

Код GERA – новая расчетная платформа обоснования безопасности захоронения РАО

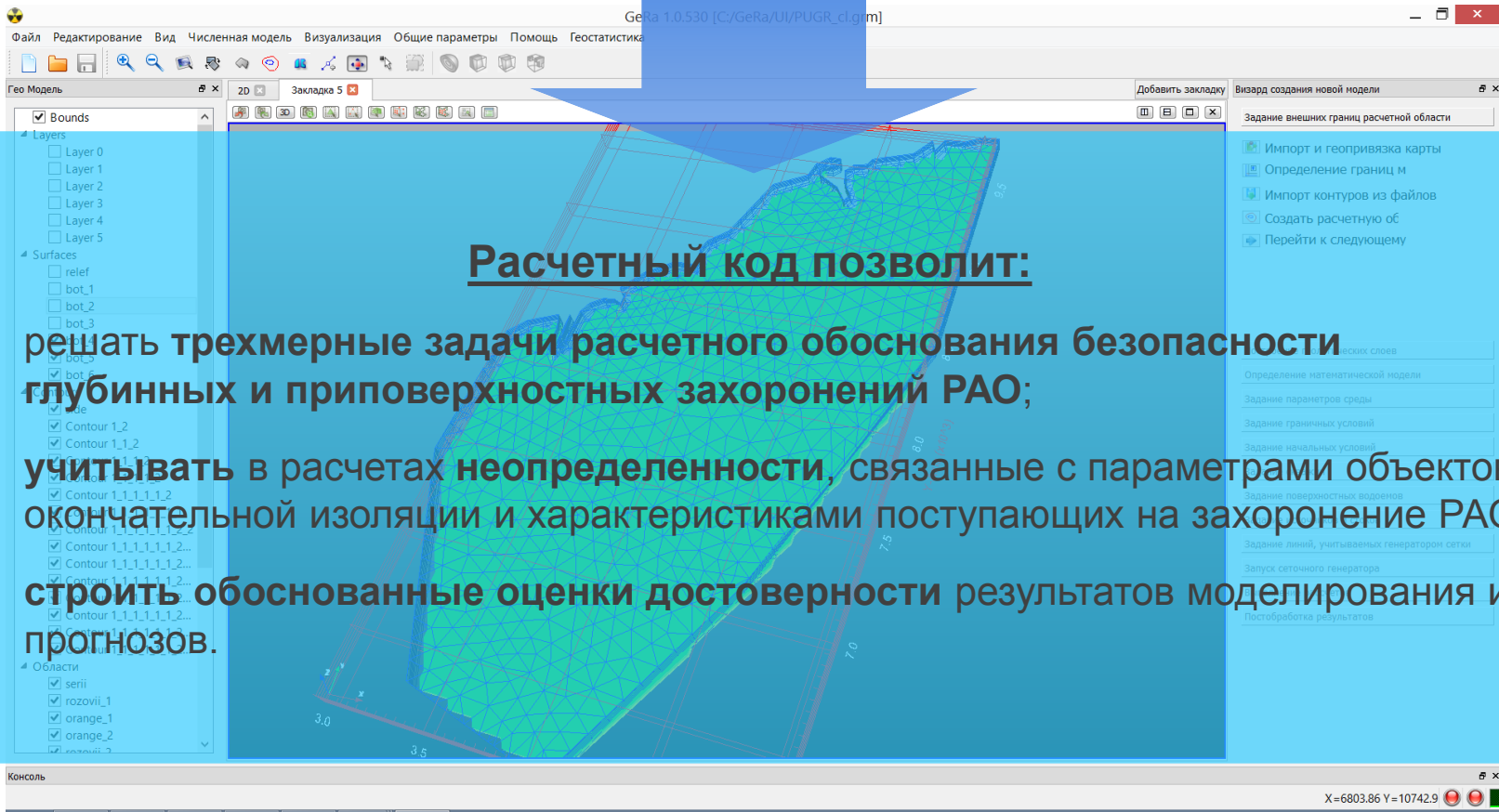
Капырин И.В., Уткин С.С.

Расчетный код GeRa

Цель - создание интегрального расчетного кода для решения комплекса вопросов по обоснованию безопасности захоронения РАО.

Расчетный код позволит:

- решать трехмерные задачи расчетного обоснования безопасности глубинных и приповерхностных захоронений РАО;
- учитывать в расчетах неопределенности, связанные с параметрами объектов окончательной изоляции и характеристиками поступающих на захоронение РАО;
- строить обоснованные оценки достоверности результатов моделирования и прогнозов.



