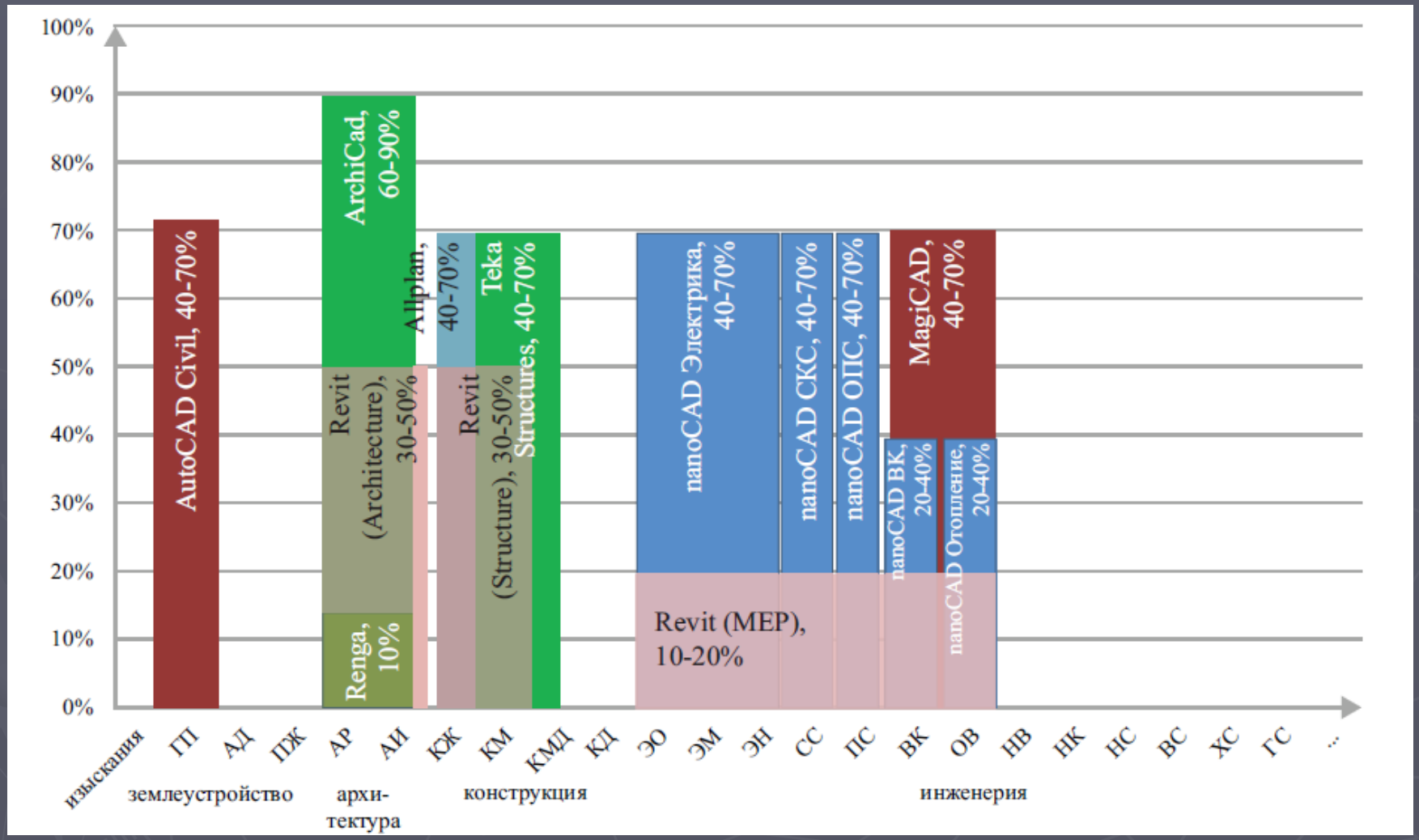
Актуальные вопросы применения информационных технологий при проведении полевых и лабораторных исследований механических свойств грунтов

ООО «НПП Геотек»

Информационные системы в строительстве

Проектирование на базе Autodesk Revit, Autodesk Civil 3D и других программных продуктов

BIM программы



КРЕДО — ГЕОЛОГИЯ, ГЕОСТАТИСТИКА, ГЕОКОЛОНКА и ГЕОКАРТЫ

Комплексная технология исследования свойств грунтов

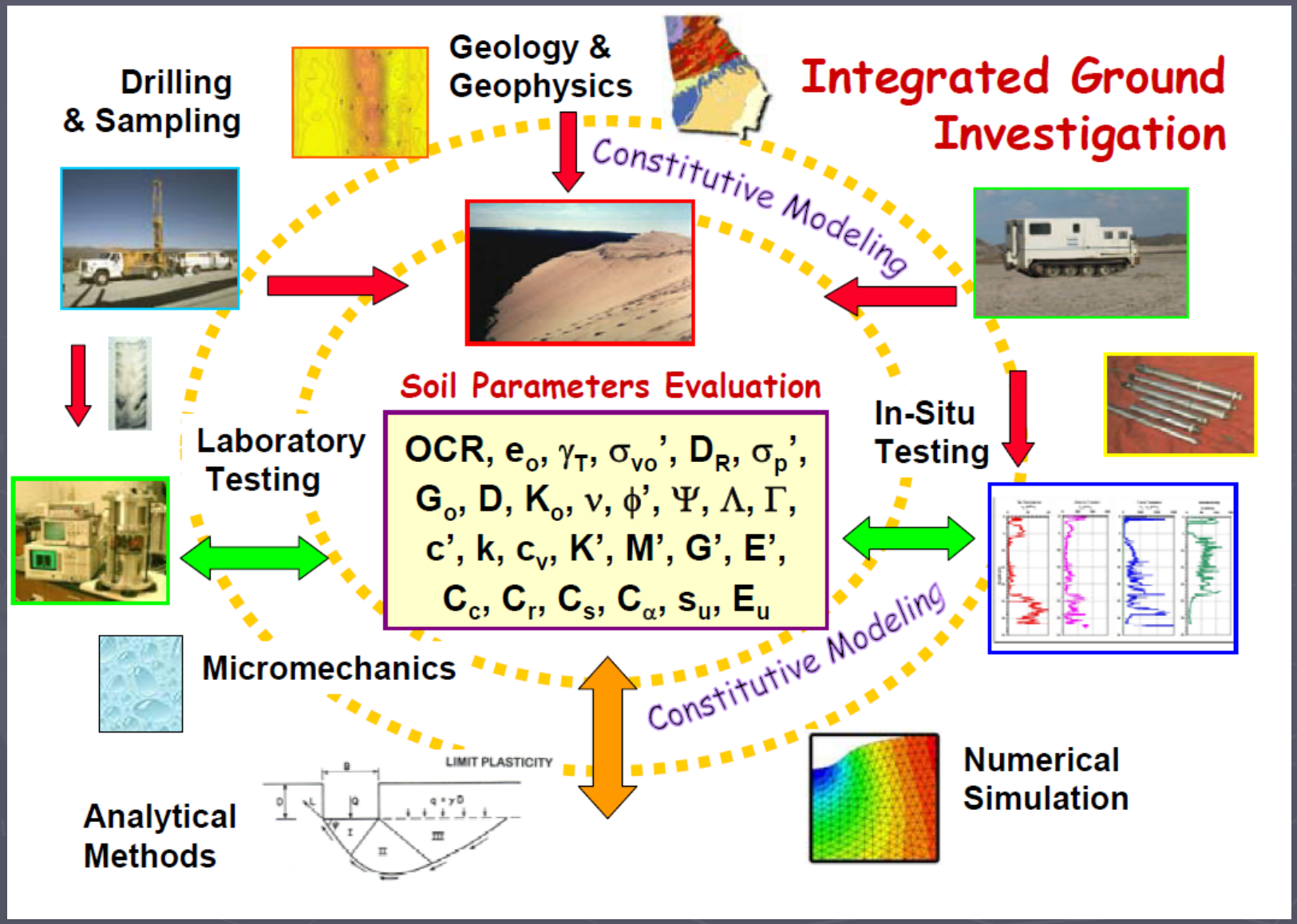
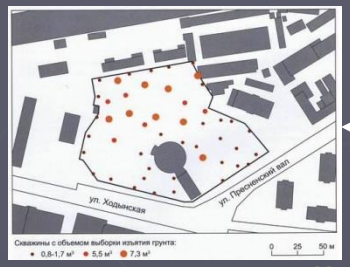
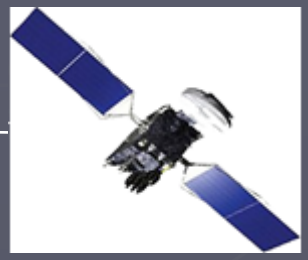


