

А. Е. Юденко

Информационная технология мониторинга территорий нефтяных месторождений

Основными объектами площадного загрязнения территорий нефтяных месторождений по праву можно считать нефтезагрязненные участки и места размещения отходов бурения — шламовые амбары, а также события их порождающие — аварии на нефтепроводах и водоводах, аварийные выбросы из скважин и прочих объектов техногена.

В работе рассмотрены вопросы контроля и оценки воздействий от данного типа источников, а также определены задачи, стоящие при наблюдении за развитием ситуации. Описывается технология «электронного» протокола ведения данных, применение математического аппарата в оценке остаточного загрязнения и выноса грязи с территории. Показано место информационных технологий в системе мониторинга.

Задачи мониторинга

Мониторинг подразумевает слежение за состоянием природной среды месторождения в условиях антропогенной нагрузки со стороны нефтегазодобывающих предприятий (НГДП).

Основная деятельность на территории нефтяных месторождений связана с разведкой, бурением и добычей углеводородного сырья (нефти). Она сопровождается накоплением отходов бурения в шламовых амбарах (ША), аварийными выбросами нефти, бурового раствора и подтоварной воды на рельеф с образованием нефтезагрязненных и засоленных участков.

Эта деятельность приводит к образованию и размещению в окружающей среде (ОС) загрязненных веществ (ЗВ) [4, 5, 6]. В простейшем случае все антропогенные воздействия на ОС можно разделить на репрессивные (связанные с внесением ЗВ) и охранно-восстановительные [7]. Рассмотрим группу репрессивных воздействий, характерных для НГДП:

- образование отходов бурения и их размещение в шламовые амбары;
- аварийные разливы (АР) нефтепродуктов, буровых растворов и подтоварной воды на рельеф и в водные объекты.

В качестве особых объектов контроля выделяются загрязненные участки (ЗУ) — это образы старых аварийных разливов, которые не успели к моменту регистрации рекультивировать.

Действующий регламент государственного регулирования охраны ОС предполагает регистрацию самого объекта загрязнения (ОЗ) и количества загрязняющих веществ, размещенных на этом объекте. В соответствии с объемами размещенных загрязняющих веществ исчисляются ущербы, нанесенные ОС, и начисляются штрафы. Оценка остаточного количества загрязняющих веществ производится методами аналитического контроля и, в конечном счете, должна учитывать не только остаточное содержание загрязняющих веществ на загрязненных участках, но и объемы ЗВ, «смешившиеся» в сопряженные природные зоны.

Сформулированные выше условия определяют основную группу данных, подлежащих сбору и накоплению. Мониторинг подразумевает фиксацию объемов произведенных отходов бурения, объемов вылива загрязнителя при авариях, объемов загрязнителя, размещенного на ЗУ; контроль изменения количества ОЗ; взимание платы за ущербы природной среде (платное природопользование); аналитический контроль воздействия (просачивание, миграция загрязнителя); контроль процессов устранения объектов репрессивного воздействия (рекультивация ЗУ и ША).

Электронный протокол — базовая технология сбора информации

Регистрация аварийных событий, первоначальный учет и повторная инвентаризация ЗУ и ША осуществляются на основе технологии «электронного» ведения и анализа данных об объектах загрязнения. Соответствующая инструментальная среда именуется «Электронный протокол АРЗУША».

Внедрение электронного протокола (ЭП) обеспечивает полноту и регулярность поступления данных, их однородное представление на всех уровнях иерархии управления охраной окружающей среды.

Внедрение на базе ЭП единого стандарта представления данных позволяет систематизировать и упорядочивать собираемые сведения, формализовать текстовые описания местности вокруг ОЗ, обеспечивать пространственную привязку данных. Формализация используемых терминов и понятий, а также представления фактурных данных позволяет осуществлять компьютерную обработку, исключает дублирование данных и обеспечивает их корректное ведение [1, 2, 3].

Информация по объектам и событиям в соответствии с протоколом делится на следующие группы:

1. Общие данные — содержат общую информацию об объекте (дата образования, номер, предприятие и т. д.).

2. Место: географическая привязка — позиционирование объекта (или события-аварии) производится либо по географическим признакам (как рекомендовано нормативными документами), что на практике используется редко, либо по техногенным объектам (карты-схемы которых имеются на каждом предприятии), что позволяет производить площадной анализ и «привязывать» данные к имеющимся схемам.

3. Место: характеристика техногена — описывает техногенные объекты, послужившие источниками образования загрязнений (аварий, ЗУ, ША). Указывается их назначение (для линейных сооружений), характеристики.