Участники разработки GeRa

- ИБРАЭ РАН – математические и численные модели, интерфейс, общая организация, апробация
- ИВМ РАН – численные методы, модели.
- Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова – тестирование кода.
- ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» – опытная эксплуатация кода.
- ВНИИРАЭ – радиозэкологическое воздействие на человека и биосферу.

Исходные данные и результаты расчетов

Исходные данные

ЗЯТЦ

характеристики
РАО,
поступающих
на захоронение

Национальный
оператор по
обращению с
РАО

свойства
геологической
среды

Проектная
организация

параметры
инженерных
барьеров
безопасности

Обоснование
безопасности

GeRa

Оптимизация

Результаты

Удельная активность
радионуклидов в
грунтовых водах, в том
числе при разгрузке в
поверхностные водоемы

Мощность дозы на
человека и объекты
окружающей среды в
течение периода
потенциальной опасности
РАО

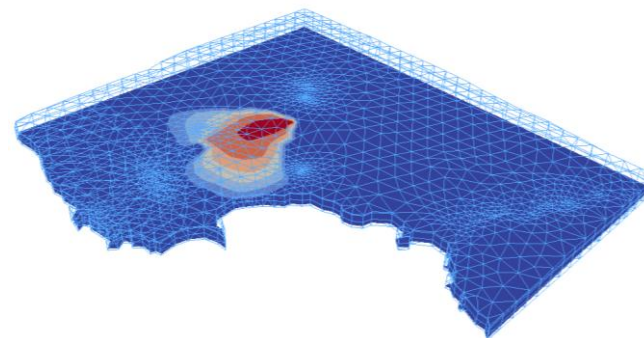
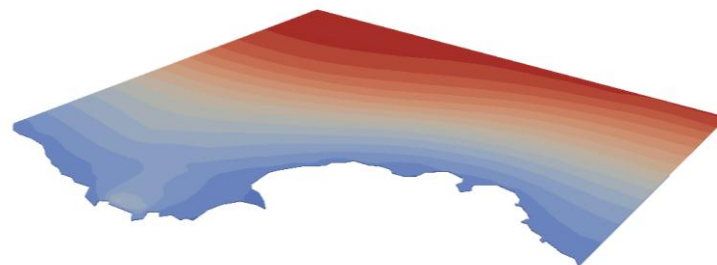
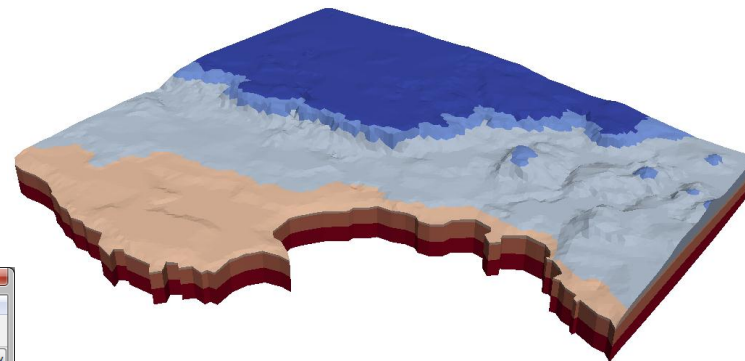
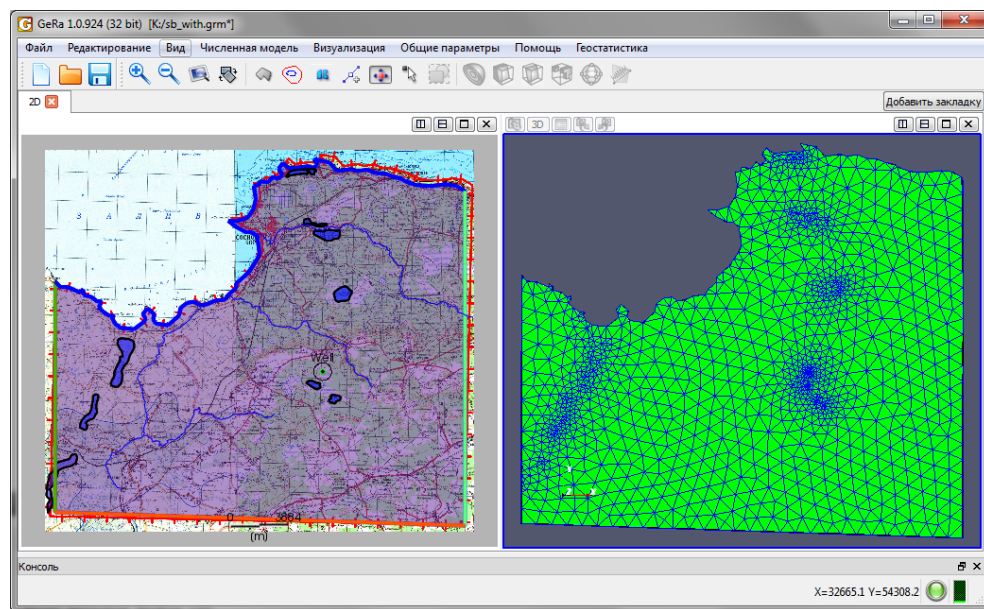
Оценки
неопределенностей и
анализ чувствительности

