

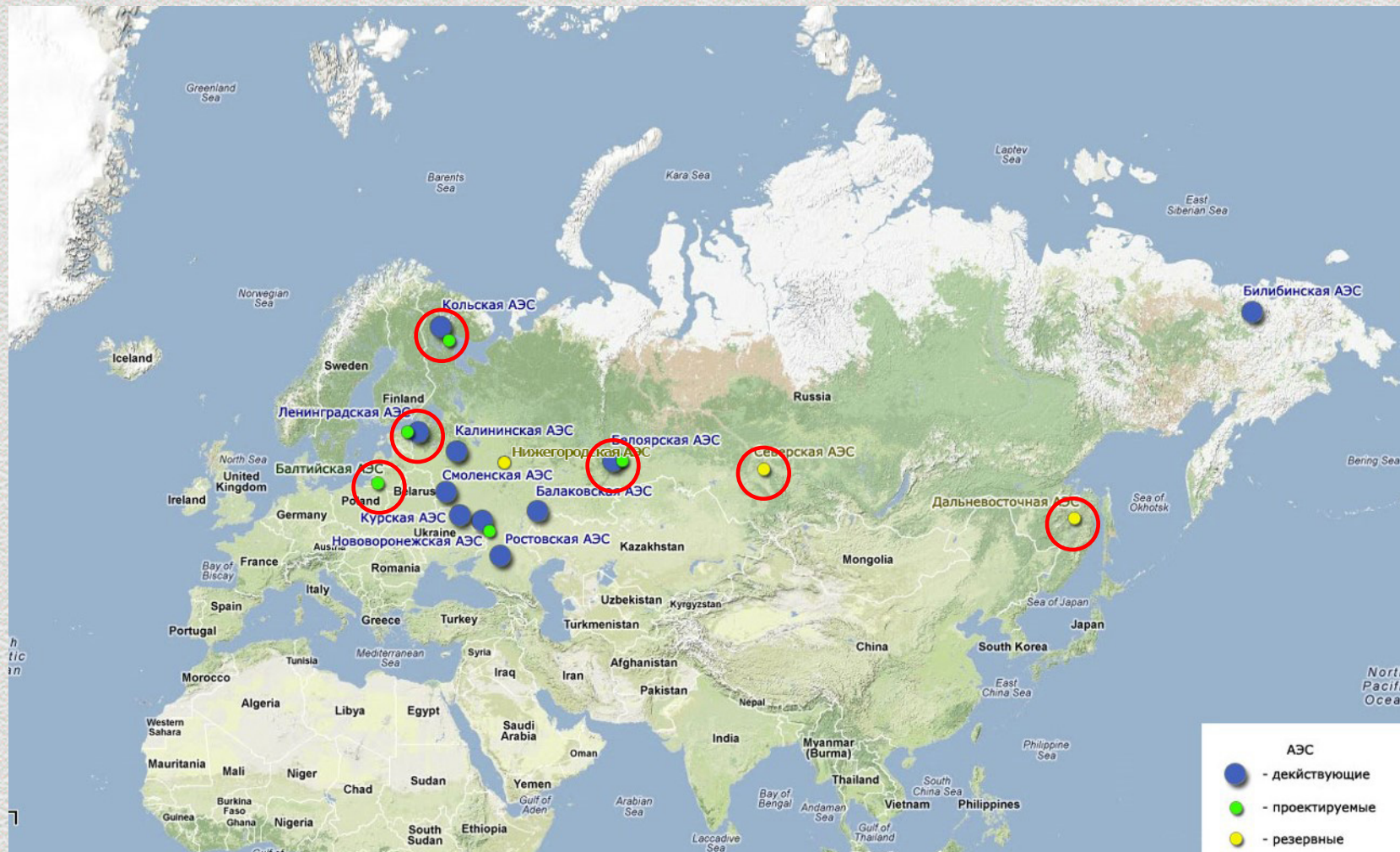
Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, СПб Отделение

**Комплекс гидролого-гидрогеологических  
моделей в связи с охраной водных  
объектов в зоне влияния атомных станций  
(на примере Белоярской АЭС)**

**Румынин В.Г., Никуленков А.М., Синдаловский Л.Н.**

«Атом-Эко 2013»  
31 октября 2013 г.

# Действующие и проектируемые АЭС РФ



**АЭС**

- - действующие
- - проектируемые
- - резервные

○ - деталирные исследования

Увеличение к 2025 г. доли электроэнергии, выработанной на АЭС за счет строительства 26 новых энергоблоков, с 16 до 25%.



## **ЦЕЛЬ (ДОКЛАДА):**

Иллюстрация возможностей современных модельных комплексов для оценки и прогноза состояния водных экосистем и подземных вод в зоне влияния АЭС

## **СОДЕРЖАНИЕ:**

- Факторы воздействия, природные объекты и среды
- Выбор и адаптация программных средств
- Согласование прогнозных моделей:
  - со штатным режимом эксплуатации АЭС
  - с аварийными сценариями на АЭС
- Экспериментальное обеспечение моделей и их калибровка
- Оценка биологического отклика и экологического риска

## **ПРИМЕР (АПРОБАЦИЯ):**

Белоярская АЭС

# Факторы воздействия

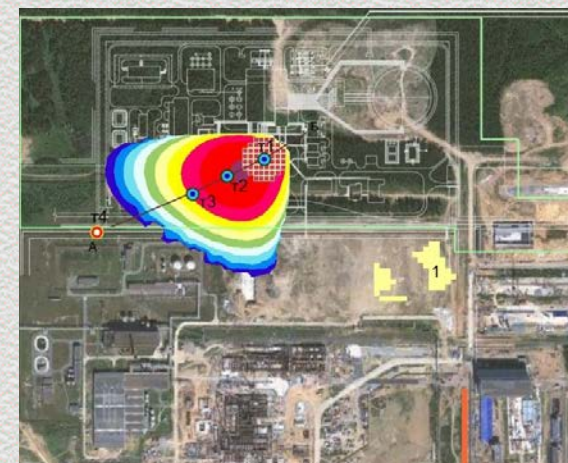
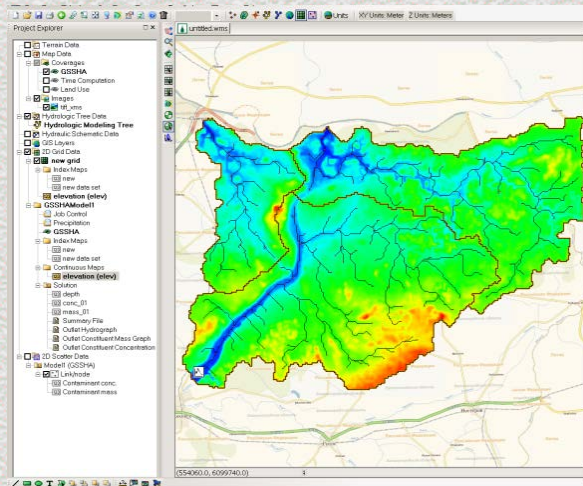
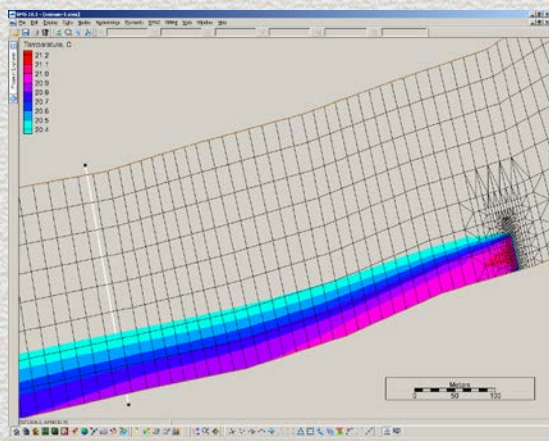
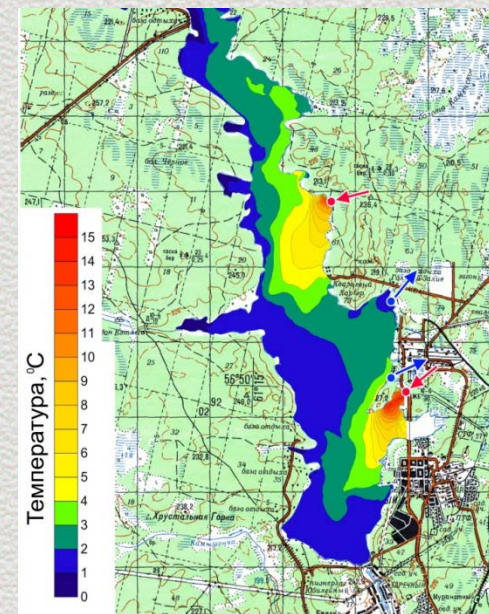
- Температурный
- Химический
- Радиационный

# Среды

- Поверхностные воды
- Подземные воды
- Почвы
- Донные отложения водоемов
- Биологические объекты (гидробионты, ихтиофауна ...)

