

*Виртуальная колонка.  
Как геологическая модель и  
искусственный интеллект  
предсказывают геологию,  
можно ли им верить  
и нужно ли бурить в крупных городах*

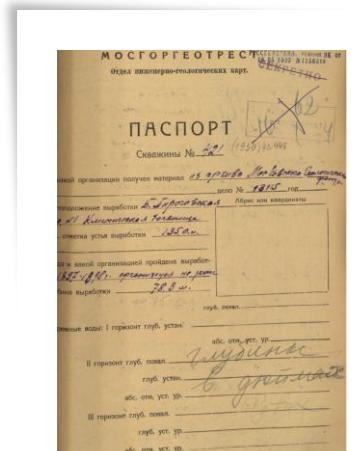
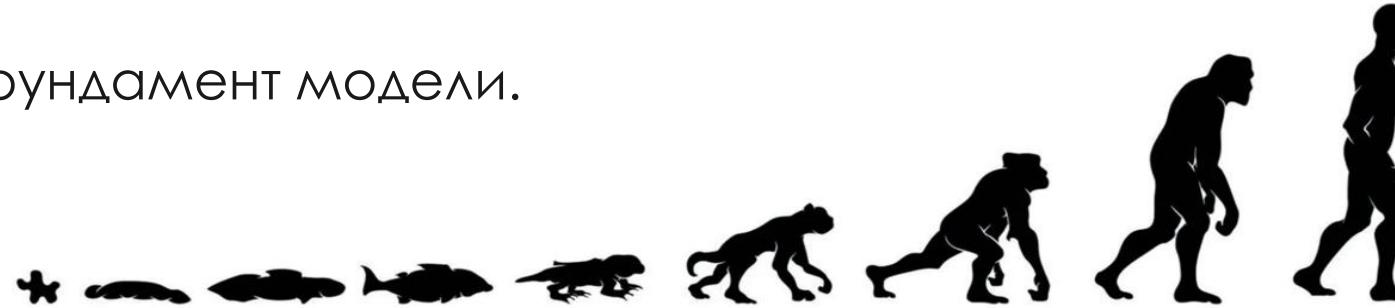
*Роман Жидков*

*Главный инженер Управления  
цифровой картографии  
ГБУ «Мосгоргеотрест»*



# Путь геологии ГБУ «Мосгоргеотрест»: Накопление архива данных

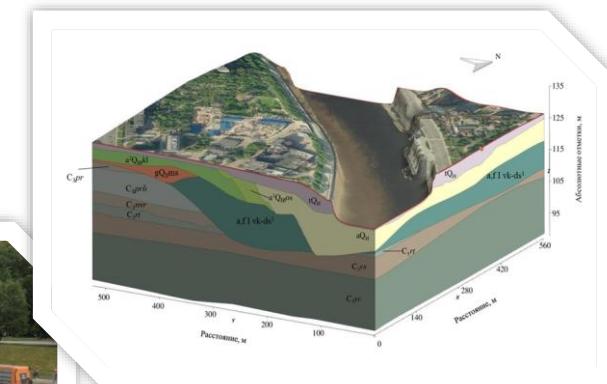
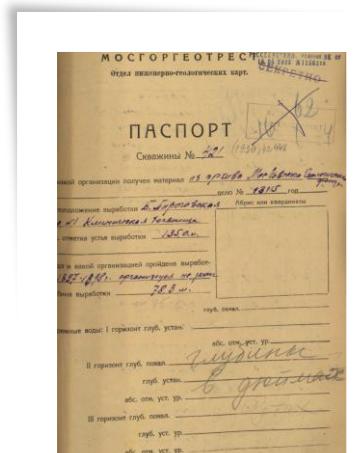
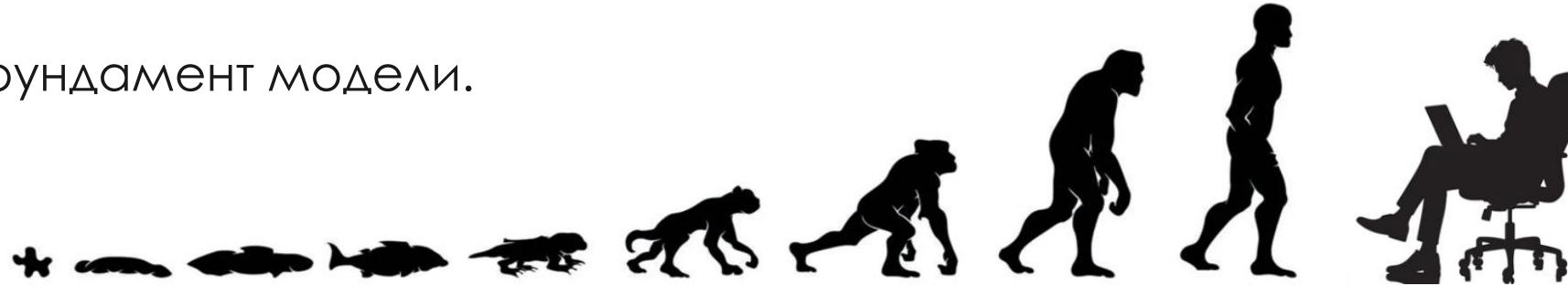
## Архив изысканий – фундамент модели.



**> 80 лет изысканий ГБУ «Мосгоргеотрест»**

## Путь геологии ГБУ «Мосгоргеотрест»: Накопление архива данных

## Архив изысканий – фундамент модели.



**> 80 лет изысканий ГБУ «Мосгоргеотрест»**

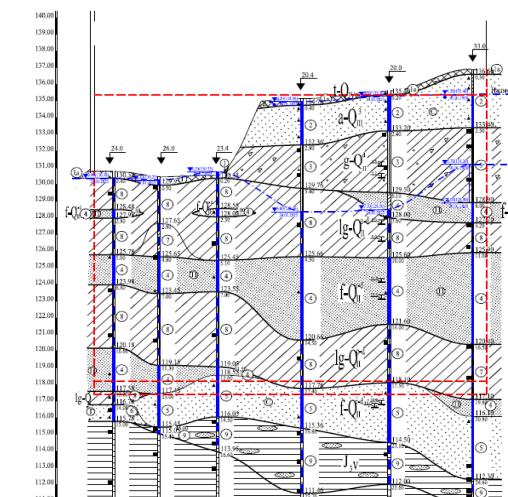
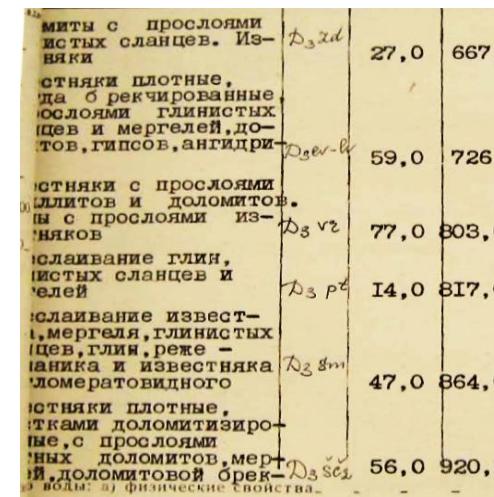
# Создание архивно-цифровой базы данных



