



Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации  
Федеральное агентство по недропользованию

Федеральное государственное унитарное геологическое предприятие  
«Гидроспецгеология»

# **ОПЫТ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОМСН**

**А.А. Куваев (ФГУГП «Гидроспецгеология»)**

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ»**

30-31 октября 2013г.  
Москва



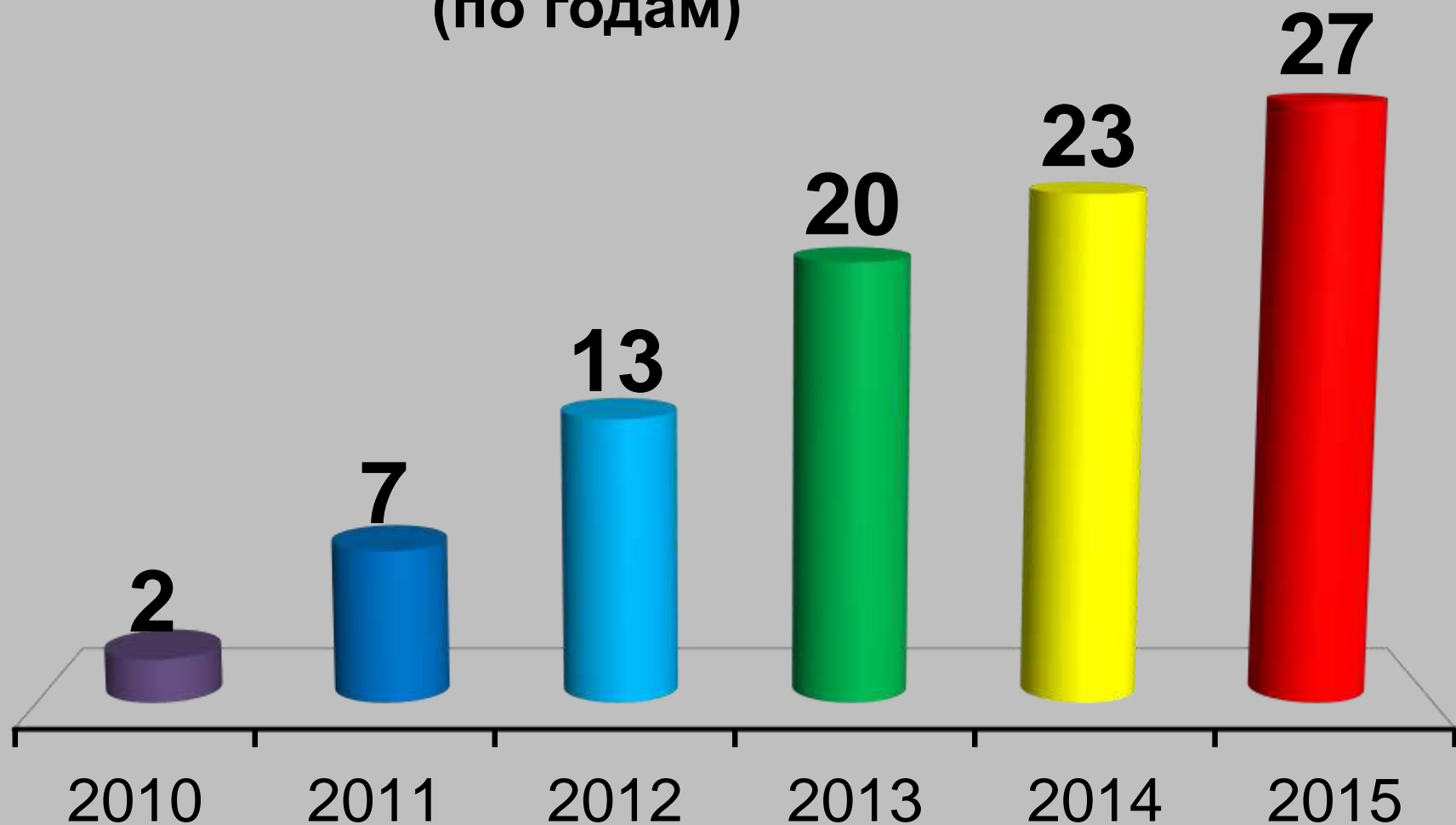
# Математическое моделирование-важнейший инструмент исследований

## Основные задачи моделирования:

- эпигнозные расчеты;
- прогнозные расчеты;
- оптимизация сети ОМСН;
- обоснование реабилитационных мероприятий.



## Количество математических моделей (по годам)





# Программные продукты, используемые в работах ФГУПП «Гидроспецгеология»

Программный продукт	Разработчик	Назначение
<b>GEON-3D/ GEON-3DM</b>	ЗАО "Геоспецэкология", аттестационный паспорт НТЦ ЯРБ №294 от 14.04.2011	3D моделирование геофильтрации и геомиграции с учетом плотностных эффектов
<b>PMWIN-8</b>	Simcore Software	3D моделирование геофильтрации и геомиграции с учетом плотностных эффектов с использованием кодов <b>MODFLOW, MT3DMS,</b> <b>FEMWATER, SEAWAT 2000</b>
<b>Argus ONE</b>	Argus Holding Ltd.	
<b>GMS</b>	AQUAVEO Water modeling Solution	



# Программные продукты, используемые в работах ФГУГП «Гидроспецгеология» (продолжение)

Программный продукт	Разработчик	Назначение
<b>TOUGH2/ TOUGHREACT1.2</b>	LBNL (USA)	3D моделирование многофазной геофильтрации и геомиграции с учетом плотностных эффектов и химических реакций
<b>ANSDIMAT</b>	ИГЭ РАН	Обработка и интерпретация данных ОФР
<b>HYDRUS</b>	Jirka Simunek Miroslav Sejna Rien van Genuchten	3D моделирование геофильтрации и геомиграции в насыщенной и ненасыщенной зоне



