

Компьютерное моделирование подземных вод

Программный комплекс FEFLOW

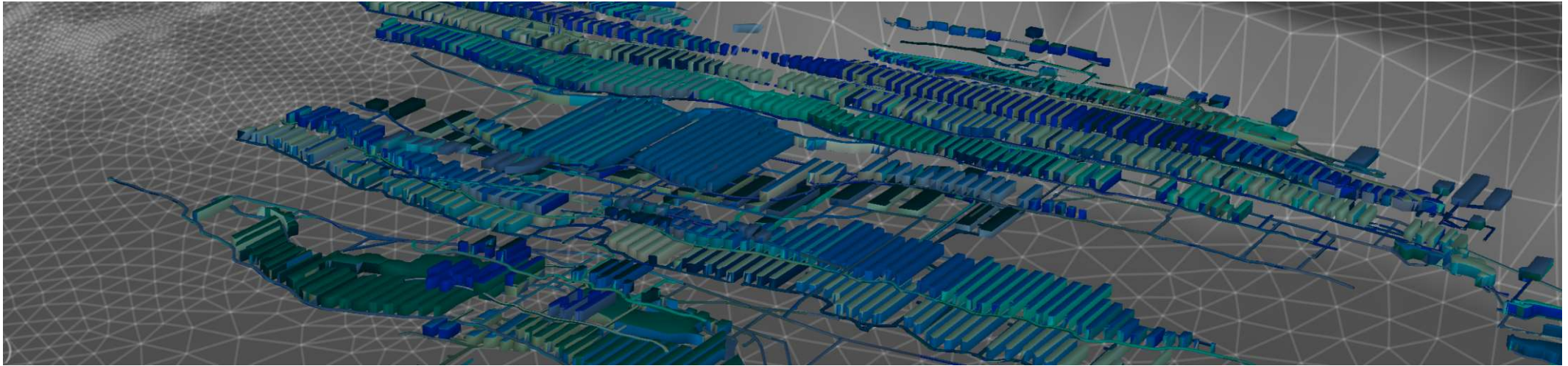


Программный комплекс FEFLOW

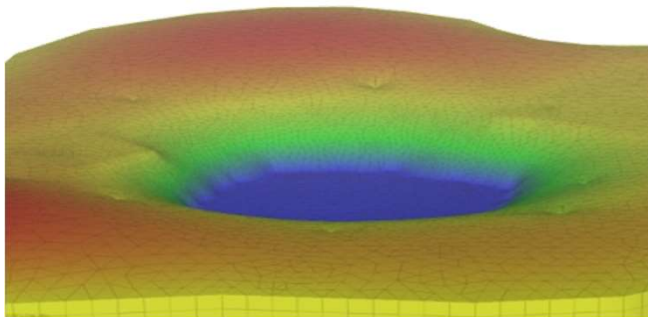
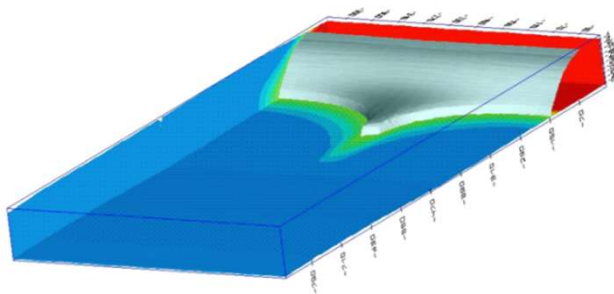
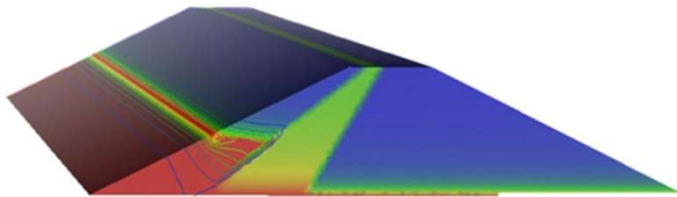
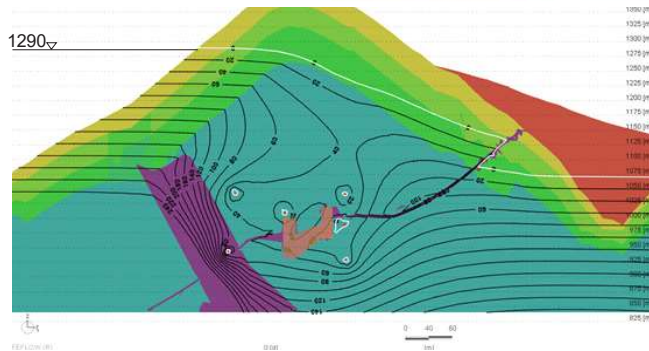
DHI – разработчик программного обеспечения MIKE Powered by DHI, международная независимая исследовательская и консалтинговая организация и признанный эксперт в моделировании водных сред (головной офис в Дании)

ТОО «Гидроконсалт» является официальным представителем компании DHI в Казахстане, Узбекистане, Армении, Грузии, Таджикистане, Азербайджане, Туркменистане, Кыргызстане





- Почему FEFLOW?
- Области применения
- Возможности



FEFLOW - больше чем «просто» подземные воды...

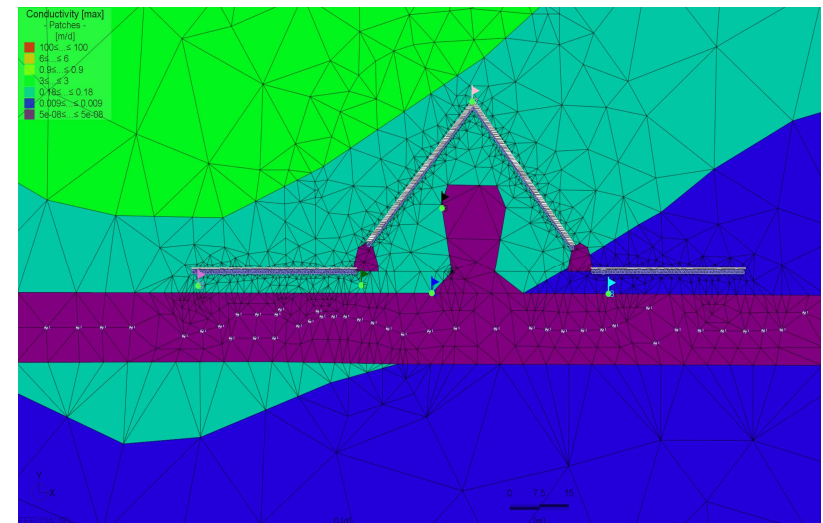
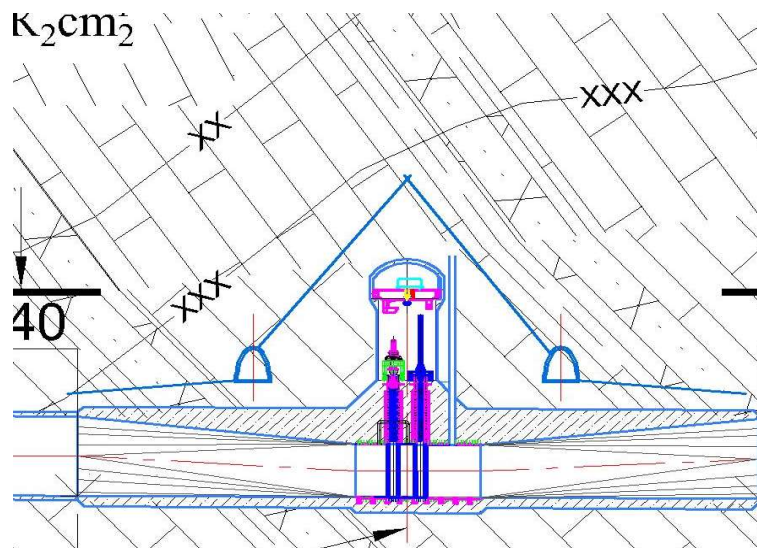
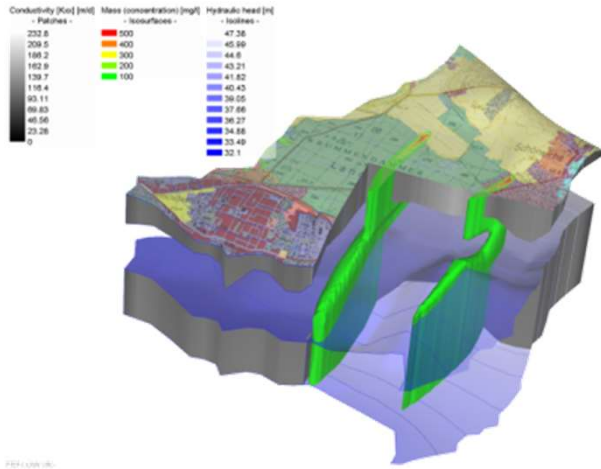
FEFLOW моделирует поток грунтовых вод и связанные с ними процессы в одной программной среде, в одной модели и единым расчётом:

- Ненасыщенная зона
- Массоперенос
- Теплоперенос (термальные источники, мерзлота)
- Плотностные течения
- Химические реакции (например, **выщелачивание**)
- Фазовые переходы
- И многое другое ...



