

# ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ И ПЕРЕНОСА ЗАГРЯЗНЕНИЙ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА

Начиная с 1997 года, по инициативе ОАО «Татнефть» в Республике Татарстан ведётся разработка Автоматизированной системы гидромониторинга подземных вод (АСГМ), важнейшим элементом которой является комплекс программных средств для построения численных моделей фильтрации и переноса загрязнений в сложных гидродинамических условиях. Функциональная структура АСГМ представлена на рис. 1.

АСГМ содержит следующие основные компоненты и подсистемы:

- ввода и хранения информации (банк данных МПВ);
- картографическая;
- анализа данных (качественный анализ);
- гидрогеологического моделирования (количественный и качественный анализ);
- два управляющих блока: администрирования банка фактографических и картографических данных.

В данной статье речь идет о *Подсистеме геоэкологического моделирования*. В задачах экологической гидрогеологии приходится иметь дело с модельными структурами очень высокой сложности. Здесь мы имеем в виду, что прогнозные задачи фильтрации и миграции загрязнителей при возникновении чрезвычайных (нештатных) ситуаций могут быть очень объемными и трудно воспринимаемыми без использования дополнительных инструментальных средств. Поэтому представляется естественным иметь в составе подсистемы специальные модули, поддерживающие в том или ином виде ввод и сопровождение информации о входных данных и результатах решения модельной задачи.

В практике реального моделирования требуется создание локальных численных моделей в трехмерной постановке, учитывающих возможно более широкий круг процессов, определяющих перенос контаминантов на данной территории, причем технология их активации и сопровождения должна быть в значительной мере автоматизирована.

Разрабатываемый нами программный комплекс MtWolF в полной мере учитывает эти требования и, по состоянию на сегодняшний день, позволяет решать трехмерные задачи подземной

гидродинамики и переноса загрязнений в стационарной и нестационарной постановке при напорной, напорно-безнапорной или безнапорной фильтрации в каждом из слоев модели. Безнапорный поток может задаваться только в верхнем слое, остальные же типы потока назначаются в соответствии со схематизацией реального водоносного комплекса. Возможно подключение набора гидрогеологических объектов, таких как горизонтальные и вертикальные скважины, реки различного порядка, озера, родники, дрены и некоторые другие, на которых реализуются граничные условия I - IV рода. Задача решается в абсолютных величинах напоров или в понижениях, причем предусмотрено задание инфильтрационного питания в верхний слой модели с ее автоматической передачей в нижележащие слои при отключении верхнего блока.

Все внутренние граничные условия (гидрогеологические объекты) и инфильтрация могут быть заданы с изменяющимися во времени параметрами, причем для таких нестационарных процессов используется метод расчетных интервалов. Под расчетным интервалом понимается период времени, в течение которого внутренние граничные условия не изменяются.

Условия на границах модели остаются неизменными на протяжении всего сеанса моделирования. Программа построена так: если не указано противное, то на всех вне-