# Концептуальная гидрогеологическая модель (Калининская АЭС)

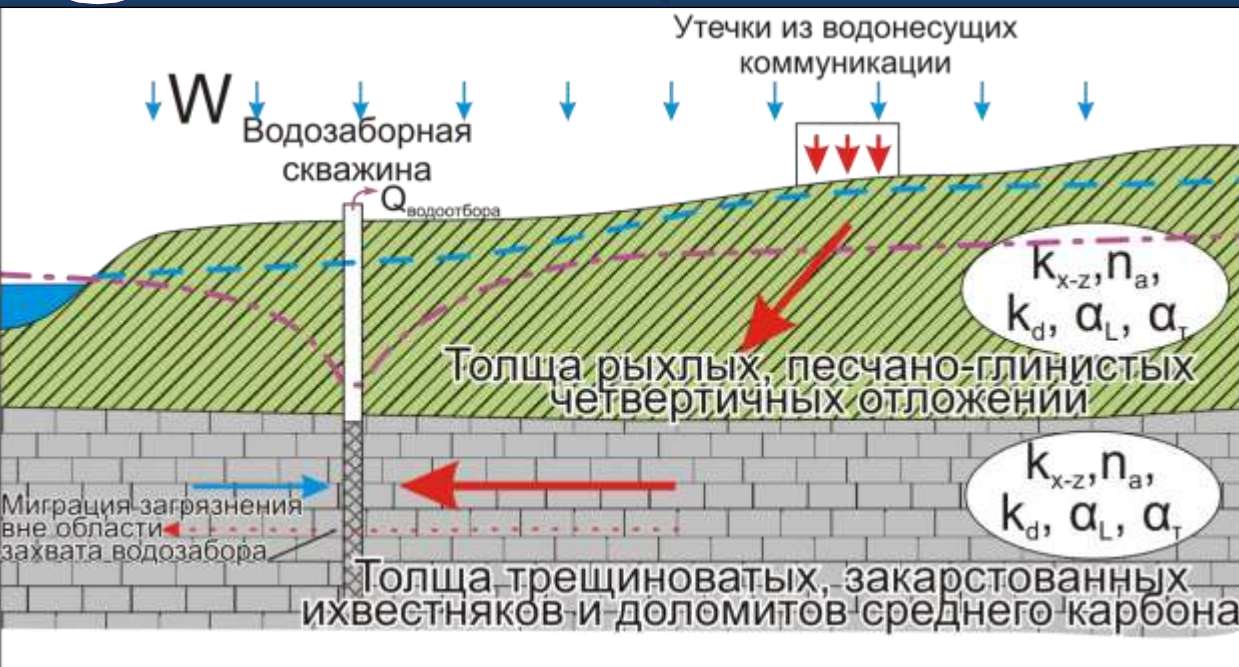
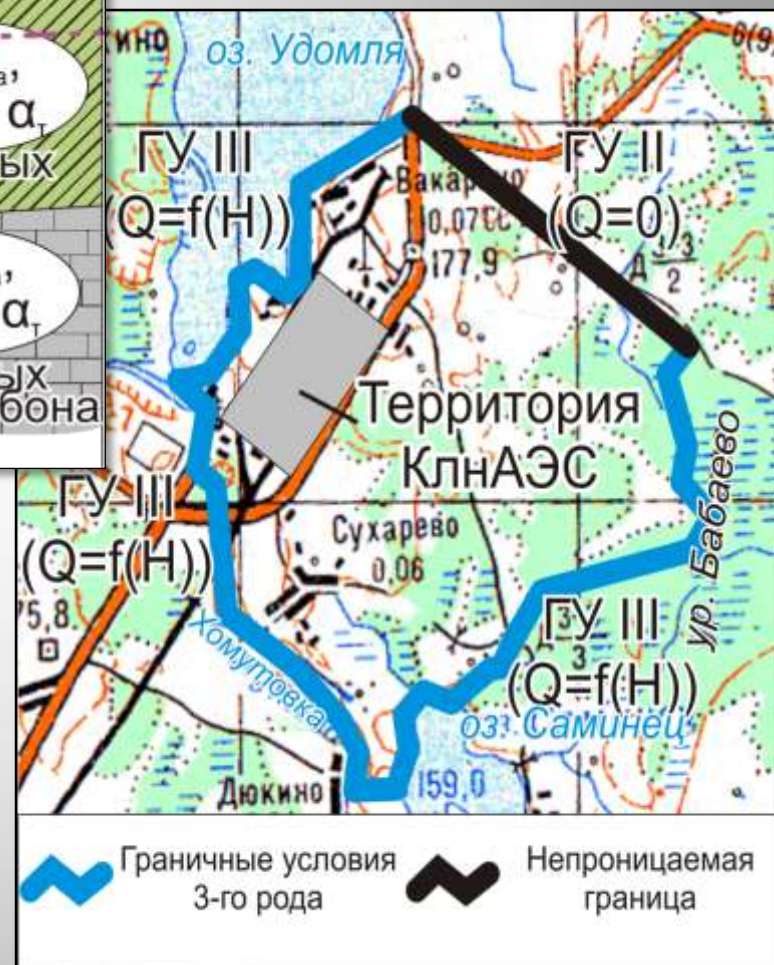


Схема граничных условий геофильтрационного потока

Схема формирования геофильтрационного и геомиграционного потоков на участке Калининской АЭС