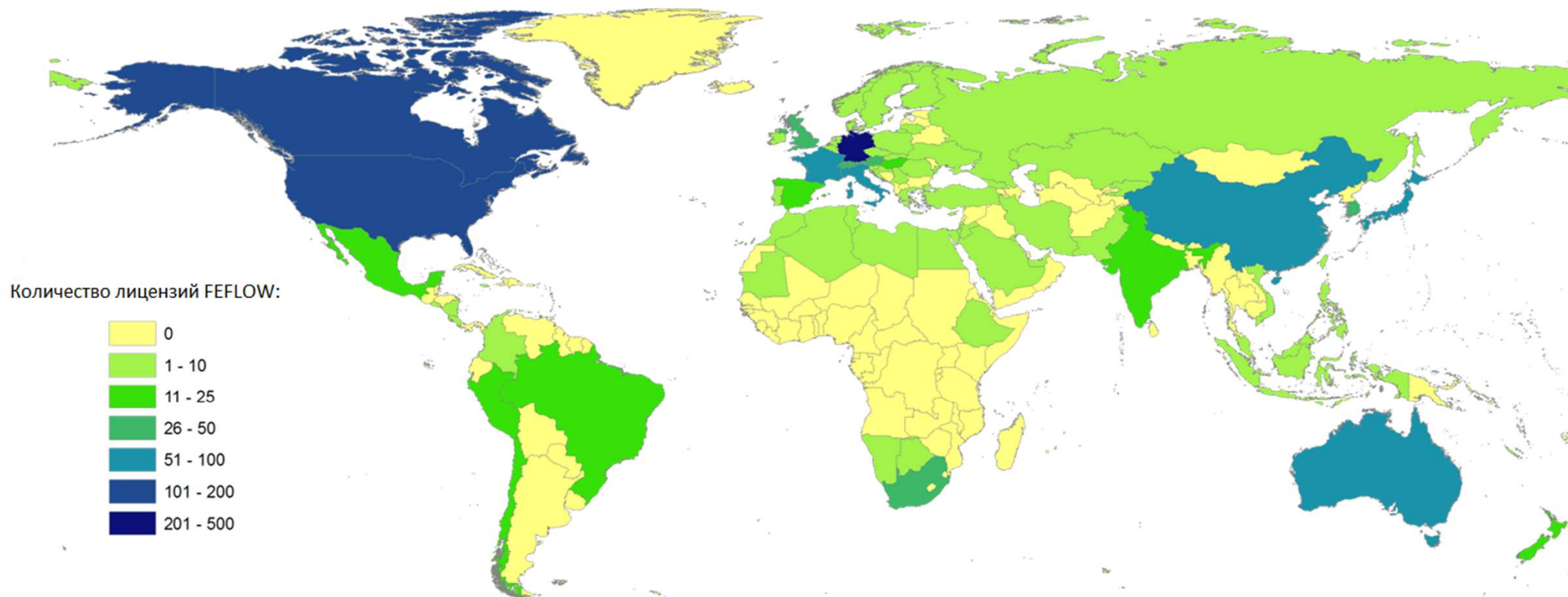
Программа является

- Мощной и всеобъемлющей
 - Для моделирования сложных процессов, происходящих под землей
- Легкой в использовании и производительной
 - Для быстрого выполнения проектной работы по моделированию грунтовых вод





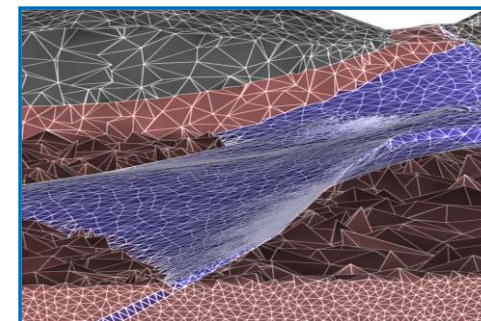
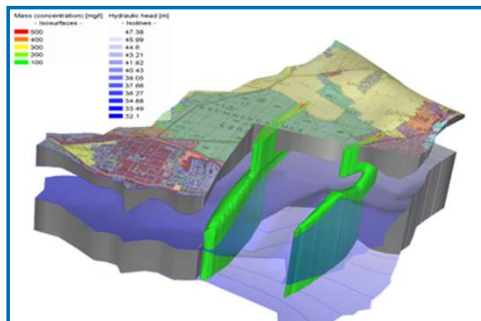
Количество пользователей FEFLOW в различных странах:



Программное обеспечение FEFLOW, как готовый программный код было впервые представлено доктором Диршем в 1979 году. Разрабатывалось в Институте механики Академии наук Германии в Берлине до 1990 года. После 1990-го года FEFLOW развивалось как коммерческий пакет для моделирования фильтрации и переноса фирмами WASY И DHI.

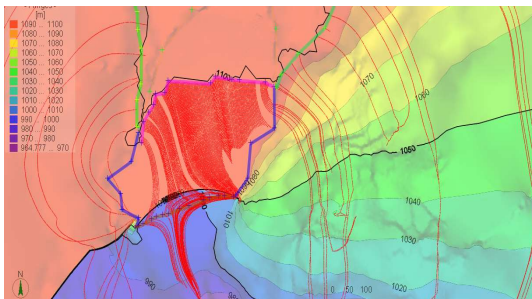


- Моделирование грунтовых вод, их возраста, примесей и перенос тепла
- Гидрогеологические изменения при строительстве различных сооружений, в том числе туннелей
- Влияние на добычу полезных ископаемых открытым способом
- Поступление соленой воды в подземные горизонты
- Фильтрация через грунтовые плотины и дамбы
- Расчёт порового давления для подземных сооружений
- Расчёт дренажей в шахтах и штольнях





- Моделирование распространения радионуклидов и загрязнения в подземных водах
- Расчёт ЗСО для водозаборов с учетом речного фильтрата
- Интрузия соленых вод
- Геохимические расчёты
- Учет разломов
- Учет кольматажа скважин из-за осадконакопления
- Учет влияния мерзлоты и фазовых переходов
- Учет изменения проницаемости (замораживание, цементация, граутинг)
- Учет суффозии





- Использование гибких вычислительных сеток и на основе метода конечных элементов
 - 3D или 2D модели
 - Дополнительные 1D и 2D элементы для туннелей/ труб / скважин / разломов / трещин
 - Нет ограничений по количеству ячеек (элементов) модели
- Моделирование грунтовых вод
 - Насыщенная зона (закон Дарси), вкл. свободную поверхность
 - Ненасыщенная / переменнно насыщенная зона (уравнения Ричардса)
- Моделирование тепло-массо-переноса
 - Транспорт растворенных веществ (адвекция, дисперсия, диффузия, сорбция, распад...)
 - Перенос тепла (адвекция, дисперсия)
 - Многокомпонентный массоперенос (несколько растворенных веществ)



- Feflow Viewer для просмотра моделей без лицензии
- Химические и физические процессы
 - Сорбция
 - Химические реакции
- Зависимые параметры
 - Движение грунтовых вод, зависящее от плотности потока (температура / концентрация)
 - Вязкость
- Экспорт и импорт файлов (ASCII)/GIS/CAD-файлы)
- Открытый интерфейс программирования - встроенный программный интерпретатор Python и интерфейс на C++, позволяющие расширить возможности кода

Chemical species definition

Chemical species are associated with a phase:
FLUID PHASE species dissolved in a mobile fluid phase subjected to dispersion and advection
SOLID PHASE species of an immobile solid phase having no dispersion and no advection

	Name	Phase
1	PCE	fluid
2	TCE	fluid
3	DCE	fluid
4	VC	fluid
5	O2	fluid
6	NO3-	fluid
7	Cl-	fluid

FEFLOW Reaction Kinetics Editor

$f(x) =$ Reaction Kinetics

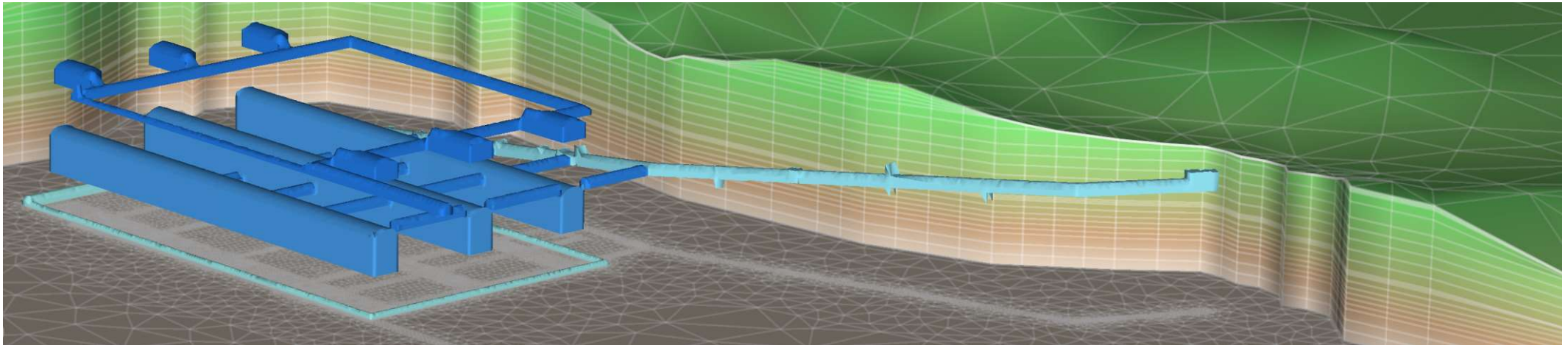
User defined type kinetics, species 2 of 2.