В архиве ГБУ «Мосгоргеотрест»:

**>1 000 000**  
горных выработок  
(скважин, шурfov)

**>200 000**  
отчетов по инженерно-геологическим изысканиям



В электронной базе данных:

**>200 000**  
описаний горных выработок

**>14 000**  
полевых испытаний

**>140 000**  
лабораторных испытаний

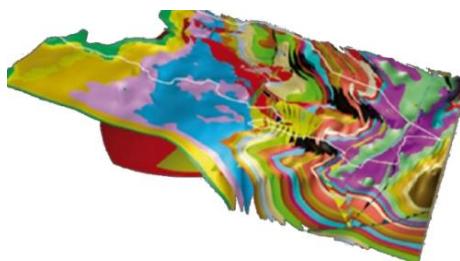


МОСГОРГЕОТРЕСТ

# Виртуальная инженерно-геологическая колонка

Сервис, позволяющий получить описание геологии на основе модельной информации в любой точке

Стратиграфическая модель



возраст и происхождение грунтов, например:

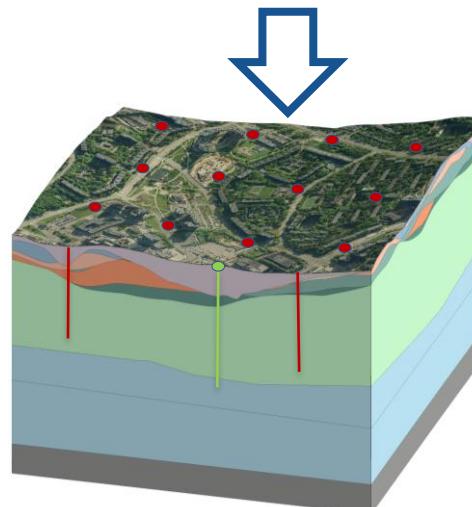
- ледниковые отложения
- отложения поймы
- болотные отложения

позволяет принимать решения на основе косвенных выводов

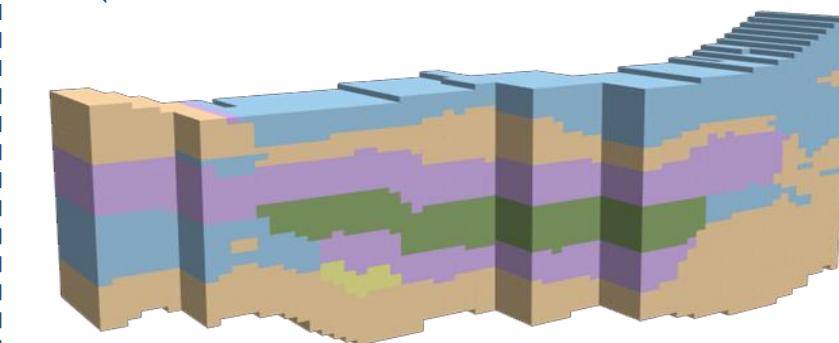


## 3 уровня детализации

Подошва (глубина)	Абс. отм.	Мощн.	Стратиграфия	Литология
2.0	132.07	2.00	t-QIV	Супеси с включениями
3.0	131.07	1.00	a-QIII2	Пески средней крупности средней плотности
5.5	128.57	2.50	a-QIII2	крупные средней плотности
11.7	122.37	6.20	f-QIId-ms	Пески средней крупности средней плотности
12.1	121.97	0.40	f-QIId-ms	Глины мягкопластичные
12.8	121.27	0.70	f-QIId-ms	Пески средней крупности средней плотности
15.0	119.07	2.20	f-QIId-ms	Пески пылеватые плотные
19.7	114.37	4.70	f-QIId-ms	Пески мелкие средней плотности
20.0	114.07	0.30	f-QIId-ms	Пески пылеватые средней плотности



Литологическая и инженерно-геологические модели

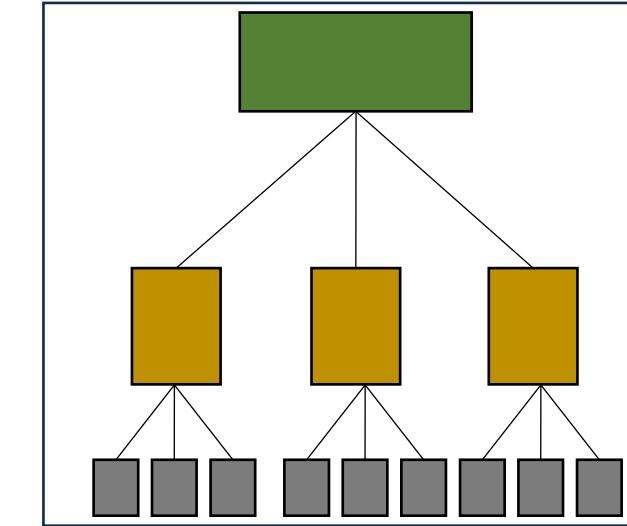
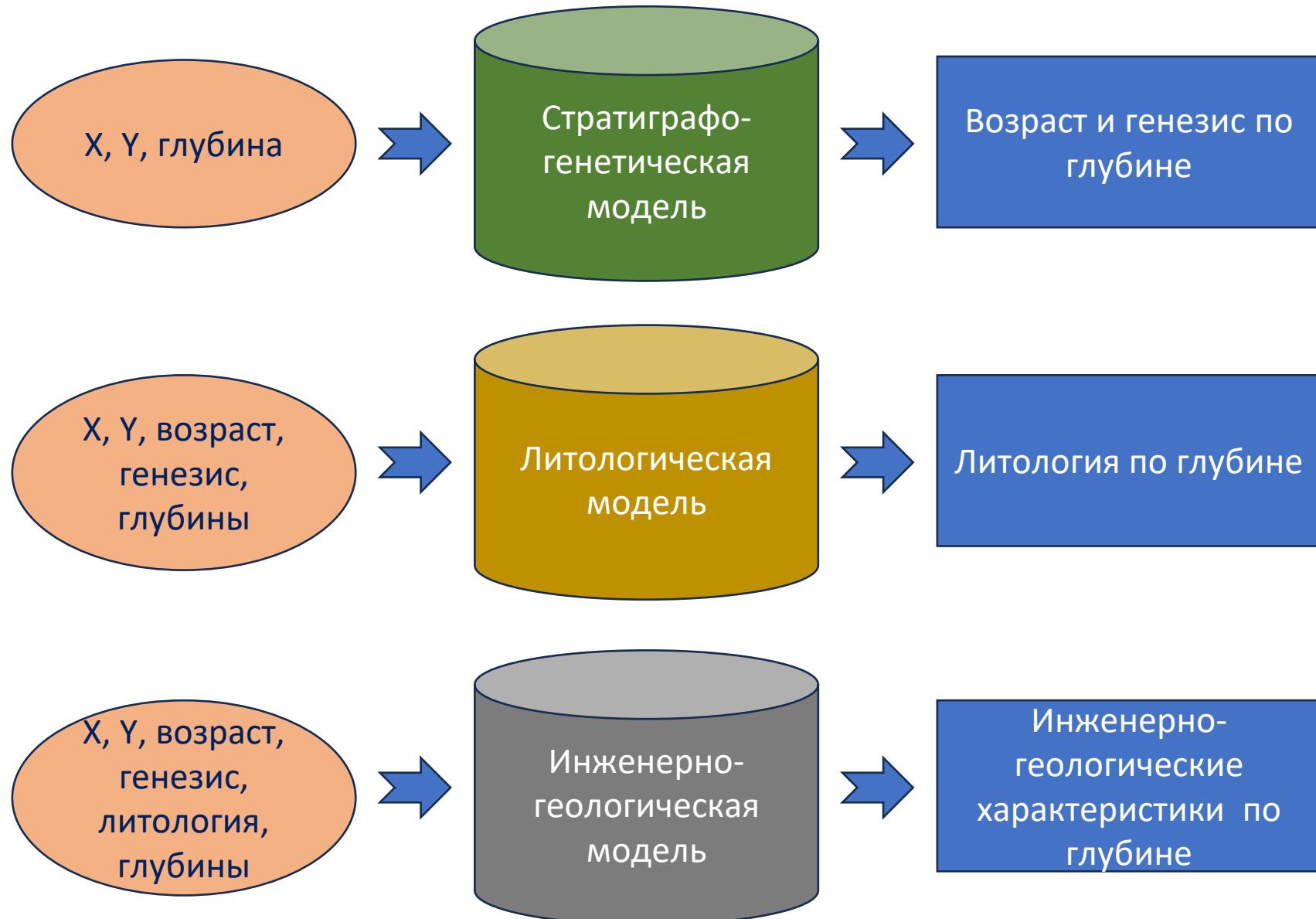