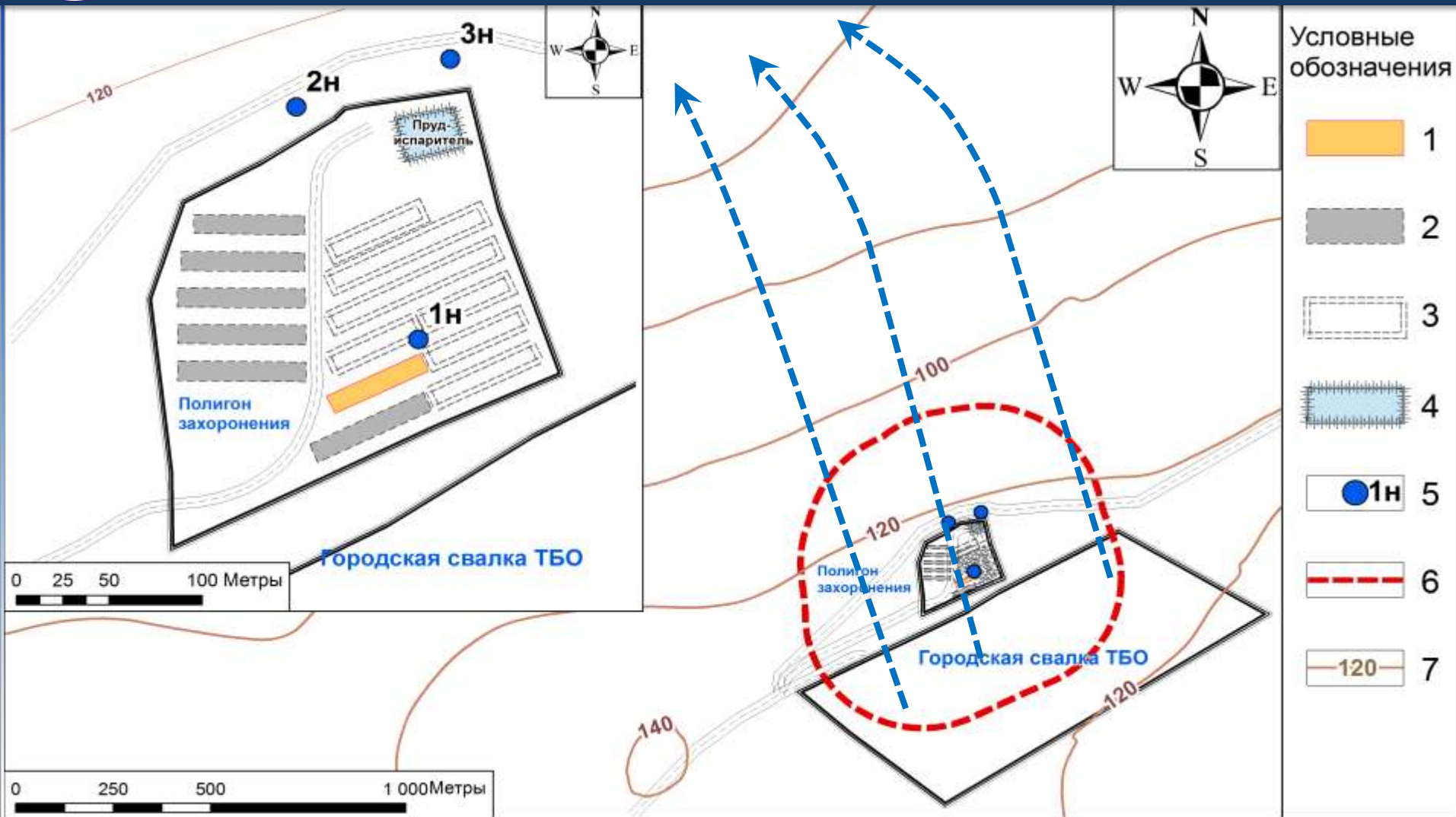


## Разведочная гидрогеологическая модель

- Для некоторых объектов информация, содержащаяся в базе данных ОМСН, нередко оказывается недостаточной для разработки достоверной математической модели.
- В такой ситуации с использованием разведочных модельных расчетов дается предварительная оценка ореолов загрязнения и обоснование необходимых полевых работ (опробований и наблюдений).



# Гидрогеологические условия полигона захоронения бериллийсодержащих отходов ФГУП «Базальт»



1. Действующие карты
2. Законсервированные карты
3. Проектируемые карты
4. Пруд-отстойник

