

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОФИЛЬТРАЦИИ И ГЕОМИГРАЦИИ НА ОБЪЕКТАХ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «НИМФА»

М. Е. Семенов

ФГБУ «Гидроспецгеология», г. Москва
(по материалам презентации)

Программный комплекс «НИМФА» создан ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» в ходе реализации проекта «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий», выполняемого в рамках Комиссии при Президенте Российской Федерации по модернизации и технологическому развитию экономики России.

Назначение: Трехмерное моделирование фильтрации подземных вод с переменной плотностью, с целью обоснования безопасности ядерных и радиационно-опасных объектов (ЯРОО): расчета миграции химического и радиоактивного загрязнения подземных вод от источников их загрязнения.

Области применения:

- обоснование выбора площадок для АЭС и прочих ЯРОО;
- прогноз воздействия на природную среду поверхностных и подземных хранилищ радиоактивных и токсичных отходов;
- оценка эффективности защитных и реабилитационных мероприятий связанных с предотвращением загрязнения недр и поверхностных вод;
- создание постоянно действующих моделей для оптимизации систем мониторинга состояния недр на техногенно-нагруженных территориях;
- оценка запасов подземных вод.

Достоинства ПК «НИМФА»

ПК «НИМФА» позволяет создавать точные модели, содержащие десятки млн. ячеек, и выполнять расчеты в приемлемые

сроки за счет использования высокопараллельных вычислений.

1. Ускорение расчета.

Уникальная технология распараллеливания позволяет проводить весь цикл расчета в параллельном режиме. Ускорение расчета по сравнению с аналогами (MODFLOW, MT3DMS, SEAWAT) при использовании в высокопараллельном режиме – до 120 раз.

2. Гибкое управление расчетной сеткой:

- треугольные, четырехугольные, многоугольные сетки в 2D,
- неструктурированные призматические в 3D,
- сгущение/разрежение сеток у заданных точек, полилиний, полигонов.

3. Моделируемые процессы: плотностная конвекция, многокомпонентный массоперенос, конвективно-кондуктивный теплоперенос, гидродинамическая дисперсия, молекулярная диффузия, радиоактивный распад, сорбция.

В 2013 г. генеральным директором Госкорпорации «Росатом» С. В. Кириенко утверждена «Программа доработки и внедрения инновационного отечественного программного продукта «Программный комплекс «НИМФА» на период 2013–2016 годы». В 2015 г. программа была актуализирована.

Программа предусматривает:

- Доработку ПК «НИМФА» в соответствии с потребностями ГК «Росатом»;
- Подготовку его к аттестации в НТЦ ЯРБ;

- Разработку долгосрочной программы использования ПК «НИМФА» в качестве отраслевого стандартного программного продукта для проведения геоэкологических расчетов по оценке воздействия ЯРОО на подземные воды, поверхностные воды и грунты;

- Внедрение ПК «НИМФА» в практику работ ФГБУ «Гидроспецгеология» по оценке воздействия ЯРОО ГК «Росатом» на подземные, поверхностные воды и грунты.

Развитие ПК «НИМФА»

2014 г.

- Доработка и верификация ПК «НИМФА» в части решения геофильтрационных задач с использованием моделей, разработанных ранее ФГБУ «Гидроспецгеология» (площадка А (условное название) ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», территория ГНЦ «НИИАР»).

2015 г.

- Подготовка матрицы верификации.
- Доработка и верификация ПК «НИМФА» в части решения геофильтрационных и геомиграционных задач с использованием моделей (площадка Б (условное название) ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», территория размещения хранилищ отходов бывшего КЧХК).

