

УДК 504.064.36

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

В. В. Кульба*, В. М. Темкин**, Д. Б. Рывкин**

*Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва

**Инженерно-технический центр "Оргэкогаз", г. Москва

Рассмотрены принципы построения, структура и технология функционирования систем производственно-экологической безопасности. Обсуждены вопросы применения в данных системах математического моделирования экологических процессов, в частности, переноса загрязнений в атмосфере. Сообщается, что представленные в статье результаты использованы при создании систем производственно-экологического мониторинга Астраханского газохимического комплекса, Оренбургского газоперерабатывающего предприятия, магистрального газопровода Россия—Турция.

ВВЕДЕНИЕ

Предприятия нефтегазового комплекса отличаются масштабностью воздействия на окружающую среду. Все стадии обработки углеводородного сырья — его добыча, транспортировка и переработка — сопровождаются неизбежными плановыми выбросами загрязняющих веществ, а также опасностью аварийных выбросов в атмосферу и утечек в водную среду.

Необходимость снижения негативных экологических последствий промышленных объектов требует целенаправленных природоохранных мероприятий. Сюда относятся меры по снижению интенсивности выбросов и сбросов загрязняющих веществ, а также иных видов негативного воздействия на окружающую среду, по профилактике

аварийных ситуаций и ликвидации последствий аварий, по реабилитации загрязненных территорий, акваторий и восстановлению поврежденных экосистем.

Эта деятельность невозможна без оперативной, достоверной и полной информации об интенсивности воздействия объектов предприятия на окружающую среду, о состоянии компонентов природного комплекса на производственных площадках и прилегающих территориях (акваториях). Для получения этой информации в соответствии с требованиями природоохранного законодательства и действующих нормативных документов Российской Федерации на предприятиях создаются системы производственно-экологической безопасности (ПЭБ).

Система ПЭБ — это комплекс методических, технических, информационных и программных



средств, эксплуатируемых предприятием-природопользователем, осуществляющих оперативный комплексный контроль интенсивности воздействия объектов предприятия на окружающую среду, а также состояния и уровней загрязнения окружающей среды в зоне ответственности предприятия.

Важнейшая задача системы ПЭБ состоит в выявлении экологически опасных ситуаций, локализации загрязненных участков и оперативном предоставлении полученных данных соответствующим должностным лицам предприятия.

В ходе функционирования система ПЭБ должна обеспечивать выполнение регулярных, методически обоснованных и сопоставимых измерений и наблюдений параметров источников негативного воздействия и уровней загрязнения компонентов природной среды, а также решение задач, связанных со сбором, хранением и распределением мониторинговой информации, ее представлением и всесторонним анализом, т. е. выполнять функции измерительной, информационной, а также аналитической систем.

Для обеспечения максимальной защиты персонала предприятия, населения и природной среды прилегающих территорий от негативных техногенных воздействий система ПЭБ должна тесно взаимодействовать с другими системами и службами, обеспечивающими безопасность предприятия и территории: с системами управления технологическими процессами предприятия, системами технической диагностики, санитарно-медицинскими и аварийно-спасательными службами предприятия, государственными и ведомственными системами и службами природоохранного профиля.

Решение задач ПЭБ связано с широким применением вычислительной техники, автоматических средств измерения, современных технологий передачи данных.

В данной работе описывается опыт решения задач контроля и оценки экологической обстановки при проектировании, разработке и внедрении систем ПЭБ на объектах газовой промышленности — Астраханском газохимическом комплексе, газопроводе Россия — Турция "Голубой поток" и предприятии "Оренбурггазпром".

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И СТРУКТУРА СИСТЕМ ПЭБ

В основу построения систем ПЭБ положены принципы:

- информационно-территориального единства системы, означающего сбор и совместную обработку данных мониторинга, поступающих с различных участков размещения объектов, еди-

ный экосистемный анализ этой информации, выработку и реализацию единой системы природоохранных и иных мероприятий по обеспечению экологической безопасности предприятия и территории;

- интегрированной обработки данных в системе ПЭБ всеми ее составными частями в единой информационной технологии, что минимизирует затраты настыковку и преобразование данных, исключает потери информации, повышает надежность и эффективность функционирования всей системы в целом и ее составных частей в отдельности;
- работы системы в режиме реального времени, при котором осуществляется регулярный обмен оперативной информацией между всеми ее элементами по единой технологической программе, что позволяет вести обработку данных о контролируемых техногенно-природных процессах в темпе их протекания;
- открытости архитектуры системы, позволяющей поэтапно ее наращивать и модернизировать в соответствии со стадиями развития контролируемого промышленного объекта.

В структуре системы ПЭБ выделяются три основные функциональные подсистемы (см. вклейку):

- информационно-измерительная сеть (ИИС);
- подсистема передачи данных (ППД).
- информационно-управляющая подсистема (ИУП).

Информационно-измерительная сеть представляет собой комплекс развернутых на местности элементов — измерительных звеньев и пунктов контроля, предназначенных для получения и первичной обработки измерительных данных об экологических параметрах источников загрязнения и контролируемых компонентов природной среды.

Измерительное звено ИИС — это замкнутый автономный элемент (комплекс, модуль), выполненный на основе взаимосвязанных конструктивных, технических и программных решений. Оно предназначено для выполнения определенного типа измерений, наблюдений и передачи данных в ИУП.