# Объекты (водные) моделирования в зоне потенциального влияния АЭС

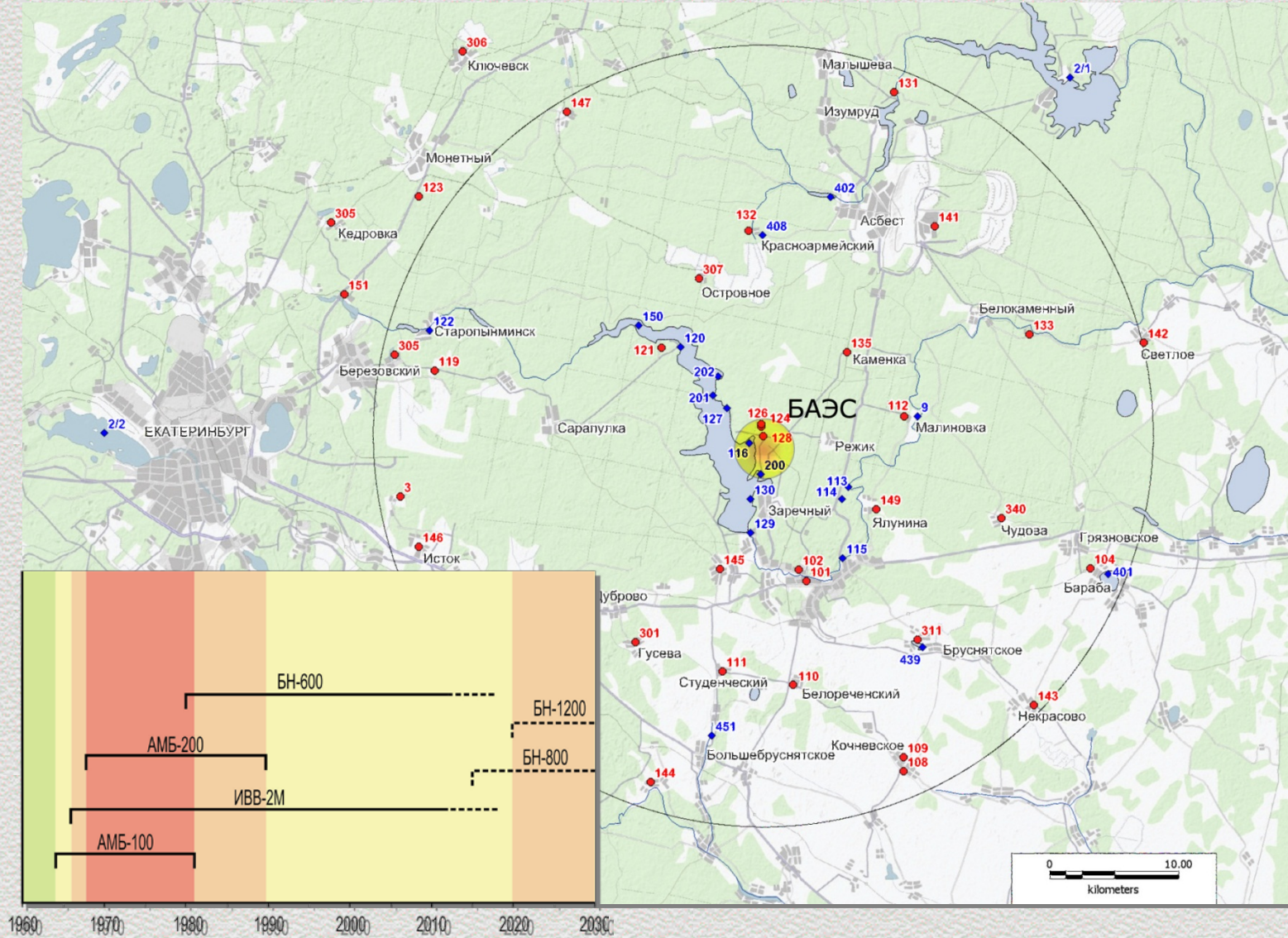
- Водоохранилище-охладитель
- Реки
- Поверхностный сток
- Водоносные горизонты



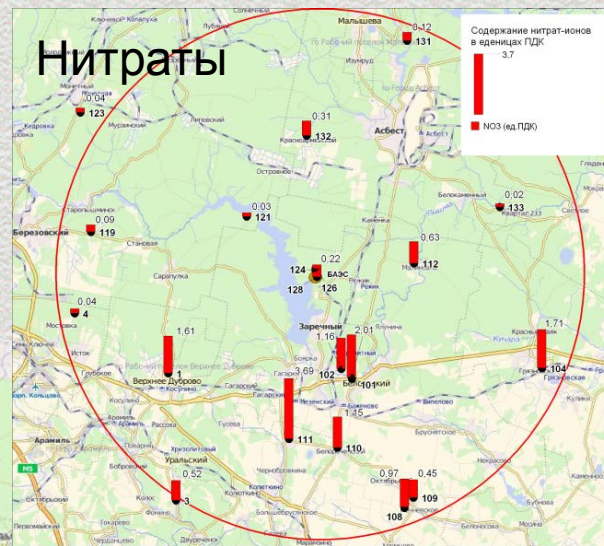
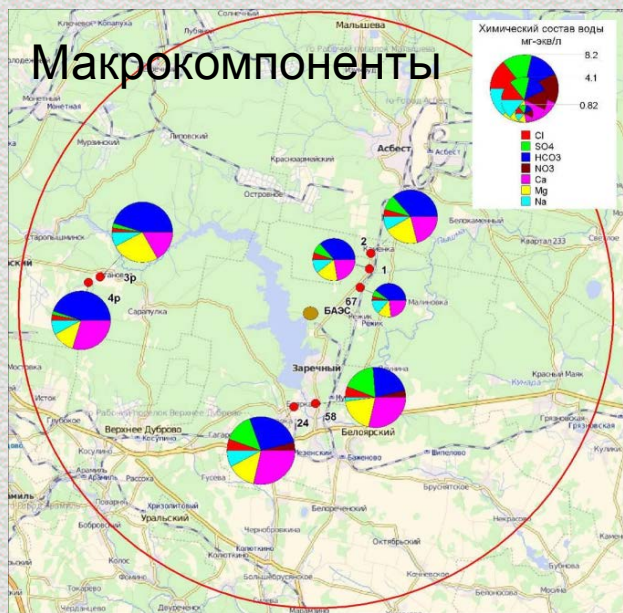