Соответствие принципу
радиационно-
миграционной
эквивалентности

Основные возможности кода GeRa

Моделирование:

- геологическое
- геофильтрационное
- геомиграционное



Основные моделируемые процессы

1

- **Фильтрация** (напорная, напорно-безнапорная, насыщенно-ненасыщенная, двухфазная);

2

- **Адвективно-диффузионно-дисперсионный массоперенос** (в гомогенной и двухпористой средах);

3

- **Геохимия** (равновесная и неравновесная, по изотермам и с расчетом реакций);

4

- **Цепочки радиоактивного распада;**

5

- **Плотностная конвекция;**

6

- **Теплоперенос, тепловыделение** при радиоактивном распаде;

7

- **Тепловая конвекция** с переменной вязкостью растворов;

8

- **Коллоидный перенос веществ;**

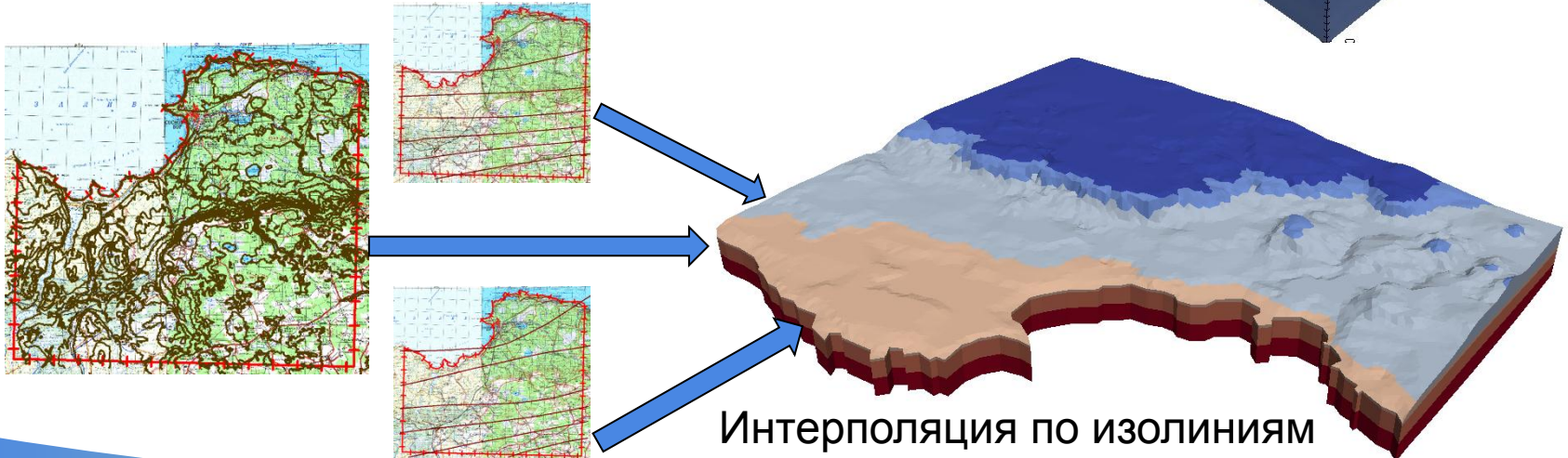
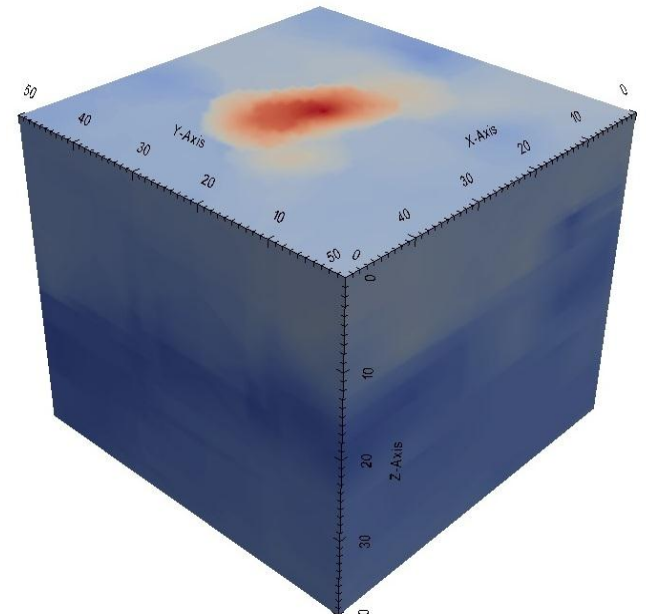
9