4. Место: характеристика ландшафта. Территория описывается на основе имеющихся биоценозных образований в соответствии со схемами по оценке воздействий на окружающую среду (схемы ОВОС) либо по их визуальному опознаванию. Водные объекты расклассифицированы по типам.

5. Фактурные данные — представлены на основе принятой технологии сбора данных и специфичны для каждого субъекта наблюдения.

6. Состояние защищенности участка — характеризует защиту участка для предотвращения распространения загрязнителя (как естественную, так и специально сооруженную) на момент возникновения аварии либо инвентаризации объекта.

7. Платежи — информируют о платежах, предъявленных и выплаченных в связи с данным объектом. Указываются сроки оплаты.

8. Мероприятия по защите ландшафта — описывают работы, связанные с локализацией участка загрязнения.

9. Мероприятия по восстановлению ландшафта (рекультивация) — направлены на ликвидацию участка загрязнения (рекультивацию). Описывается вид, способ, сроки, затраты и исполнители работ.

10. Мероприятия по техногену — краткая информация о восстановлении аварийного и потенциально аварийно-опасного техногена.

11. Акты и иные сопутствующие документы — по каждому объекту загрязнения и событию указываются документы и акты, поясняющие представленную информацию.

Важной частью автоматизированной технологии является формализация используемых терминов и понятий. Она подразумевает выделение базовой информации, ее определение и алгоритма внесения. При практической реализации автоматизированной информационной технологии детальность описания ситуаций и, как следствие, глубина заполнения базы данных могут быть различны для разных категорий пользователей и технологий заполнения. Наиболее актуальны в этом смысле используемые при работе классификаторы ландшафтов, водных объектов, территорий.

Ведение данных с различными объемами представления и разной глубиной ведения подразумевает и различную степень пригодности данных для последующей обработки и анализа. Так, максимальный объем данных с повышенной детальностью (использование наиболее полных списков и классификаторов) позволяет производить наиболее содержательные аналитические выборки с разным назначением и критериями. И наоборот, упрощенное ведение групп данных уменьшает возможности последующего анализа.

Работа всех заинтересованных органов и служб с единой информационной базой исключает нестыковки и разночтения в оценке объемов репрессивных воздействий и объемов последующих восстановительных работ.

Накопленные данные позволяют проводить анализ фактического состояния ОЗ. Применение математической модели существенно расширяет рамки исследований, включая обширный класс задач прогноза развития ситуации.

Модель трансформации загрязнителя

Одной из задач оценки репрессивного воздействия загрязнителя из ЗУ является определение остаточного загрязнителя в пятне, перемещения загрязнителя в близлежащие среды (буферную зону), выноса загрязнителя с территории. На эти вопросы отвечает модель трансформации загрязнителя.

Модель предназначена для отслеживания процессов, происходящих с пятнами загрязнения в течение всего срока их существования.

Суть подхода, использованного при составлении модели, заключается в моделировании массообменных процессов между зонами основного пятна и буферной зоны с учетом выноса и трансформации загрязнителя.

Задача моделирования заключается в определении формы и размеров основного пятна и буферной зоны с вычислением массы загрязнителя, размещенного в указанных зонах.

При моделировании принято, что ЗВ трансформируются с переходом из жидкой фазы (способной к миграции) в битуминизированную (квазистационарную, малорастворимую). Кроме того, в пятнах происходят

процессы самораспада загрязнителя (нефтепродукта). Изменение размеров пятен обусловлено изменением массы загрязнителя, размещенного в контуре пятна. Форма пятна зависит от рельефа и наклона поверхности (местности).

Приведенная ниже математическая модель с дискретным временем k аппроксимирует в неявной форме соответствующую систему дифференциальных уравнений. Моделированию подлежат следующие массовые характеристики:

$M(i, k) = MV(i, k) + MS(i, k)$ — масса загрязнителя в контуре основного пятна с долями жидкой фазы — $MV(i, k)$ и отвердевшей — $MS(i, k)$;

$MB(i, k) = MBV(i, k) + MBS(i, k)$ — масса загрязнителя в контуре буферной зоны с таким же разделением. Дискретная система уравнений для i -го ЗУ имеет вид:

$$\begin{aligned} MV(i, k) &= MV(i, k-1) - \alpha_{v_{БХ}}(i) \cdot \beta(i) \cdot MV(i, k)^{2/3} - \alpha_{\downarrow}(i) \cdot MV(i, k) - \\ &\quad - m_{\leftarrow}(i, k) - m_{\rightarrow}(i, k) + mu_{\Delta}(i, k) - uv_{R}(i, k); \\ MS(i, k) &= MS(i, k-1) - \alpha_{s_{БХ}}(i) \cdot \beta(i) \cdot MS(i, k)^{2/3} + \alpha_{\downarrow}(i) \cdot MV(i, k) - us_{R}(i, k); \\ MBV(i, k) &= MBV(i, k-1) - \alpha_{v_{БХ}}(i) \cdot \beta_{\text{б}}(i) \cdot MBV(i, k)^{2/3} - \\ &\quad - \alpha_{\downarrow}(i) \cdot MBV(i, k) + m_{\leftarrow}(i, k) - m_{\rightarrow}(i, k); \\ MBS(i, k) &= MBS(i, k-1) - \alpha_{s_{БХ}}(i) \cdot \beta_{\text{б}}(i) \cdot MBS(i, k)^{2/3} + \alpha_{\downarrow}(i) \cdot MBV(i, k), \end{aligned}$$

где k — параметр времени; $N(k-1)$ — состояние N -го параметра на конец предыдущего периода; $\beta(i)$, $\beta_{\text{б}}(i)$ — коэффициенты, учитывающие зависимость площади оконтуренных зон от массы; $\alpha_{v_{БХ}}(i)$ — коэффициент биохимического распада подвижного загрязнителя (нефтепродукта); $\alpha_{s_{БХ}}(i)$ — коэффициент биохимического распада битуминизированного нефтепродукта; $m_{\leftarrow}(i, k)$ — масса нефти, переходящей в буферную зону; $m_{\rightarrow}(i, k)$, $m_{\Delta}(i, k)$ — масса нефти, стекающей в водоток из основного и буферного пятен; $mu_{\Delta}(i, k)$ — масса загрязнителя, попавшего в пятно при авариях; $uv_{R}(i, k) = uv_{R}(i, k) + us_{R}(i, k)$ — масса загрязнителя, изъятая при рекультивации; $\alpha_{\downarrow}(i)$ — параметр скорости перехода загрязнителя из жидкой фазы в битуминизированную.

При моделировании принимается шаг дискретизации, равный 1 году. Это обусловлено тем, что в течение года законы массообмена значительно различаются.

Модель использует реальные данные мониторинга для настройки и последующего доуточнения своих параметров и коэффициентов.

Заключение

Знание реальных объемов загрязнителя позволяет выявлять скрытые аварии на местах старого нефтезагрязнения, отслеживать объемы и степень загрязнения территории, планировать объемы рекультивационных работ, что существенно повышает уровень управляемости процессов охраны ОС.

Моделирование динамики выноса «грязи» с территории позволяет оценивать степень воздействия ЗУ на близлежащие водотоки и проследить дальнейшие пути миграции загрязнителя, оценить объемы нефтепродуктов, ежегодно попадающих в водоемы.

В целом рассмотренные технологии слежения и прогнозирования состояния загрязненности территорий нефтяных месторождений служат решению широкого круга практических вопросов, а именно:

- повышение надежности функционирования природных и природно-технических систем;
- осуществление мероприятий по рациональному использованию и защите ОС от разрушения, что особенно важно в северных регионах;
- повышение качества планирования и проведения рекультивационных работ.

К потребителям мониторинговой информации можно отнести:

- органы государственной власти;
- организации и ведомства, связанные с изучением и контролем состояния и изменения окружающей среды, а также оценкой влияния техногенеза;
- промышленные предприятия, связанные с добычей полезных ископаемых и освоением северных регионов в целом;
- производственные (ведомственные) службы экологического мониторинга;
- отдельные частные лица.

В заключение заметим, что качество работы систем мониторинга существенно возрастает с использованием геоинформационных средств.

Литература

1. *Моделирование* социо-эколого-экономической системы региона / Под ред. В. И. Гурмана, Е. В. Рюминой. М.: Недра, 2001. 175 с.
2. *Моделирование* динамики геоэкоосистем регионального уровня / П. М. Хомяков и др. М.: Изд-во Москов. ун-та, 2000. 382 с.
3. *Моделирование* и управление процессами регионального развития / Под ред. С. Н. Васильева. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. 432 с.
4. *Обзор «О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 1996 году»* / Подготовлен Государственным комитетом по охране окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа. Ханты-Мансийск, 1997. 148 с.
5. *Обзор «О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 1997 году»* / Подготовлен Государственным комитетом по охране окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа. Ханты-Мансийск, 1998. 156 с.
6. *Обзор «О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 1998 году»* / Подготовлен Государственным комитетом по охране окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа. Ханты-Мансийск, 1999. 162 с.
7. *Эколого-экономическая стратегия развития региона: Математическое моделирование и системный анализ на примере Байкальского региона* / В. Е. Викулов, В. И. Гурман, Е. В. Данилина и др. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990. 184 с.