# 1. Белоярская АЭС: характеристика атомно-энергетического комплекса и оценка воздействия по данным мониторинга

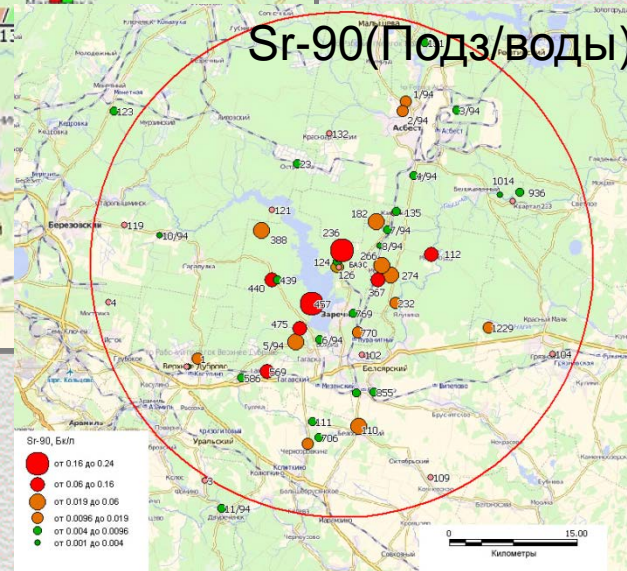
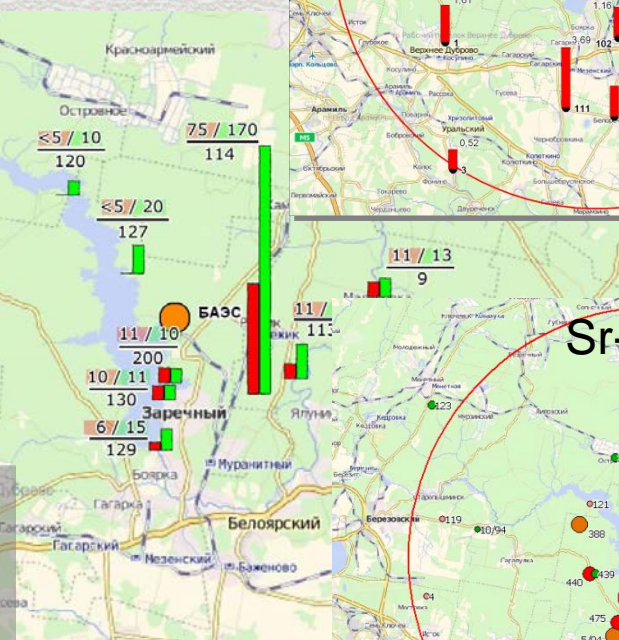
# Карта фактического материала (30 км зона)