Схема организация потока цифровых данных



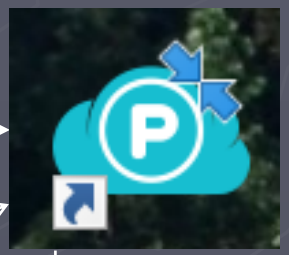
Место изысканий

Глонас



Полевые работы

Internet
(Формат AGS)



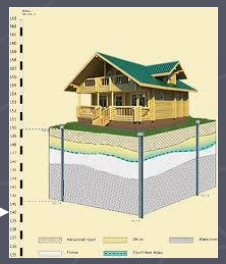
Облако

Internet

Лабораторные испытания

Internet
(Формат AGS)

База данных



Расчет оснований

Информационные системы

- Информационная система (ИС) — система, предназначенная для хранения, поиска и обработки информации

- Измерительная система (ИС) – совокупность измерительных каналов, предназначенные для регистрации и индикации результатов измерений
-
- Цифрова́я модель ме́стности (ЦММ) — цифровая модель местности, созданная из картографических источников
-
- BIMG (Geotechnical Building Information Modelling) – трехмерная цифровая информационная модель с набором компонент, характеризующие стратиграфию, физико-механические свойства грунтов в основании строительного объекта

- BIMG – содержит информацию, необходимая для проектирования оснований зданий и сооружений и является одной из информационных моделей, составляющие BIM объекта строительства.

Цели и задачи построения комплексной цифровой информационной системы

- Создание инструмента (процедур), который позволит связывать данные из единой цифровой базы геологических и геотехнических исследований
- Сокращение сроков выполнения инженерно-геологических и геотехнических исследований
- Определение физических и механических характеристик грунтов лабораторными и полевыми методами испытаний
- Визуализация геологических и геотехнических данных
- Автоматический экспорт геологических данных из модели в геотехнические расчетные программы
- Расчет оснований фундаментов с использованием аналитических и численных решений
- Сокращение сроков на внесение изменений в документацию
- Минимальные затраты на приобретение ПО при создании информационной модели

Цифровая геологическая модель (ЦГМ)

- Начало работ по геологическому моделированию в 1993—94 годах связано с развитием исследований в нефтегазопромысловой геологии.

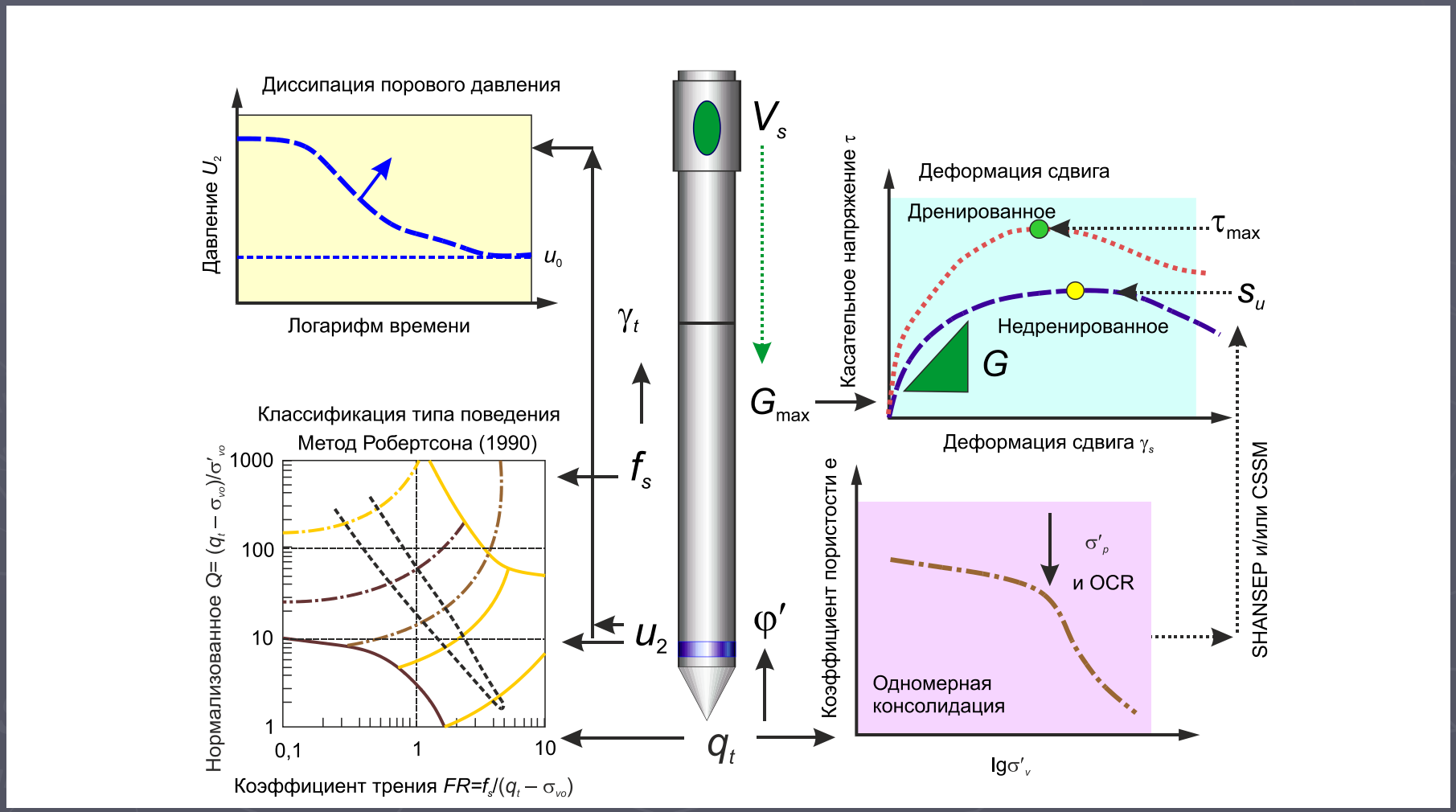
- ГОСТ Р 53712-2009: Месторождения нефтяные и газонефтяные. Программные средства для проектирования и оптимизации процесса разработки месторождений. Основные требования.

- Геологическая (цифровая) модель: Представление продуктивных пластов и вмещающей их геологической среды в виде набора цифровых карт (двухмерных сеток) или трехмерной сетки ячеек.

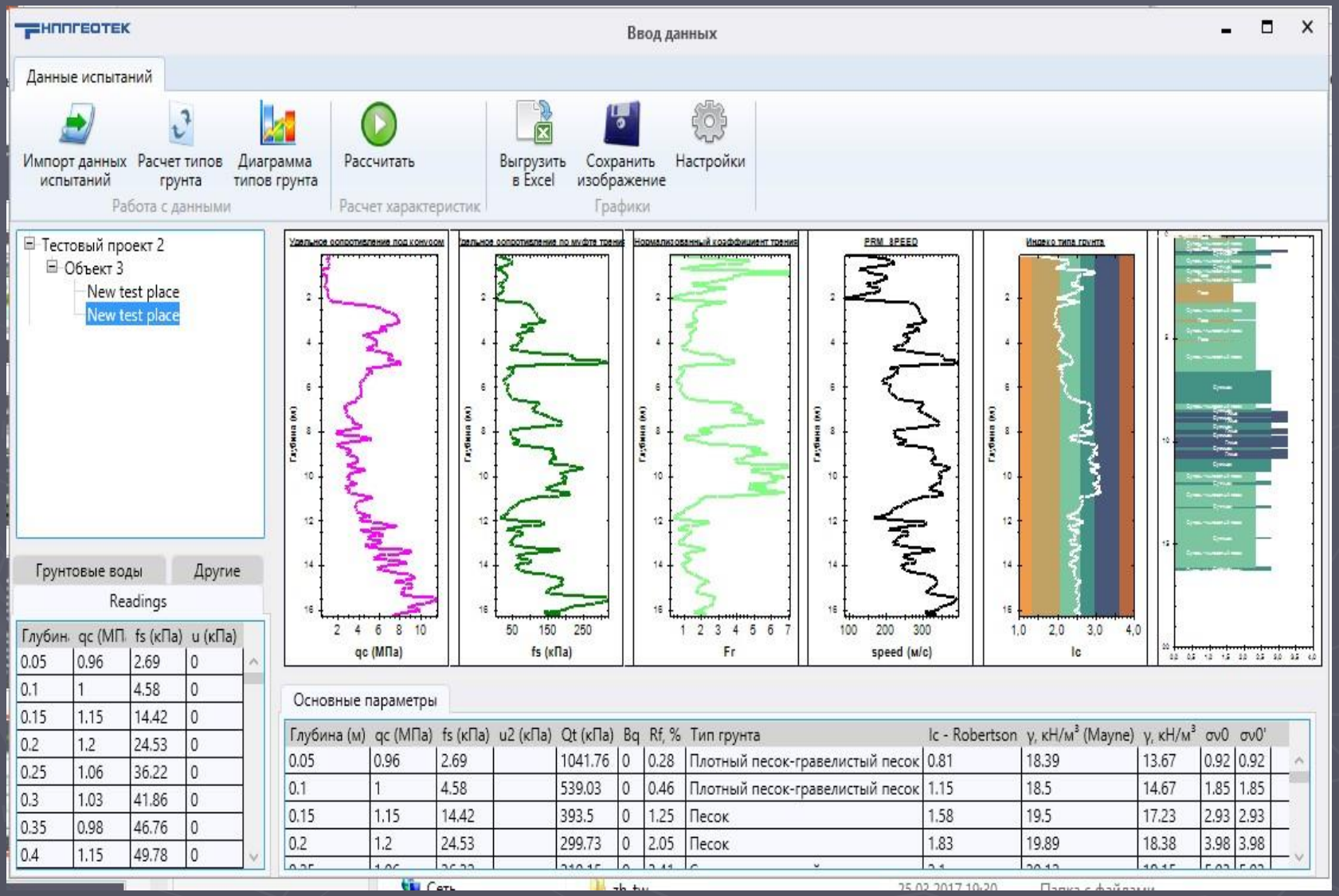
- Программы: Stratamodel, Gocad (Landmark), IRAP RMS (Smedvig Technologist), несколько позже — Petrel (Shlumberger).
- Отечественные : DV GEO; Триас , Isolane, GST, BASPRO-Geomaster, PLOTLOG, GST, Кредо