В системе ПЭБ могут применяться:

- передвижные экологические лаборатории ПЭЛ;
- автоматические посты контроля источников выбросов;
- автоматические посты контроля загрязнений атмосферного воздуха АПКЗ;
- автоматические метеопосты;
- автоматические посты контроля сточных и поверхностных вод;
- автоматические посты контроля подземных вод;
- автоматические посты контроля опасных геологических процессов;
- стационарные аналитические лаборатории САЛ;
- средства дистанционных наблюдений и пр.



Помимо измерительных звеньев, на контролируемой территории разворачиваются *пункты контроля* — специальным образом оборудованные площадки или участки территории на местности, предназначенные для периодического отбора проб, проведения наблюдений за природной средой или процессом. К их числу могут относиться пункты контроля:

- выбросов;
- атмосферного воздуха;
- снежного покрова;
- загрязнения сточных вод;
- поверхностных вод;
- питьевых вод;
- подземных вод;
- почвенного покрова;
- опасных геологических процессов и пр.

Необходимая репрезентативность, полнота, достоверность и точность измерительных данных достигается правильным выбором состава контролируемых параметров и схемы размещения измерительных звеньев и пунктов контроля на местности, разработкой и выполнением надлежащего регламента измерений и наблюдений, применением метрологически сертифицированных средств контроля и аттестованных методик отбора проб и их анализа.

Часть исходной информации, необходимой для оценки экологической ситуации, поступает в систему ПЭБ от внешних источников: от АСУТП производственных объектов, от специализированных организаций, проводящих исследования состояния окружающей среды в пределах контролируемых зон.

Данные измерений и наблюдений, полученные ИИС, поступают в информационно-управляющую подсистему.

Подсистема передачи данных предназначена для организации обмена информацией между ИУП и ИИС, между элементами ИУП, а также между системой ПЭБ и внешними по отношению к ней источниками и потребителями информации. Одна из важнейших задач ППД заключается в поддержке работы удаленных терминалов системы ПЭБ, обеспечивающих распределение результатов ее работы между пользователями.

Информационно-управляющая подсистема представляет собой комплекс технических и программных средств, обеспечивающих организацию сбора, обработки, хранения, распределения и представления информации в системе ПЭБ и управление режимами работы элементов ИИС.

Системы ПЭБ могут иметь различную структуру в зависимости от пространственного расположения промышленных объектов и организационной структуры управления предприятием. Если предприятие географически локализовано, то по-

лученные ИИС данные обычно обрабатываются в едином информационном центре ПЭБ предприятия. Если предприятие имеет более сложную структуру, находится на протяженной территории и на нескольких производственных площадках, то обычно создается сеть информационных центров системы, включающая в себя Центр производственно-экологической безопасности (ЦПЭБ) предприятия в целом и ряд центров более низкого уровня, каждый из которых обслуживает определенную производственную площадку или участок.

Примером такого объекта может служить газопровод Россия—Турция "Голубой поток". Общая протяженность трассы газопровода 762 км, из них 373 км приходится на сухопутный участок, проходящий по территории Краснодарского и Ставропольского краев. Основными источниками загрязнения окружающей среды являются три компрессорные станции (КС) газопровода: Ставропольская, Краснодарская и Береговая. Структура системы ПЭБ газопровода приведена на вклейке. Система включает в себя ЦПЭБ всего газопровода, а также сеть информационных центров ПЭБ: пунктов сбора данных, АРМ эколога и др.

Центр ПЭБ предназначен для сбора, обработки, анализа, хранения, представления и распределения информации о состоянии контролируемых компонентов природной среды, управления работой ИИС, подготовки отчетной документации.

Центр ПЭБ является основным информационно-управляющим элементом системы ПЭБ. В число его задач входят:

- сбор и накопление информации, поступающей из ИИС;
- управление работой элементов ИИС;
- прием измерительных или расчетных данных и аварийных сообщений от подчиненных центров ПЭБ;
- архивирование измерительных и расчетных данных, информационный поиск и доступ к архивной информации;
- решение функциональных (расчетных) задач — расчет валовых выбросов и сбросов, объемов экологических платежей и др.;
- математическое моделирование природных и природно-техногенных процессов с целью оценки и прогноза развития экологической обстановки;
- формирование, подготовка и выдача выходных документов (карт, сводок, бюллетеней и пр.);
- обмен оперативными сообщениями с подчиненными центрами ПЭБ;
- информационная поддержка принятия решений по управлению экологической обстановкой;
- информационное обслуживание пользователей (локальных и удаленных);



- взаимодействие с внешними по отношению к системе ПЭБ информационными службами и системами.

Потребителями информации ЦПЭБ являются специалисты и руководители структурных подразделений предприятия, отвечающие за решение задач охраны окружающей среды и экологической безопасности.

СТРУКТУРА ЦЕНТРА ПЭБ

Центр ПЭБ строится как семейство программно-аппаратных комплексов, объединенных локальной вычислительной сетью (см. вклейку). В его состав входят:

- коммуникационный комплекс;
- диспетчерский комплекс;
- архивный комплекс;
- геоинформационно-моделирующий комплекс (ГМК);
- информационно-управляющий комплекс.

Коммуникационный комплекс обеспечивает связь ЦПЭБ с источниками и потребителями информации по каналам связи. Комплекс проводит сеансы обмена данными с измерительными звеньями и информационными центрами ПЭБ. В его задачи также входит обеспечение коммуникаций с удаленными пользовательскими терминалами с целью организации их оперативного доступа к данным ЦПЭБ. Основное требование к коммуникационному комплексу — надежность передачи данных. В состав комплекса входит оконечное оборудование используемых каналов обмена данными: модемы, контроллеры, адаптеры и др.