# Химический, радиационный, гидробиологический и термический мониторинг природных вод

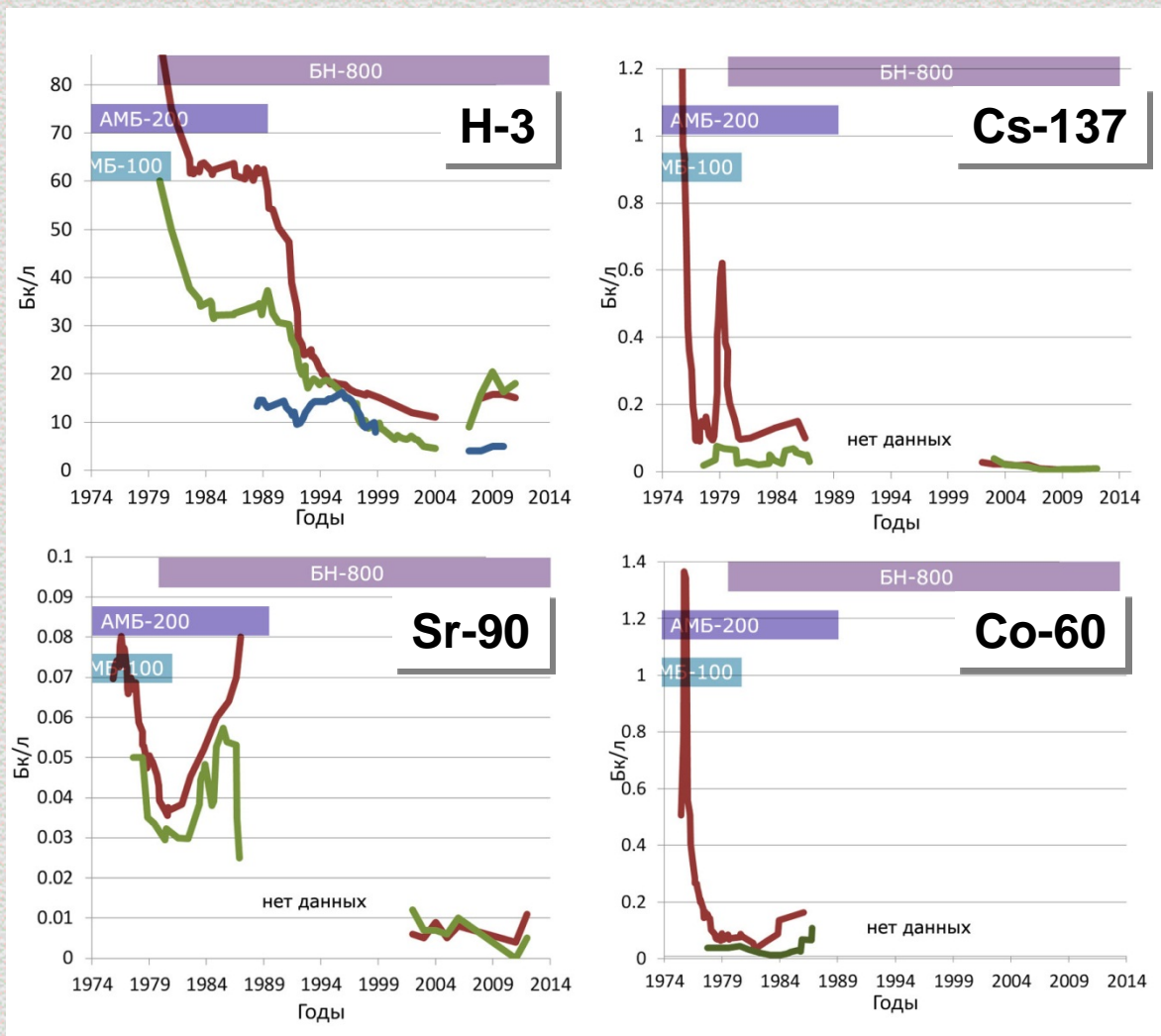


Sr-90, Cs-137

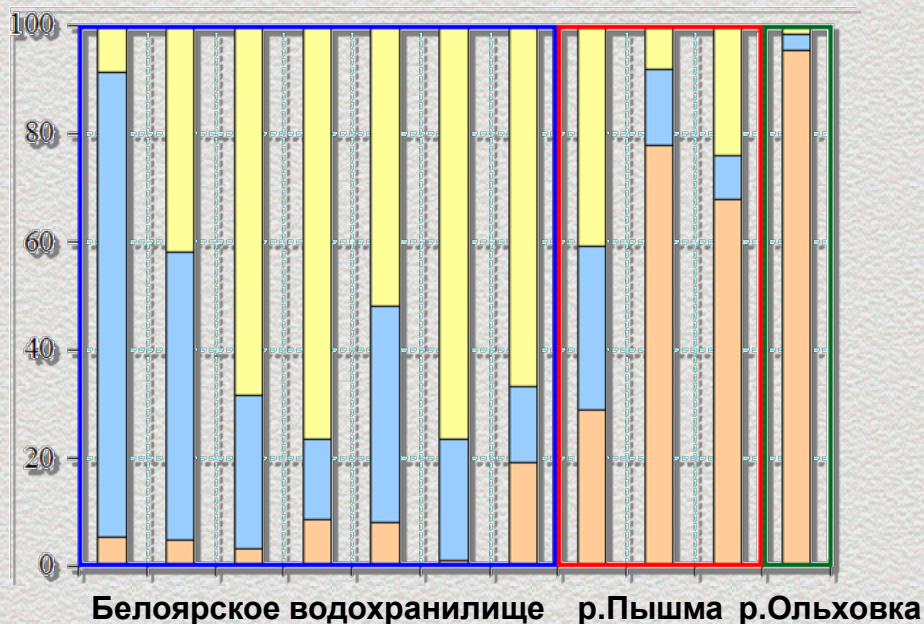




# Техногенные радионуклиды в природных водах в зоне влияния БАЭС

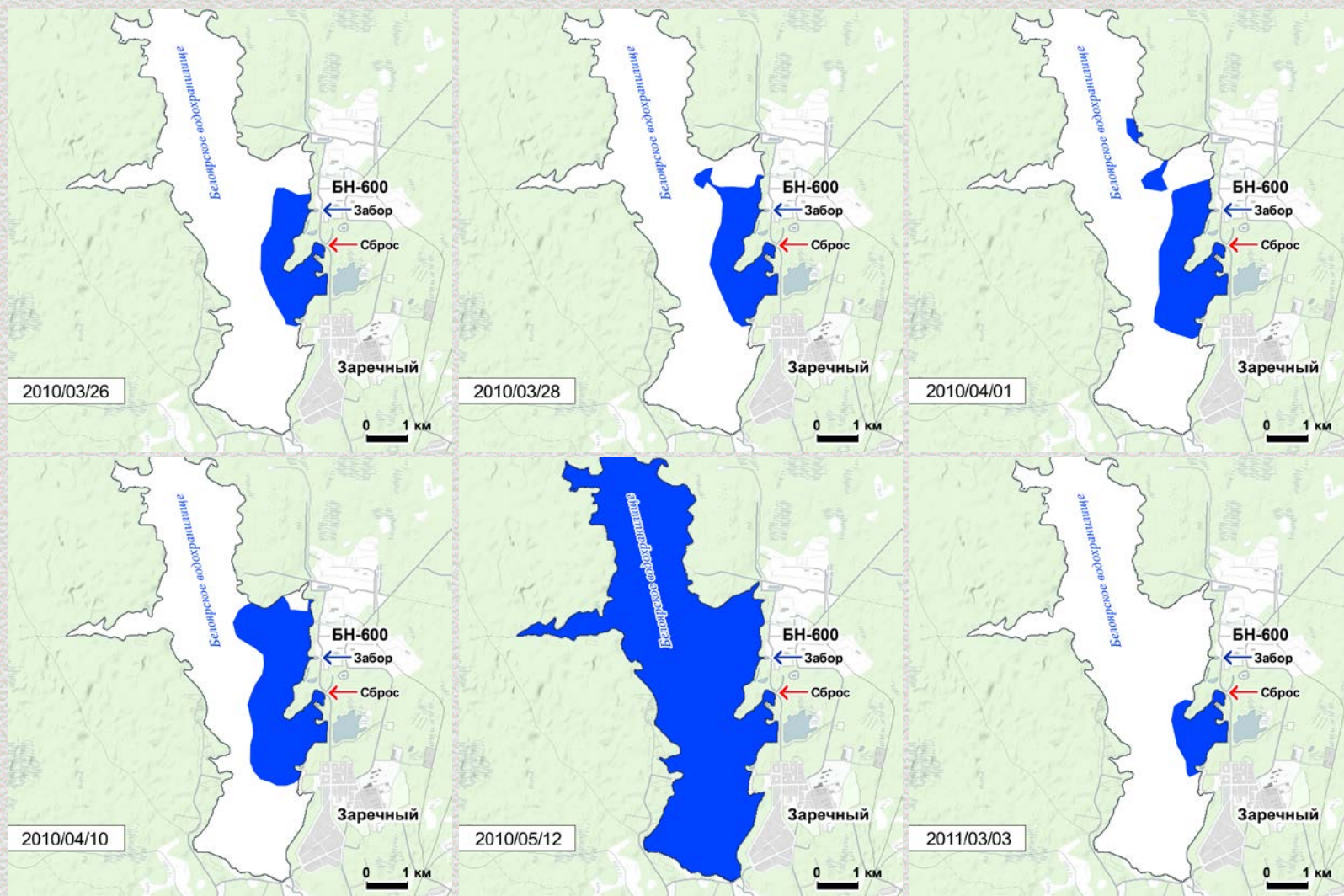


# Состав зоопланктона в зависимости от степени загрязнения водоемов и водотоков 30 км зоны Белоярской АЭС в летний период 2012 г.



- Коловратки (показатели загрязненных вод)
- Веслоногие ракообразные (показатели чистых и слабозагрязненных вод)
- Ветвистоусые ракообразные (показатели процессов биологического самоочищения водоемов)

# Конфигурация полыньи по данным дешифрирования космоснимков (2010 г.)





## 2. Модель водоема-охладителя

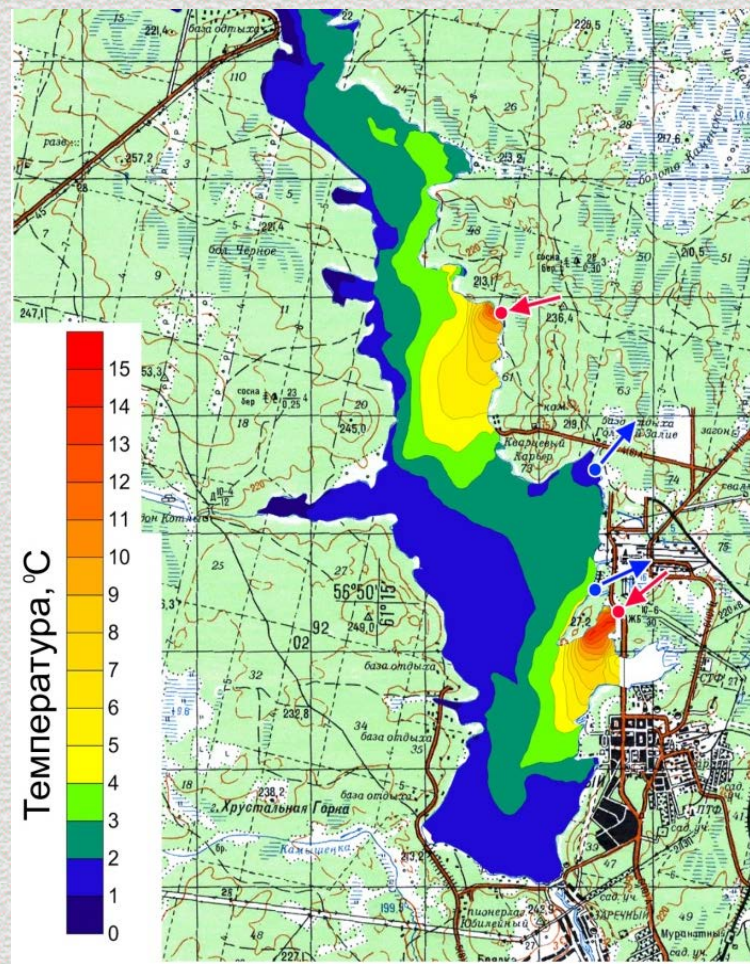
## Входные характеристики

1. Метеорологические воздействия:
  - ветровая нагрузка
  - колебания суточных температур
2. Гидрологический режим р. Пышма
3. Сценарии ввода в эксплуатацию э/блоков

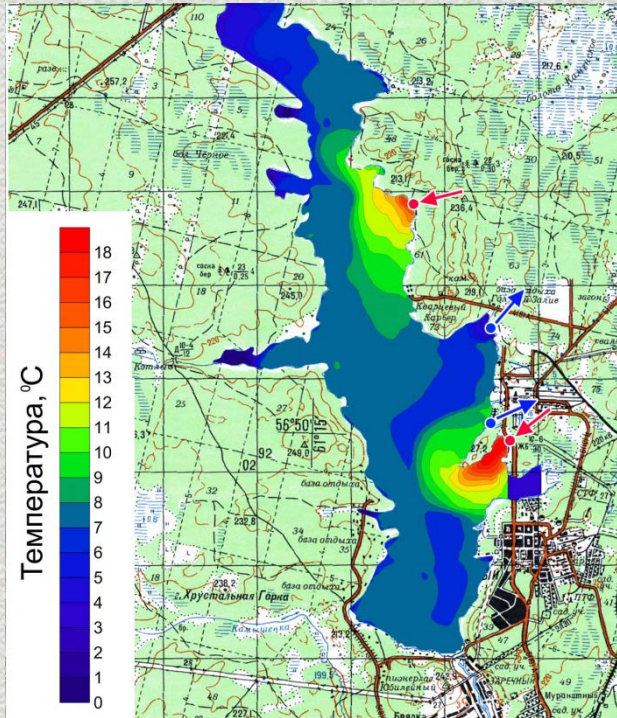
## Сценарии

№ сценария	БН-600	БН-800	БН-1200
1	-	-	-
2	+	-	-
3	+	+	-
4	+	+	+
5	-	+	+
5+	-	-	+