- **Геомеханические процессы**

Геологическое моделирование

- Геостатистические методы.
- Методы интерполяции данных.
- Интерполяция по изолиниям и их импорт.
- Двумерный и трехмерный вариограммный анализ данных.
- Импорт готовых 2D и 3D полей параметров.

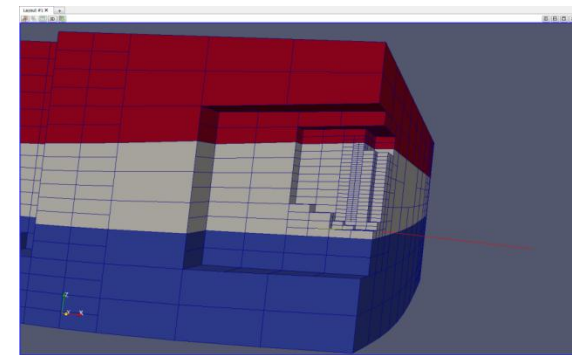
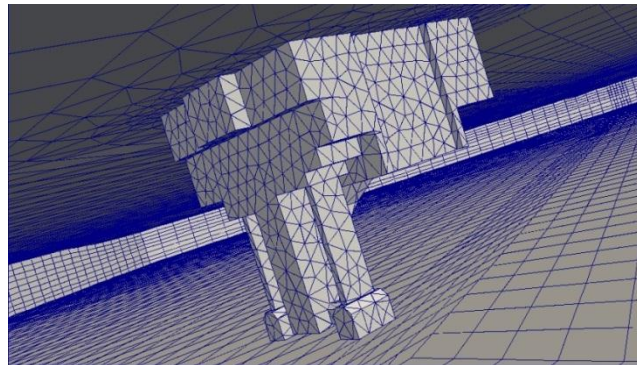
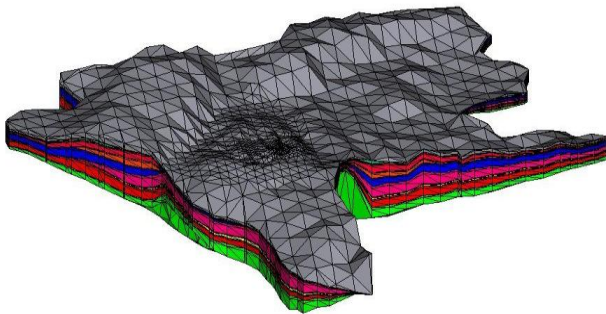
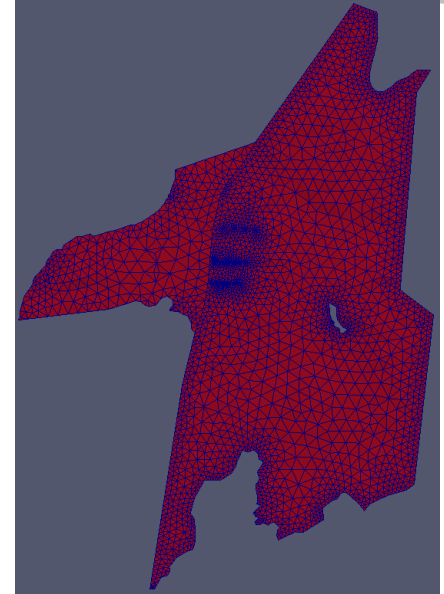
3D неоднородность



Ключевые качества численных моделей

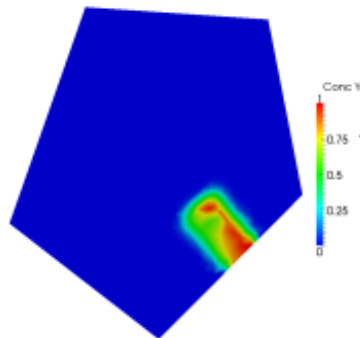
www.ibrae.ac.ru

- Работа на адаптивных неструктурированных трехмерных сетках.
- Параллельность.
- Высокая точность.
- Робастность по отношению к параметрам решаемых задач.