Положение литотипов (песок, суглинок, известняк) с указанием их классификационных характеристик (консистенция, прочность, плотность сложения)



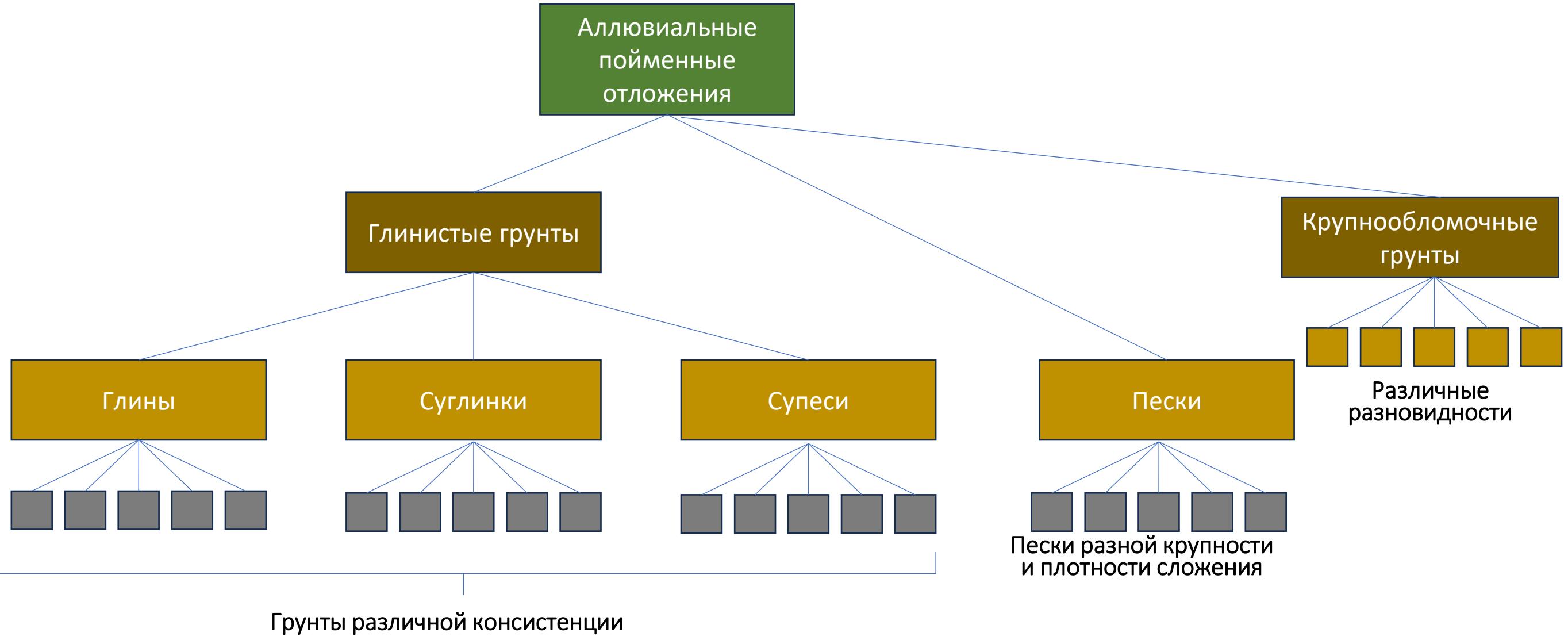
МОСГОРГЕОТРЕСТ

# Принцип иерархичности данных



**Результаты прогноза на верхнем уровне используются в качестве входных данных для частных моделей**

# Принцип иерархичности данных

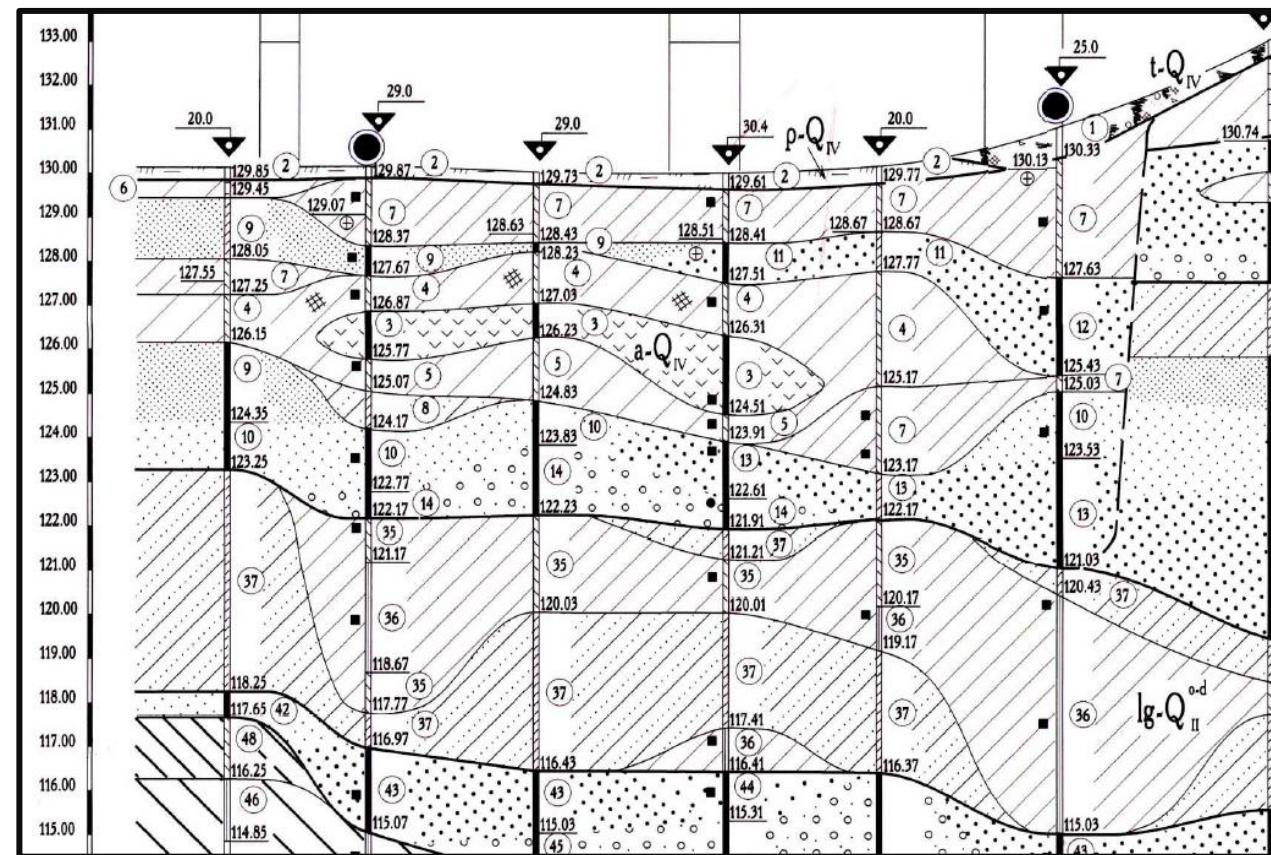


# Технология построения виртуальной стратиграфической модели

Отложения	Особенности моделирования
Техногенные отложения	Учет погребенного рельефа земной поверхности
Покровные, болотные отложения	Совместное моделирование по мощности и абсолютным отметкам с контролем «раздутия» мощности
Отложения долинного комплекса	Учет границ геоморфологических элементов, построение эрозионных врезов
Отложения ледникового и доледникового комплекса	Моделирование последовательного напластования
Базовые поверхности (дочетвертичные отложения, кровля каменноугольных отложений)	Последовательное расчленение, использование модельных поверхностей, основанных на ручной рисовке в зонах дефицита данных
Отложения морского генезиса (MZ, C)	Моделирование, основанное на принципах субгоризонтального согласного залегания
Континентальные юрские отложения	Моделирование процесса заполнения понижений в рельефе каменноугольных отложений

# Построение литологической и инженерно-геологической моделей на основе технологий машинного обучения

## Фрагмент инженерно-геологического разреза



илюстрирует литологическую пестроту  
пойменных отложений

## Условные обозначения

	Насыпной грунт		Песок средней крупности
	Растительный слой		Песок гравелистый
	Суглинок четвертичный		Суглинок юрский
	Глина четвертичная		Глина юрская
	Супесь		Органическое вещество
	Торф		Граница литологическая
	Песок пылеватый		Граница предполагаемая
	Песок мелкий		Граница стратиграфическая



МОСГОРГЕОТРЕСТ

# Построение литологической и инженерно-геологической моделей на основе технологий машинного обучения



- **Random Forest**
- **Gradient Boosting**
- **Support Vector Classifier**
- **Logistic Regression**