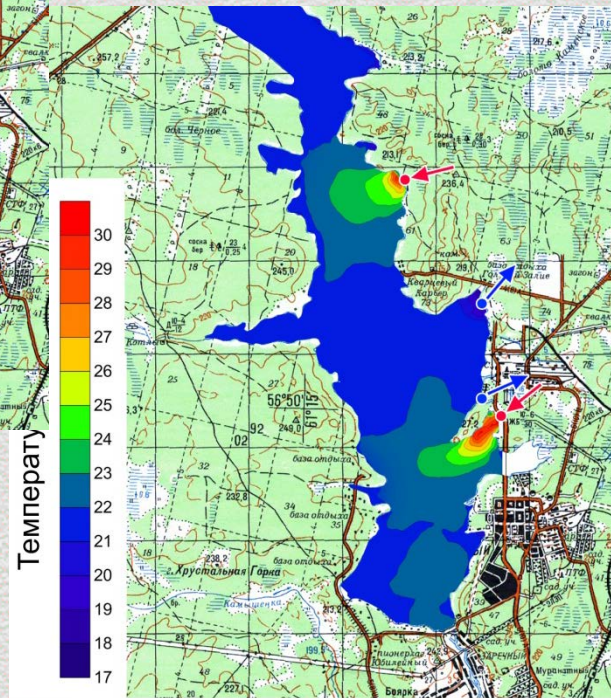
## Модельная область и положение источников–стоков



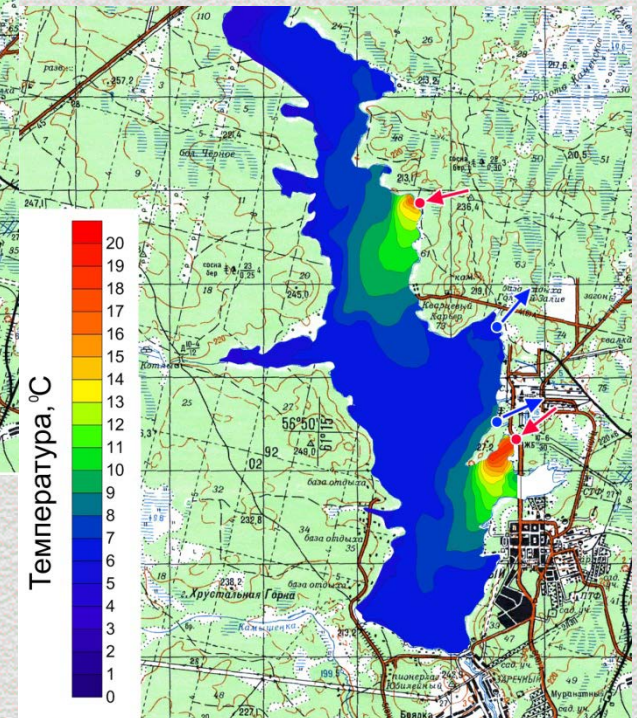
# Сезонная динамика теплового процесса



Апрель

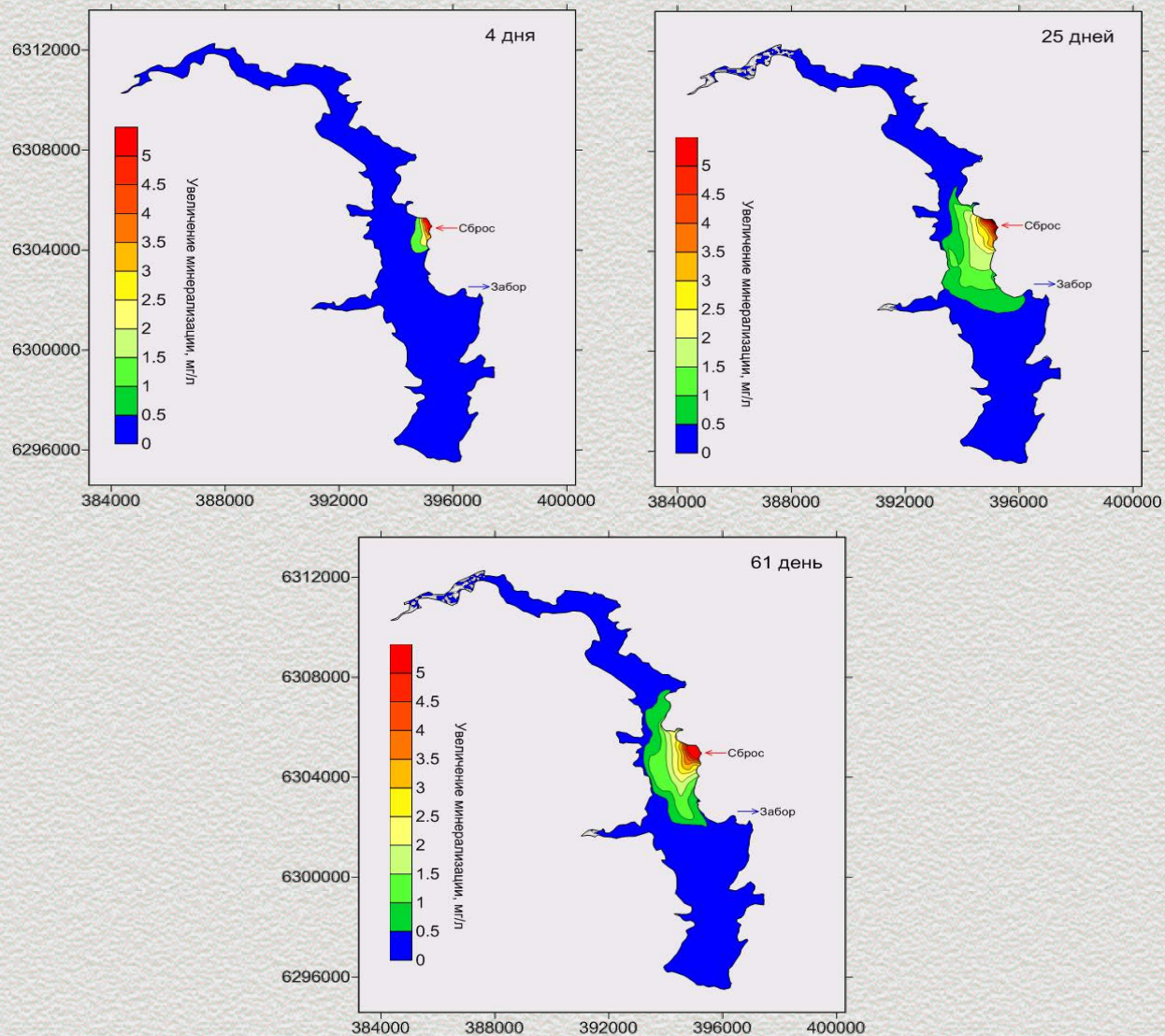


Июль



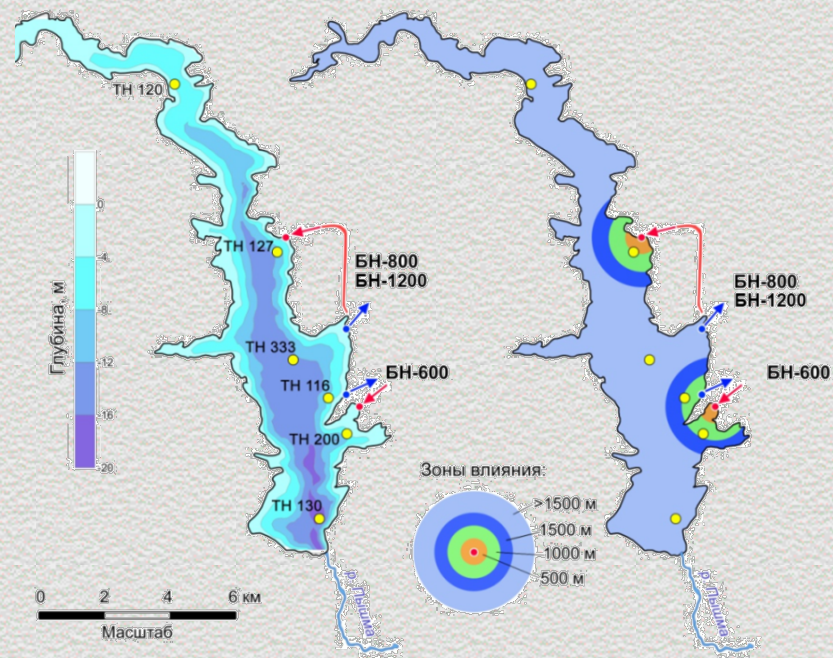
Ноябрь

# Динамика солевого загрязнения бассейна



# Использование результатов

- Оценка соответствия нормативным температурным критериям
- Биологический отклик (влияние на биоразнообразие, эвтрофикация и др.)
- Ущерб водным биоресурсам