Диспетчерский комплекс представляет собой автоматизированное рабочее место диспетчера системы ПЭБ, решающего все текущие задачи, связанные с работой системы, такие как:

- оперативный контроль текущей экологической обстановки на контролируемой территории и принятие в случае ее осложнения необходимых мер;
- контроль работоспособности измерительных звеньев, выбор надлежащих режимов их функционирования;
- отработка нештатных и аварийных ситуаций;
- выдача, распространение и анализ оперативных сводок и предупреждений.

Вся работа диспетчера происходит в режиме диалога с компьютером, на мониторе которого в реальном масштабе времени высвечиваются результаты текущих измерений, сообщения средств телеметрического контроля автоматических измерительных звеньев, оперативная информация об

аварийных ситуациях и фактах превышения предельно допустимых уровней загрязнения.

Диспетчерский комплекс функционирует в тесном информационном контакте с коммуникационным комплексом, который обеспечивает прием данных и передачу сообщений диспетчера удаленным измерительным звеньям, а также — с архивным комплексом, который поддерживает базу данных измерительной информации.

Архивный комплекс представляет собой набор клиентских программных приложений, обеспечивающих в сочетании с SQL-сервером баз данных решение задач администрирования баз данных ЦПЭБ, загрузки и доступа к хранящейся в них информации. Главная задача архивного комплекса — ведение базы измерительных данных системы ПЭБ. Архивный комплекс поддерживает также семейство справочных баз, задающих систему классификации и кодирования данных. В него входят следующие базы данных.

- База измерительных данных системы ПЭБ. Технология работы архивного комплекса предусматривает ее автоматическое пополнение вновь поступающей информацией.
- База входных и выходных документов экологического мониторинга. Она представляет собой электронный архив разнородных документов, содержащих информацию о контролируемом объекте и прилегающей территории. В первую очередь, речь идет об отчетных документах, накопленных на стадии инженерно-экологических изысканий, выполненных в ходе строительства (реконструкции) объекта. Хранящиеся в базе документы могут иметь различный формат: содержать тексты, чертежи, таблицы, изображения и любые другие элементы данных.
- База нормативно-справочной информации, содержащая законодательные и другие государственные и ведомственные нормативные документы, определяющие порядок природоохранной деятельности предприятия. Она является важным элементом поддержки принятия решений по обеспечению экологической безопасности.
- Геоинформационная или картографическая база данных. Она содержит картографические данные, описывающие структуру контролируемой территории и расположенных на ней производственных объектов, а также состав и расположение элементов ИИС.

Информационно-управляющий комплекс решает задачи управления вычислительным процессом и поддержки работы локальной вычислительной сети. Он выполняет также функции файлового сервера и сервера баз данных ЦПЭБ.

Геоинформационно-моделирующий комплекс предназначен для решения задач экологического моде-



лирования и является новым программным средством, разработка и включение которого в состав ЦПЭБ обусловлены, с одной стороны, необходимостью применения в системах ПЭБ аппарата математического моделирования экологических процессов, а с другой — требованием картографического представления результатов моделирования применительно к конкретной территории размещения промышленных объектов.

Дело в том, что в реальных системах ПЭБ возможности информационно-измерительной сети всегда ограничены. Эти ограничения касаются как густоты размещения пунктов контроля, так и частоты выполняемых измерений, а значит, оперативности данных. Измерения путем отбора проб реально могут выполняться лишь несколько раз в течение суток для каждого пункта, так как процесс отбора пробы, доставки ее в лабораторию и проведения анализов дорогостоящий и достаточно длительный. Автоматические измерительные звенья позволяют выполнять измерения практически с любой нужной частотой. Однако в связи с высокой стоимостью их количества в реальных системах невелико.

В такой ситуации измерительная информация, поступающая в систему ПЭБ, оказывается достаточно бедной с точки зрения ее пространственного и временного разрешения и не позволяет дать однозначную оценку экологической ситуации для контролируемой территории в целом, особенно для тех ее участков, где элементы ИИС размещены недостаточно густо либо отсутствуют совсем. Единственным методом решения задачи оценки экологической ситуации оказывается математическое моделирование процессов переноса и трансформации загрязнений на основе как измерительных данных, так и массивов априорной информации.

Важнейшая особенность систем ПЭБ состоит в пространственной привязке обращающихся в них измерительных данных. Результаты их обработки, в том числе и полученные путем математического моделирования, также должны соотноситься с определенными точками, зонами, участками на местности, т. е. иметь картографическое представление. Тем самым применяемые в системах ПЭБ моделирующие средства должны разрабатываться с привлечением современных геоинформационных технологий, обеспечивающих работу с электронными картами. Одним из таких средств является описываемый ГМК.

Комплекс работает в тесном взаимодействии с геоинформационной базой ЦПЭБ, получая из нее необходимую для моделирования информацию о территории: сведения о ее природной и антропогенной структуре, участках возможного развития опасных процессов, источниках и реципиентах загрязнений, размещении измерительных звеньев

ИИС, результатах дистанционных наблюдений и пр. Результаты моделирования — карты загрязнения территории, прогнозы пространственного развития контролируемых процессов и др. — образуют самостоятельные информационные слои, которые также могут помещаться в геоинформационную базу системы.