- Методические указания по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений, 2003; Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование, 2009;
- Ковалевски Е. Geological Modelling on the Base of Geostatistics, 2012

Процедура сбора и обработки CPT данных



Определение вида грунта из CPT испытаний



Глобальные корреляционные уравнения

Mayne et al. (2010б)

$$\gamma = 1{,}95\gamma_w \left(\frac{f_s}{p_a}\right)^{0{,}06} \left(\frac{\sigma'_{vo}}{p_a}\right)^{0{,}06}$$

Mayne, 2001

$$OCR = \left[\frac{0{,}192\cdot(q_t/p_a)^{0{,}22}}{(1-\sin\varphi')(\sigma'_{vo}/p_a)^{0{,}31}}\right]^{\left(\frac{1}{\sin\varphi'-0{,}27}\right)}$$

Robertson & Campanella (1983)

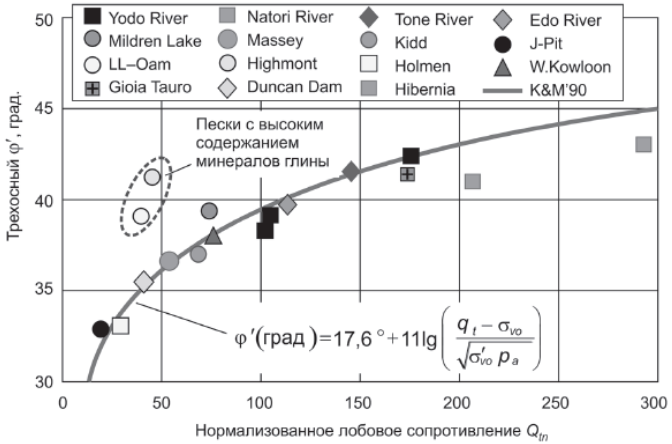
$$\varphi' = 35° + 11{,}5\lg\left(\frac{q_c}{30\sigma'_{vo}}\right)$$

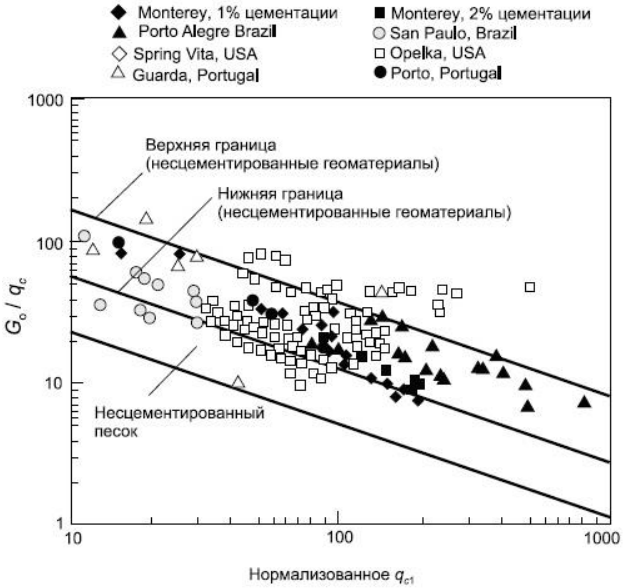
$$E_{oed} = w_1 p_a \left(\frac{\sigma'_{vo} + 0{,}5\Delta\sigma'_v}{p_a}\right)^{w_2}$$