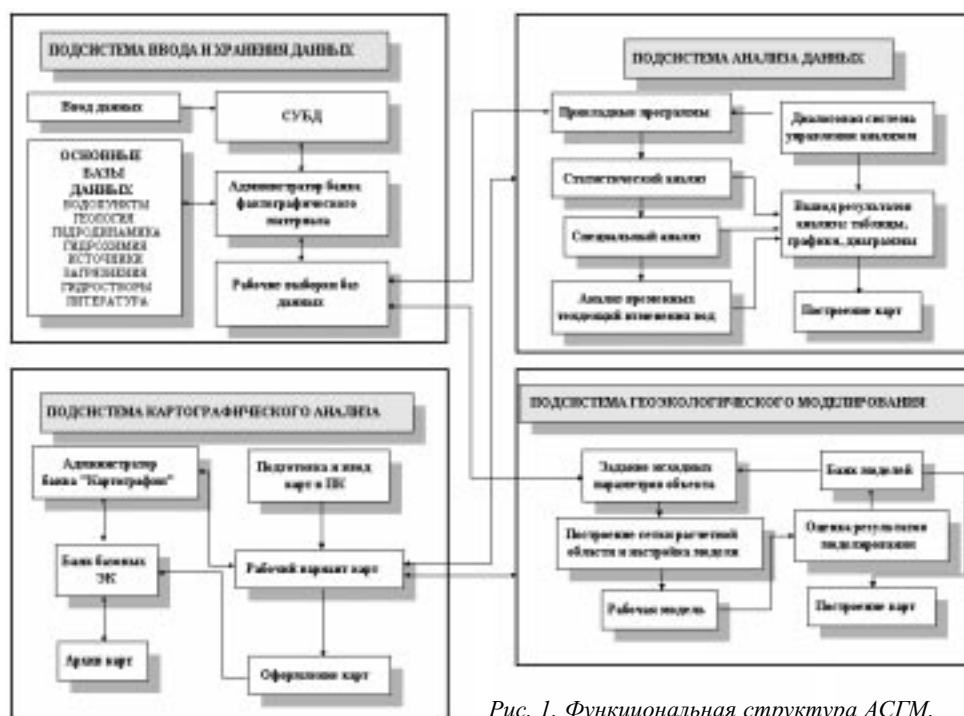


Рис. 1. Функциональная структура АСГМ.

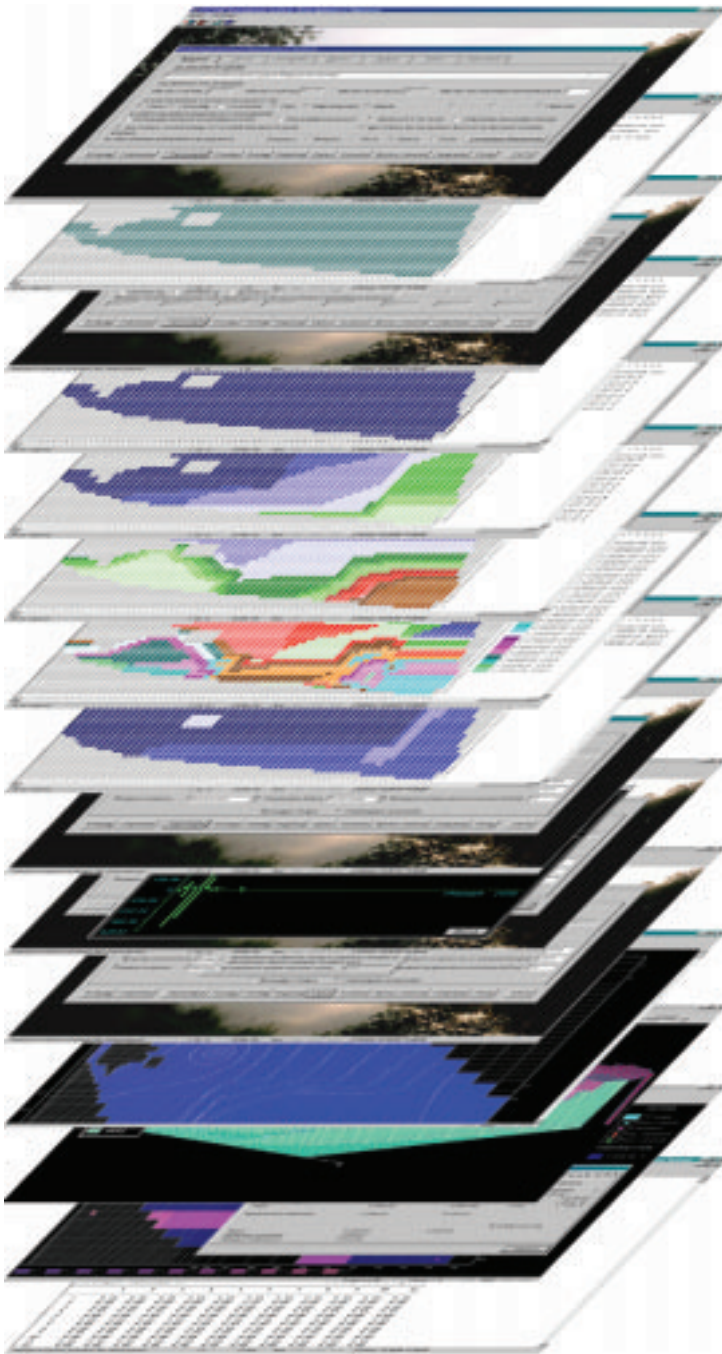


Рис. 2. Послойное отражение прохождения данных.

шних контурах расчетной области задаются граничные условия второго рода с нулевым расходом, иными словами, непроницаемые границы.