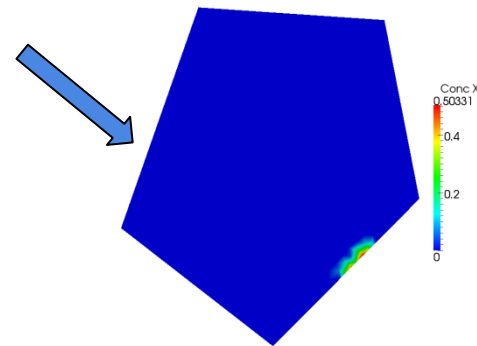
Базовые возможности геомиграционного моделирования

Многокомпонентный перенос в трехслойной модели с реальной геологической структурой



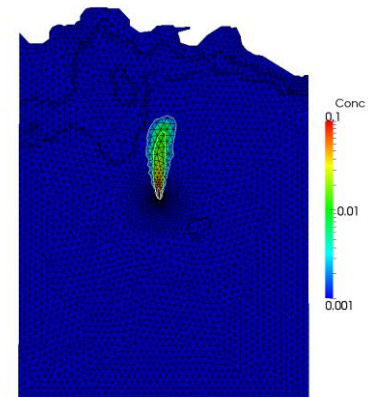
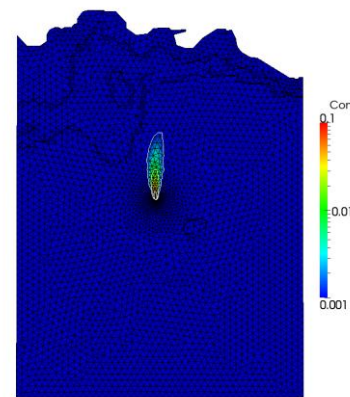
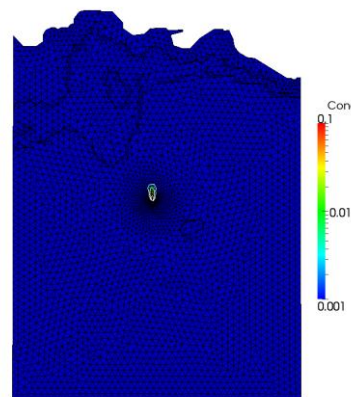
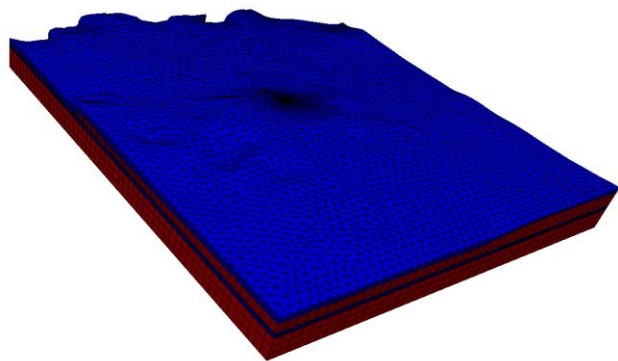
Слабо сорбируемая
компонента