$$E = \alpha q_t$$

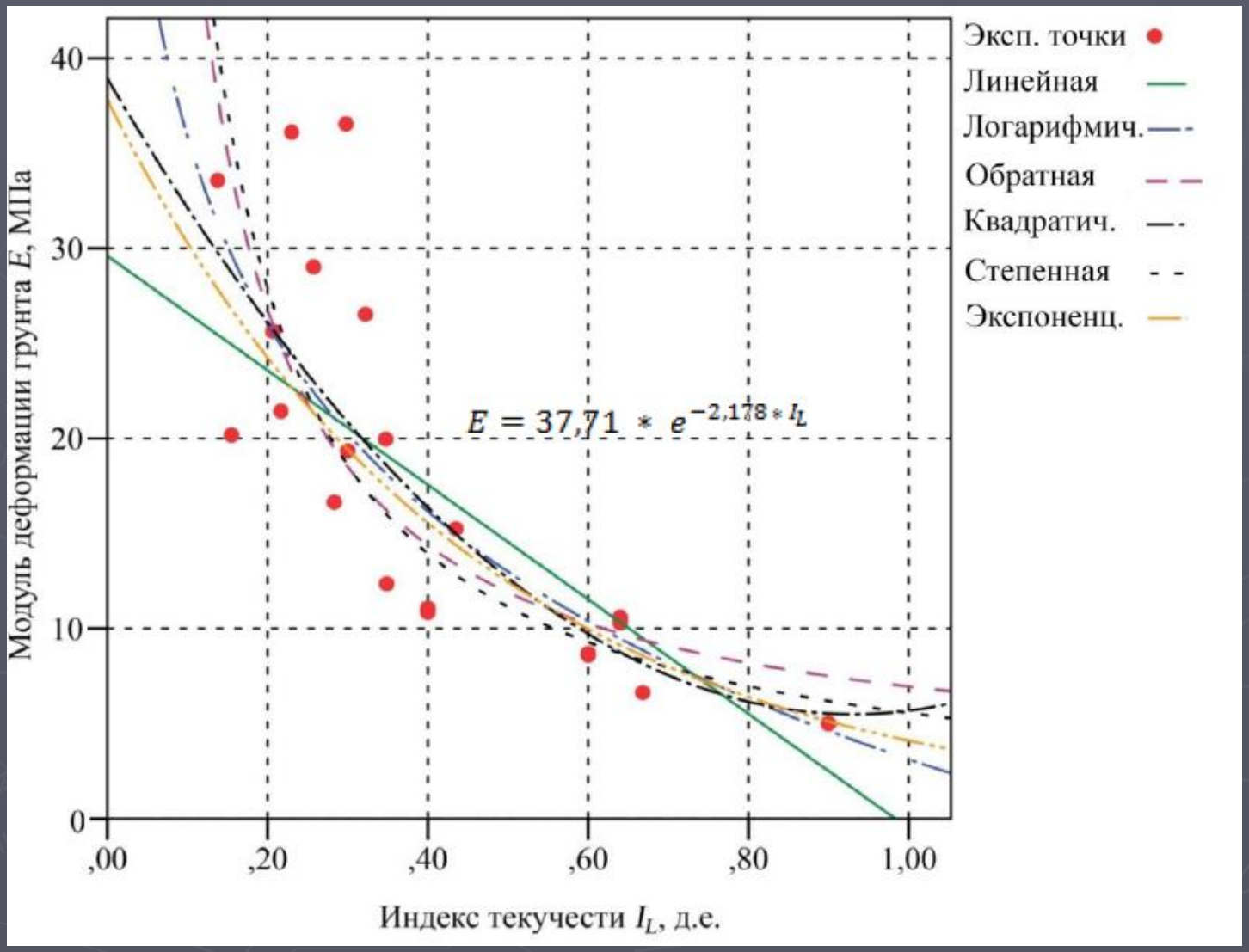
$$E = \alpha_E (q_t - \sigma_{vo})$$

$$G_0 = 800\sqrt[3]{q_t \sigma'_{vo} p_a}$$

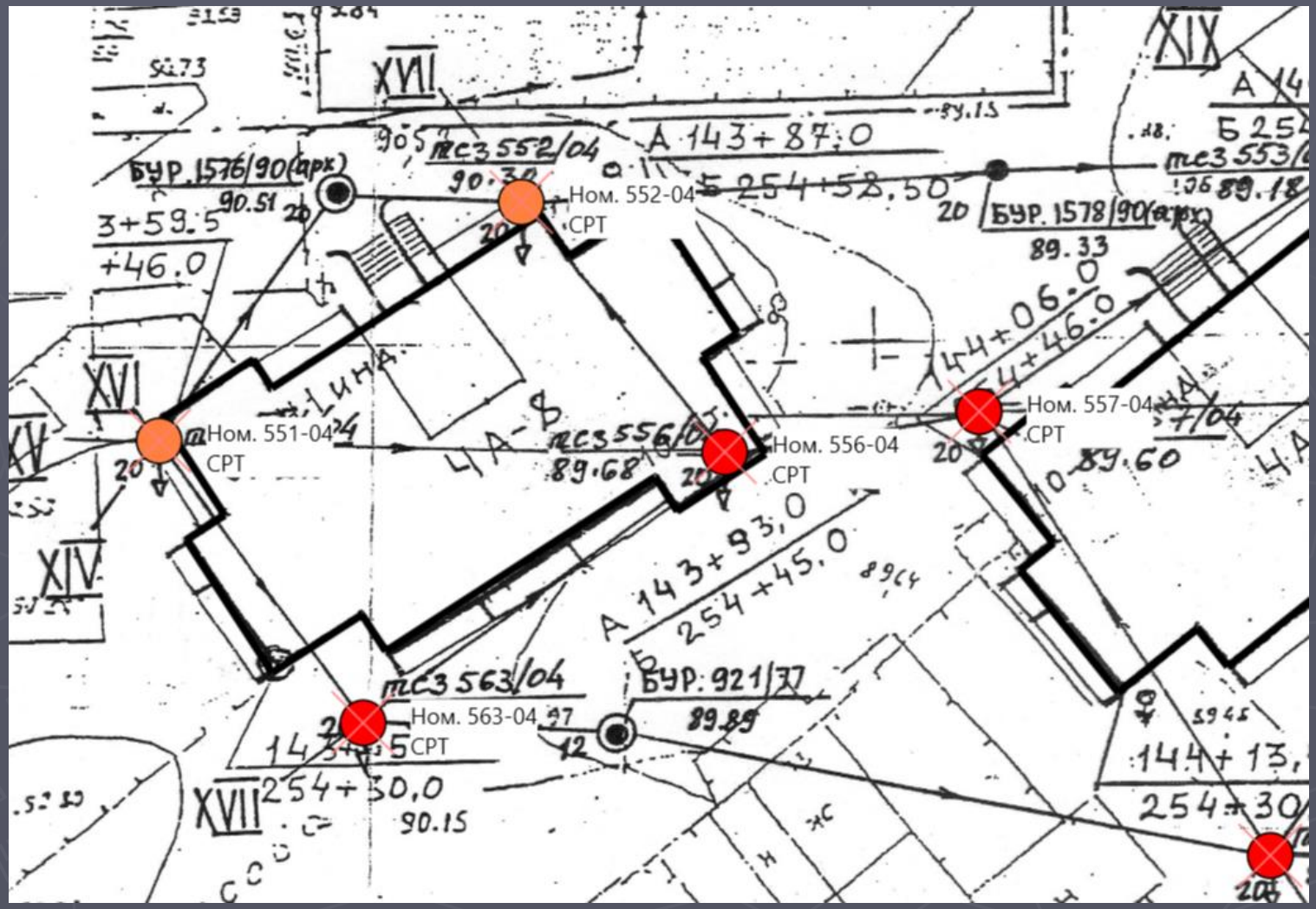




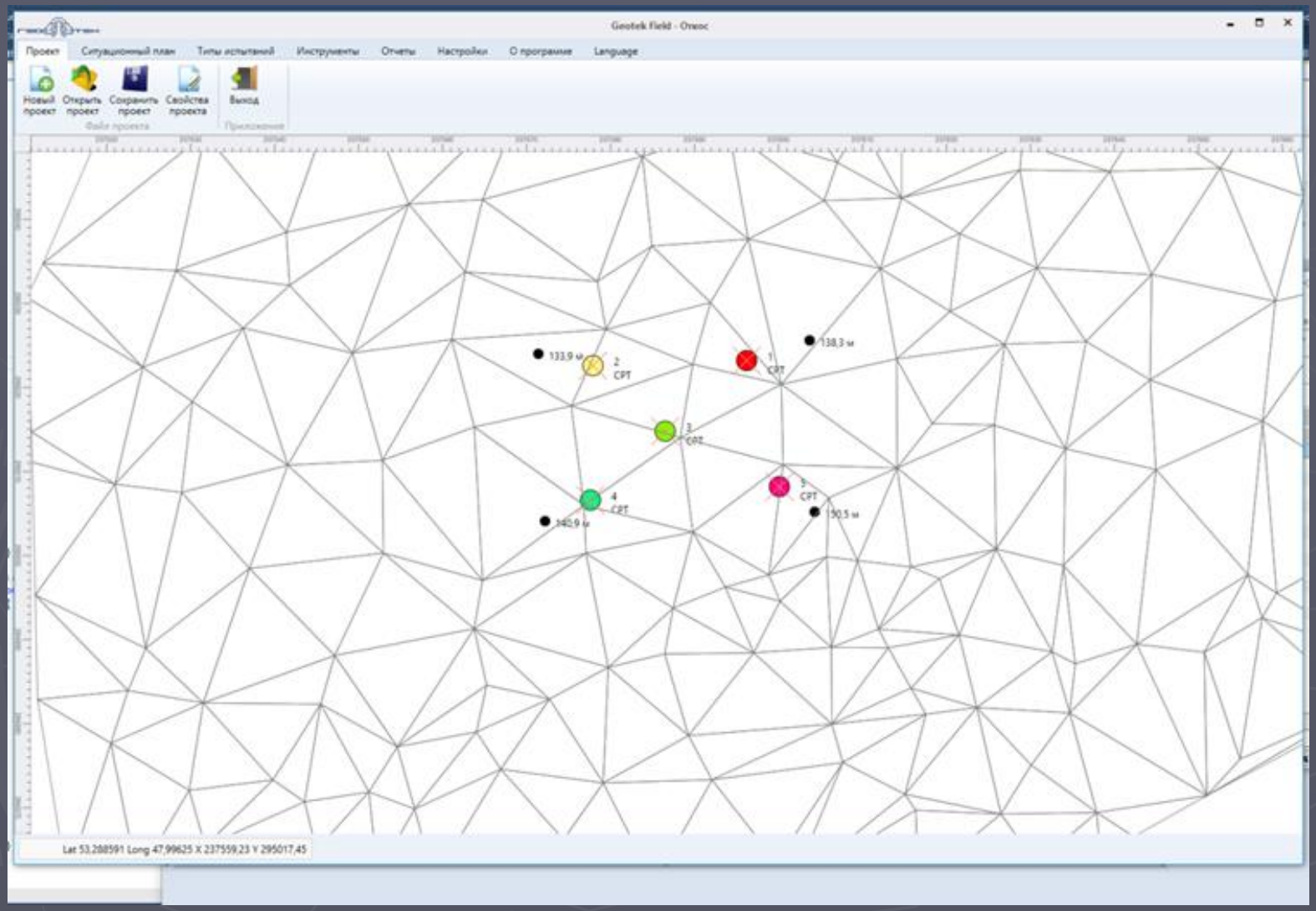
Региональные корреляционные уравнения



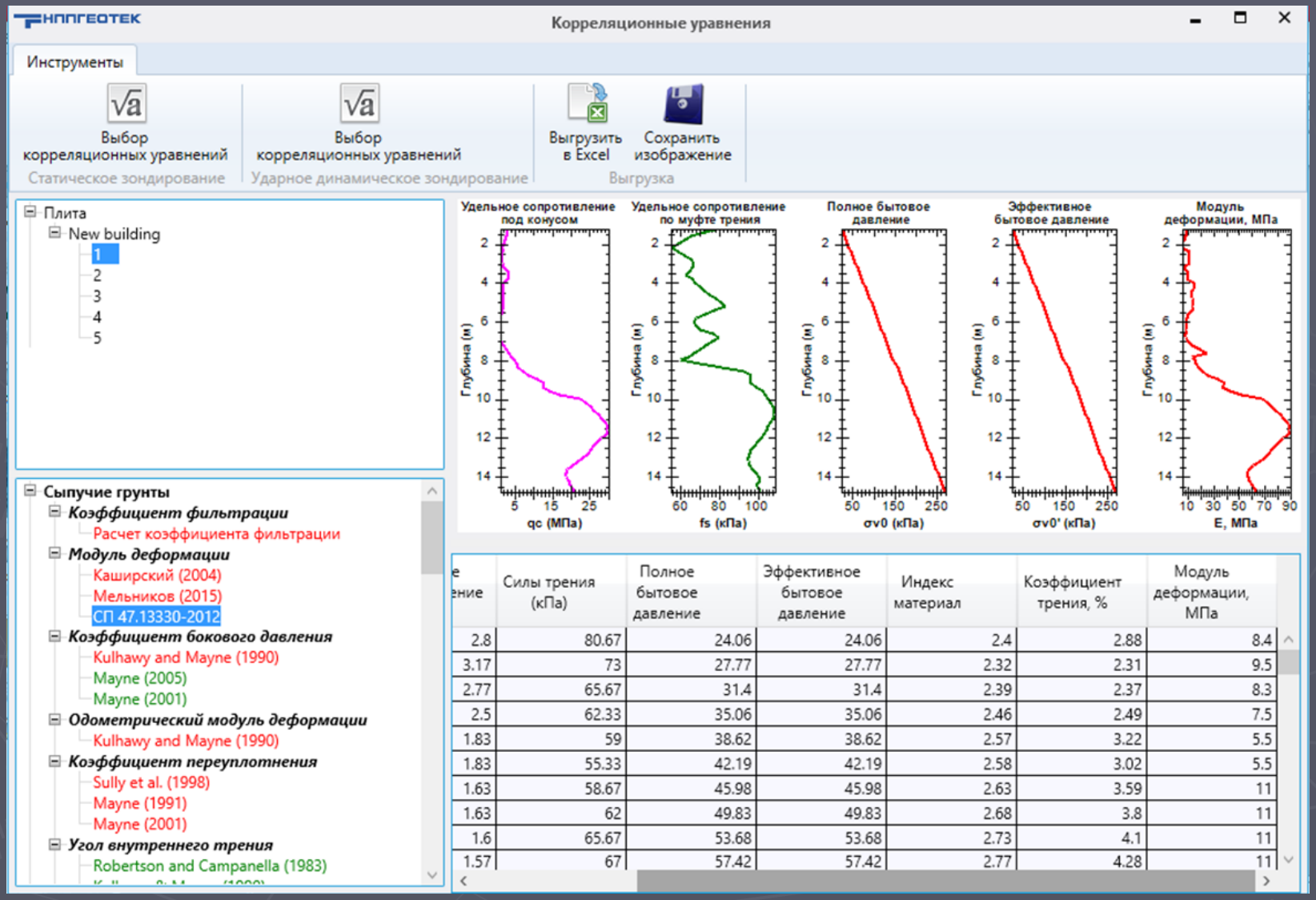
Процедура построения BIMG