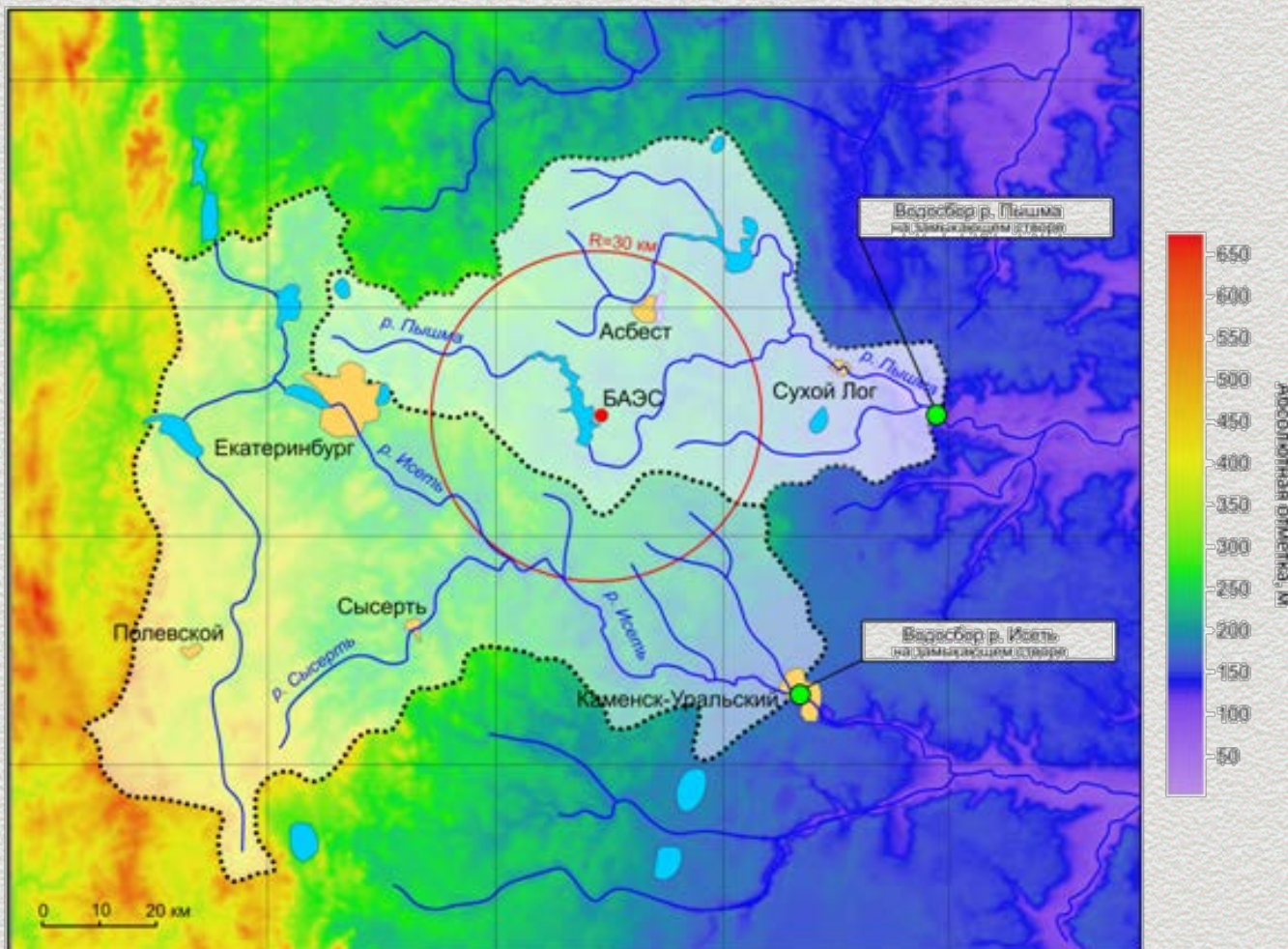




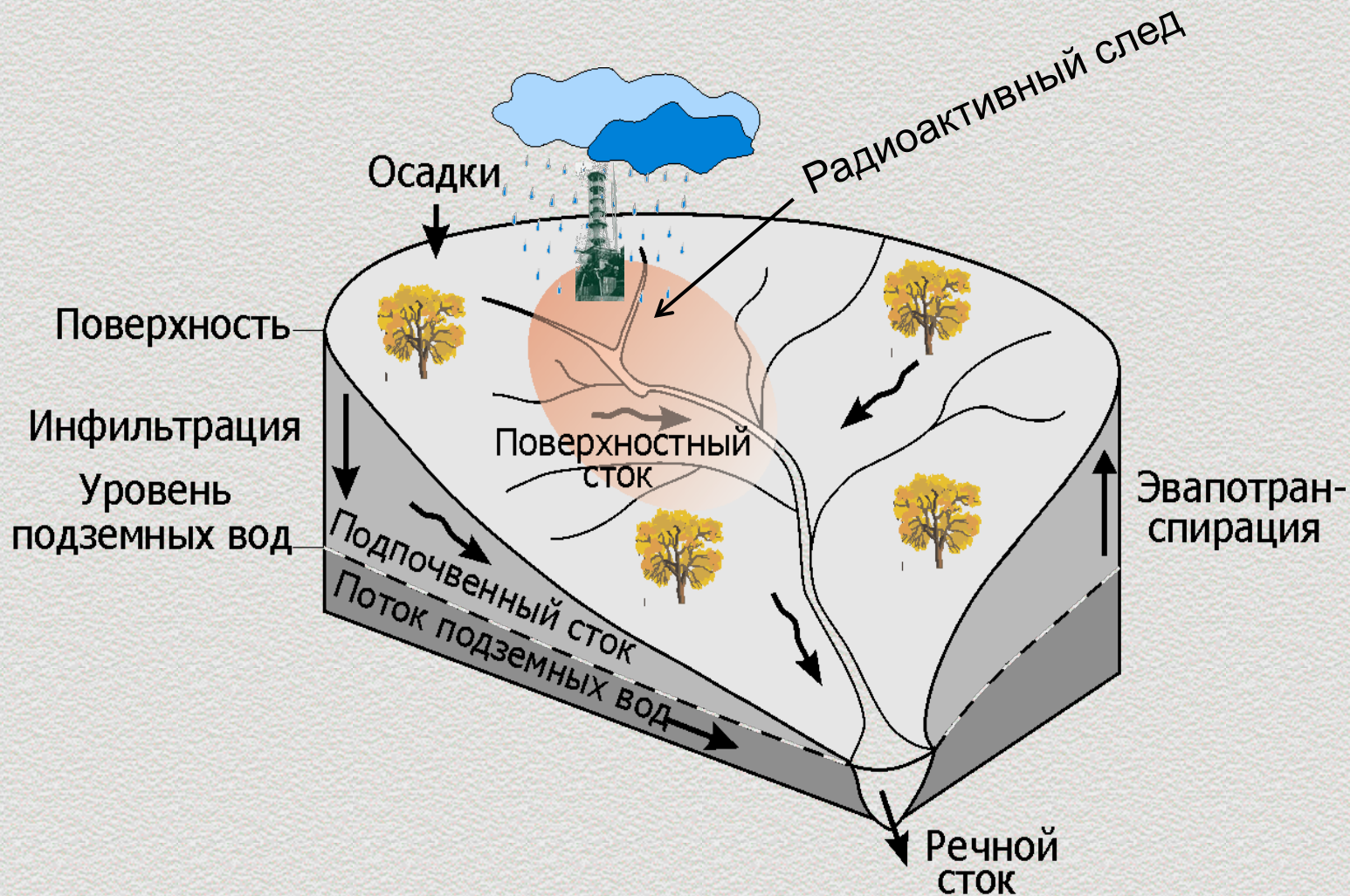


### 3. Модель поверхностного и речного стока

# Белоярская АЭС: водосборные площади рек Пышма и Исеть



# Основные компоненты водного баланса: концептуальная модель



# Главные модули (подсистемы) программного продукта

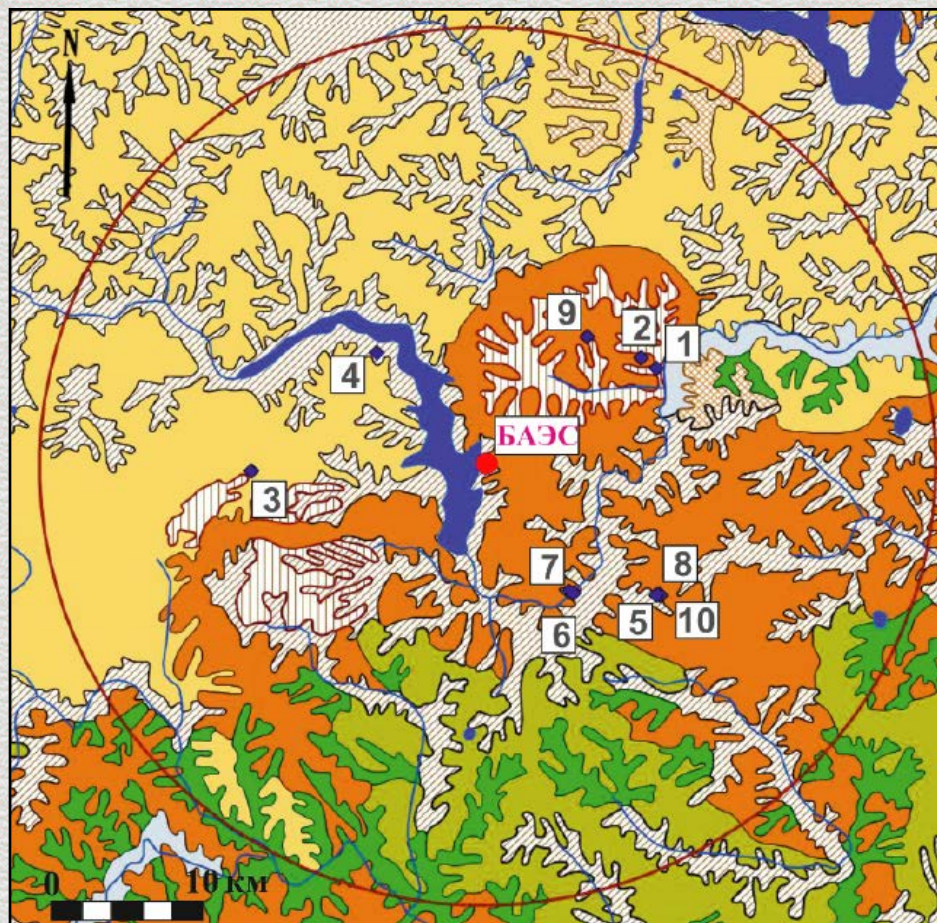


- Гидрологический (водные потоки)
- Твердый сток (эрозия-седиментация)
- Химический транспорт



# Параметрическое обеспечение

- Полевое описание покровных отложений и отбор образцов почв
- Фильтрационное экспресс-опробование покровных отложений
- Лабораторное изучение физических свойств почв



# Основные разрезы почвенных профилей и ландшафты



Профиль №1

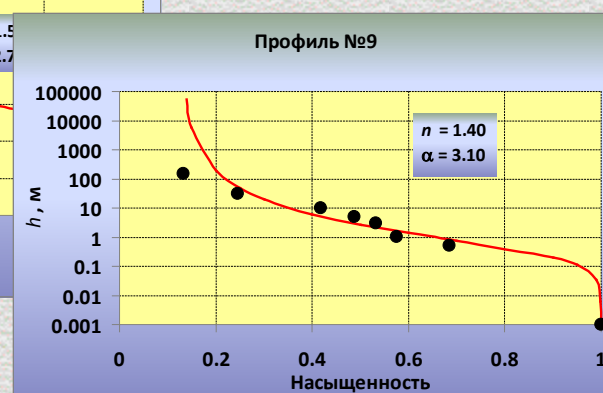
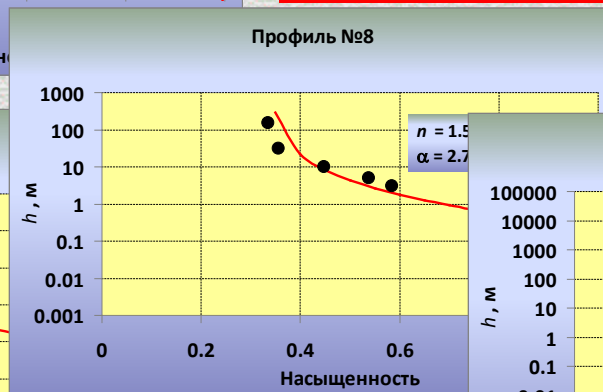
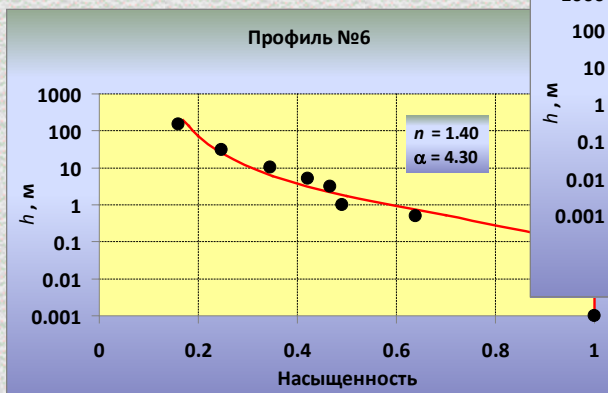
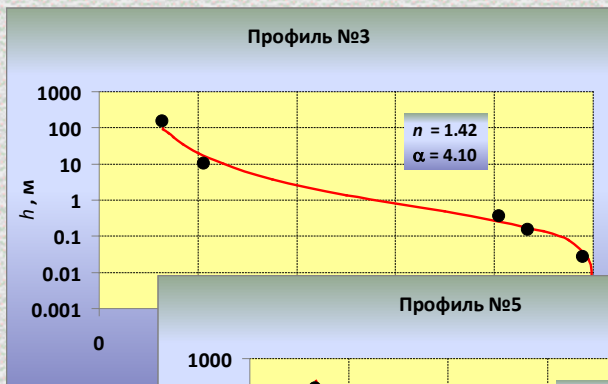


Профиль №2



Профиль №6

# ОГХ и проницаемость для основных почвенных разрезов



№ профиля	Заглубление трубки, см	$\theta_i$	$\theta_r$	$\theta_s$	$h_i$ , м	$k_s$ общ., м/сут
1	4	0.08	0.023	0.75	-1.78	7.5
2	4	0.11	0.026	0.81	-1.33	20.8
4	4	0.10	0.017	0.87	-1.46	2.6
6	4	0.36	0.045	0.77	-0.34	38.9
	22	0.22	0.035	0.72	-0.51	6.0
9	36	0.17	0.040	0.76	-0.80	5.4