$f = 0.16667$ $g = \frac{1-f}{f}$ $K = \text{Sorption}_1$

$R_2 = \text{Rate}_2 \cdot \text{SolidFrac}_2 \cdot g \cdot K \cdot C_1 - \text{SolidFrac}_2 \cdot (\text{Rate}_2 + \text{Rate}_1) \cdot C_2$



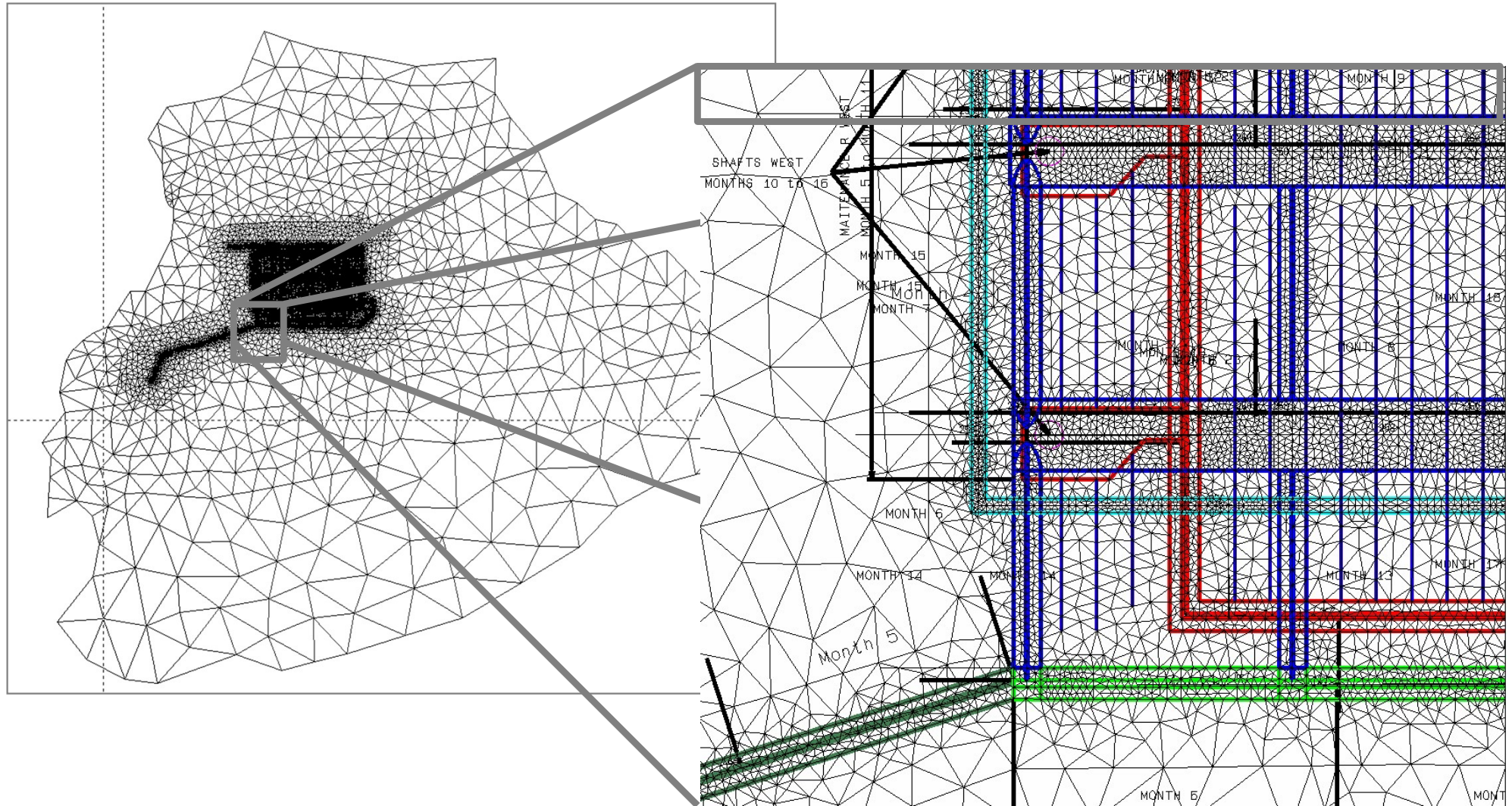
- Наиболее точное воспроизведение природных топографо-гидрогеологических условий (очертания рек, разломов, положения скважин)
- Позволяет уточнить расчетную сетку там, где она требуется, не затрагивая остальную часть моделируемой области;
Подходит для расчета переменной свободной поверхности подземных вод
- Ускорение расчетов для больших моделей с помощью параллельных вычислений
- Многофункциональный пакет для одновременного расчёта тепло-массо-переноса, промерзания и химических реакций;
- Учет переменных от времени параметров – проницаемости, пористости, отметок рельефа и проч.
- Возможность адаптации старых моделей и легкий перенос моделей, разработанных в других модельных продуктах (например, из Processing Modflow, Visual Modflow, GMS)



- **Преимущества гибких вычислительных сеток**
- **3D Геометрия сетки**

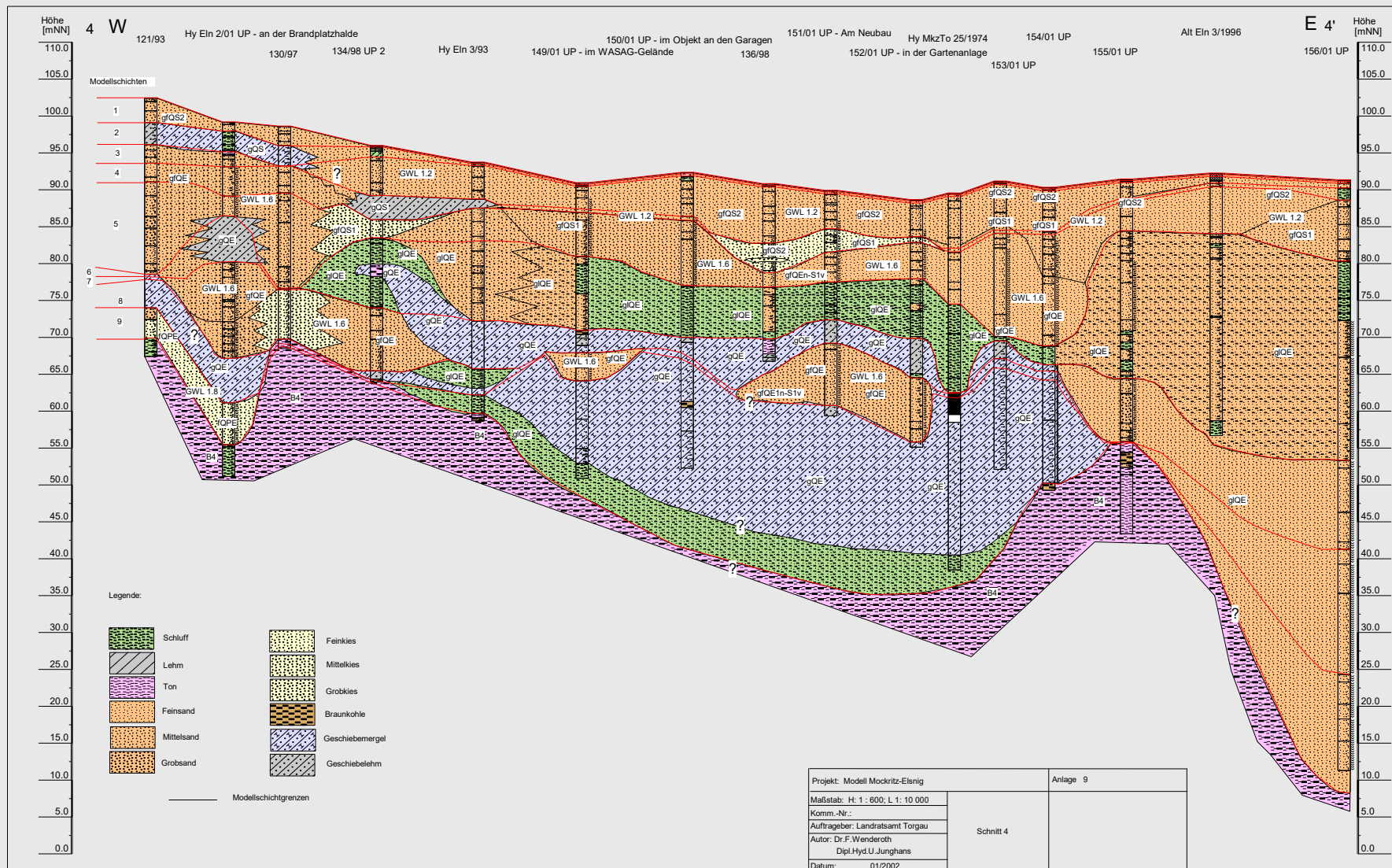


- Автоматическая генерация сетки для сложной геометрии
- Пример: подземное сооружение