В основу разработки ГМК положены следующие принципы:

- комплекс создается в виде универсального ядра (картографического блока), обеспечивающего работу с электронными картами и базами данных, а также моделирующего блока, обеспечивающего вызов специализированных расчетных программных модулей, реализующих определенные математические модели экологических процессов;
- между картографическим и моделирующим блоками обеспечивается единый интерфейс обмена данными.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

Общая схема решения некоторой задачи моделирования с помощью ГМК выглядит следующим образом (рис. 1). Входной информацией для моделирования являются:

- картографическая информация, поступающая из геоинформационной базы данных — сведения о расположении источников загрязнения населенных пунктов и элементов измерительной сети, рельфе местности и др.;
- данные о параметрах источников загрязнения, поступающие из базы измерительной информации в реальном времени;
- данные измерений состояния компонентов природной среды, включая метеорологические и гидрологические характеристики, а также уровни загрязнения; эта информация также берется из базы измерительных данных.

Исходные картографические или табличные данные поступают на вход некоторой математической модели. По результатам расчетов формируются новые картографические слои или таблицы данных. В таком виде результаты расчетов помещаются в базы ЦПЭБ или используются при формировании сводок и отчетов, а также могут поступать на вход другой математической модели в качестве исходных данных.

Можно выделить несколько типов задач моделирования, наиболее актуальных для систем ПЭБ предприятий нефтегазового комплекса.

Задачи расчета распределения концентраций загрязняющих веществ (в атмосферном воздухе, по-

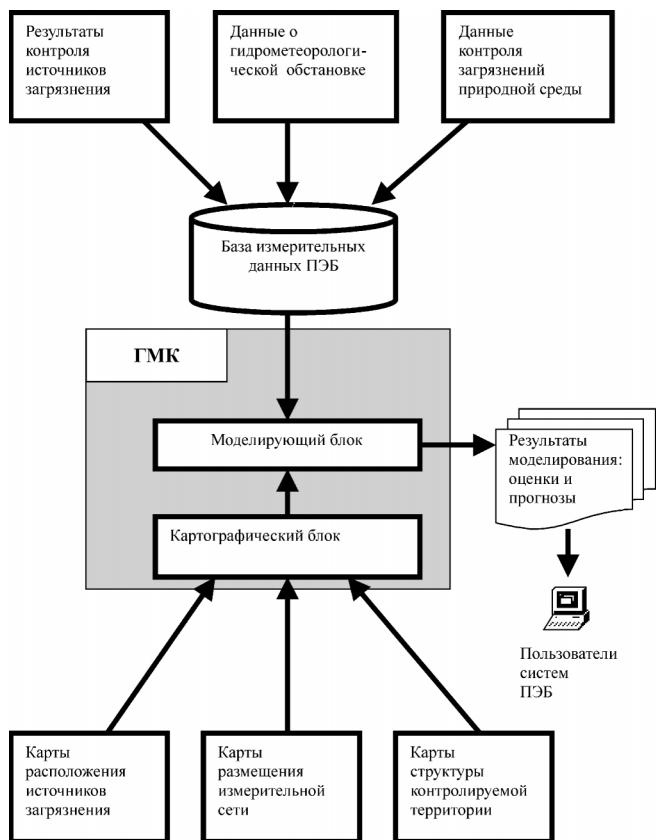


Рис. 1. Схема обработки информации при решении задач математического моделирования в системе ПЭБ

верхностных и подземных водах, в почвах) и прогнозирования изменений этих концентраций во времени и в пространстве на основе имеющейся в системе информации. Решения данного класса задач широко используются в системах ПЭБ для оперативного контроля экологической обстановки и при планировании природоохранных мероприятий.

Задачи оценки параметров источников загрязнения окружающей среды на основе измерительных данных, включающие в себя локализацию источников, оценку состава выбрасываемых веществ, а также мощности выбросов по данным измерений концентраций загрязняющих веществ в отдельных точках территории.

Задачи оценки рисков и анализа последствий аварийных ситуаций, предполагающие, в первую очередь, оценку максимально возможных концентраций загрязнения и локализацию зон, где они могут достигнуть опасного для жизни и здоровья людей уровня.

Задачи анализа результатов экологического контроля и мониторинга с целью выявления долговременных изменений экологической обстановки на территории.

Задачи управления работой информационно-измерительной сети в зависимости от складывающейся на территории обстановки: определение мест и времени проведения непосредственных измерений и отбора проб, например, при оперативном формировании маршрутов передвижных лабораторий или выборе режимов работы автоматических измерительных звеньев.

С математической точки зрения задачи моделирования экологических процессов можно разделить на прямые и обратные. В прямых задачах предполагается, что есть все необходимые данные об источниках воздействия и условиях его распространения (в частности, о метеорологических и гидрологических параметрах), на основании которых требуется рассчитать уровни загрязнения в заданных точках. В обратных задачах известны только результаты измерений уровней загрязнения в некотором наборе точек и по ним требуется "восстановить" картину распределения загрязнений на всей территории либо в наиболее ответственных ее зонах.

Математические модели, предназначенные для систем ПЭБ должны отвечать следующим основным требованиям:

- возможность достаточно быстрой реализации расчетов по моделям в темпе протекания контролируемых процессов;
- возможность максимального использования имеющихся в системе ПЭБ априорных данных о технологическом процессе предприятия и источниках негативного воздействия на окружающую среду;
- ориентация на достаточно бедную, с точки зрения ее пространственной и временной детализации, измерительную информацию;
- устойчивость к погрешностям измерительных данных;
- адекватность общей оценки экологической обстановки, особенно с точки зрения степени опасности для населения.

Эти требования обусловили широкое применение в системах ПЭБ достаточно простых моделей распространения загрязнений в атмосфере, в частности, модели ОНД-86 [1] и гауссовой модели [2]. Разработанные на основе этих моделей методики были реализованы в составе ГМК для решения задач экологического моделирования в системах ПЭБ.