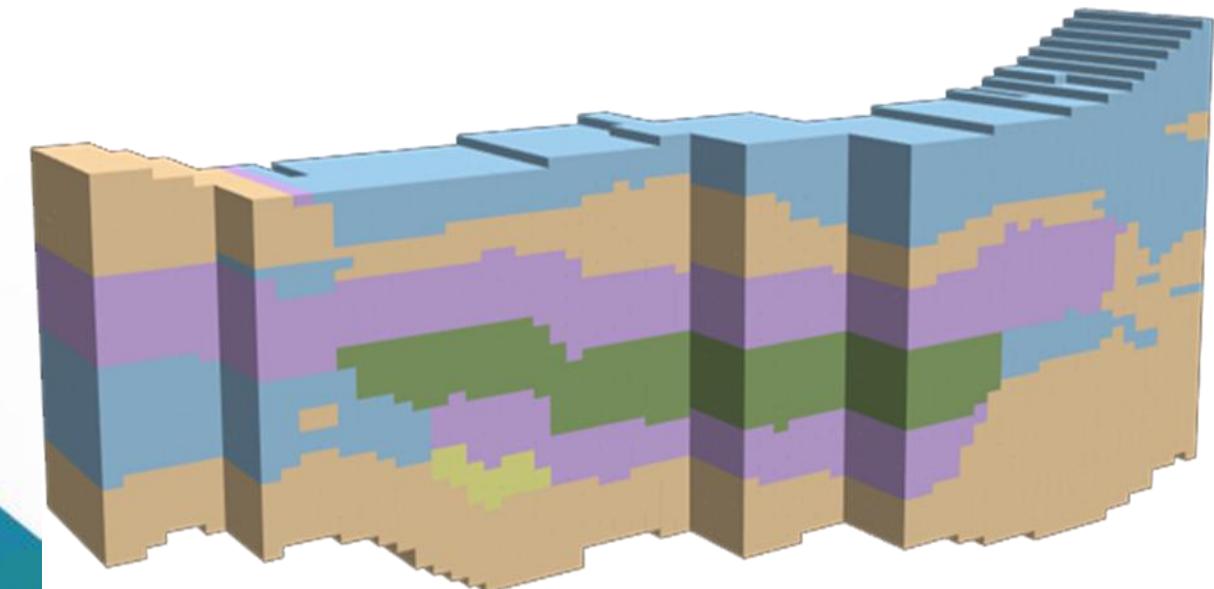
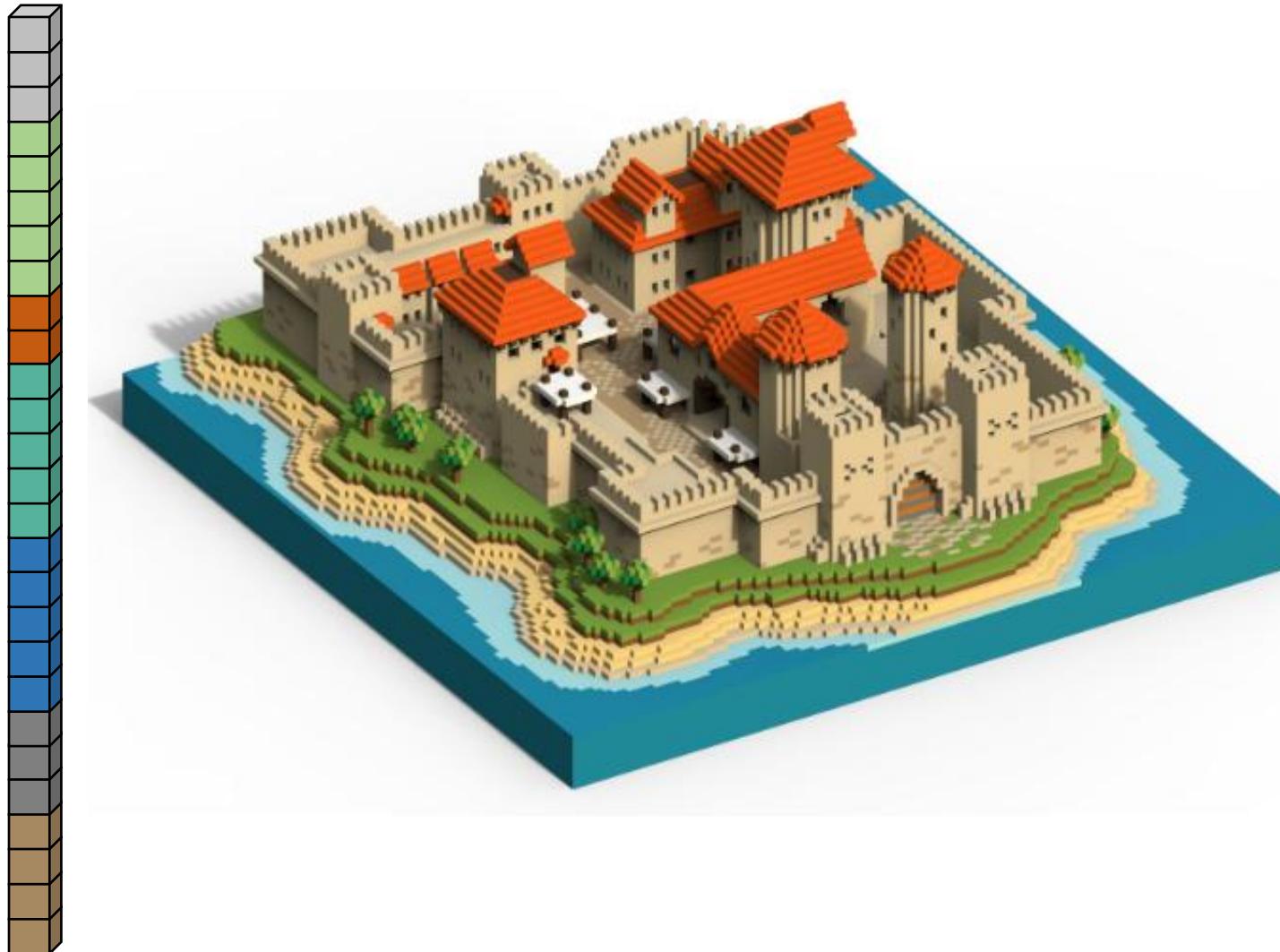


- **Возможность многофакторного анализа**
- **Возможность описания очень сложно формализуемых процессов**
- **Повышение качества предсказания по мере накопления данных**
- **Решение как задачи классификации (тип грунтов), так и задачи регрессии (прогноз значения числа пластиичности в точке)**
- **Необходимость оценки качества на контрольной выборке**