5. Действующая скважина, ее номер
6. Граница СЗЗ
7. Изолинии рельефа, м





# Предварительная оценка скорости миграции бериллия в грунтовых водах

$$U_m = \frac{K I}{n_a R} \quad R = 1 + \frac{\rho_n}{n_a} K_d$$

$I = 0.01$

$K = 0.06$  м/сут

$R = 1.3 \times 10^4$

$\rho_n = 1830$  кг/м<sup>3</sup>

$n_a = 0.15$

$K_d = 1.1$  м<sup>3</sup>/кг

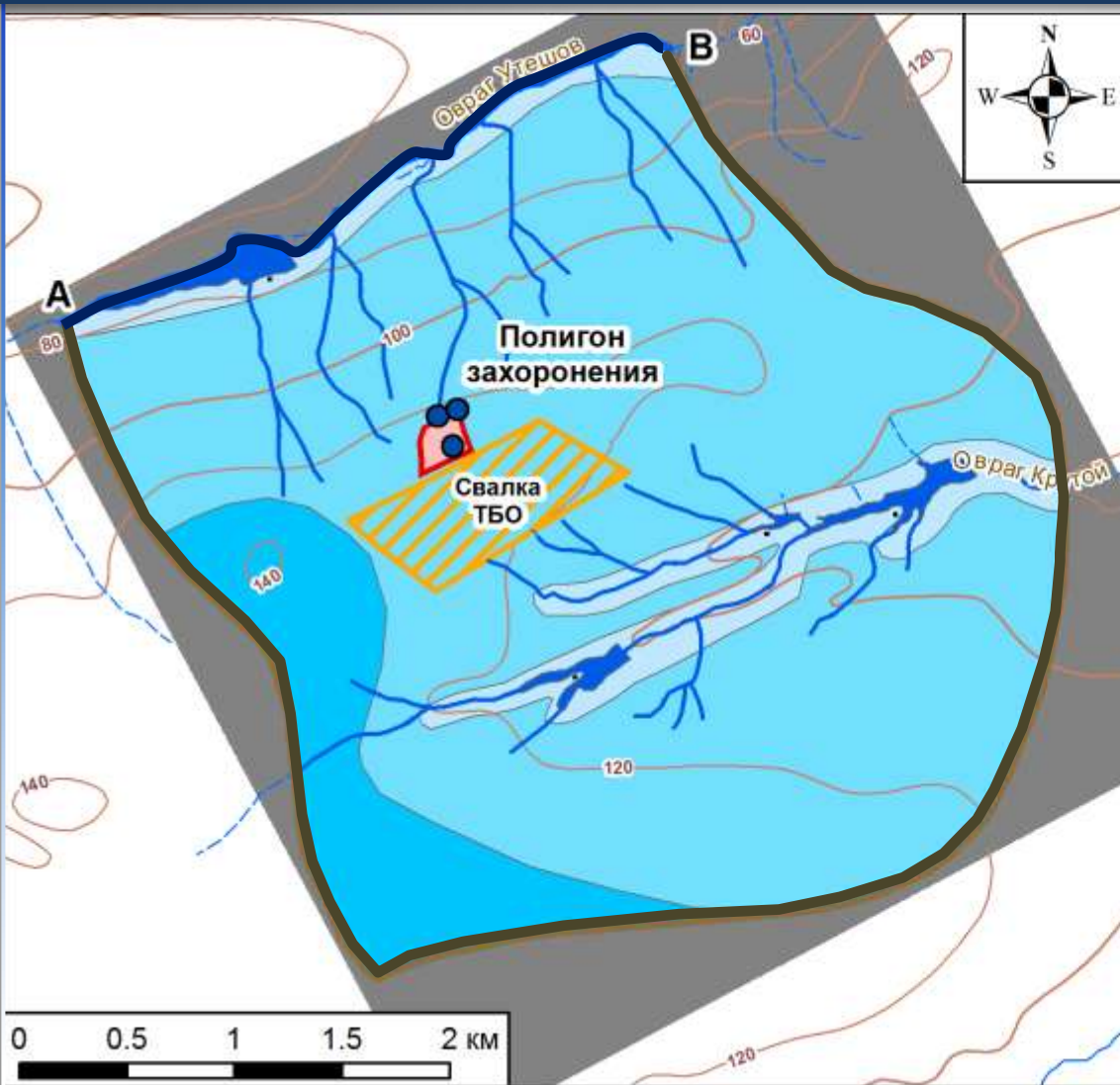
- градиент (уклон) грунтового потока;
- коэффициент фильтрации водоносного горизонта;
- фактор задержки;
- объёмная масса грунта;
- активная пористость водовмещающих отложений;
- коэффициент распределения бериллия в системе «раствор – порода», рассчитанный по данным полевых опробований