Импорт ЦММ в формате LandXML, DXF

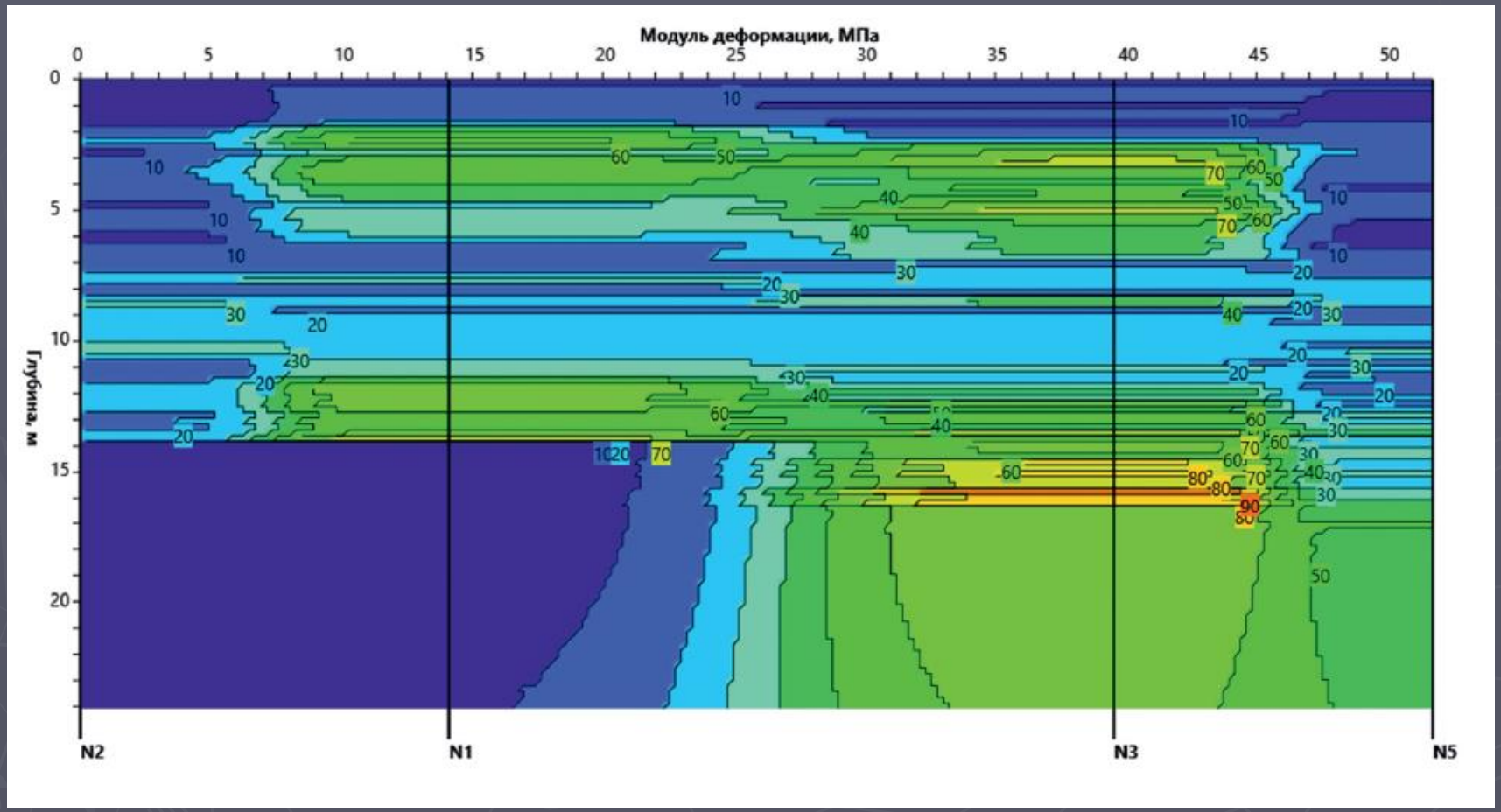


Выбор корреляционного уравнения



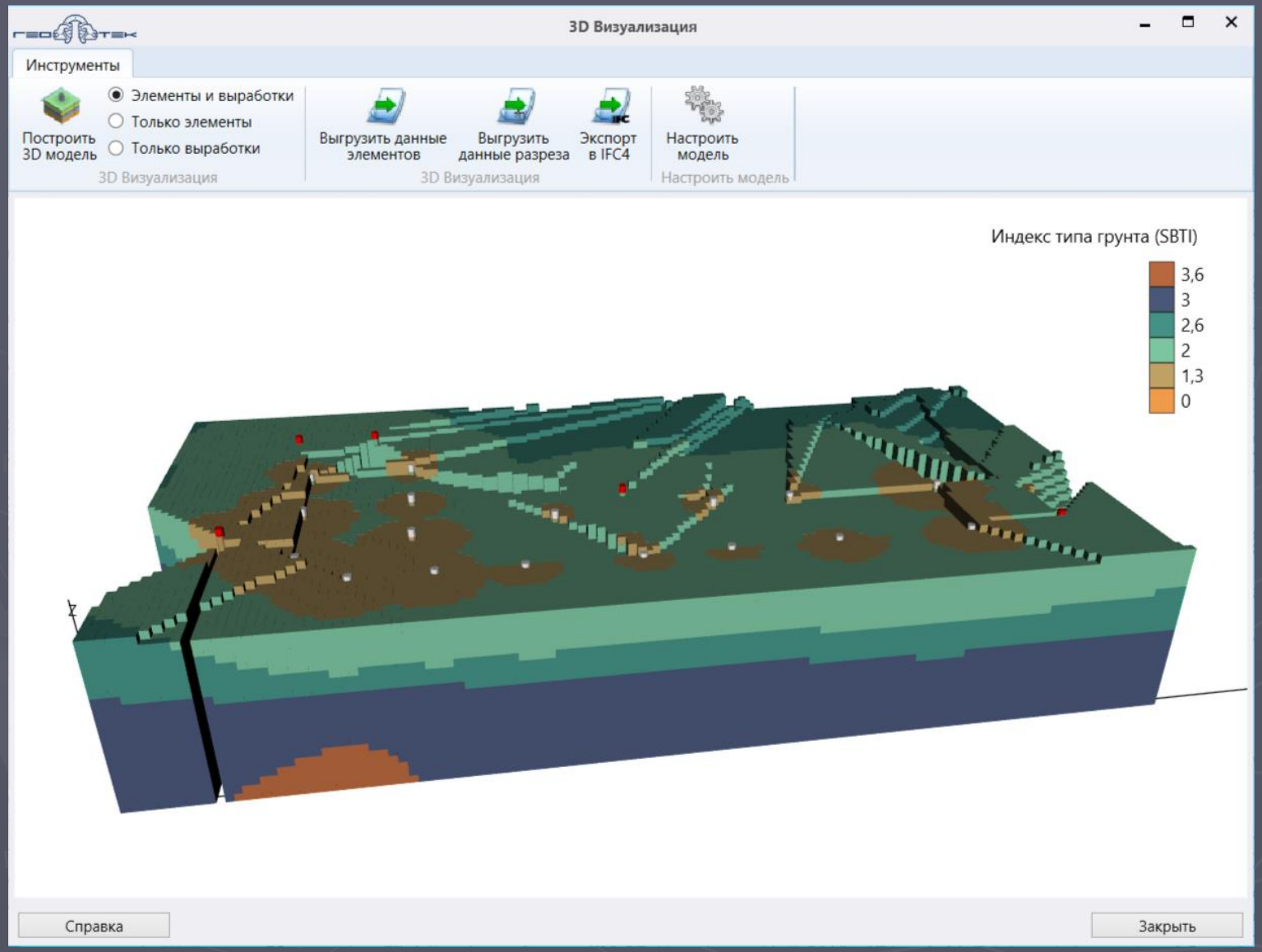
е ение	Силы трения (кПа)	Полное бытовое давление	Эффективное бытовое давление	Индекс материал	Коэффициент трения, %	Модуль деформации, МПа
2.8	80.67	24.06	24.06	2.4	2.88	8.4
3.17	73	27.77	27.77	2.32	2.31	9.5
2.77	65.67	31.4	31.4	2.39	2.37	8.3
2.5	62.33	35.06	35.06	2.46	2.49	7.5
1.83	59	38.62	38.62	2.57	3.22	5.5
1.83	55.33	42.19	42.19	2.58	3.02	5.5
1.63	58.67	45.98	45.98	2.63	3.59	11
1.63	62	49.83	49.83	2.68	3.8	11
1.6	65.67	53.68	53.68	2.73	4.1	11
1.57	67	57.42	57.42	2.77	4.28	11

