и

оценки степени риска по отношению к конкретным компонентам природной среды или инфраструктуре, связанной с жизнью человека. Например, по отношению к рекам и водоемам, населенным пунктам, водозаборным сооружениям, сельскохозяйственным землям, памятникам природы и т. п.

Степень негативного влияния (степень риска) также оценивается в баллах по семибальной шкале путем суммирования отдельных рисков с учетом их весовых коэффициентов.

Практическая реализация

Разработанный методический подход и соответствующее программное обеспечение было использовано на предприятии «Чепро» с целью оценки степени риска негативного влияния аварий на окружающую среду на всей протяженности его нефтепродуктопроводов.

Используемые показатели:

- характер гидрографической сети;
- наличие осушительных дрен;
- проницаемость грунтов;
- ценность биотопов и сообществ;
- потенциал инфильтрации;
- использование территории.

Перечисленные показатели определялись соответствующими числовыми значениями и вводились в ГИС в виде карты. При этом использовались имеющиеся карты различных ведомств и организаций.

Для прогноза распространения загрязнения использовалась модель рельефа, с помощью которой определялись наиболее возможные траектории распространения загрязнения от возможных мест аварии. Начальные точки траектории, соответствующие сценарию аварии, выбираются экспертно в наиболее неблагоприятных местах или с определенным шагом. В рассматриваемом случае принимался шаг в 100 м.

Разработанная методика позволяет в пределах наиболее вероятной

траектории наметить зоны, соответствующие выделенным выше трем категориям риска загрязнения территории (см. рис. 3):

- всегда загрязненная;
- значительный риск загрязнения;
- малая вероятность загрязнения.

Степень негативного влияния (степень риска) от воздействия возможной аварии (от каждой точки) оценивалась с учетом угрозы и ущерба здоровью человека, угрозы и негативного влияния на окружающую среду, принимая во внимание следующие отдельно взятые риски:

- риск поражения застроенных территорий;
- риск поражения дренажных вод;
- риск поражения грунтов;
- риск поражения биотопов и растительных сообществ;
- риск поражения подземных вод;
- риск поражения поверхностных вод;
- риск поражения водозаборных сооружений.

Суммирование рисков производилось с учетом весовых коэффициентов, присваиваемых экспертным путем для каждого из выделенной поражаемой категории. Величина

суммарного риска затем оценивалась по семибальной шкале. На рис. 3 цветом показана степень риска от аварии, произошедшей в том или ином месте нефтепровода.

Результаты анализа риска были использованы в качестве информативного материала для принятия оптимальных решений в части:

- оценки степени негативного влияния на окружающую среду и человека и принятия решения о проведении восстановительных мероприятий;
- выбора оптимального варианта восстановительного мероприятия;
- разработки программы восстановительного мероприятия;
- рассмотрения эффективности реализованного восстановительного мероприятия или его этапов.

Заключение

Результатом проекта является создание информационно-моделирующей системы, предназначенной для учета, анализа, оценки и прогноза экологических последствий аварийных утечек нефти и нефтепродуктов из магистральных нефтепроводов и нефтехранилищ, а также определе-

ния приоритетов восстановительных работ с выдачей рекомендаций по эксплуатации систем хранения и транспортирования нефтепродуктов.

Информационно-моделирующую ГИС систему можно использовать для моделирования различных сценариев аварий, определения комплекса мер по предупреждению аварийности, разработки профилактических мероприятий после аварии, а на проектной стадии выбрать оптимальную трассу трубопровода.

Литература

1. Кржиж Л., Коннов Д.В., Пашковский И.С. Прогноз миграции растворенных нефтепродуктов в потоке грунтовых вод в районе п. Кметиневес (Чешская Республика). Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг. Вып. 5. Москва, 2002, с. 126–129.
2. Кржиж Л., Коннов Д.В., Пашковский И.С. Применение математического моделирования при ликвидации загрязнения почвы и подземных вод нефтепродуктами. Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. Изд. АН РФ, 2003.
3. Огняник Н.С., Парамонова Н.К., Брикс А.Л. и др. Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами. АПН. Киев, 2006, с. 278.
4. Кржиж Л., Чеплакова И., Мотейль П., Пашковский И.С. Опыт применения технологии очистки почвы, загрязненной нефтепродуктами, в условиях Крайнего Севера. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. № 1. М. 2007, № 6, с. 561–567.
5. Performance of European cross-country oil pipelines. Brussels, May 2007, p. 49.