- **Необходимость контроля соответствия входным данным**



МОСГОРГЕОТРЕСТ

# Построение литологической и инженерно-геологической моделей на основе технологий машинного обучения



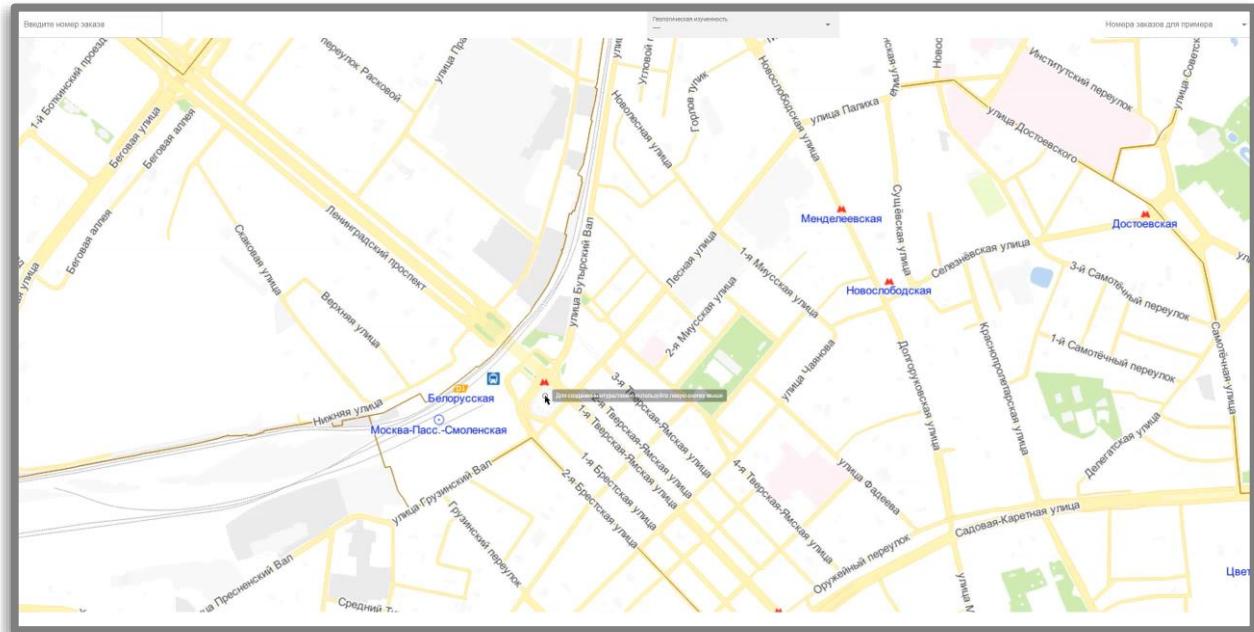
Условные обозначения

	1		2		3		4		5
--	---	--	---	--	---	--	---	--	---

# Первый системный опыт использования геологической модели

## 1 Автосправка

- ✓ Справка по геологическому строению
- ✓ Справка по гидрогеологическим условиям
- ✓ Справка подсчёта земляных работ