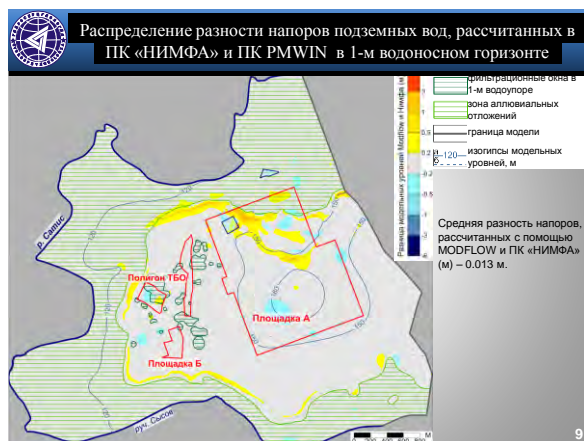
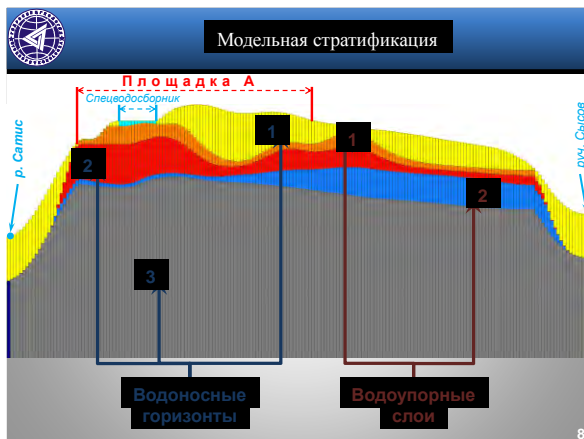
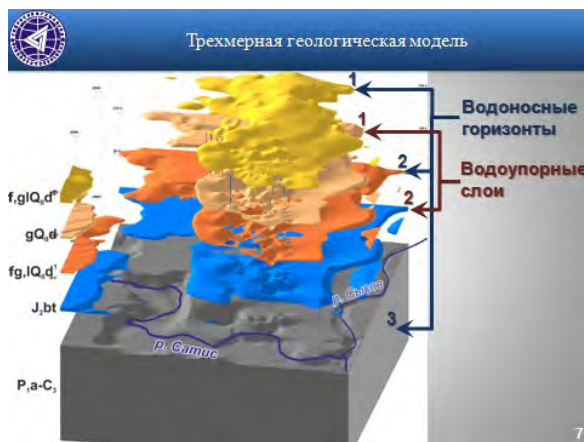
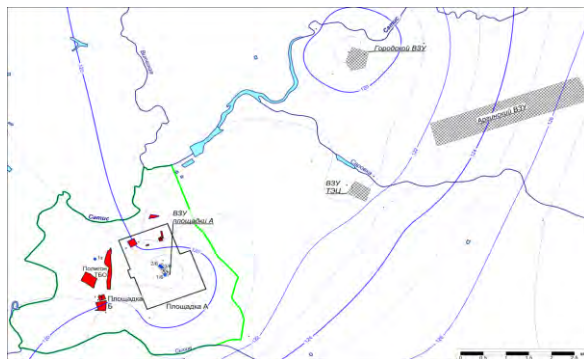
2016 г.

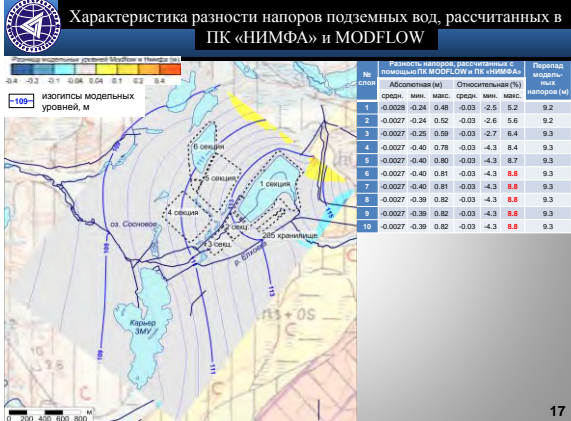
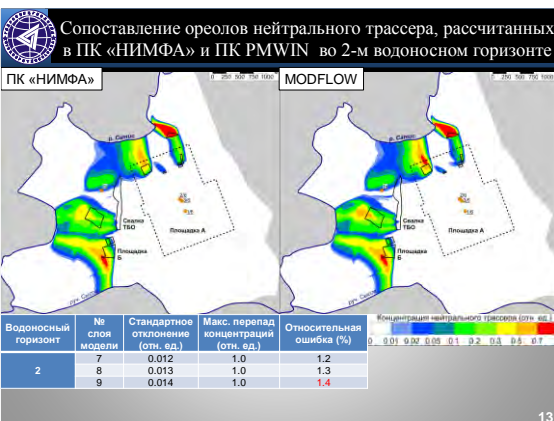
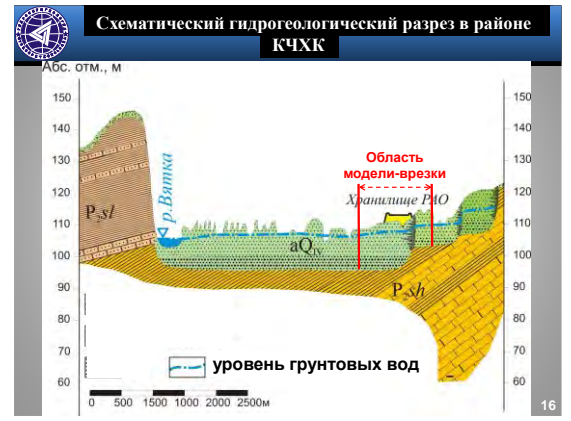
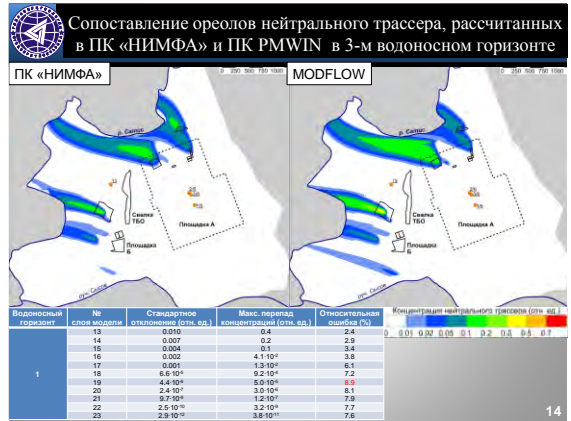
- Аттестация ПК «НИМФА» в НТЦ ЯРБ.