Методика ОНД-86, разработанная в Главной геодезической обсерватории им. А. В. Воейкова, обеспечивает расчет значений концентраций загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от заданных стационарных источников при неблагоприятных условиях рассеяния. Результаты расчетов — мажорантные (сверху) значения концентраций, которые при заданном направлении и скорости ветра не будут превышены в 95 % случаев.

Методика ОНД-86 официально утверждена Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды в 1986 г. и в настоящее время широко применяются в России.

Гауссова модель принята в качестве стандартной Агентством по охране окружающей среды США. Модель была адаптирована к российским условиям и принята в качестве ведомственного стандарта при расчетах выбросов радиоактивных веществ [3].

Согласно данной модели рассеяния концентрация, возникающая в точке (x, y, z) в момент времени t вследствие мгновенного выброса загрязняющего вещества точечным источником определяется соотношением

$$C(x, y, z, t) = \frac{M}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{(x - U_w t)^2}{2\sigma_x^2}\right) \times \\ \times \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left(\exp\left(-\frac{(z - H_{eff})^2}{2\sigma_z^2}\right) + \right. \\ \left. + \exp\left(-\frac{(z + H_{eff})^2}{2\sigma_z^2}\right) \right), \quad (1)$$

где x, y, z — координаты точки в системе, начало которой совпадает с источником, ось x направлена по ветру, ось z — вертикально; M — масса выброшенного вещества, г; H_{eff} — эффективная высота источника, учитывающая начальное поднятие газовой струи над источником за счет начальной скорости выброса, а также более высокой ее температуры, чем температура окружающего воздуха, м; U_w — скорость ветра на высоте 10 м при $H_{eff} \leq 10$ м или на высоте H_{eff} при $H_{eff} > 10$ м, м/с; $\sigma_x(x), \sigma_z(x), \sigma_y(x)$ — дисперсии, зависящие от состояния атмосферы.

На основе гауссовой модели разработаны и реализованы в ГМК алгоритмы расчета полей рассеяния как для постоянно действующих, так и для залповых источников [4—6].

В задаче моделирования распространения загрязнения в атмосфере при залповых выбросах [4] концентрация загрязняющего вещества в момент времени T с момента начала выброса определяется путем интегрирования по времени соотношения (1):

$$C(x, y, z, T) = \frac{M}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \int_0^T P(t) \times \\ \times \exp\left(-\frac{(x - U_w(T-t))^2}{2\sigma_x^2}\right) \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \times \\ \times \left(\exp\left(-\frac{(z - H_{eff})^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + H_{eff})^2}{2\sigma_z^2}\right) \right) dt,$$

где $P(t)$ — мощность источника, зависящая от времени, г/с.

Задача оценки экологической ситуации на территории по данным измерений в подфакельной зоне одиночного источника [5] формулируется следующим образом. На территории находится несколько постоянно действующих источников загрязнения атмосферы с известной мощностью, создающих поле концентрации загрязняющего вещества, конфигурация которого зависит от метеорологических условий. Рассматривается ситуация, когда на этом фоне появляется мощный одиночный источник. Известно местоположение источника x_0 и возможный диапазон его мощности. Данный источник действует достаточно долго, так что в течение определенного интервала времени его можно считать постоянным. Действие данного источника создает на территории область повышенных концентраций, которые регистрируются в нескольких точках территории измерительными звеньями системы ПЭБ. По этим данным необходимо восстановить поле концентрации загрязнения на территории.

Для концентраций в точках измерений записывается следующая система уравнений:

$$C_{изм} = F(y, m) P + \\ + F(y, m, x_0, P_0) P_0 + C_{фон},$$

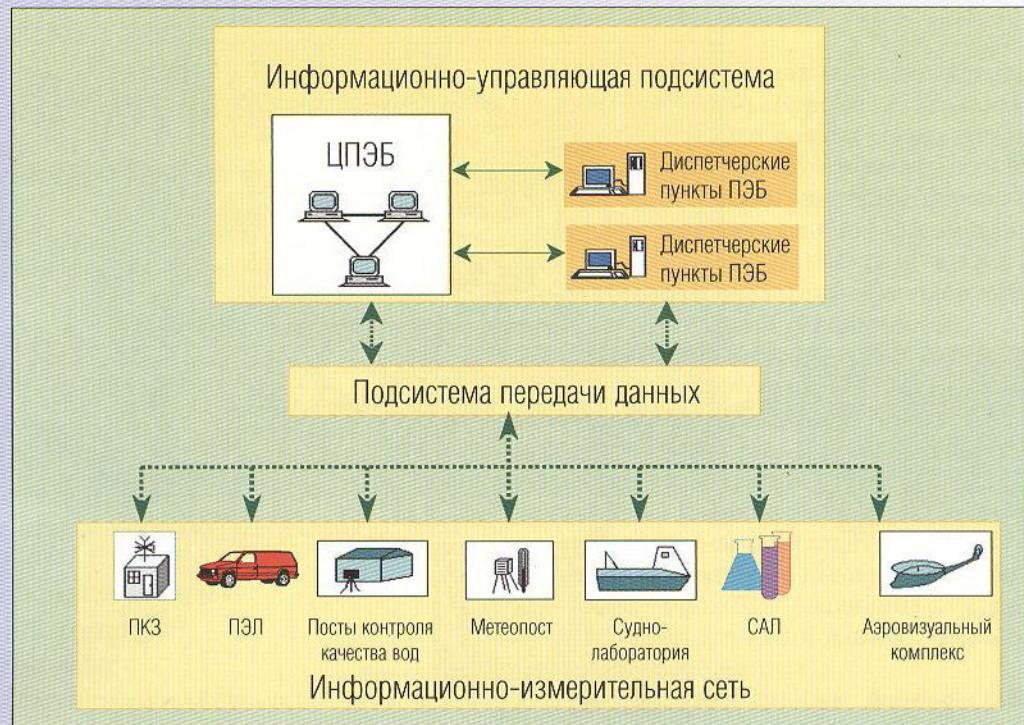
$P_{01} < P_0 < P_{02}$, где $C_{изм}$ — вектор, измеренных концентраций, P — вектор мощностей известных источников, y — вектор координат точек измерения, P_0 — неизвестная мощность, P_{01}, P_{02} — диапазон значений P_0 , x_0 — координаты источника неизвестной мощности, m — параметры метеоусловий, $C_{фон}$ — фоновая концентрация загрязнения.