## 2 Методика оценки достоверности

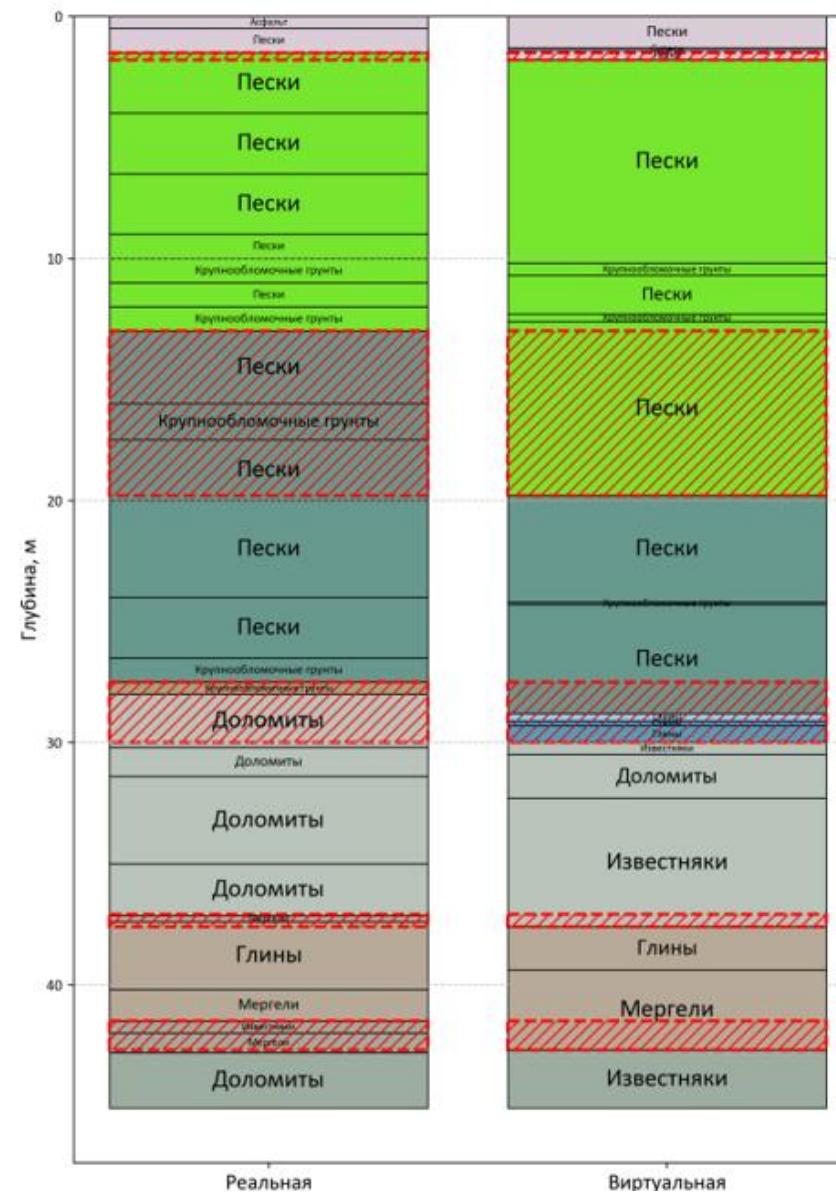
- **Определение степени соответствия** трехмерной геологической модели фактическим данным в контрольных точках.
- **Выявление расхождений** и причин их возникновения.
- **Районирование территории** по степени достоверности трехмерной геологической модели.
- **Разработка рекомендаций по корректировке** и улучшению алгоритмов построения трехмерной геологической модели г. Москвы.

# Формирование доверительных зон

## Оценка точности трёхмерной цифровой геологической основы

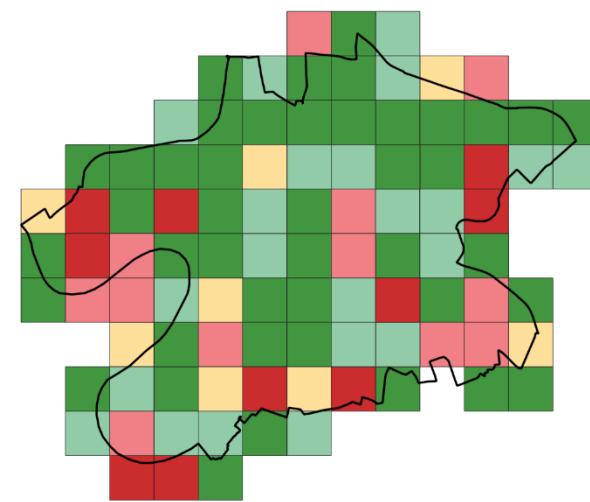
Показатель	Оценка показателя
Расхождение абсолютных отметок (оценка качества)	отличное
Общая оценка стратиграфии, % расхождения	23.9
Расхождение стратиграфии (оценка качества)	хорошее
Общая оценка литологии, % расхождения	16.8
Расхождение литологии (оценка качества)	отличное
Разница мощности насыпных грунтов	0.3
Мощность насыпных грунтов реальная	1.5
Мощность насыпных грунтов виртуальная	1.8
Разница мощности насыпных грунтов (оценка качества)	отличное
Разница мощности специфических грунтов	0.0
Разница мощности специфических грунтов (оценка качества)	отличное
Разница глубин появления уровня воды	0.12
Разница глубин установления уровня воды	0.0
Разница глубин появления уровня воды (оценка качества)	отличное
Разница глубин установления уровня воды (оценка качества)	отличное
Общий показатель качества, %	82.9
Категория сложности	Средняя
Количество скважин в БД в пределах 100м	0
Количество скважин в БД в пределах 500м	14