Коротко основные возможности программного комплекса можно проиллюстрировать следующим образом. На рис. 2 показан «сквозной тракт» прохождения данных от формулировки задачи до получения результата. Хорошо видны возможности графического интерфейса программного комплекса по вводу и редактированию данных, а также сопровождению счёта и анализу результатов моделирования. Набор дополнительных инструментальных средств позволяет представить результаты расчётов в виде изолинейных карт расчётных и входных параметров, получить балансовые составляющие потока в любой точке модели и для любого временного интервала. На рис. 3 проиллюстрированы некоторые, наиболее ин-

тересные состояния рабочего режима программного комплекса MtWolf. Как следует из рисунка, программный комплекс MtWolf в режиме многодокументального интерфейса может обеспечить:

- Общий обзор модели и поиск ошибок в исходных данных;
  - Графическое сопровождение счёта фильтрации;
  - Графическое сопровождение счёта переноса;
  - Встроенный графический редактор данных;
  - Система всплывающих меню;
  - Встроенный расчётчик балансовых характеристик;
  - Разветвленная справочная система;
  - Возможности выбора вычислительных процедур отдельно для фильтрационных и миграционных задач;
- Дополнительно инструментальные средства программного комплекса дают возможность:
- учета конвективно-дисперсионного переноса;
  - учёта химических взаимодействий первого порядка;
  - учета кинетики сорбции и монокинетических и обменных реакций;
  - «подъема» изолиний цветом;
  - построения модельных «разрезов» по основным координатным осям;
  - построения стандартных графиков временного прослеживания на основе модельных результатов;
  - одновременного показа в специальных графических окнах полевых данных по напорам в контрольных скважинах и расчётных значений напоров в ячейках модели – поддержка калибровки;
  - импорт данных из сторонних моделей;
  - экспорт данных в сторонние модели;
  - совместная работа с другими программными продуктами, например, с пакетом MIC, разработанным в НИИМ им. Чеботарева (Казань);
  - автоматической генерации системы локальных моделей-врезок.

Для дополнительного анализа данных программный комплекс содержит модуль трёхмерной визуализации, реализованный в новейшем стандарте быстрой графики DirectX. Концепция реализации этого модуля коротко может быть сформулирована следующим образом. Результаты решения трёхмерной задачи моделирования могут быть представлены в виде 3D поверхностей отдельно для каждого модельного слоя, совместно – для всех модельных слоёв или совместно – для выбранной группы слоёв. Эти поверхности являются базовыми, и с ними могут выполняться определённые действия. Пример такой поверхности показан на рис. 4. Возможны 3 алгоритма построения поверхностей: а) гладкая поверхность решения; б) поверхность решения из модельных ячеек; в) поверхность по абсолютным отметкам кровли и подошвы каждого слоя, отражающая общую структуру модели. На каждую поверхность могут быть вынесены (по выбору пользователя) любые гидрогеологические объекты, имеющиеся в модели.

Анализ данных о положении ореола загрязнения может вестись как путем выноса последнего на любую поверхность, так и отдельно – путём построения аналогичных поверхностей для концентрации.

Дальнейшее развитие программного комплекса MtWolf предполагается вести в следующих направлениях:

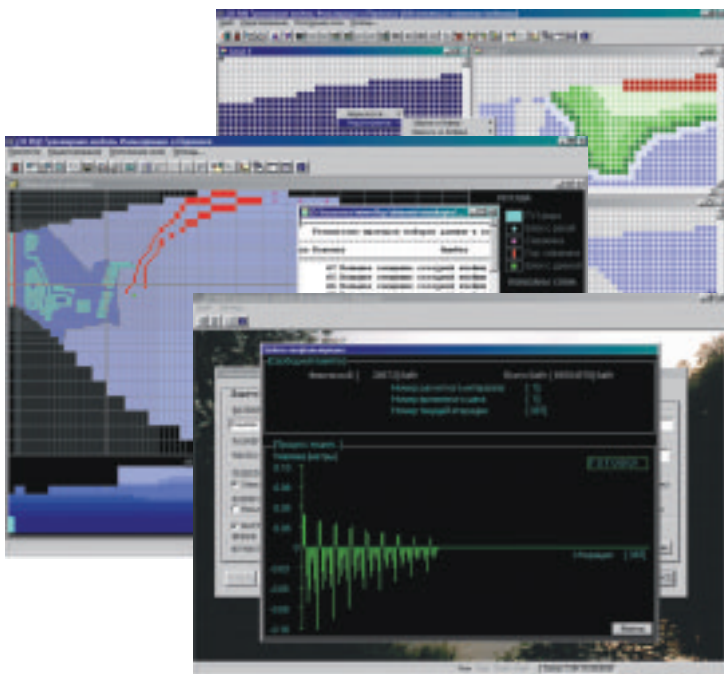


Рис. 3. Экранные формы ПК Mt Wolf.