Расчет в
одной
модели

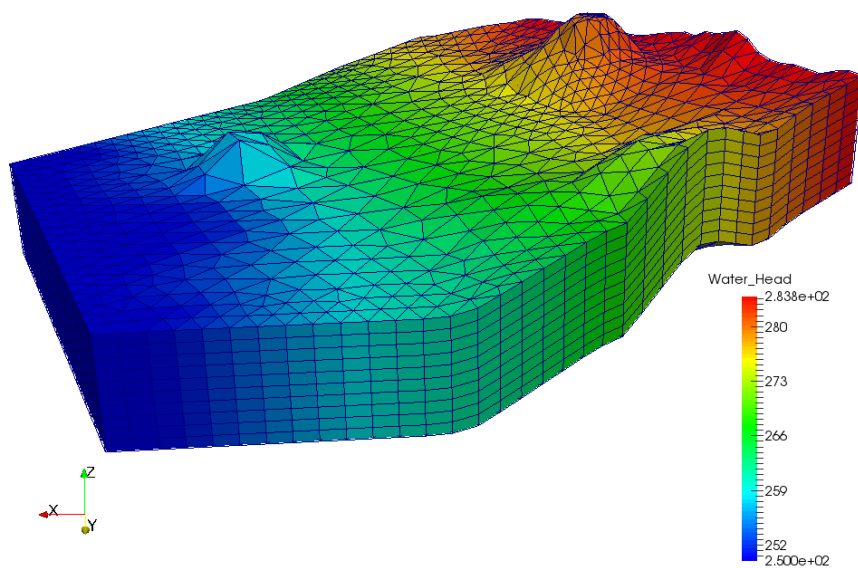


Сильно сорбируемая
компонента

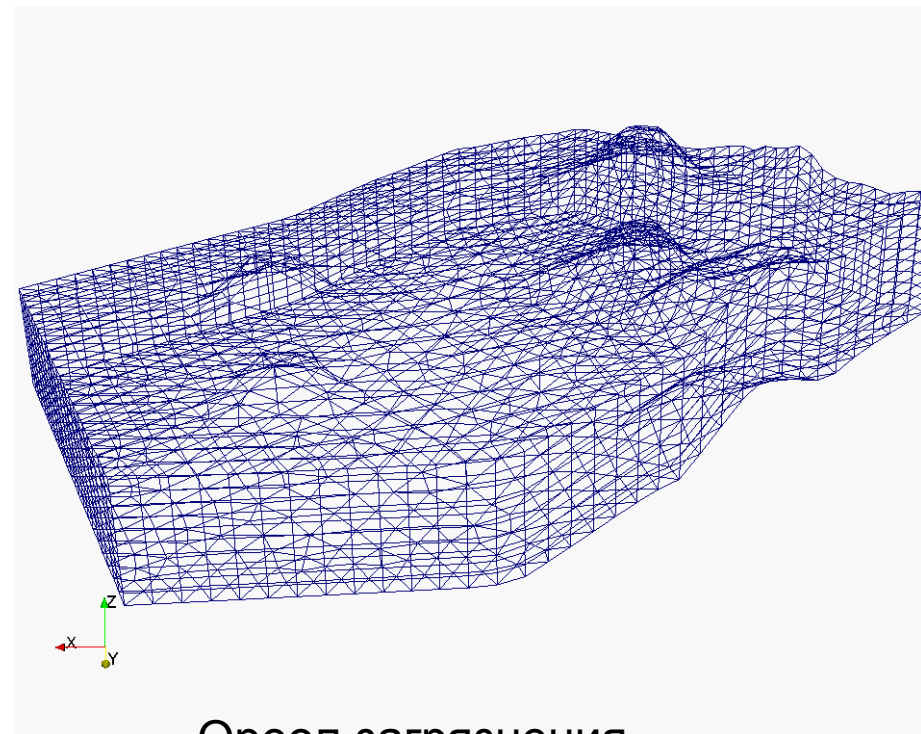
Учет процессов сорбции и распада при миграции радионуклидов



Пример геомиграционного моделирования приповерхностного ПЗРО



Напоры грунтовых вод



Ореол загрязнения
(моделирование на 100 лет)