**Расчетная скорость миграции бериллия  
менее 1 см. за 100 лет**



# Геофильтрационная схема разведочной модели



1. Непроницаемые границы
2. Граничные условия III-го рода
3. Неактивные блоки

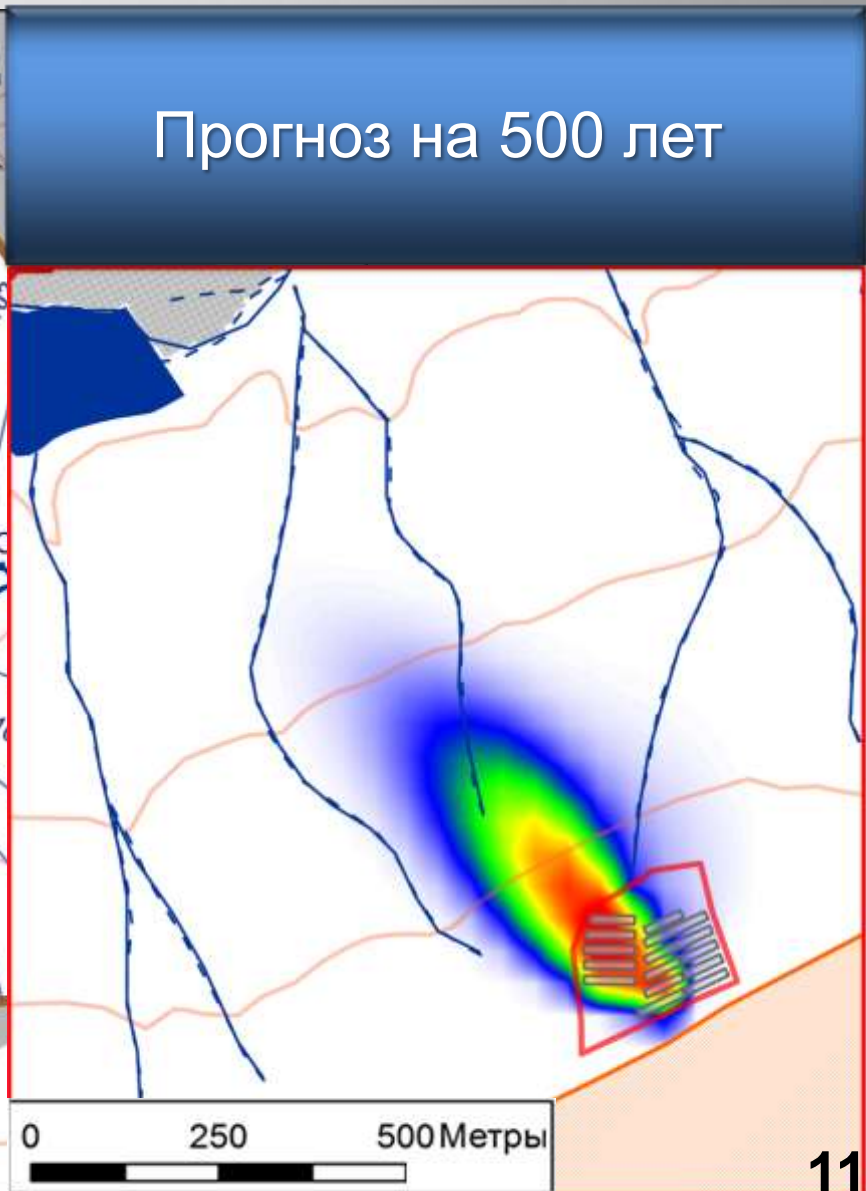
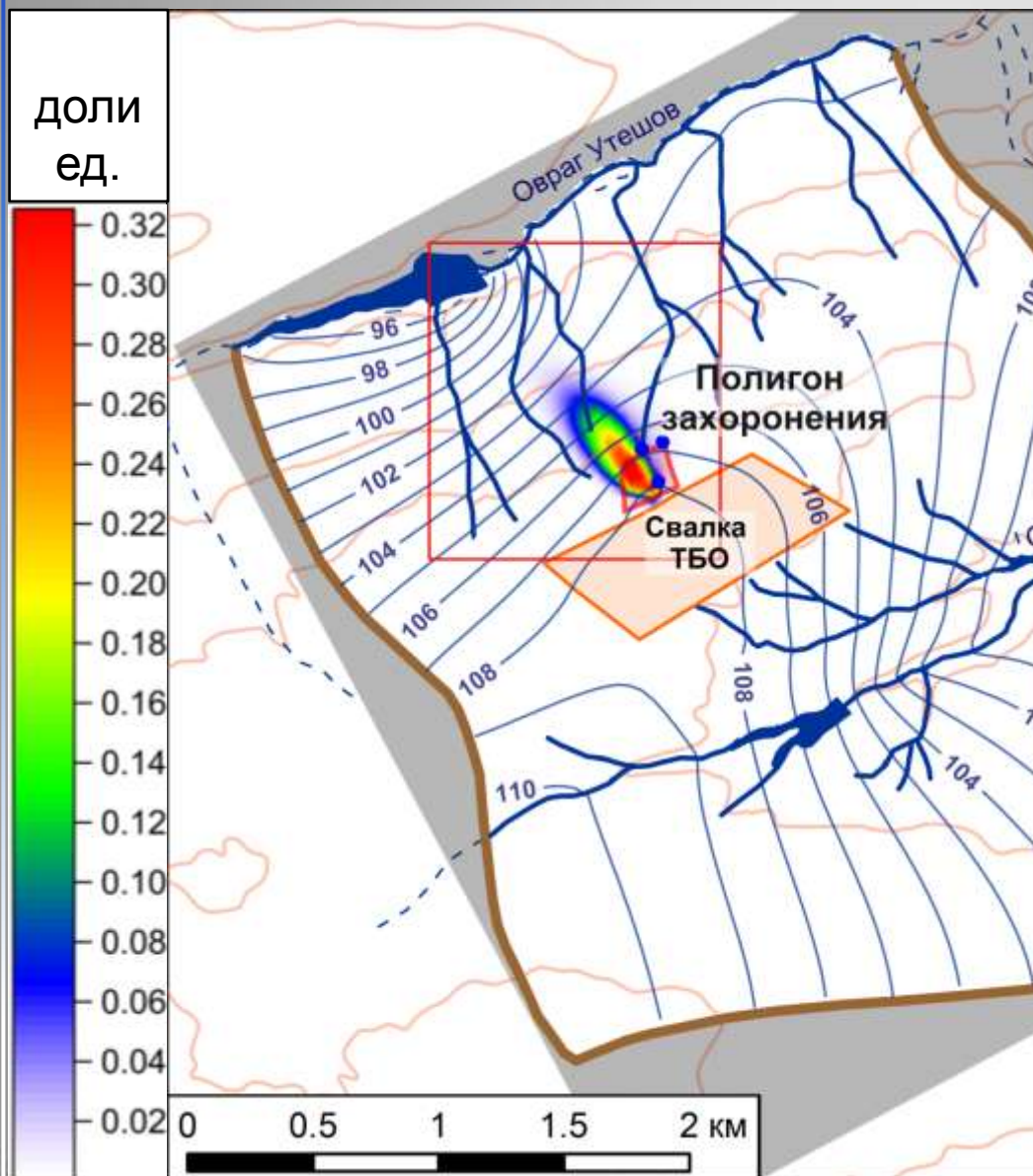
Зоны инфильтрации:

4. Водоразделы
5. Склоны
6. Поймы рек
7. Объекты ФГУП «Базальт»
8. Городская свалка ТБО
9. Наблюдательные скважины