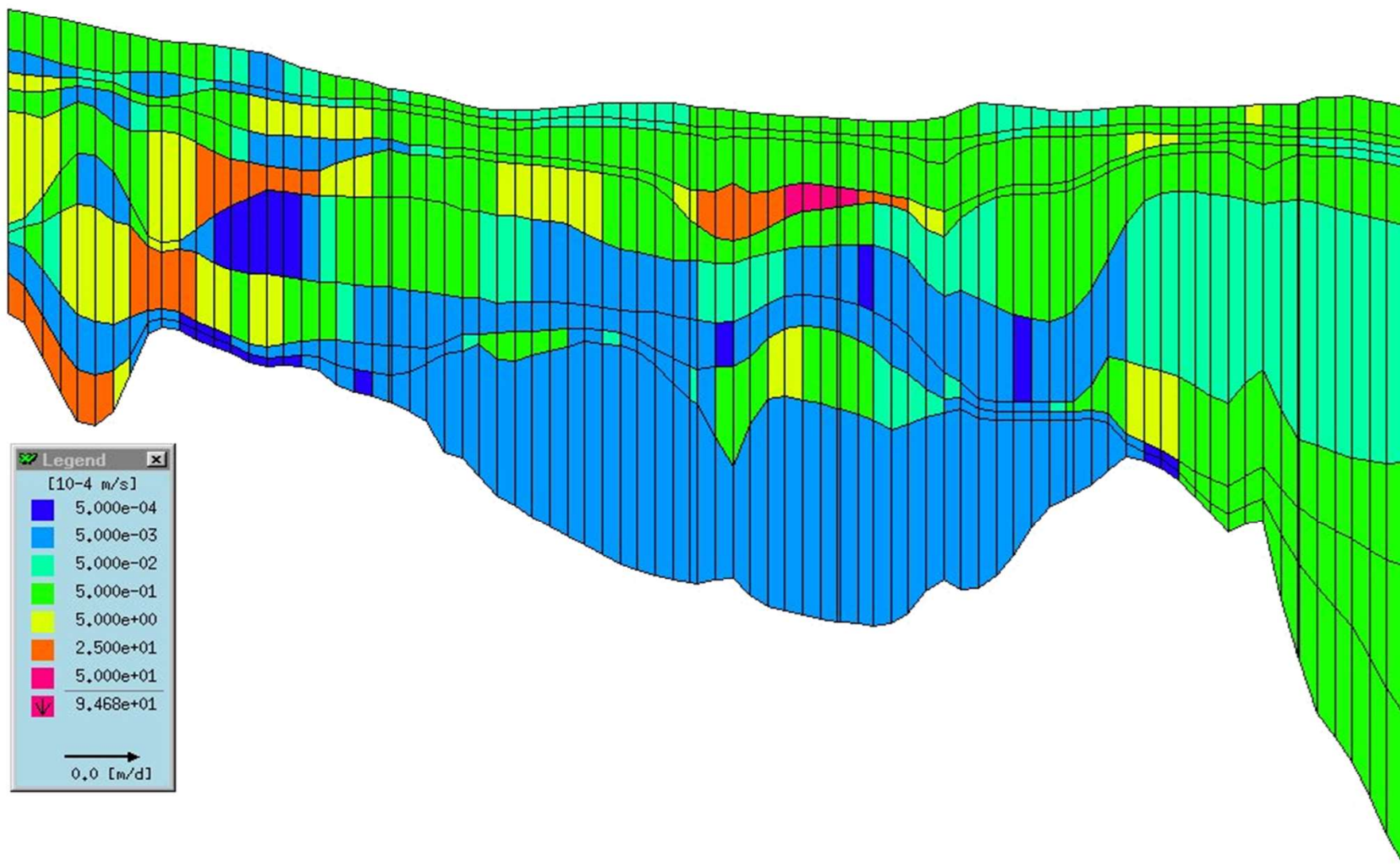


- Детальный учет геологических условий



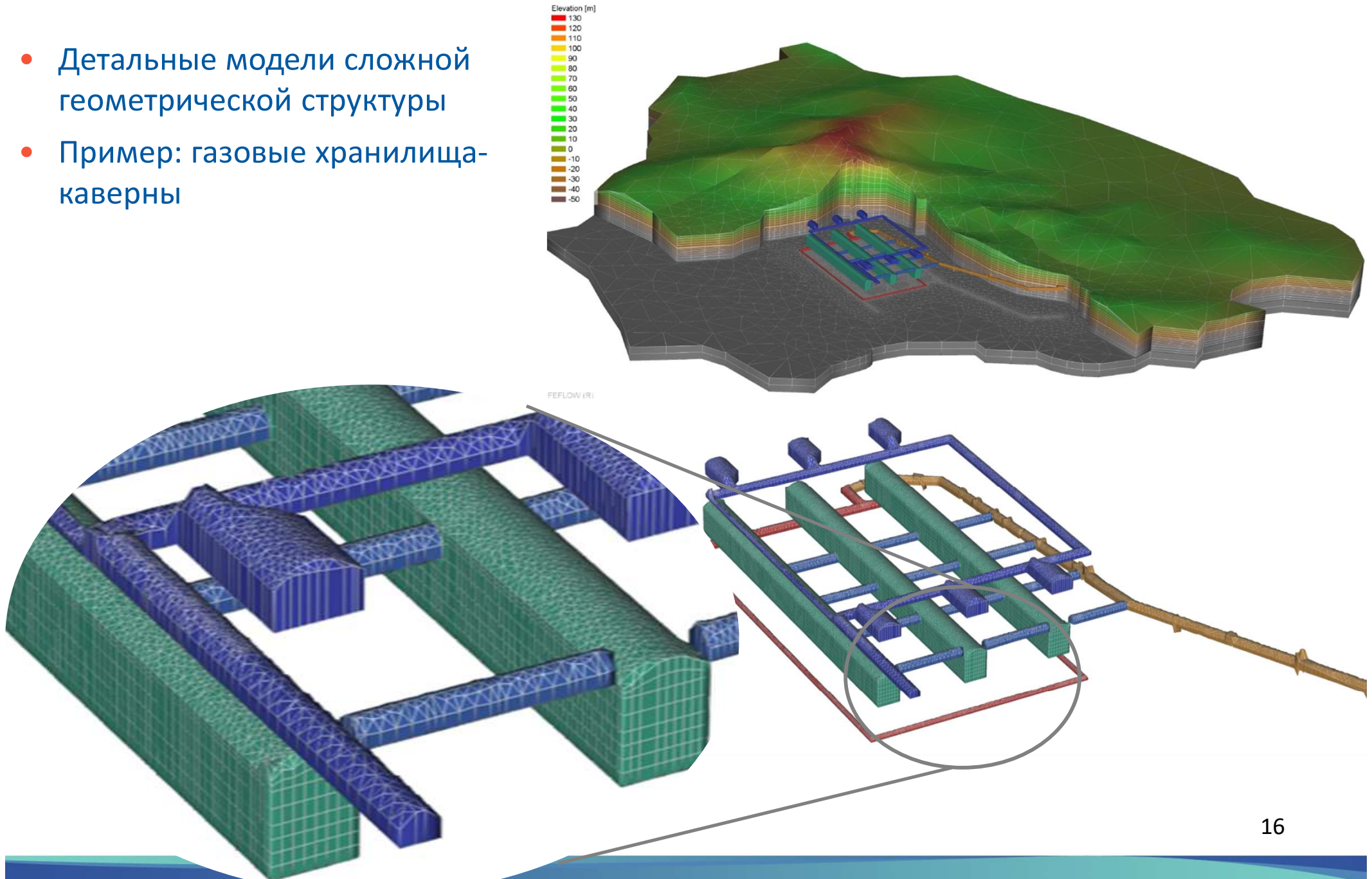


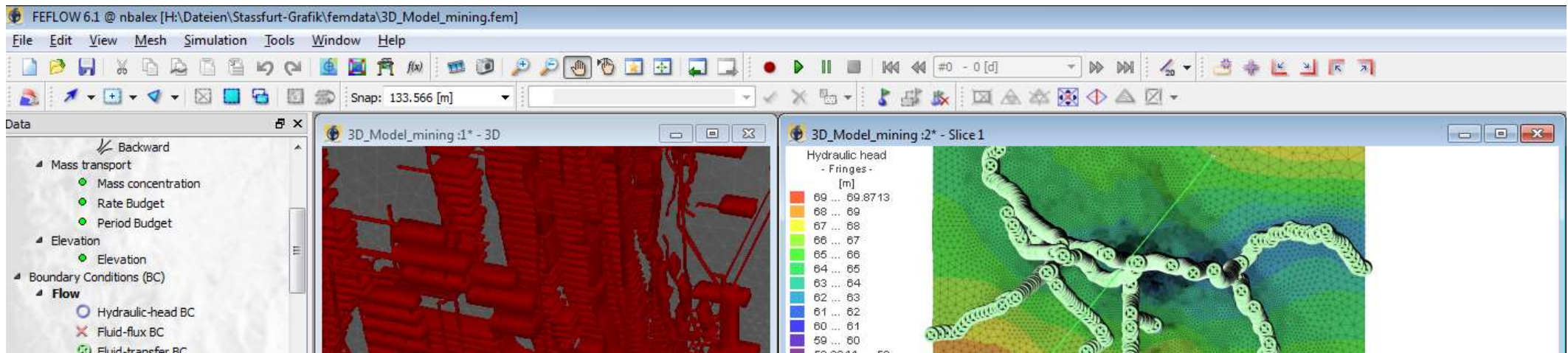
- Представление геологических условий в FEFLOW





- Детальные модели сложной геометрической структуры
- Пример: газовые хранилища-каверны