2D цифровой разрез

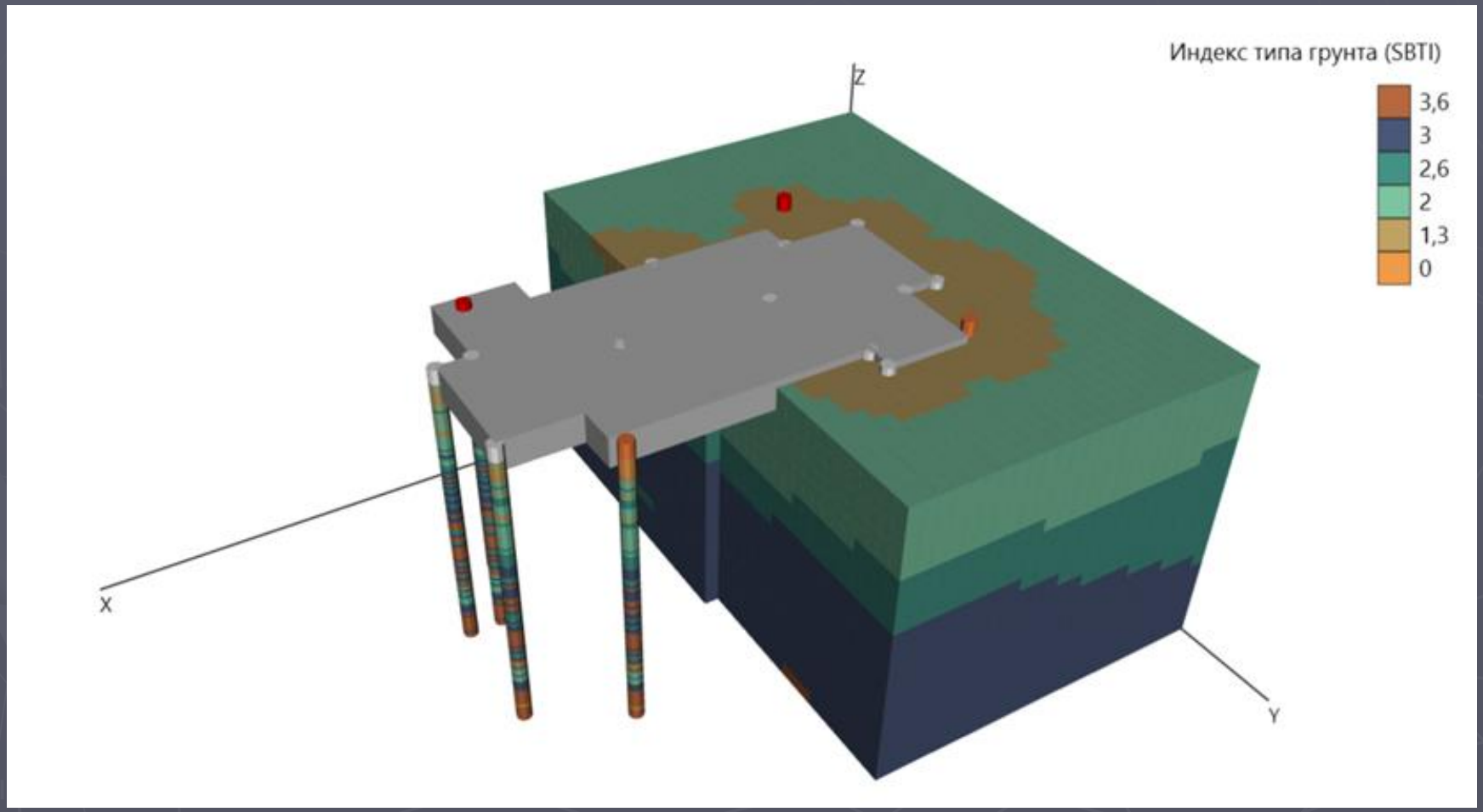


Двумерная аппроксимация модуля деформации

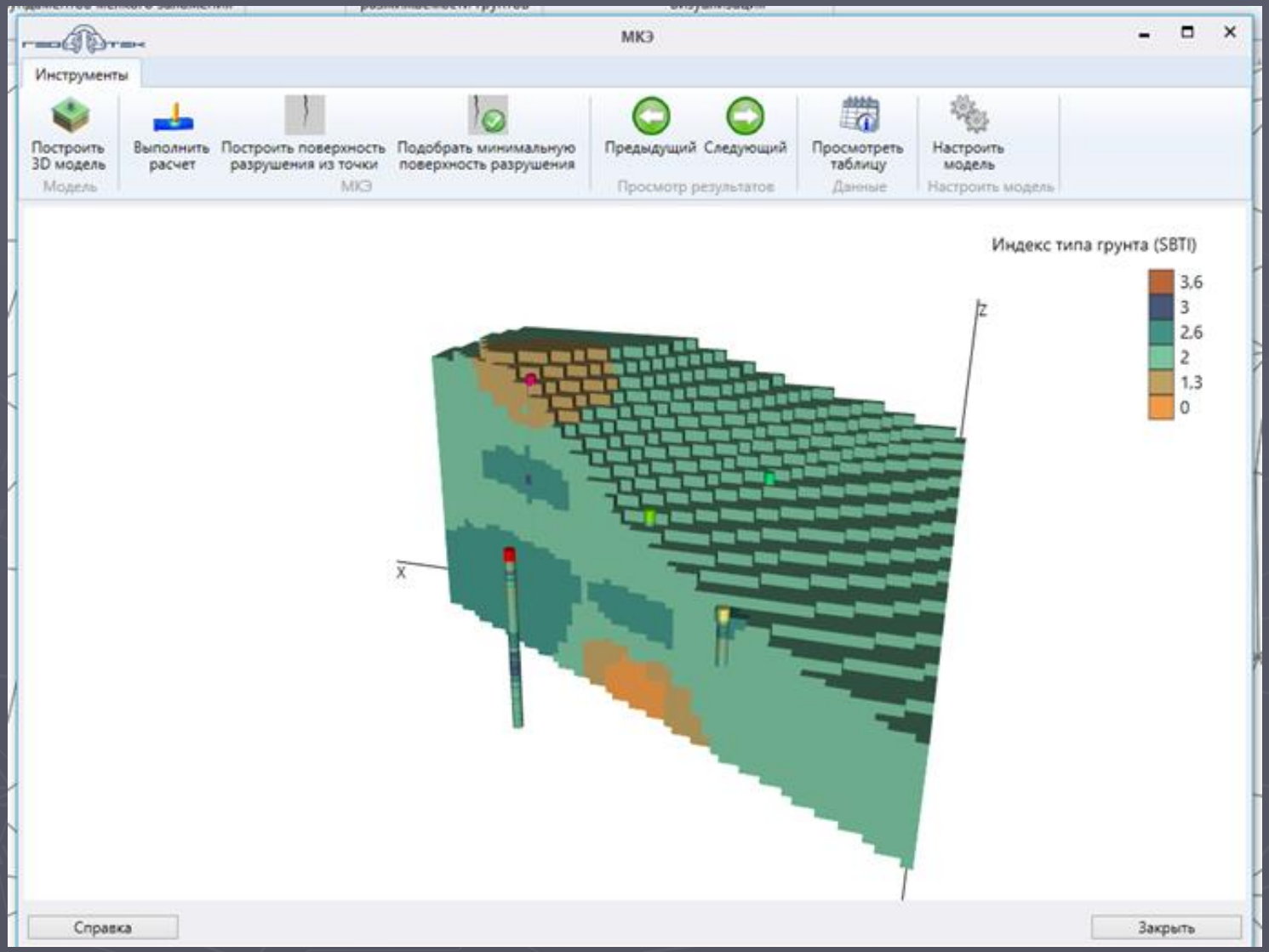
3D геологическая модель



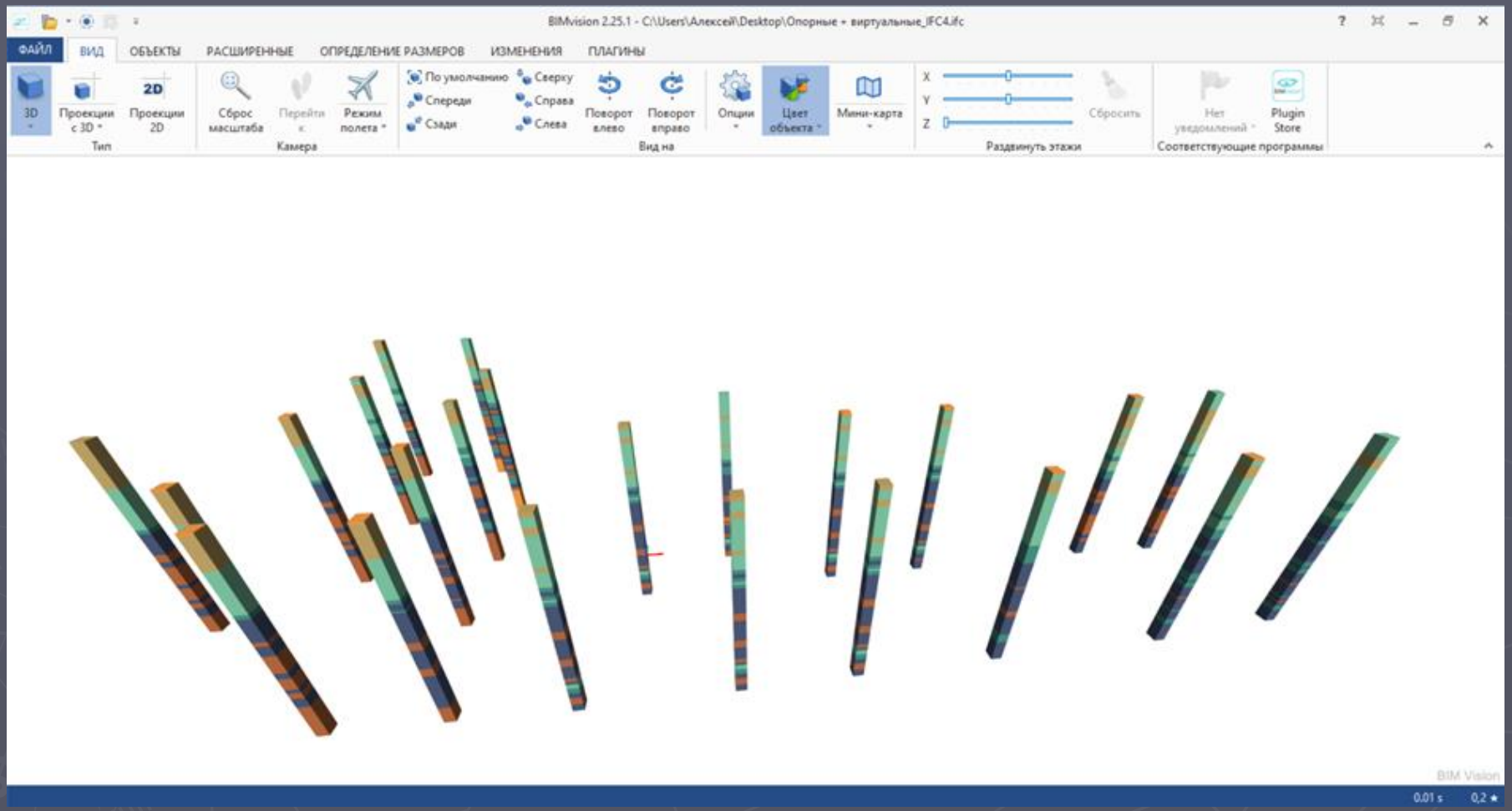
3D геотехническая модель



3D модель склона

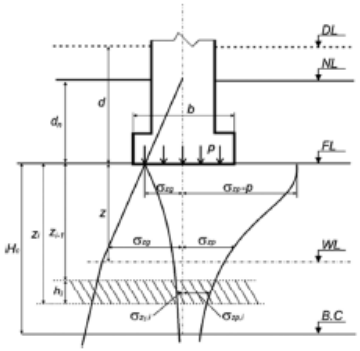
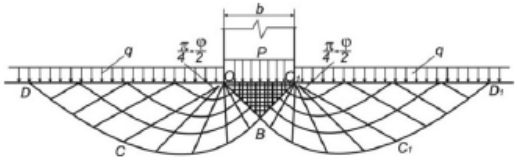


Экспорт цифровой модели в формате IFC4.2

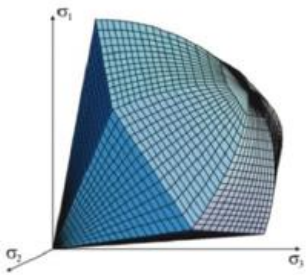
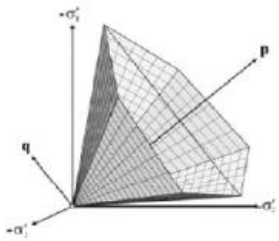
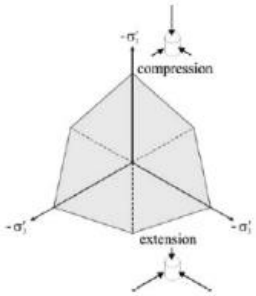