# Гипотетический ореол распространения нейтрального мигранта от полигона ФГУП «Базальт»

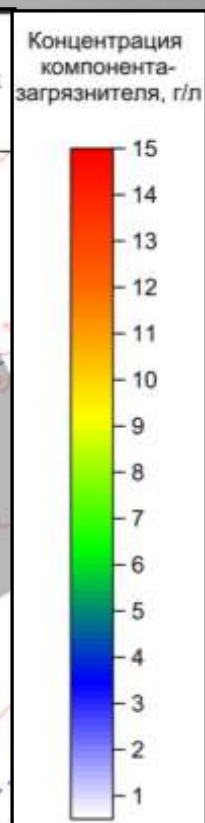
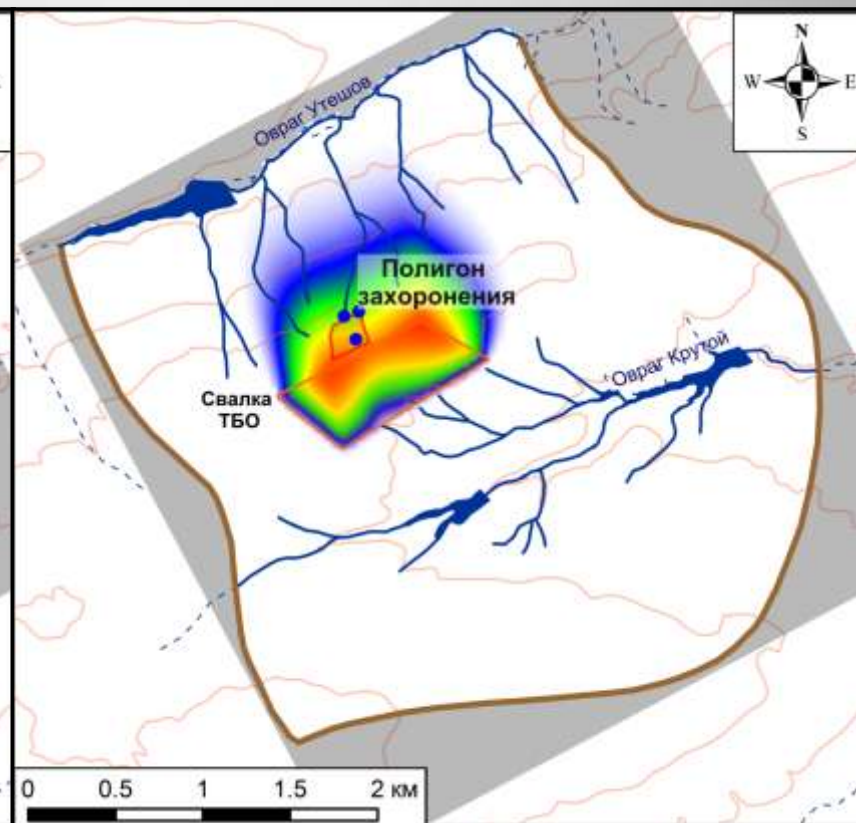
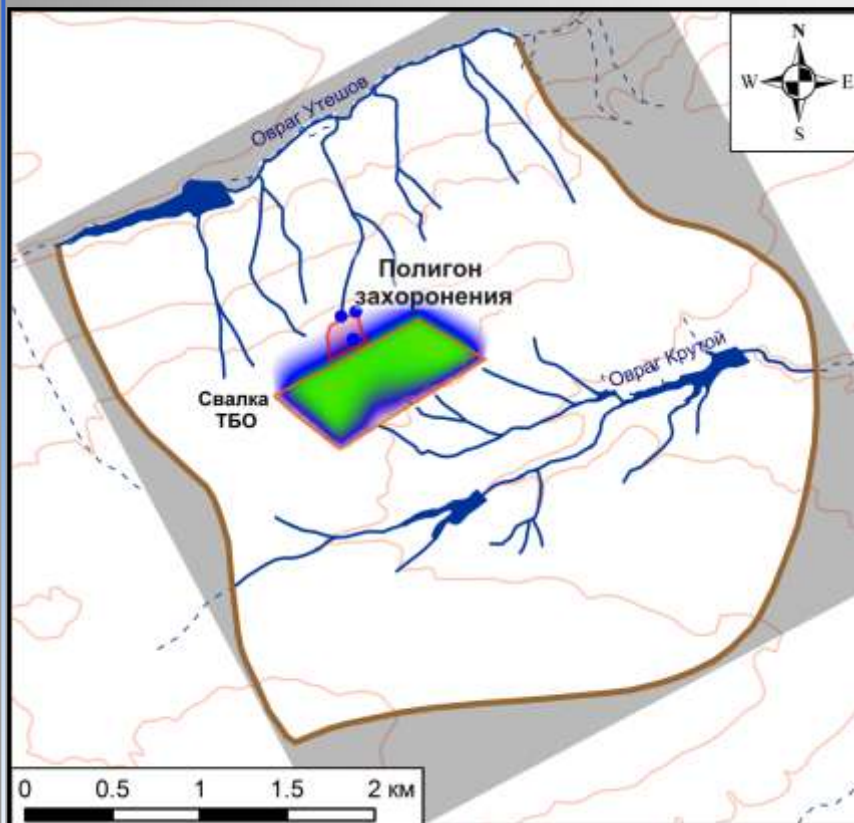