Моделирование миграции загрязнения в зоне аэрации

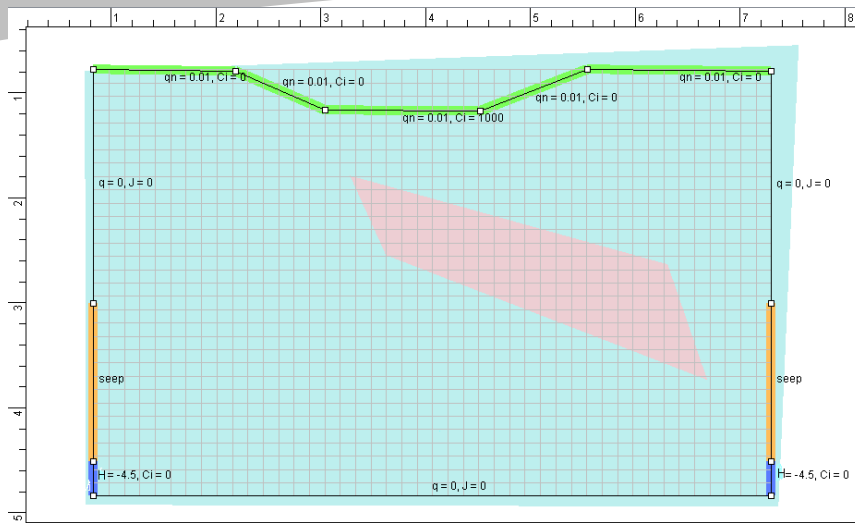
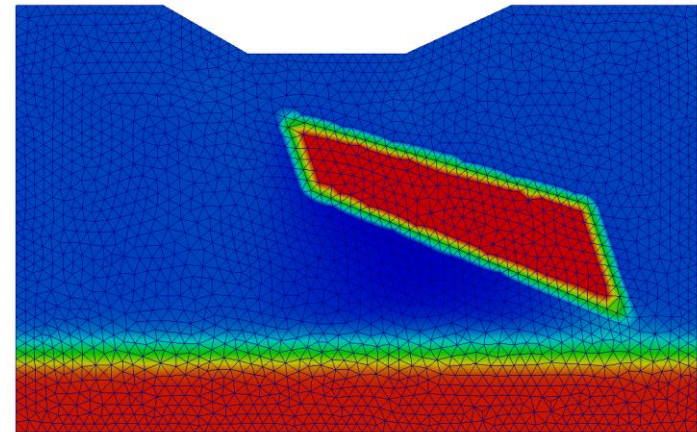