	4	0.11	0.030	0.78	-1.33	6.8
	12	0.08	0.020	0.37	-0.68	6.4
10	22	0.09	0.030	0.34	-0.58	4.3
	4	0.16	0.045	0.77	-0.89	4.4



# Сценарии высвобождения радионуклидов при запроектных авариях

Сценарий 1: Аэрозольный выброс – площадное загрязнение поверхности, Бк/м<sup>2</sup>

Реактор	Радионуклид			
	I-131	Cs-134	Cs-137	Sr-90
ВВЭР-1000	–	–	$2.2 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^4$
БН-1200	$4,1 \cdot 10^3$	$4,9 \cdot 10^3$	$7.2 \cdot 10^3$	–

Сценарий 2: Формирование локального источника в области первого контура

Реактор	ВВЭР-1000		БН-1200	
	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90
С, Бк/л	$9.2 \cdot 10^{10}$	$2.3 \cdot 10^9$	$5.6 \cdot 10^7$	–
Q, л/ч	20	20	1.9	–
T, сут	30	30	118	–



# Процессы

# Параметры

Инfiltrация

<i>Параметры для инfiltrации</i>	<i>Значение</i>
<i>Коэффициент фильтрации</i>	0,02 м/сут
<i>Высота капиллярного поднятия</i>	10 см
<i>Пористость</i>	0,3
<i>Начальная насыщенность</i>	0,15
<i>Остаточная насыщенность</i>	0,01
<i>Поровый индекс</i>	2 см/см
<i>Полевая влагоемкость</i>	0,1 м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
<i>Влажность почвы, при которой не происходит увядание растений</i>	0,1 м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>