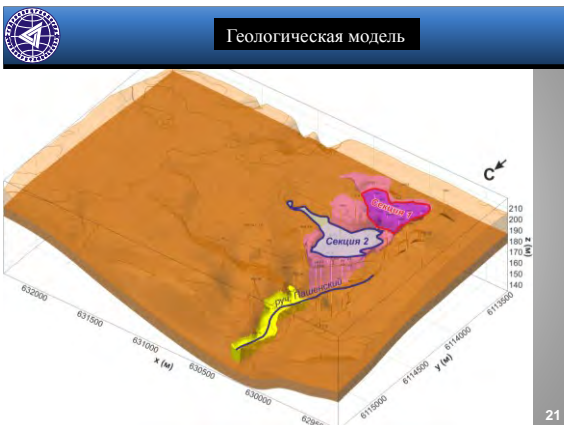
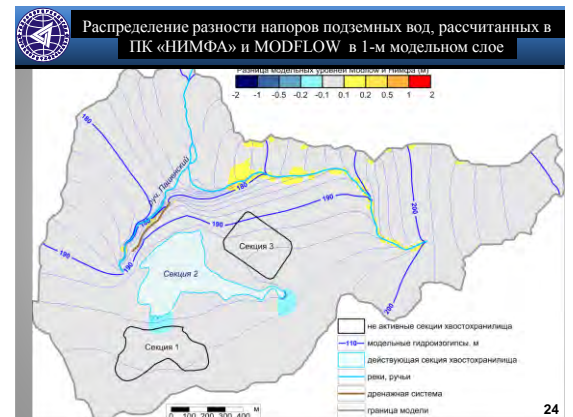
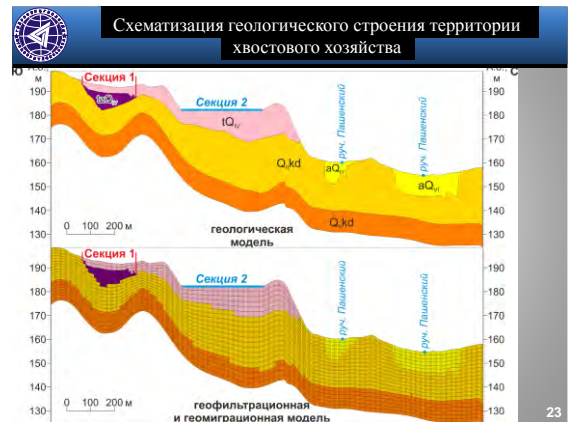
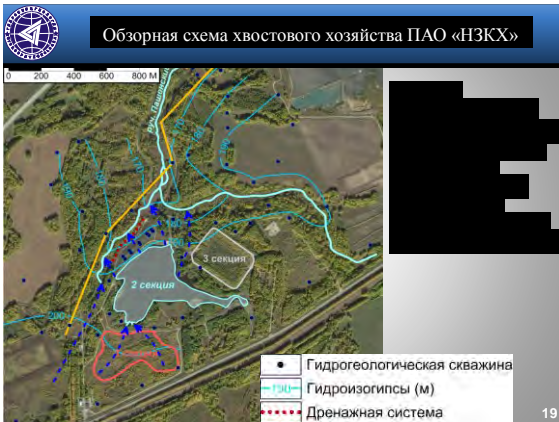
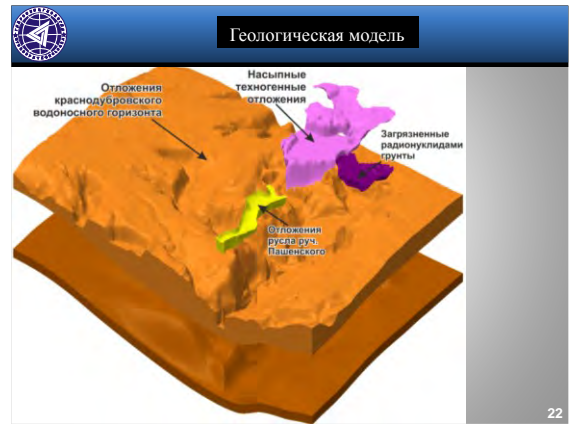
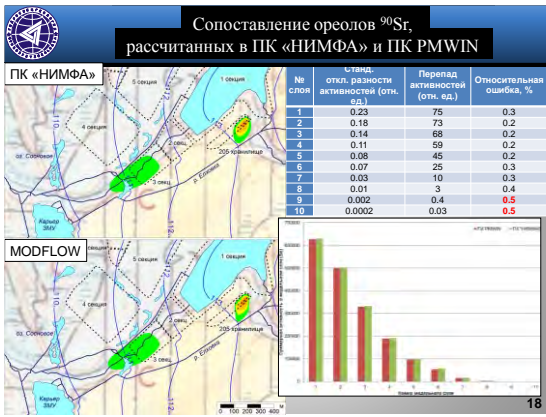
- Доработка и верификация ПК «НИМФА» в части решения геофильтрационных и геомиграционных задач с использованием моделей (водоем-9 ФГУП «ПО «Маяк», участок хвостового хозяйства ПАО «НЗХК»)