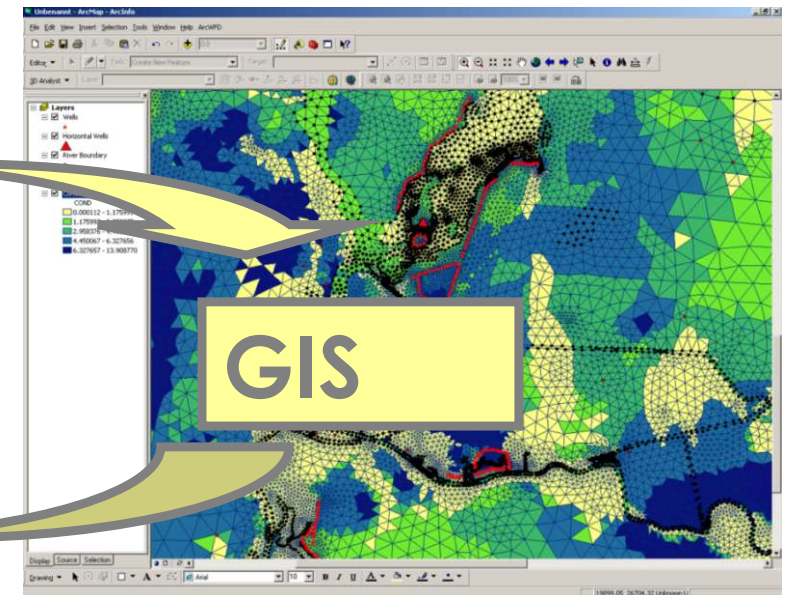
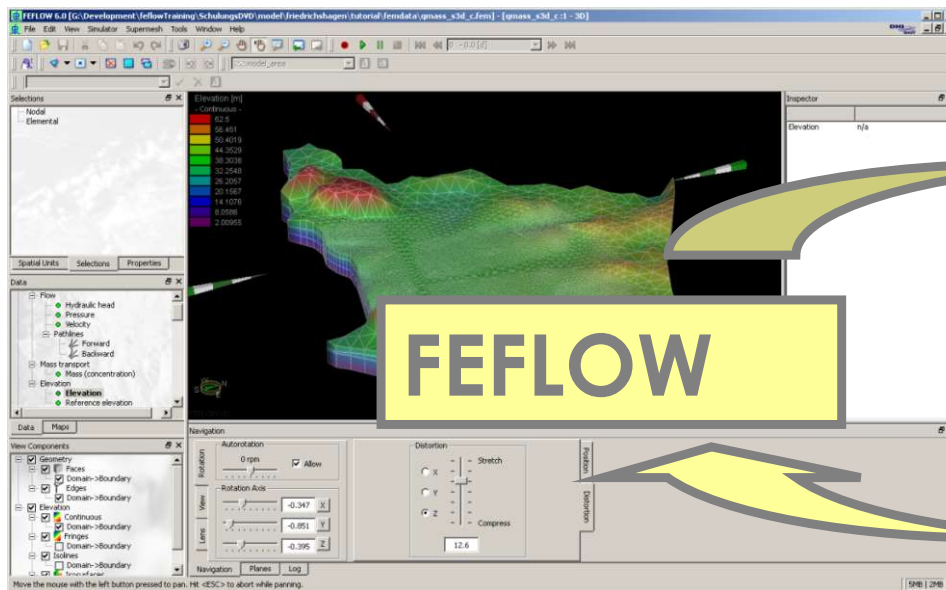


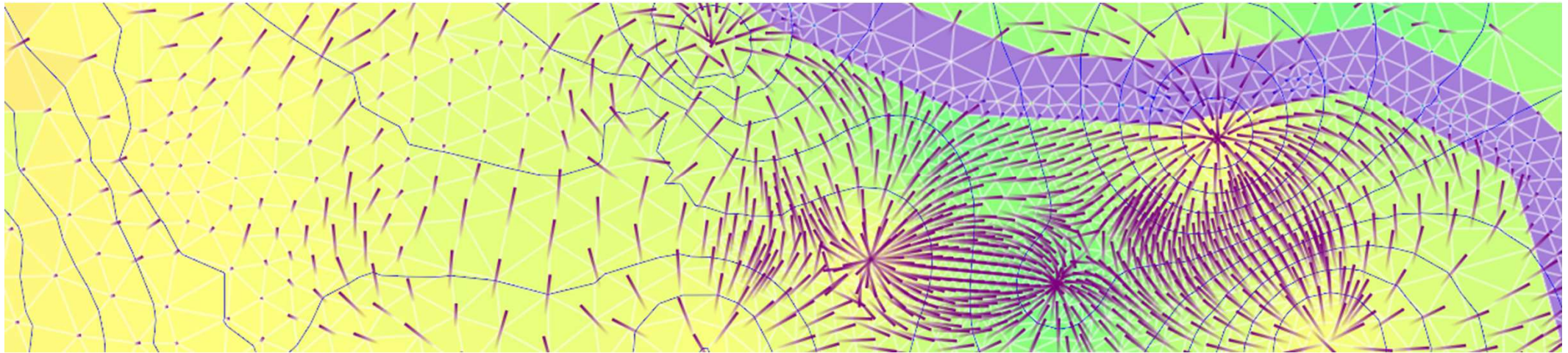
- Использование ГИС / CAD / ASCII данных
- Конвертация данных в FEFLOW
- Экспорт из FEFLOW в форматах ASCII/ГИС/CAD



Импорт и конвертация данных

- Поддерживает множество различных форматов файлов
- GIS и CAD
- ASCII (Text)
- Встроенная методика разбиения на области (интерполяция)
- Удобный редактор модели

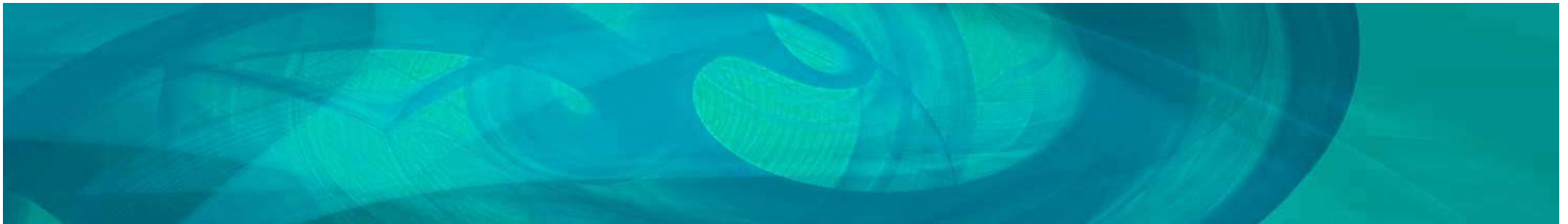


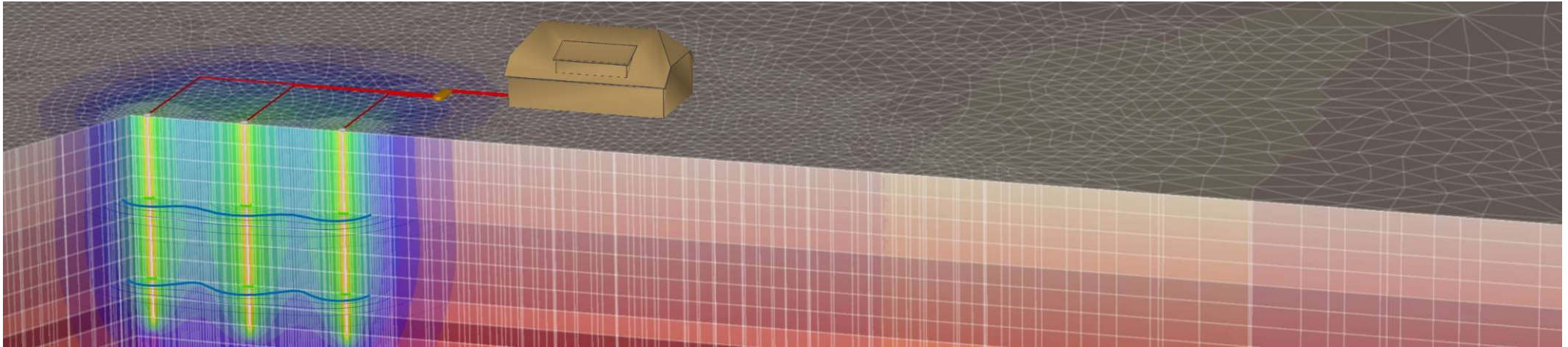


- **Преимущества пакета комплексного моделирования**
- **Численные характеристики модели**



- Онлайн-визуализация во время расчёта
- Ускорение с помощью аппаратного графического процессора
- Вычислительная схема с адаптивным шагом по времени
- Параллельные вычисления
- Использование различных солверов (PCG, Multigrid, Pardiso...)