# Ореол распространения нейтрального мигранта от городской свалки ТБО

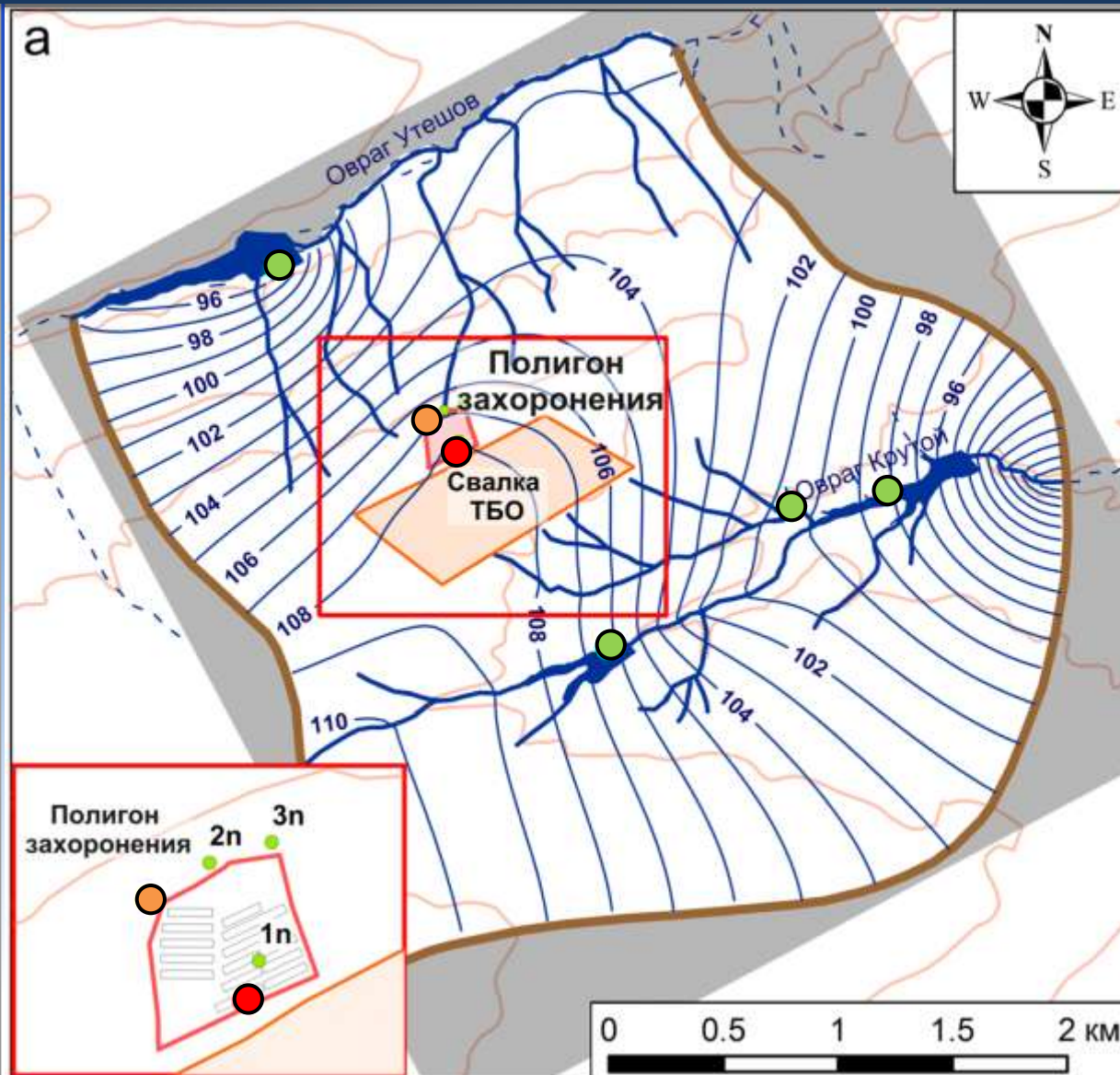
## Современный ореол

## Прогноз на 500 лет





# Рекомендации по развитию системы ОМСН

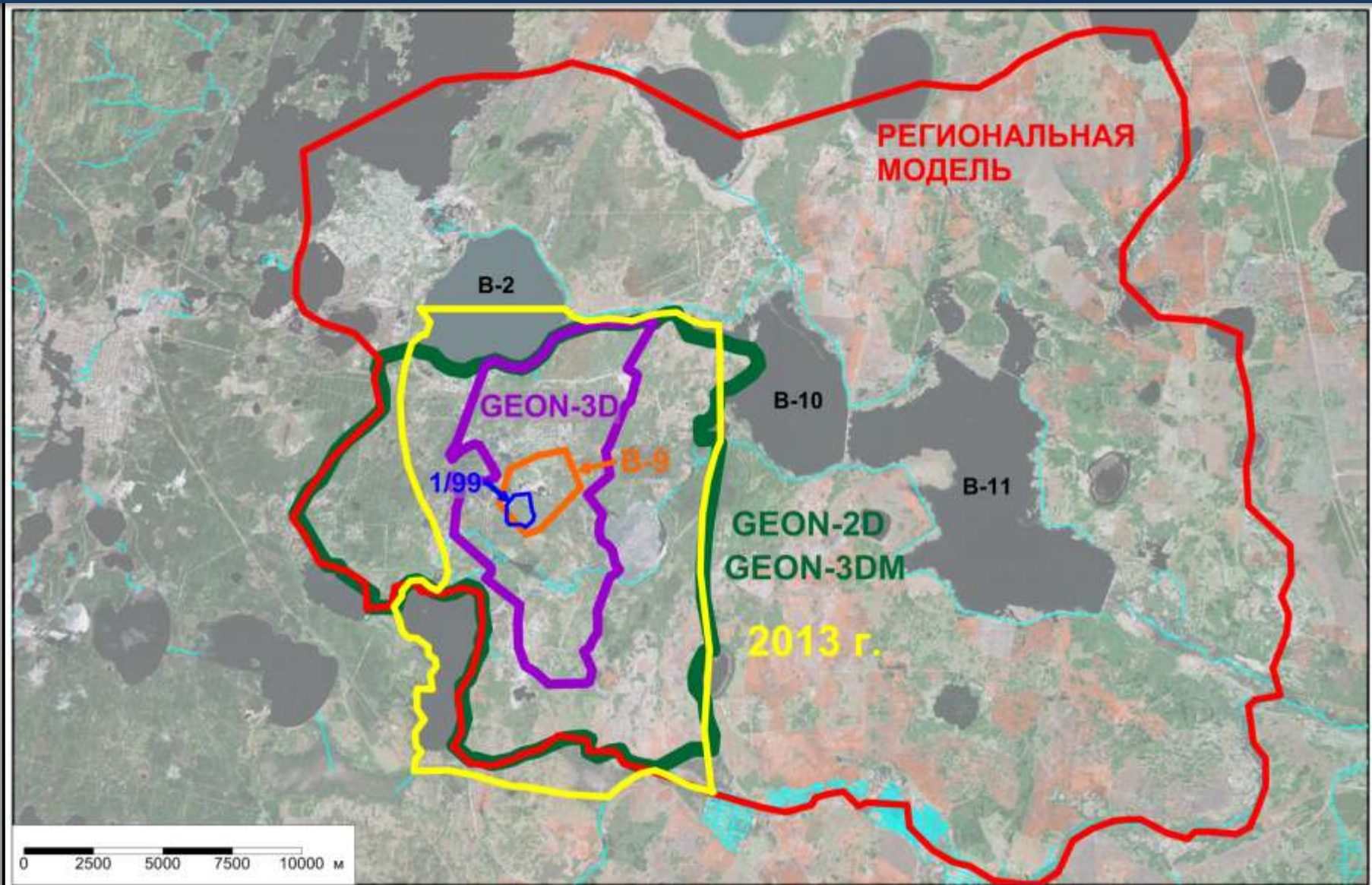


1. Бурение разведочно-наблюдательной скважины глубиной 50 м (●);
2. Бурение разведочно-наблюдательной скважины глубиной 30 м (●);
3. Установка гидропостов в районе объектов наблюдения (●);
4. Проведение лабораторных исследований  $K_d$  бериллия в системе «раствор – порода»;
5. Выполнение высотной привязки устьев скважин;
6. Проведение опытных откачек во всех наблюдательных скважинах.