Система решается относительно P_0 методом наименьших квадратов. После того, как значение мощности получено, производится расчет поля концентрации загрязнения по гауссовой модели.

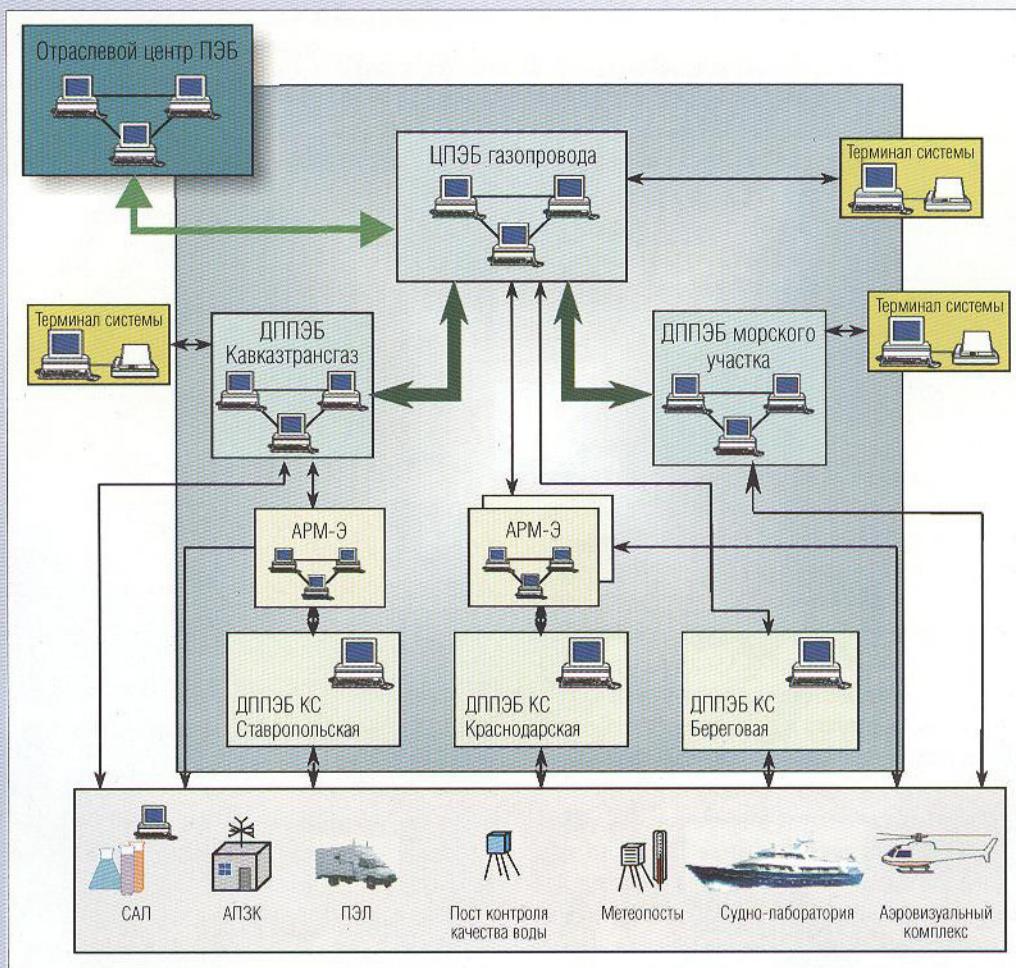
На вклейке представлены результаты расчетов, выполненных с помощью ГМК на примере компрессорной станции "Краснодарская" газопровода Россия—Турция "Голубой поток". Показано поле концентраций (а) диоксида азота, создаваемое пятью газоперекачивающими агрегатами и рассчитанное по гауссовой модели, и то же поле (б), рассчитанное по методике ОНД-86. Показан результат расчета (в) по модели [4] поля концентрации, возникающего при распространении облака загрязнения вследствие залпового выброса метана.

Работа ГМК в составе ЦПЭБ осуществляется в тесном взаимодействии с другими программными комплексами Центра (рис. 2).