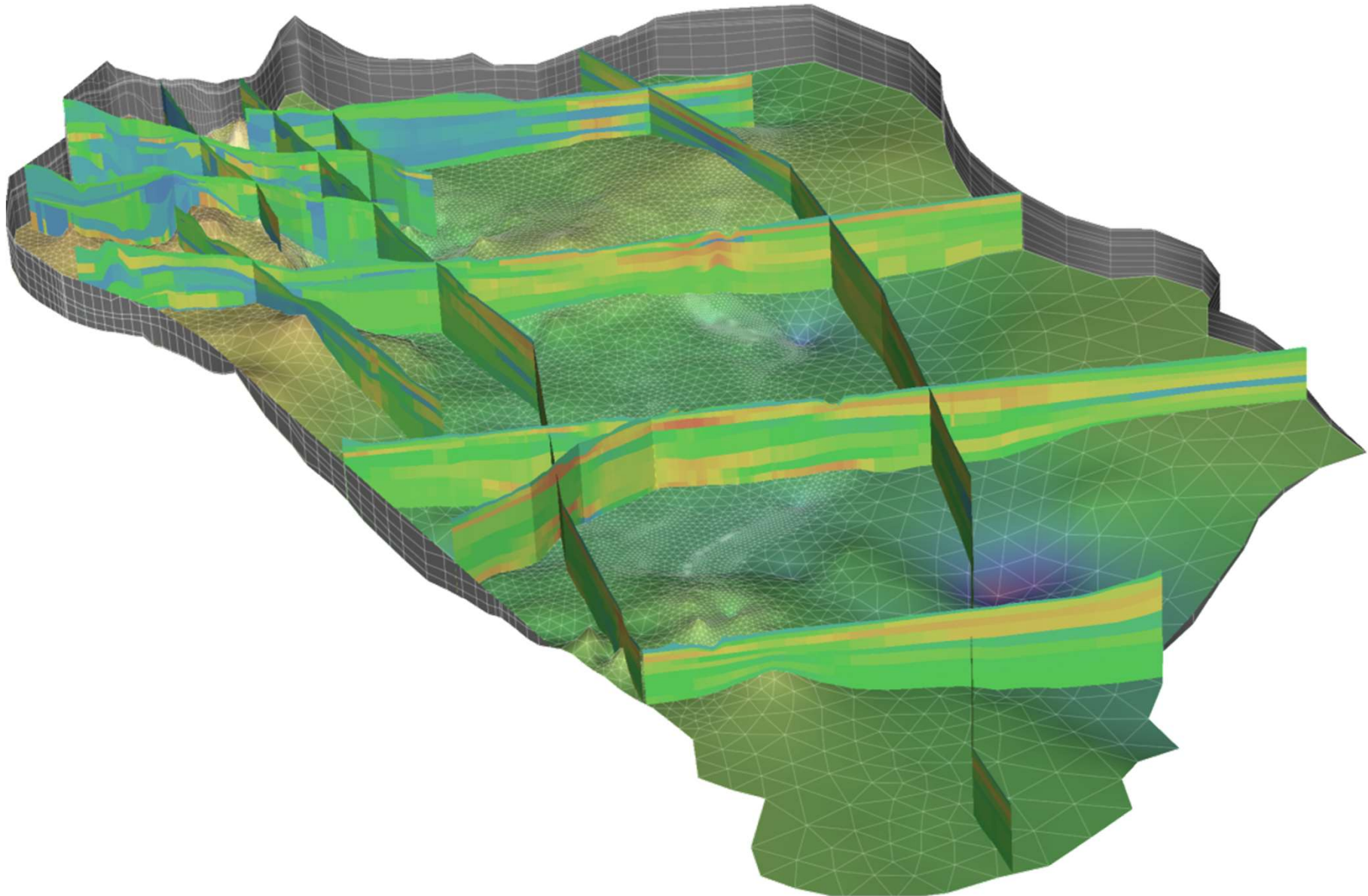


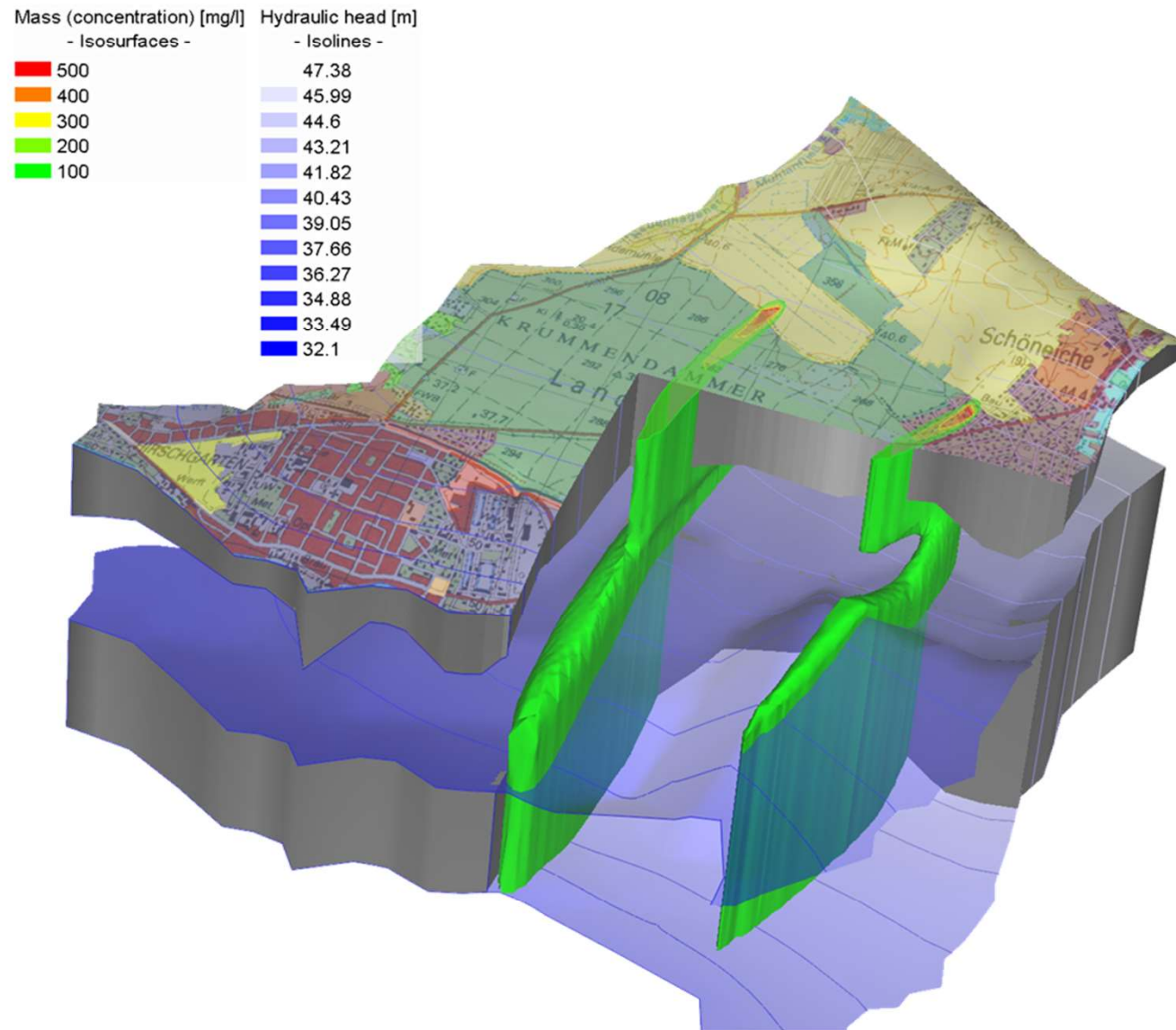


– Примеры визуализации и расчётов 1D, 2D, 3D



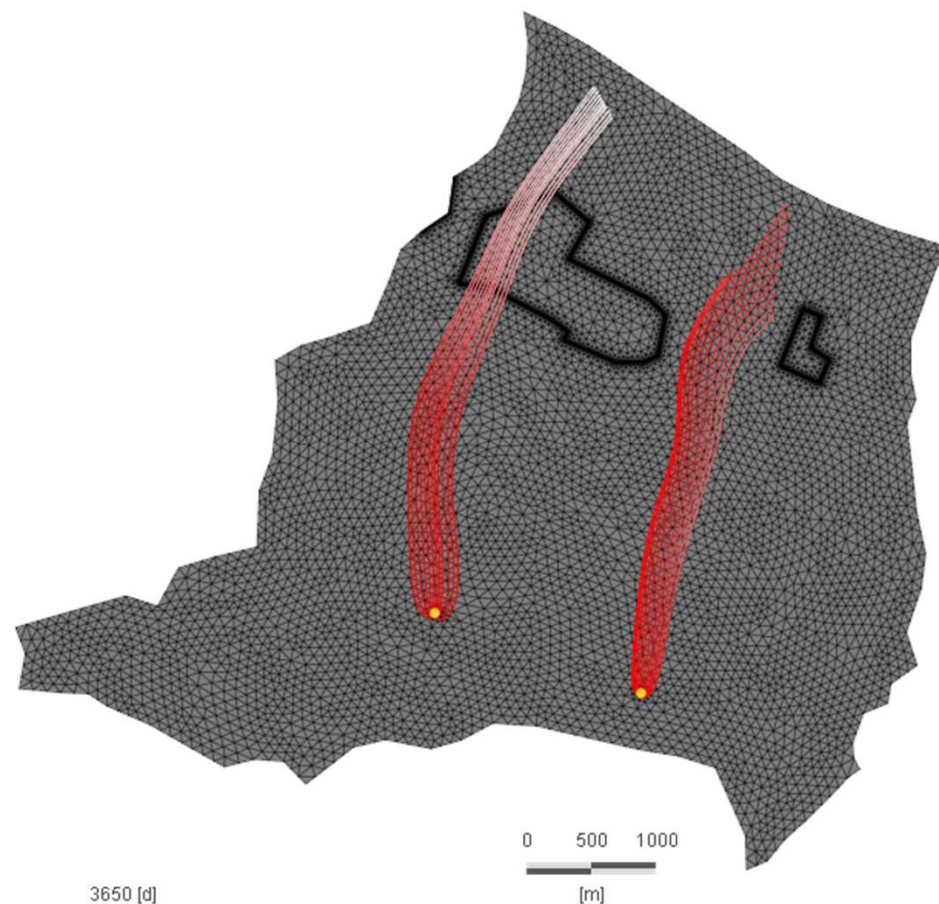
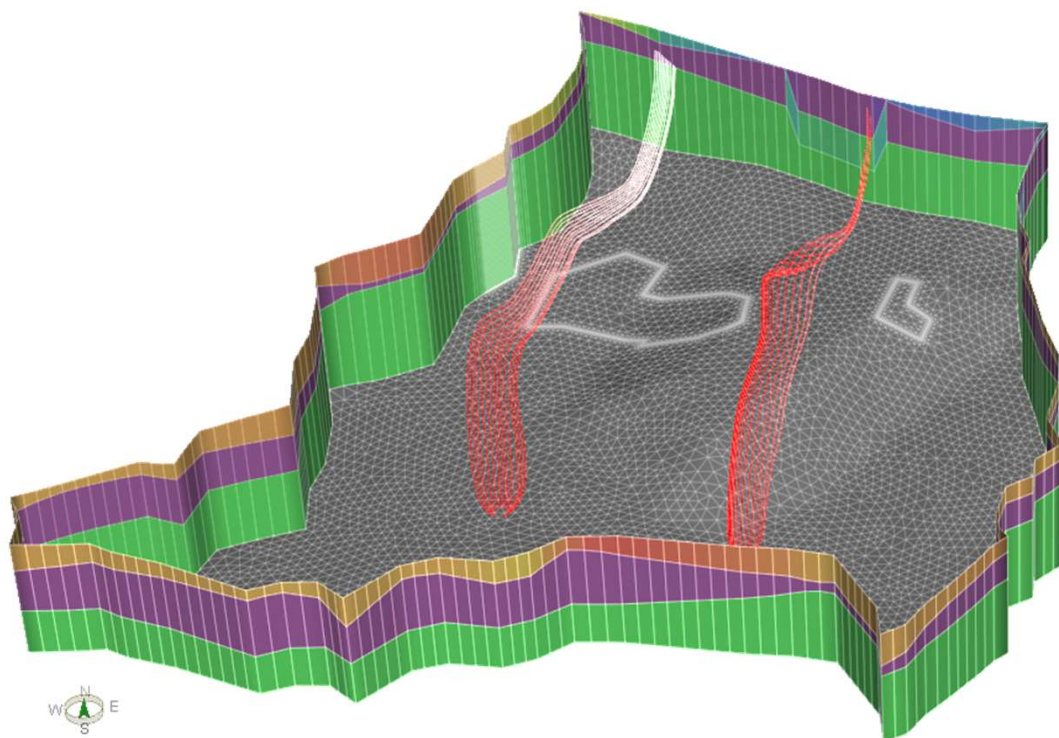
- Сечение участков для визуализации геологических слоев в 3D