Массообмен

<i>Параметры сорбции и обмена</i>	<i>Значение</i>
<i>Коэффициент распределения</i>	2 куб см/г
<i>Коэффициент кинетики обмена</i>	10 сут-1
<i>Растворимость</i>	0,3

Эрозия

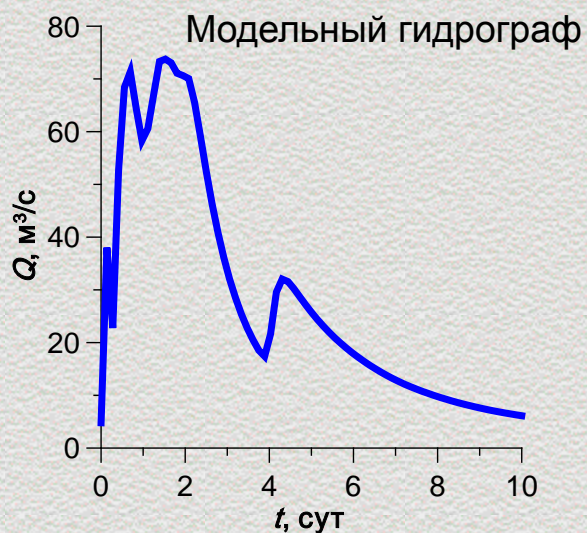
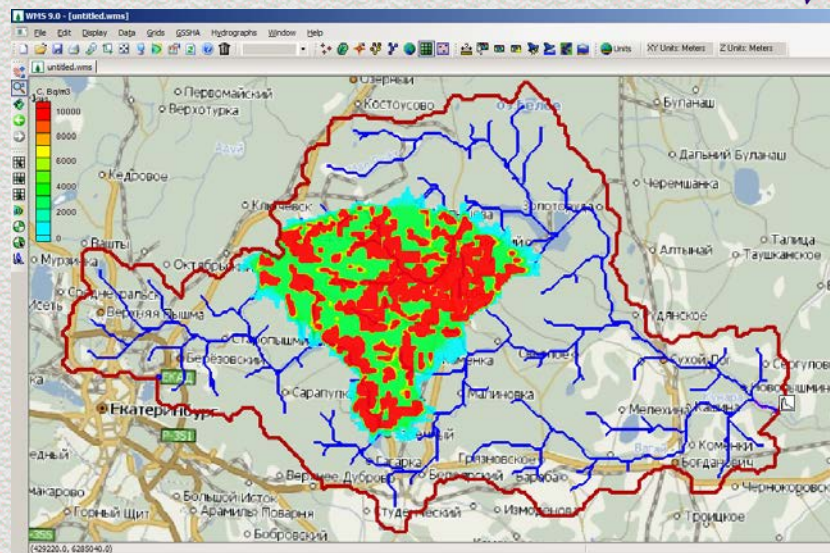
<i>Параметр эрозионного процесса</i>	<i>Значение</i>
<i>Коэффициент капельного разрушения породы</i>	30 л/Дж
<i>Коэффициент эрозии за счет формирования ручейкового стока</i>	0,0115 с/м
<i>Показатель степени для вышеуказанного коэффициента</i>	1
<i>Критическое напряжение, создаваемое потоком жидкости на контакте с породой</i>	3,1 Па
<i>Коэффициент эродуемости</i>	0,2

<i>Название фракции</i>	<i>Размер частиц, мм</i>	<i>Содержание фракции, %</i>
<i>Гравий</i>	12	25
<i>Песок среднезернистый</i>	0,5	25
<i>Ил</i>	0,025	25
<i>Глина</i>	0,002	25

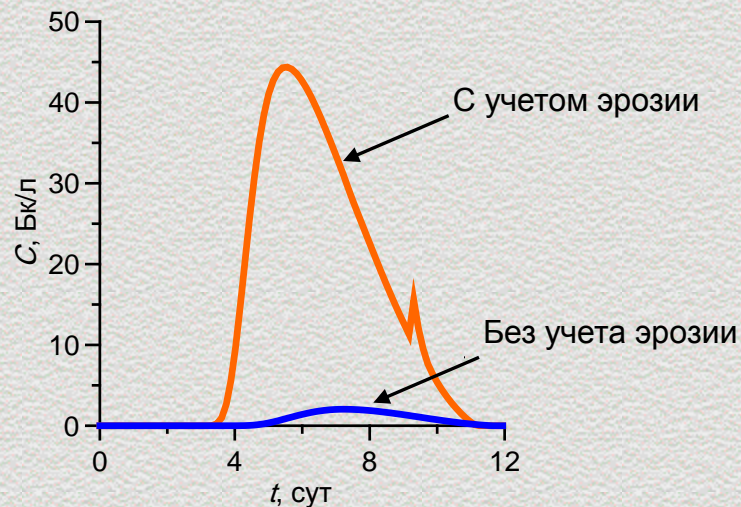
# Расчетные сектора



## Cs-137 (северный сектор)



## Влияние эрозии на активность Cs-137 в выходном створе





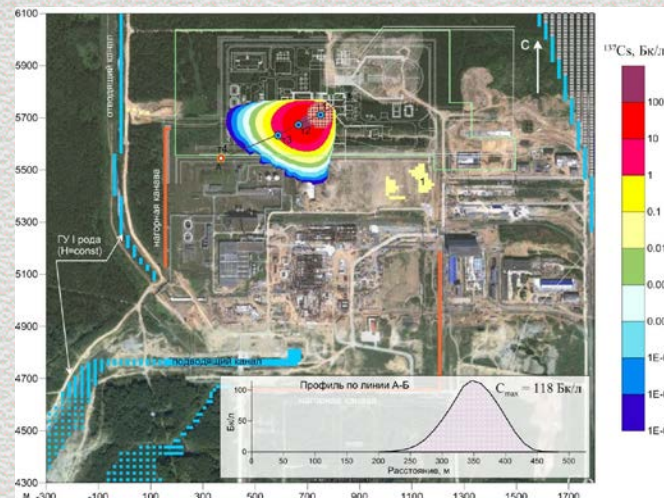
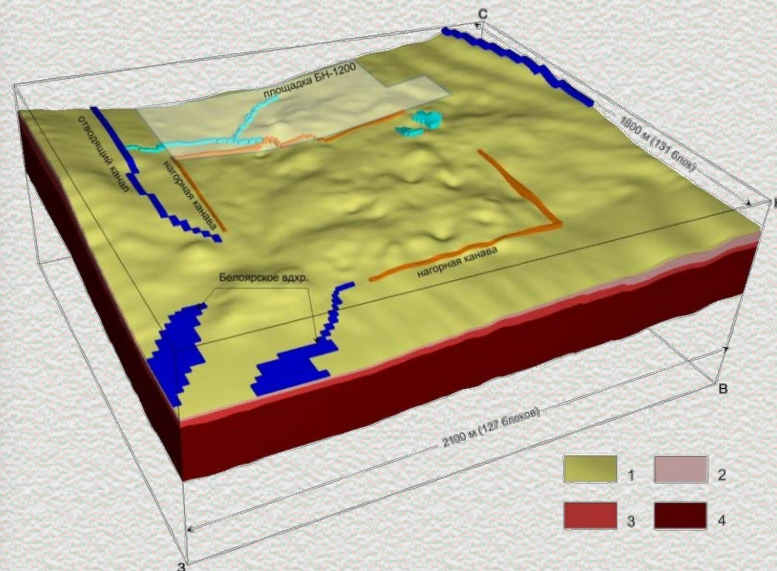
# Использование результатов

- Дозовые нагрузки на население
- Время естественной реабилитации радиоактивно загрязненных территорий
- Обоснование активных природоохранных мероприятий



## 4. Модель водоносного горизонта

# ПРОГНОЗ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПЛОЩАДКИ





# Выводы

- ❖ **Оценка воздействия АЭС на окружающую среду требует применения разнообразных математических моделей, увязанных со штатными и аварийными режимами эксплуатации объектов**
- ❖ **Дефицит информации, необходимый для количественных оценок требует выхода за рамки стандартных подходов к изучению геологических объектов**

**Спасибо за внимание!**