Фрагмент из отчета об оценке качества

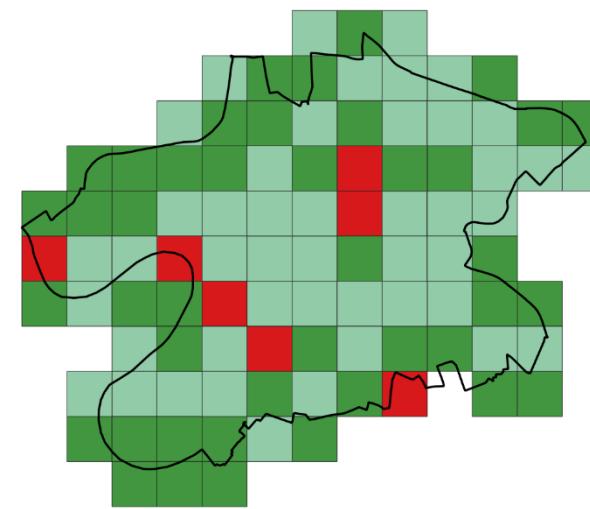


# Формирование доверительных зон

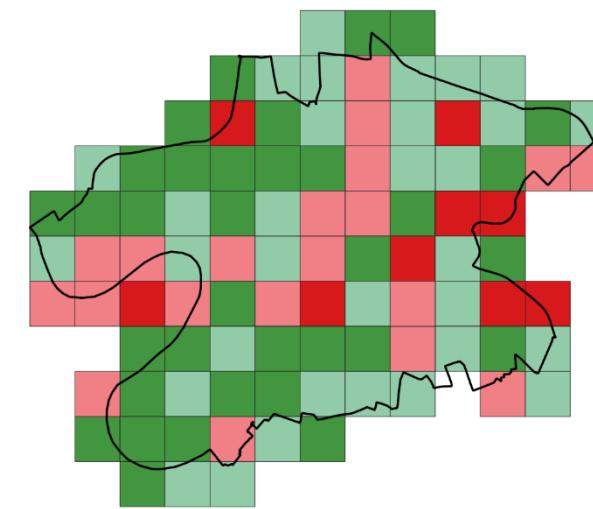
Прогноз уровней ПВ



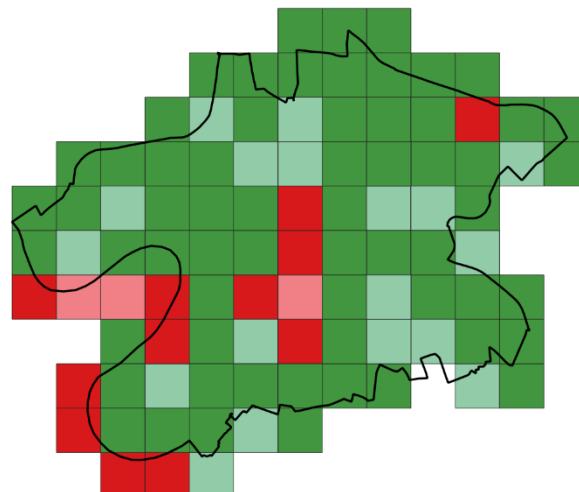
Прогноз литологии



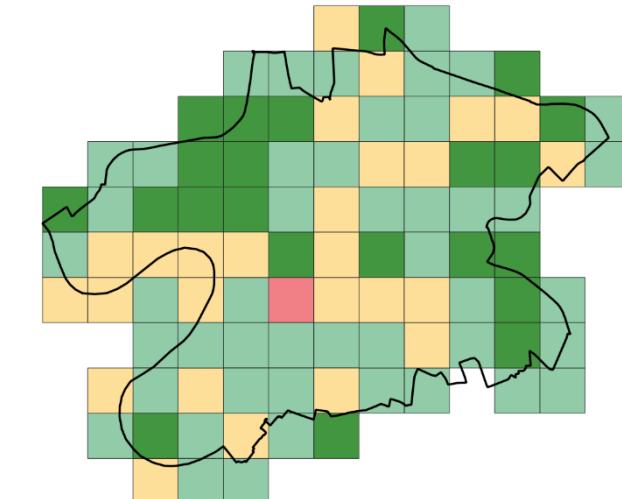
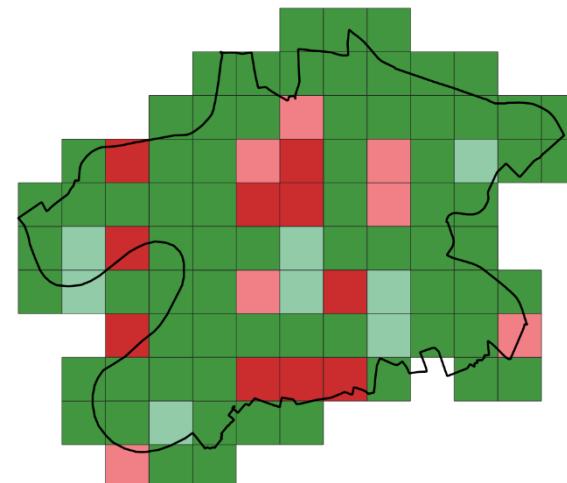
Прогноз мощности техногенных грунтов



Прогноз специфических грунтов



Интегральная оценка



Схемы имеют иллюстративный характер и не являются фактической оценкой качества модели г. Москвы

Так надо ли бурить????



# Так надо ли бурить????



Источник фото – телеграм-канал  
Geoinfo (публикация от 17.04.2025)