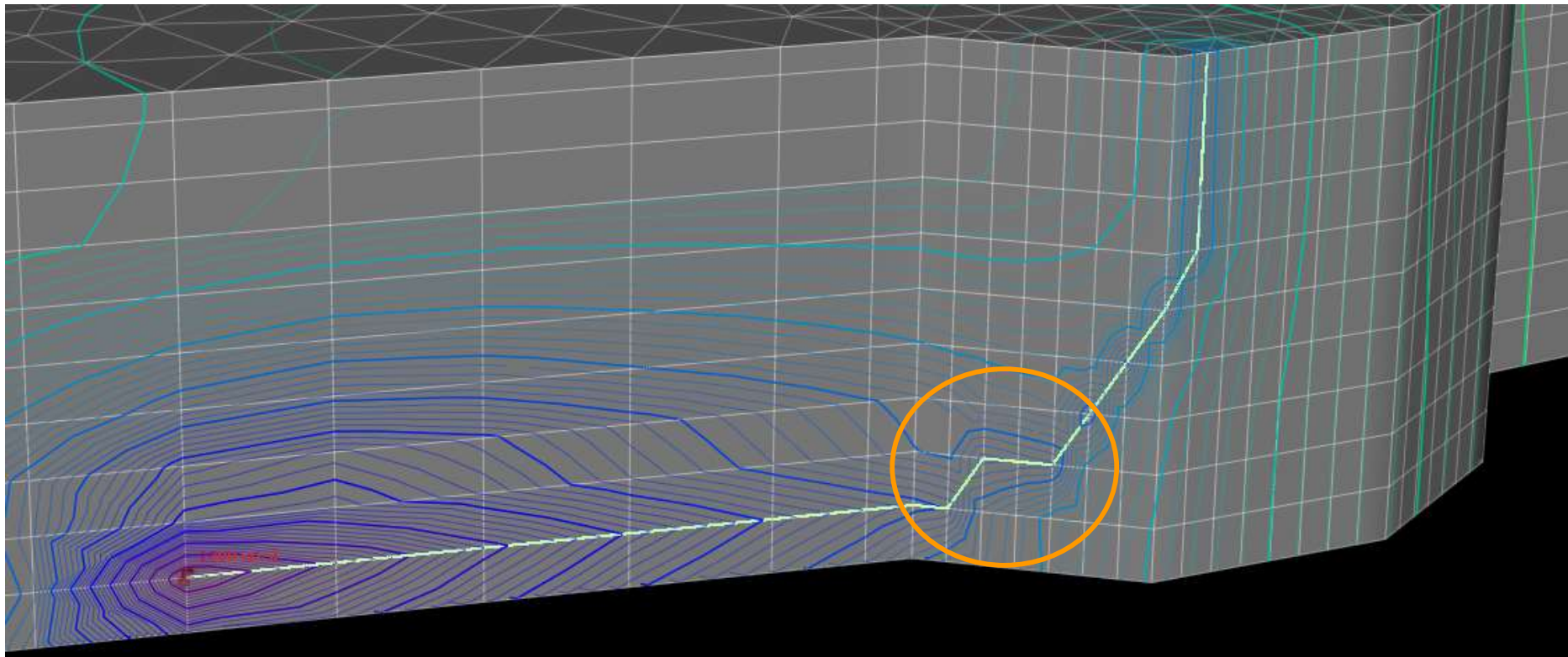


- Разграничение грунтовых водосборных бассейнов с помощью модели движения частиц (2D + 3D)



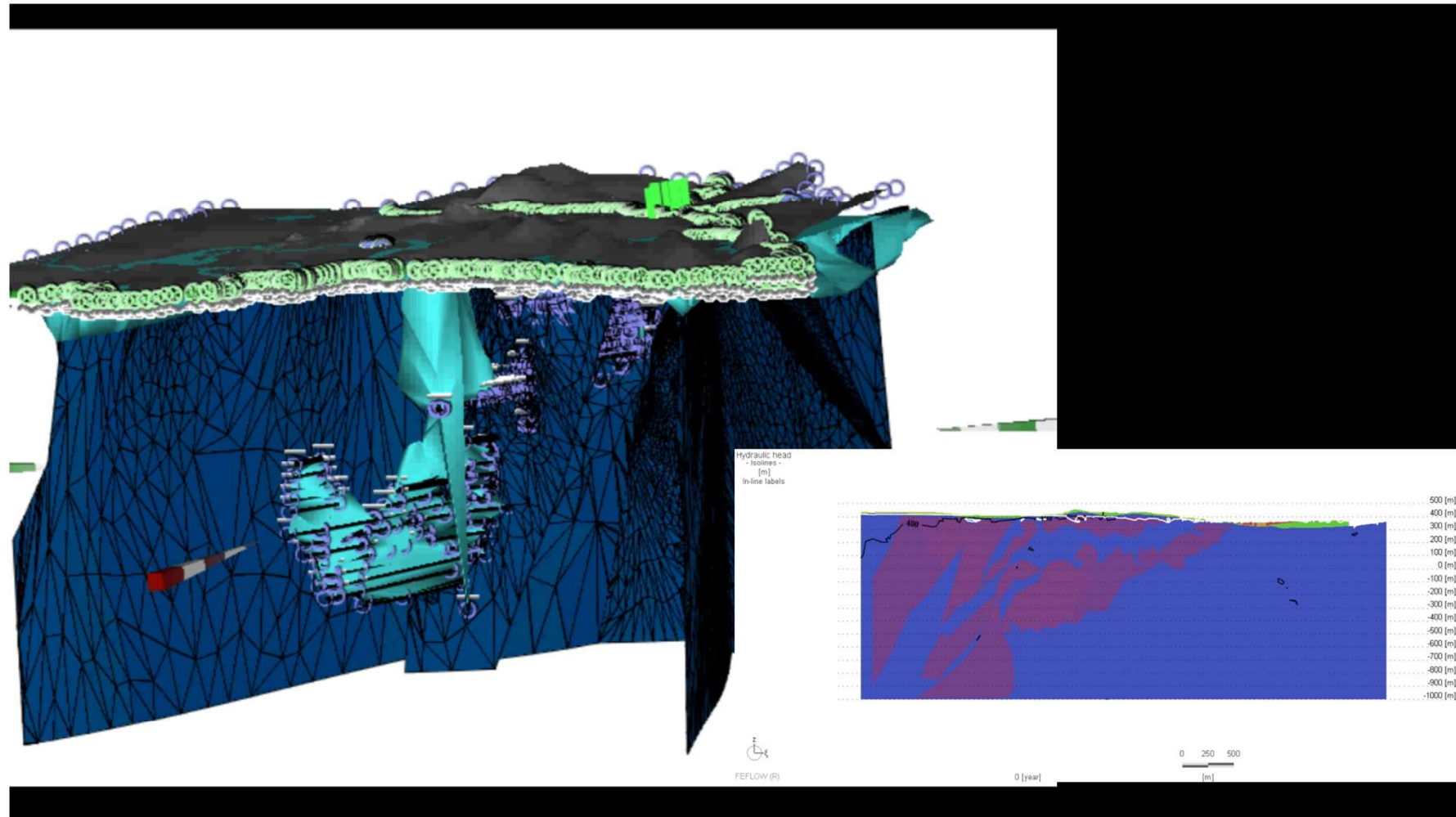


- Произвольные элементы в 3D-моделях, например наклонные скважины





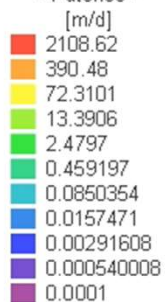
- Изменение свободной поверхности при водопонижении в руднике.
- Комбинированная модель – поровая и трещиноватая среда





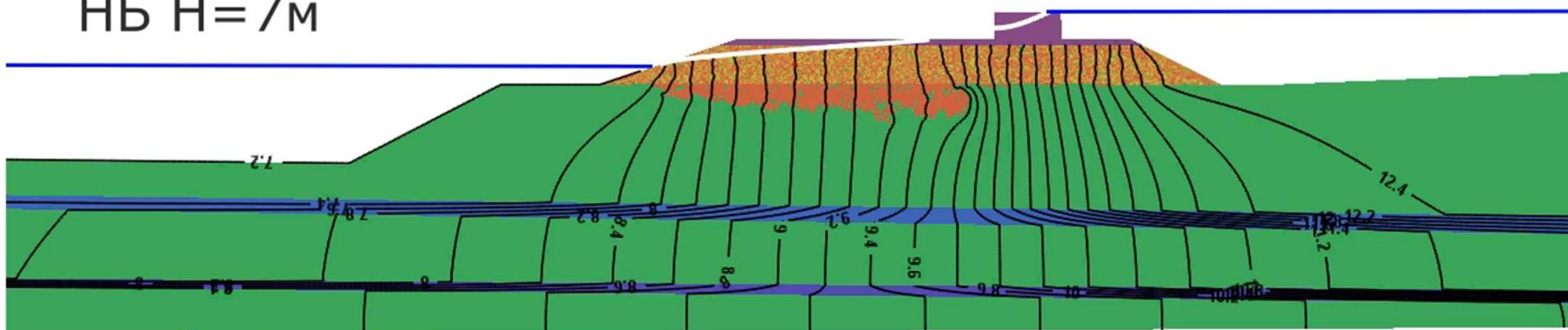
- 2D Расчёт суффозии в основании дамбы.
- Начальные критические градиенты 0.23-0.25 для этого класса сооружений