Структура системы производственно-экологической безопасности (ПЭБ)



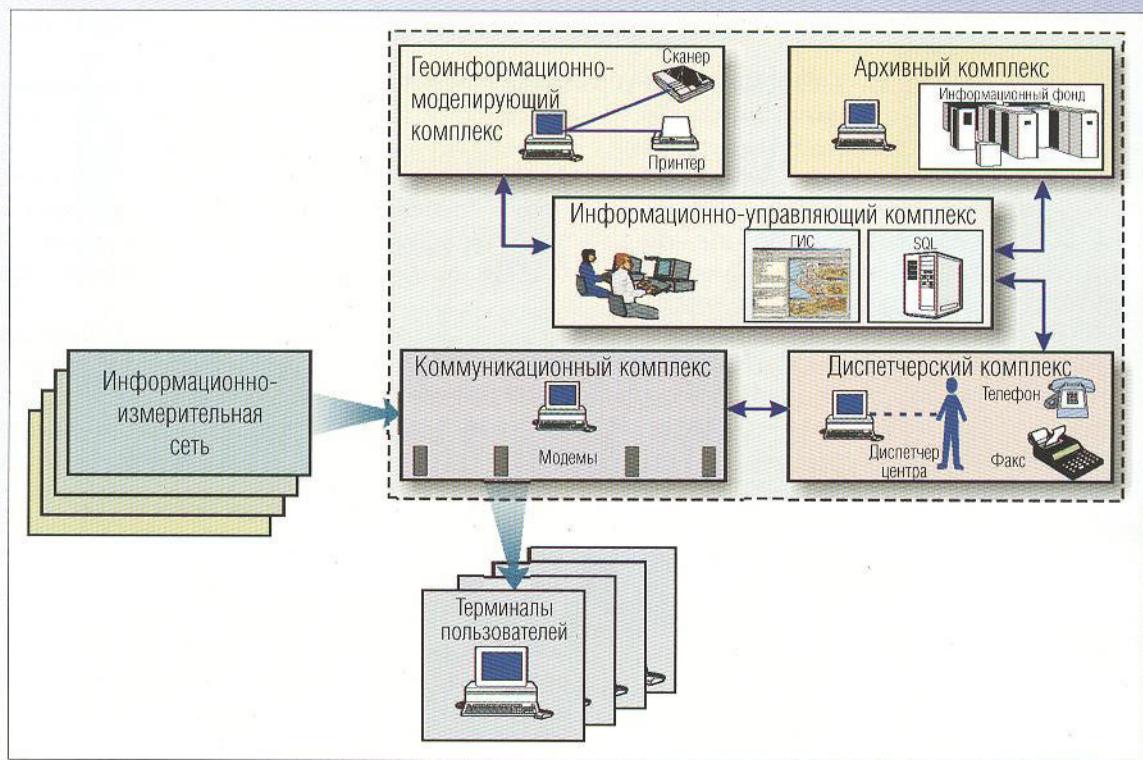
Структура системы ПЭБ газопровода «Россия—Турция» («Голубой поток»)



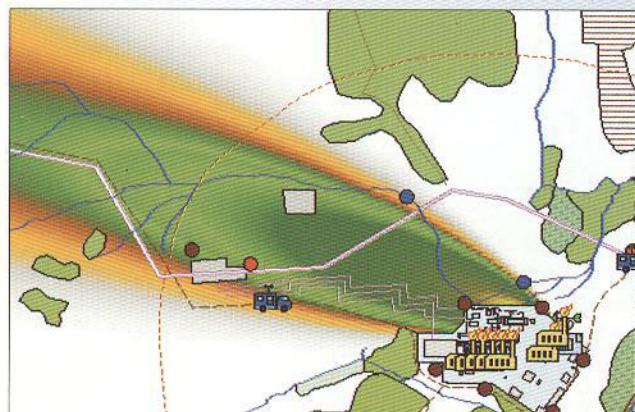
ЦПЭБ и ДППЭБ — Центр и диспетческий пункт ПЭБ; АРМ-Э — автоматизированное рабочее место эколога;
КС — компрессорная станция

(Иллюстрации к статье: В.В.Кульба, В.М.Темкин, Д.Б.Рыбкин «Технологии обработки данных в системах производственно-экологической безопасности предприятий нефтегазовой промышленности с применением геоинформационно-моделирующих комплексов»)

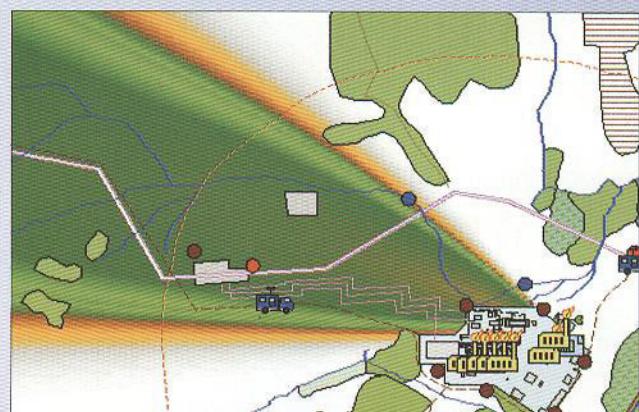
Структура Центра производственно-экологической безопасности



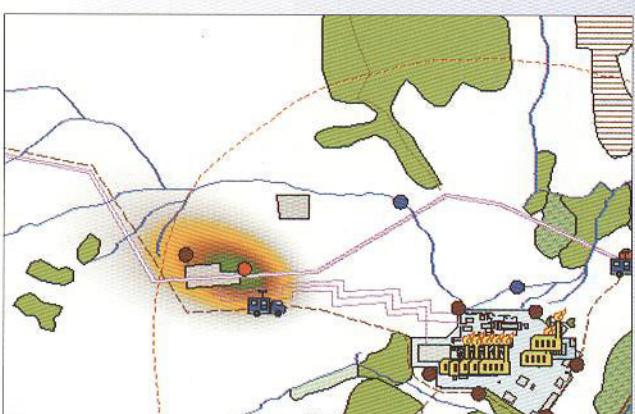
Результаты расчетов полей концентрации загрязнения, выполненные с помощью ГМК



a



b



c

a — поле концентрации диоксида азота, рассчитанное по гауссовой модели;

b — то же поле, рассчитанное по методике ОНД-86;

c — поле концентрации метана вследствие залпового выброса, рассчитанное по методике [4]