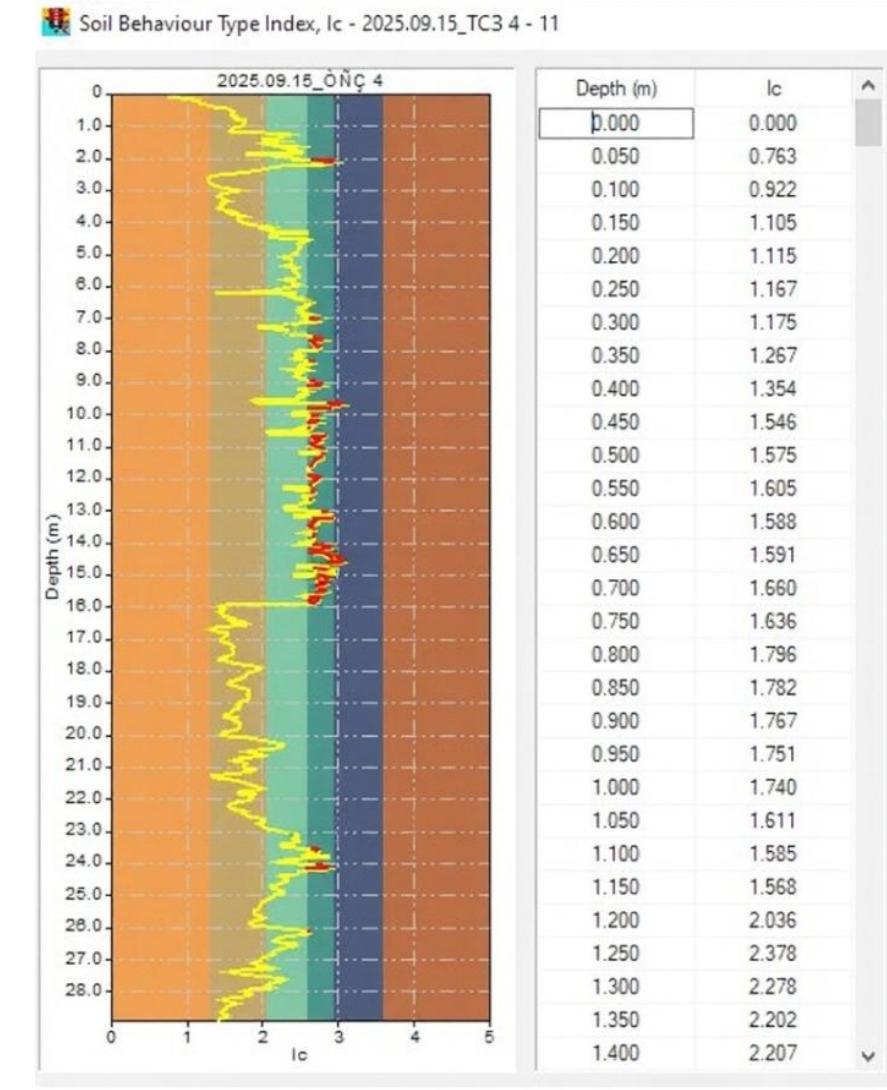
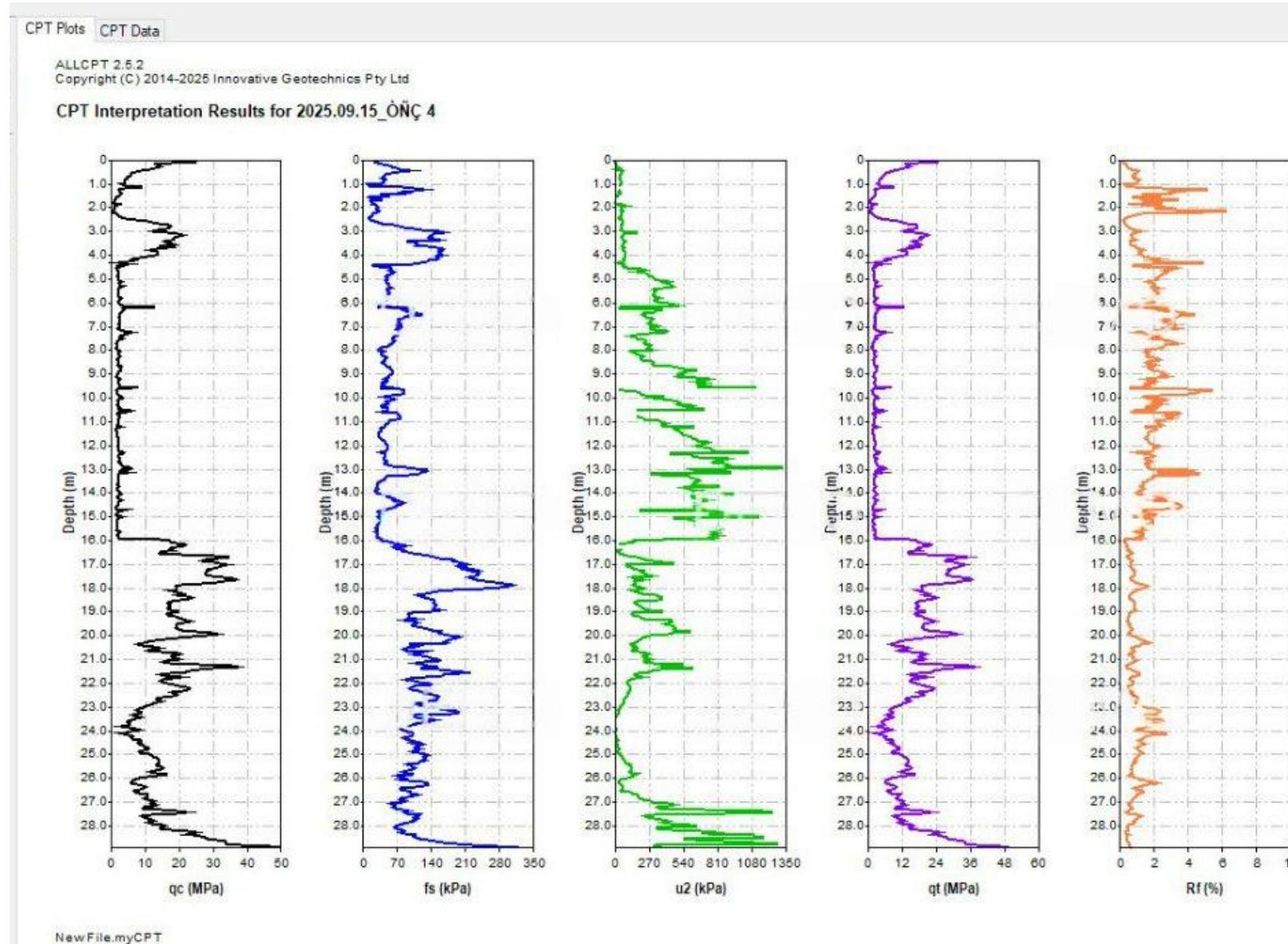


Фрагмент видео «ЛенТИСИЗ»

Да.  
Но давайте делать это  
осознанно:

1. Действительно бурить
2. Бурить хорошо
3. Возможно, в  
некоторых случаях в  
меньших объемах
4. Использовать  
косвенные методы как  
дополнительные  
источники  
информации

# Статическое зондирование как основа для виртуальной колонки



МОСГОРГЕОТРЕСТ

## Оптимизация объемов инженерно-геологических изысканий на основе данных трёхмерной геологической модели

### Технология совместного использования натурных и модельных данных по результатам пилотного бурения



# Мероприятия, необходимые для промышленного внедрения технологии виртуальной колонки

Устранение противоречий действующих нормативных документов

Виртуальная скважина

Проектирование

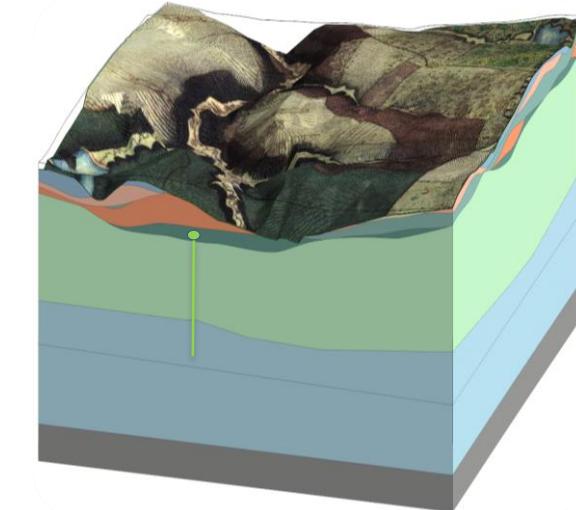
Экспертиза?



Установление определённости в вопросах ответственности

Формирование доверительного отношения к технологии

Сбор и анализ статистики на pilotных объектах  
*На подобии данных: in situ и in vitro*



МОСГОРГЕОТРЕСТ



BIM - Забтрак  
с Пинеуком

# «Карандашное» бурение vs «виртуальное»