Conductivity [max]
- Patches -



ВБ
H=12.5м

НБ H=7м



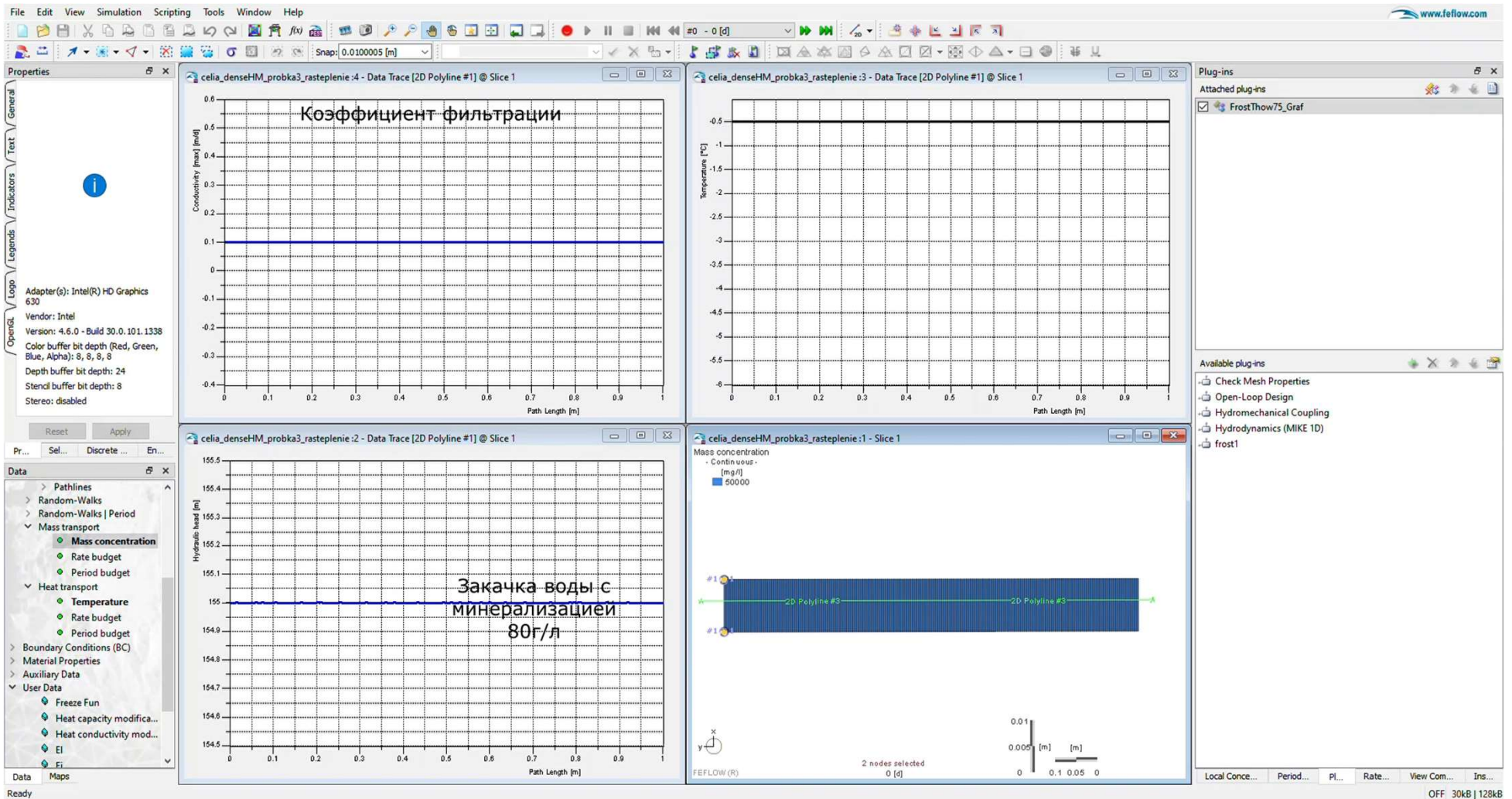
FEFLOW (R)

0 [d]





- 1D Расчёт ледяной пробки. Тепло-массоперенос + расчёт промерзания





- В пакет FEFLOW бесплатно включена программа для просмотра результатов моделирования (FEFLOW Viewer)
- Высокий уровень технической поддержки
- Курсы обучения, в том числе краткий видео-курс для самостоятельного обучения
- Преимущества коммерческого программного обеспечения, в том числе выбор необходимого пакета:

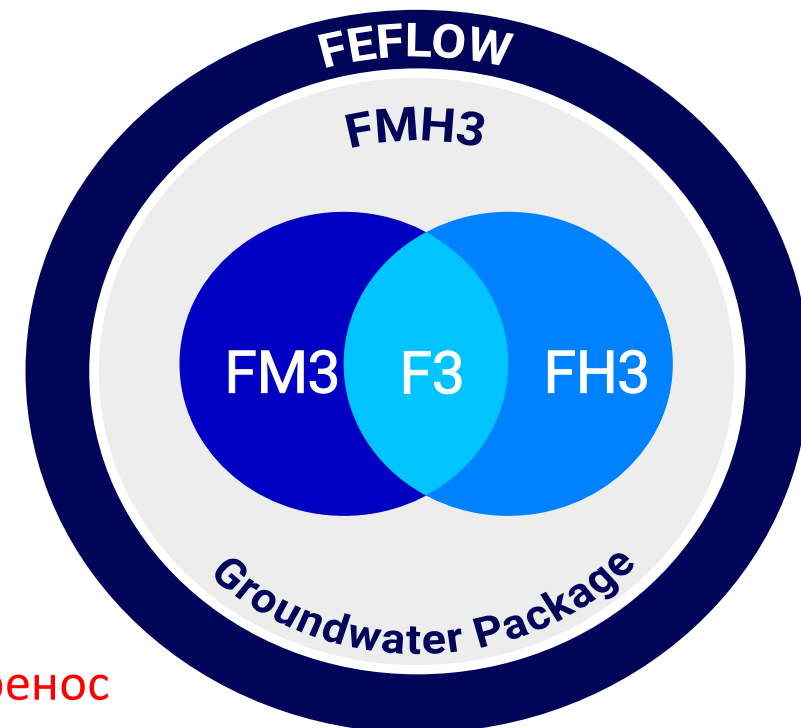
Варианты лицензий:

F3 – 3D гидравлика

FH3 – 3D гидравлика + 3D теплоперенос

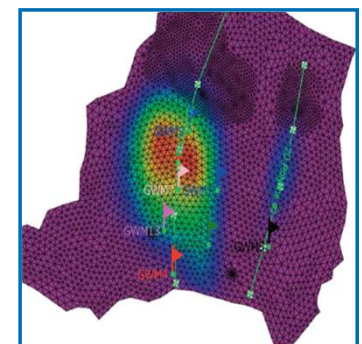
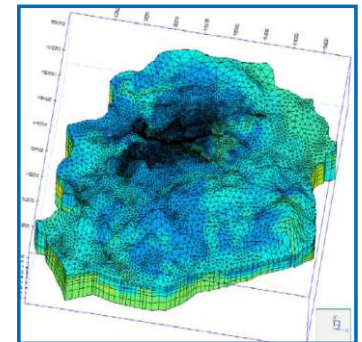
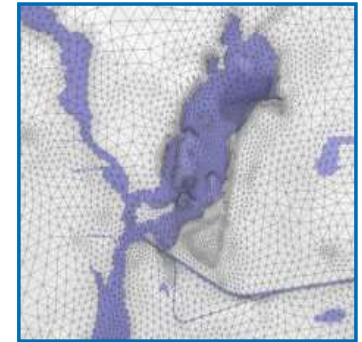
FM3 – 3D гидравлика + 3D массоперенос

FMH3 – 3D гидравлика + 3D массо- и теплоперенос



Мы осуществляем:

- поставку программного обеспечения MIKE Powered by DHI
- техническую поддержку пользователей
- обучение работе с программными продуктами и созданными моделями
- весь спектр консультационных услуг по созданию гидродинамических моделей объектов любой сложности, в том числе:
 - инженерные изыскания
 - создание, калибровка и анализ моделей и сценариев
 - выдача рекомендаций по модернизации объекта или проектным решениям
 - получение экспертного заключения
 - внедрение готовых моделей на рабочих местах Заказчика
 - адаптацию моделей под нужды заказчика
 - перевод старых моделей (Modflow) в Feflow
 - оптимизацию работы оборудования (также с учетом экономической составляющей)





- Богатый опыт работ по моделированию;
- Научный подход;
- Современные технологии;
- Использование в работе и поставка профессионального моделирующего программного обеспечения;
- Мировое признание и многочисленная апробация моделирующих систем MIKE Powered by DHI;
- Высокая квалификация персонала;
- Преподаватели сертифицированы The Academy by DHI.



Наш девиз: «Профессиональный взгляд на воду!»



ТОО «Гидроконсалт»

официальный представитель ДНІ в Казахстане,
Узбекистане, Армении, Грузии, Азербайджане,
Кыргызстане, Таджикистане, Туркменистане



70004 Республика Казахстан, ВКО,
г. Усть-Каменогорск, ул. Кабанбай батыра, д. 158

+7 (705) 718 66 34

info@hydroconsult.kz

www.hydroconsult.kz