- Разработка гидрологического модуля, совместимого с ПК «НИМФА».

Обзорная схема площадок А и Б (условное название) ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».







Количественная характеристика разности напоров подземных вод, рассчитанных в ПК «НИМФА» и MODFLOW

| Модельный слой | Разность напоров, рассчитанных в MODFLOW и ПК «НИМФА» | | | Относительная (%) | | | Перепад модельных напоров (м) |
|----------------|---|-------|-------|-------------------|------|-------|-------------------------------|
| | Станд. откл. | Мин. | Макс. | Станд. откл. | Мин. | Макс. | |
| 1 | 0.058 | -0.92 | 1.53 | 0.14 | -2.3 | 3.8 | 40.6 |
| 2 | 0.055 | -0.39 | 0.69 | 0.14 | -1.0 | 1.7 | 40.5 |
| 3 | 0.055 | -0.39 | 0.46 | 0.13 | -1.0 | 1.1 | 40.5 |
| 4 | 0.054 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.4 |
| 5 | 0.054 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.4 |
| 6 | 0.054 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.4 |
| 7 | 0.054 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.4 |
| 8 | 0.054 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.4 |
| 9 | 0.054 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.4 |
| 10 | 0.054 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.3 |
| 11 | 0.054 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.3 |
| 12 | 0.054 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.3 |
| 13 | 0.054 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.3 |
| 14 | 0.053 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.3 |
| 15 | 0.053 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.3 |
| 16 | 0.053 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.3 |
| 17 | 0.053 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.2 |
| 18 | 0.053 | -0.39 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.2 |
| 19 | 0.053 | -0.38 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.2 |
| 20 | 0.053 | -0.38 | 0.40 | 0.13 | -1.0 | 1.0 | 40.2 |

Основные выводы

- ПК «НИМФА» – инновационная разработка ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» предназначена для выполнения инженерных расчетов с использованием супер-ЭВМ, которая обладает рядом преимуществ по сравнению с существующими программными продуктами.

- Программой доработки и внедрения ПК «НИМФА» предусмотрено внедрение в качестве отраслевого стандартного программного продукта в практику работ по

оценке воздействия ЯРОО Госкорпорации «Росатом» на подземные, поверхностные воды, что требует апробации ПК «НИМФА» на реальных объектах Госкорпорации «Росатом».

- Многолетний опыт ФГБУ «Гидро-спецгеология» по разработке геофильтрационных и геомиграционных моделей объектов Госкорпорации «Росатом» позволяет провести верификацию и доработку ПК «НИМФА» с использованием ранее разработанных математических моделей конкретных объектов расположения ЯРОО.