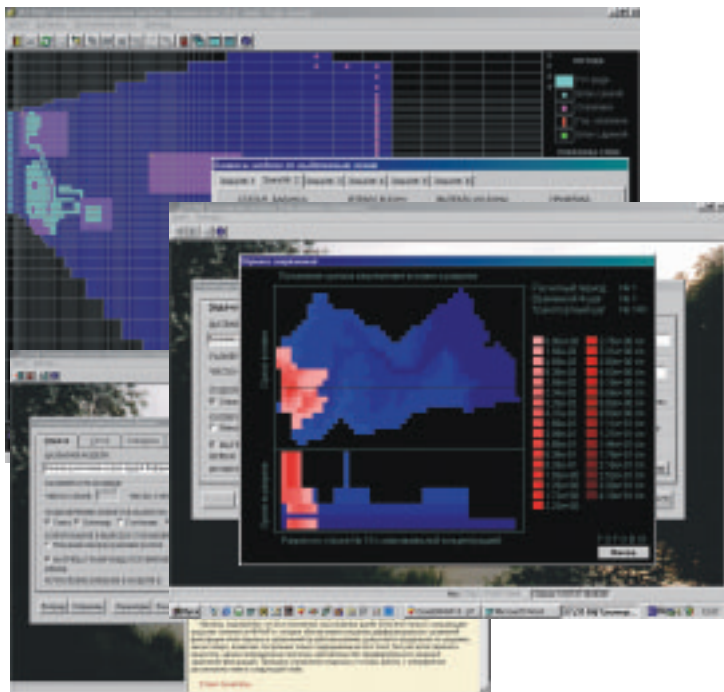


Рис. 4. Экранные формы в виде 3D поверхности.

- расширение вычислительных возможностей программы (использование современных TVD алгоритмов для решения задачи конвективного переноса);
- расширение списка физических процессов, учитываемых в фильтрационной и миграционной частях программы;
- расширение программного комплекса до расчёта многокомпонентного переноса с возможностью включения специального модуля («реактора»), позволяющего имитировать сложные химические взаимодействия в подземных водах;
- расширение возможностей интерфейса – по запросу пользователей;
- расширение возможностей 3D графики;
- расширение круга сторонних программных продуктов, с которыми может взаимодействовать данный продукт.

## ИСТОРИЯ НЕФТЕПРОМЫСЛА "МИННИБАЕВО"



**Нефтепромысел № 2  
треста И85  
"Бугульманефть",  
1950 — 1952 гг.**

Серия "Из истории нефтяной промышленности",  
выпуск 2.

Казань: Издательство «Матбугат йорты». 2000.  
192 с.

НГДУ "Альметьевнефть" АО "Татнефть", Альметьевск, 2000.

Автор-составитель: Р.Х. Амирханов  
Редакционная коллегия: А.Г. Гаямова (отв. редактор), Р.И. Гурьянова (редактор).

Нефтепромысел № 2 треста «Бугульманефть», известный как нефтепромысел «Миннибаево», был пионером нефтедобычи в Альметьевском регионе. В последующем на его основе был образован трест «Альметьевнефть». В составе треста «Бугульманефть» он действовал немногим более двух лет. К сожалению, полученным так, что первоначальный, а потому, вероятно, наиболее сложный период организации нефтедобычи оказался как бы в тени, не войдя в производственную историю ни управления «Лениногорскнефть», ни управления «Альметьевнефть». Данная книга - попытка устранить столь очевидную несправедливость и восстановить самые первые страницы истории управления «Альметьевнефть» в преддверии его полувекового юбилея. Основанная на документах тех лет и воспоминаниях ветеранов нефтепромысла «Миннибаево», она призвана рассказать новым поколениям нефтяников о том, как это было...

Книга издана при финансовой поддержке нефтегазодобывающего управления «Альметьевнефть» АО «Татнефть».