Схема гидрогеологических условий

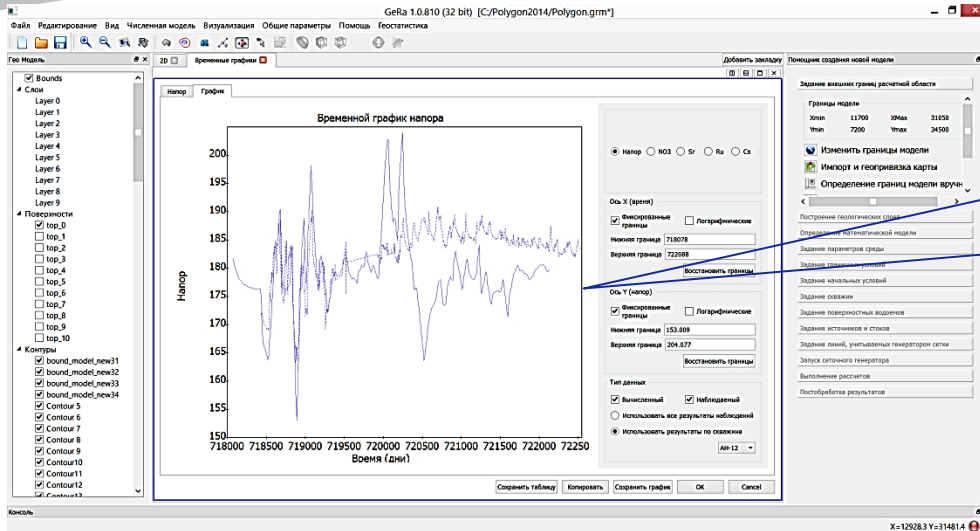


Влагонасыщенность пород



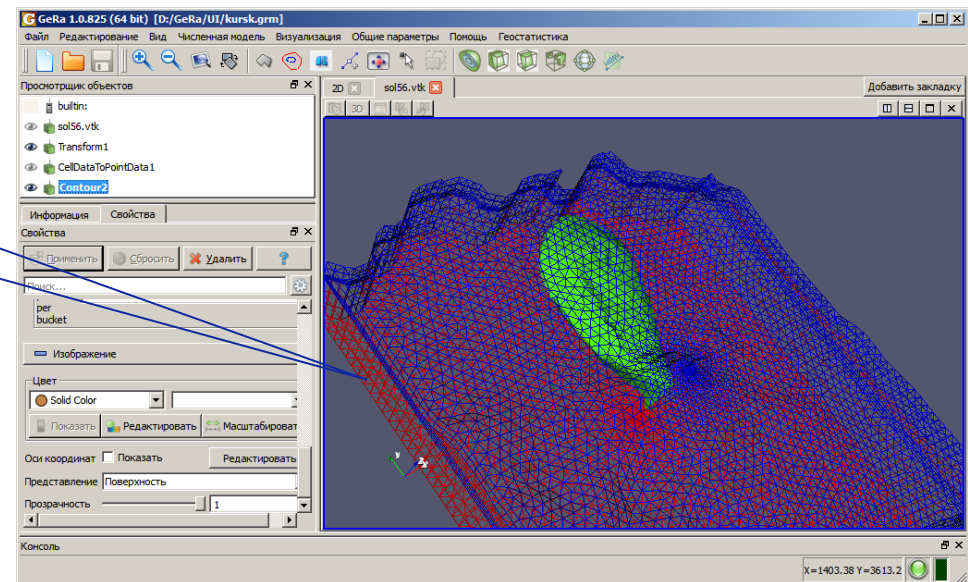
Миграция загрязнения

Возможности оценки результатов

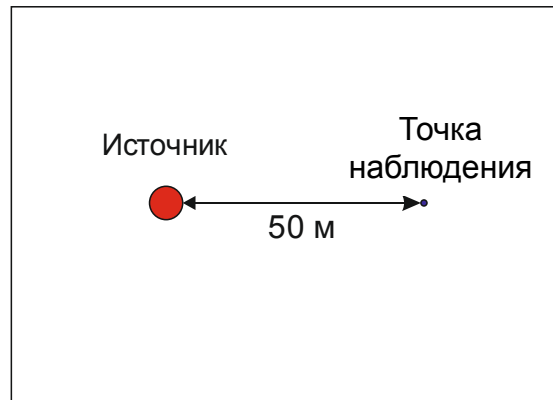


2D сопоставление
расчетных и
наблюдаемых величин,
диаграммы рассеяния

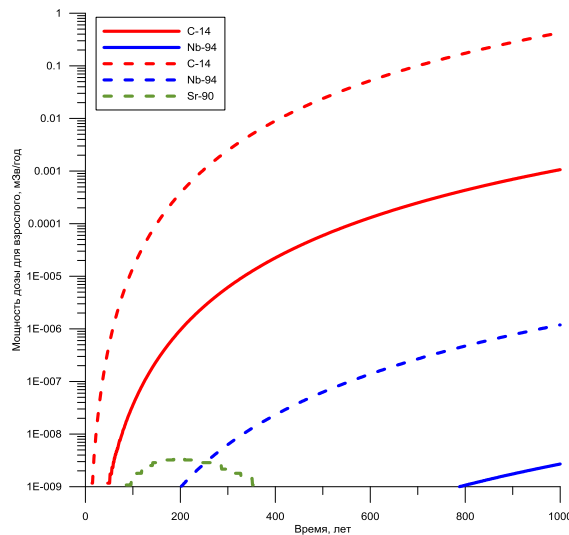
3D-визуализация



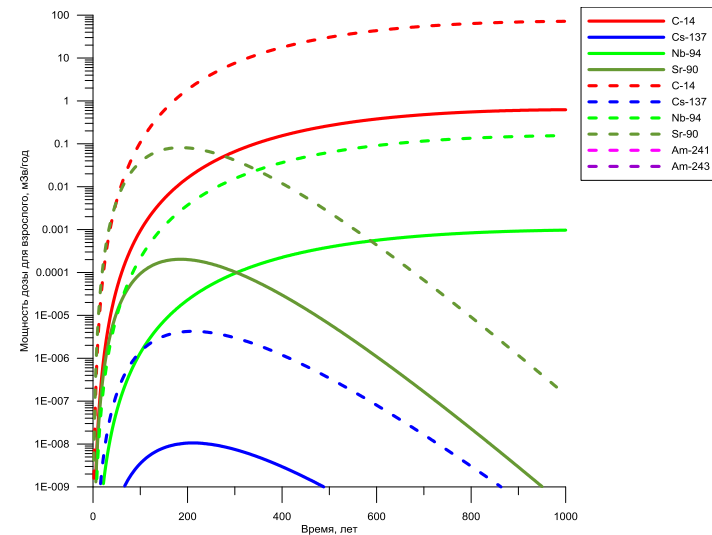
Расчет доз: разные вмещающие породы



Сопоставление доз от водопользования при размещении захоронения в различных вмещающих породах:



Глина



Супесь

Ключевые достоинства кода GeRa

- Широкий спектр моделируемых процессов;
- Использование современных численных методов (сетки, дискретизации);
- Параллельность, вычислительная эффективность;
- Интегральный подход: полная цепочка моделирования вплоть до доз;
- Привязка к российским объектам (процессы, параметры и т.д.);
- Высокоразвитый графический интерфейс, отчуждаемость.

Референтные проекты:

ASCEM, Минэнерго США(LANL, SRNL, LBNL, PNNL, ORNL + ...+ИБРАЭ)
MODFLOW-USG (USGS+Shlumberger), FEFLOW (WASY GmbH)

Спасибо за внимание!