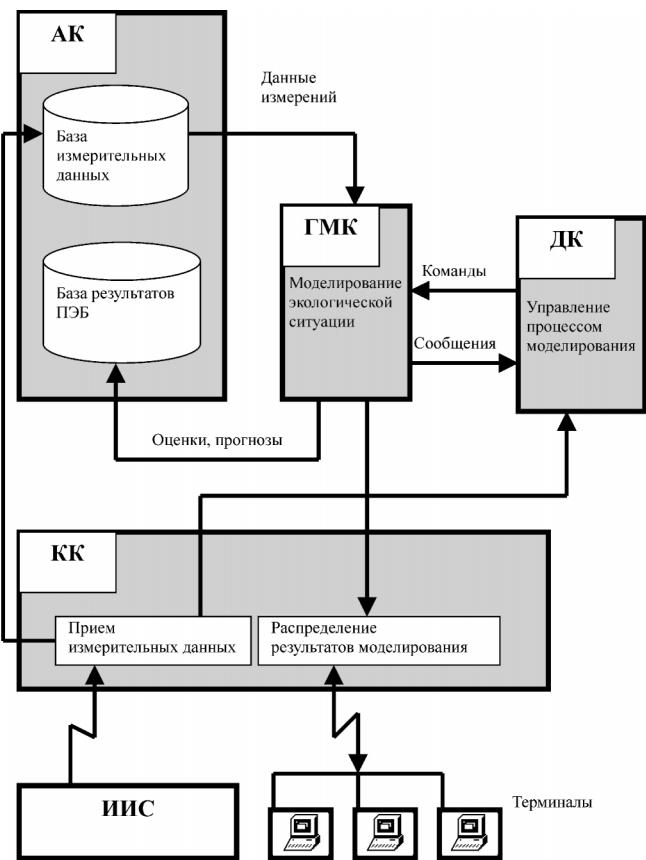


Рис. 2. Схема функционирования геоинформационно-моделирующего комплекса ГМК в составе Центра ПЭБ

Коммуникационный комплекс *KK* не только обеспечивает прием измерительной информации, но и получает от ГМК результаты моделирования для их распространения по каналам связи на терминалы системы ПЭБ. Диспетчерский комплекс *ДК* обеспечивает передачу на ГМК команд управления процессом моделирования, принимает и выдает на экран сообщения ГМК о начале и завершении решения задач моделирования и основных результатах.

Архивный комплекс *AK* служит основным источником данных, а также получает от ГМК результаты моделирования и загружает их в базы данных для дальнейшего использования.

Таким образом, математическое моделирование становится одним из этапов процесса обработки информации в системе ПЭБ, обеспечивающей пользователей результатами оценки и прогноза экологической обстановки в реальном масштабе времени на основе всего комплекса имеющихся в системе априорных и оперативных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имеющийся на сегодняшний день опыт создания систем ПЭБ позволяет сделать вывод о том, что рассмотренная в данной статье технологическая схема является достаточно универсальной и применима к широкому кругу экологически опасных промышленных объектов как в нефтегазовой отрасли, так и в иных отраслях. Разработанный ГМК является универсальным средством, позволяющим решать разнообразные задачи моделирования экологических процессов на основании данных, имеющихся в системе ПЭБ. Состав применяемых моделей определяется стоящими перед системой ПЭБ задачами анализа и прогноза экологической обстановки. Представленные в статье результаты использованы при создании систем ПЭБ на ряде предприятий нефтегазового комплекса России: Астраханском и Оренбургском газохимическом комплексах, Зайкинском газоперерабатывающем предприятии (Оренбургская область), газопроводе Россия—Турция "Голубой поток" (Ставропольский и Краснодарский края).

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД-86. — Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
 2. Бызова Н. Л. Рассеяние примеси в пограничном слое атмосферы. — М.: Гидрометеоиздат, 1974.
 3. ЕК НТД 38.220.56-84 Т. 1. Безопасность в атомной энергетике. Ч. 1. Общие положения безопасности АЭС. Методы расчета распространения радиоактивных веществ с АЭС и облучения окружающего населения. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
 4. Ярыгин Г. А., Петрулевич А. А., Рывкин Д. Б. Восстановление пространственного распределения концентрации загрязнений по данным измерений в системах производственного экологического мониторинга // Всерос. науч.-техн. конф. "Методы и средства измерений в системах контроля и управления": Сб. докл. — Пенза, 2001. — С. 197–201.
 5. Петрулевич А. А., Рывкин Д. Б. Моделирование динамики залповых выбросов в системах экологического мониторинга // V Междунар. науч.-практ. конф. "Проблемы управления качеством окружающей среды": Сб. докл. — М., 2001. — С. 194–196.
 6. Ярыгин Г. А., Петрулевич А. А., Рывкин Д. Б., Колтыгин С. И. Геоинформационный моделирующий комплекс в системах производственного экологического мониторинга предприятий нефтегазового комплекса // Экологические системы и приборы. — 2002. — № 4. — С. 3–6.

 (095) 334-90-09
E-mail: kulba@ipu.rssi.ru