# Постоянно действующая гидрогеологическая модель

• Принимая во внимание, что в результате ОМСН постоянно появляется новая информация об объекте, а природно-техногенные условия могут измениться, в ряде случаев представляется целесообразным создание постоянно действующих математических геофильтрационных и геомиграционных моделей участков расположения ЯРОО, регулярно обновляемых на основе данных мониторинга и специальных изысканий, поступающих в базу данных.





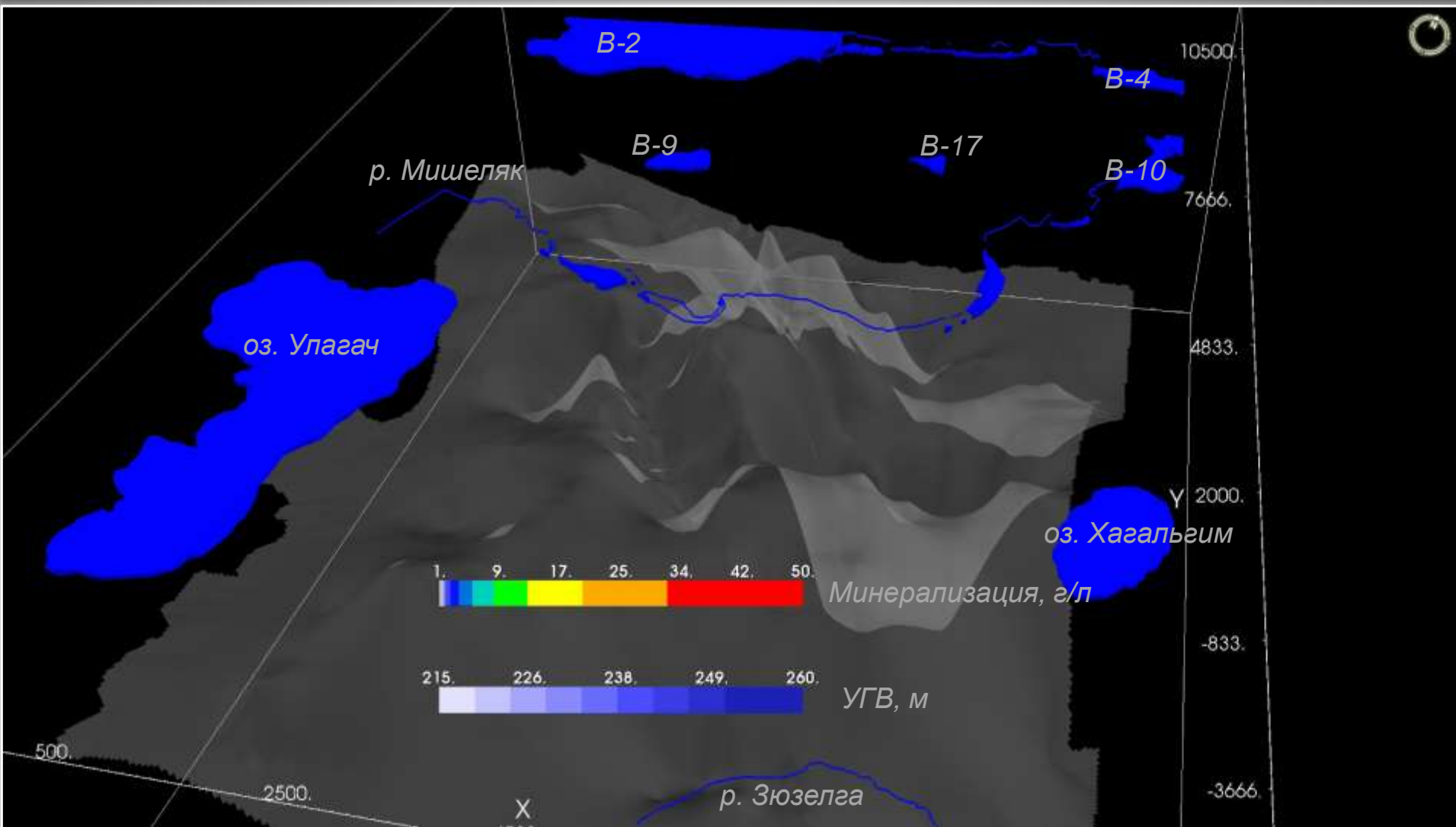
## Адаптированная модель участка «Междуречье»

- Плотность рассолов рассматривается как функция общей минерализации  $\rho=f(M)$ , а не содержания нитрата натрия
- Учитывается закономерное изменение коэффициента фильтрации и активной пористости с глубиной
- Учитывается техногенное питание на территории заводов **ПО «МАЯК»**
- Использован низкодисперсионный алгоритм расчета миграции **TVD-4**





# Динамика линзы промышленных рассолов в районе оз. Карачай в 1950 – 2010 г.





# ПК «НИМФА» – инновационный программный продукт

Программный продукт	Разработчик	Назначение
<b>НИМФА</b> (стадия доработки и тестирования)	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (с привлечением специалистов МГУ им. М.В.Ломоносова ИГЭ РАН)  <p>ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— 2010 год: 1.1 Тфлопс</li><li>— 2011 год: 3.1 Тфлопс</li><li>— 2012 год: 5 Тфлопс</li></ul>	3D моделирование геофильтрации и геомиграции с учетом плотностных эффектов с применением современных высокопараллельных СуперЭВМ



## Основные выводы

**Математическое моделирование-эффективный инструмент получения количественной информации о характере и степени воздействия объекта на недра.**

**Важнейшая проблема, которую предстоит решить в ближайшем будущем-увеличение количества расчетных ячеек при повышении скорости счета.**

**Перспективным направлением развития вычислительных технологий –применение современных высокопараллельных СуперЭВМ**



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**