BIM Vision 2.25.1

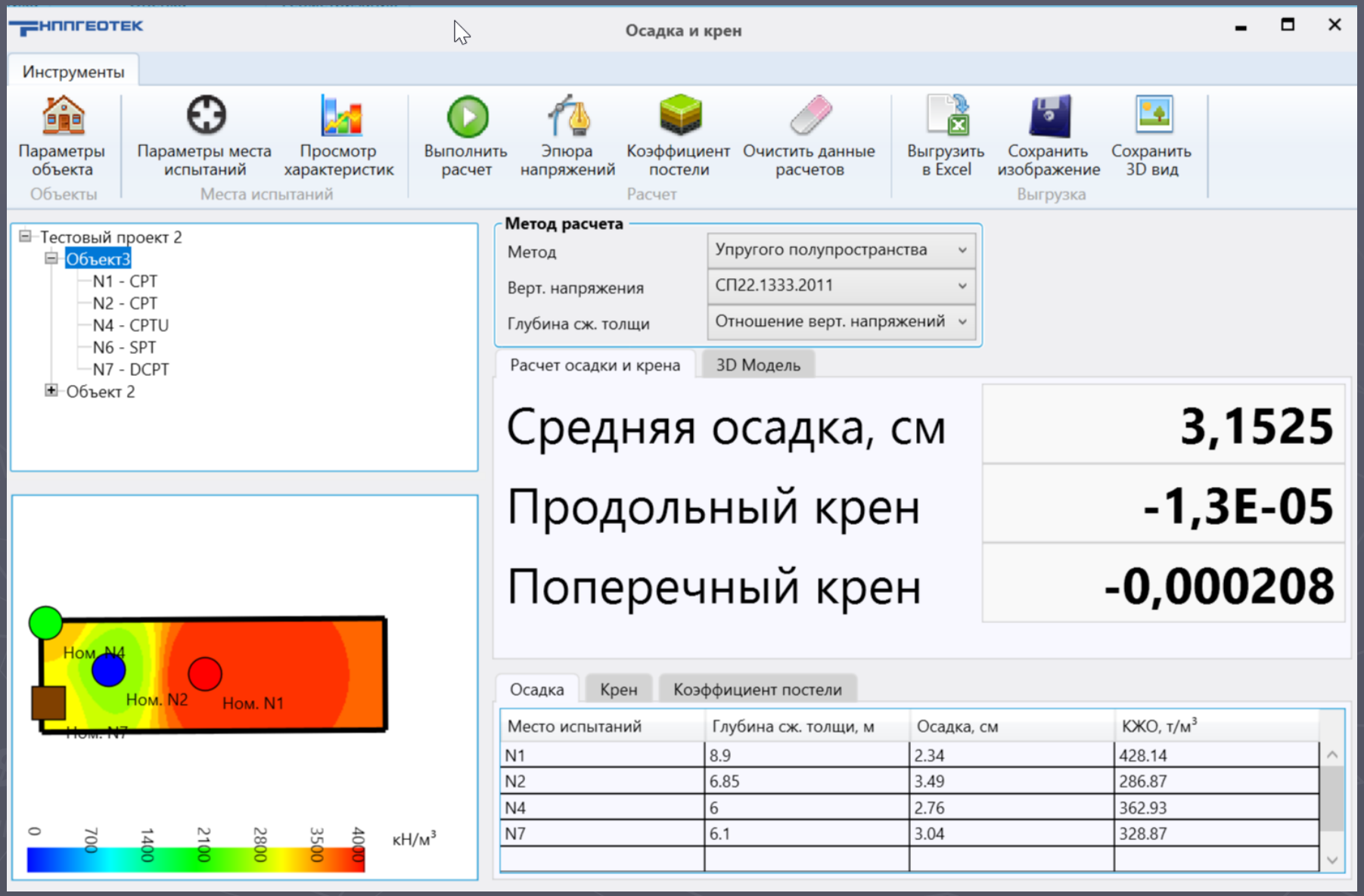
Аналитические решения СП 22.13330.2016

Метод расчета	Расчетная схема	Метод испытаний и определяемые характеристики
Расчет осадки СП 22.13330	 $S = \beta\sum_{i=1}^{n}\frac{(\sigma_{zp,i}-\sigma_{z\gamma,i})h_i}{E_i} + \beta\sum_{i=1}^{n}\frac{\sigma_{z\gamma,i}h_i}{E_{e,i}}$	Лабораторные испытания: 1. Компрессионное сжатие: — модуль деформации E; — упругий модуль деформации при разгрузке E_e; — коэффициент Пуассона ν. 2. Физические характеристики: — плотность ρ. Полевые испытания: 1. Испытания штампами — модуль деформации E_{plt}. 2. Статическое зондирование — модуль деформации E_{cpt}.
Несущая способность СП 22.13330	 $F = b'l'\left(N_\gamma\xi_\gamma b'\gamma_I + N_q\xi_q\gamma'_I d + N_c\xi_c c_I\right)$	Лабораторные испытания: 1. Одноплоскостной срез/трехосное сжатие: — удельное сцепление c; — угол внутреннего трения φ. 2. Физические характеристики: — плотность ρ.

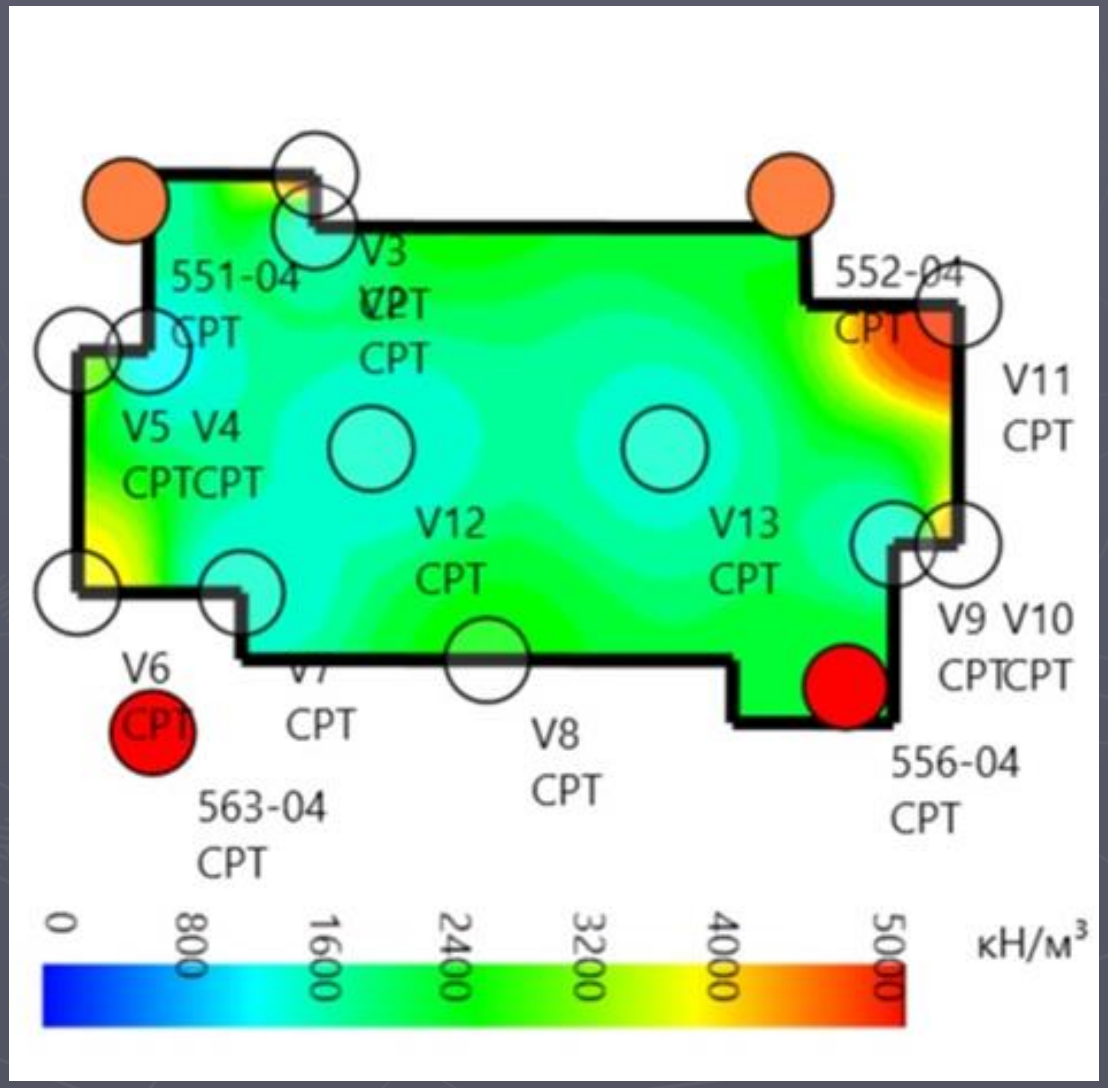
Численные решения

Программы	Наименование модели грунта/Вид определяющих уравнений	Метод испытаний и определяемые параметры
PLAXIS FLAC ABAQUS LS-DYNA и др.	Модели с упрочнением  $f^c = \frac{q^2}{\alpha^2} - p^2 - \sigma_p^2$ $f^s = \frac{1}{2E_{50}} \frac{q}{1 - q/q_a} - \frac{2q}{E_{ur}} - \gamma_p$	Трехосное сжатие: — секущий модуль деформации E_{50}; — упругий модуль деформации при разгрузке E_{ur}; — коэффициент Пуассона ν. Компрессионное сжатие: — давление предварительного уплотнения σ_p; — одометрический модуль деформации E_{ur}. Одноплоскостной срез/трехосное сжатие: — удельное сцепление c; — угол внутреннего трения φ; — угол дилатансии ψ. Физические характеристики: — начальный коэффициент пористости e_0; — минимальный и максимальный коэффициенты пористости e_{max}, e_{min}; — плотность ρ.
	Упруго-пластические модели $f^s = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) - \left[\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)\sin\varphi + c\cos\varphi\right] = 0$  	Трехосное сжатие: — модуль деформации E; — коэффициент Пуассона ν; — удельное сцепление c; — угол внутреннего трения φ; — угол дилатансии ψ. Физические характеристики: — плотность ρ.

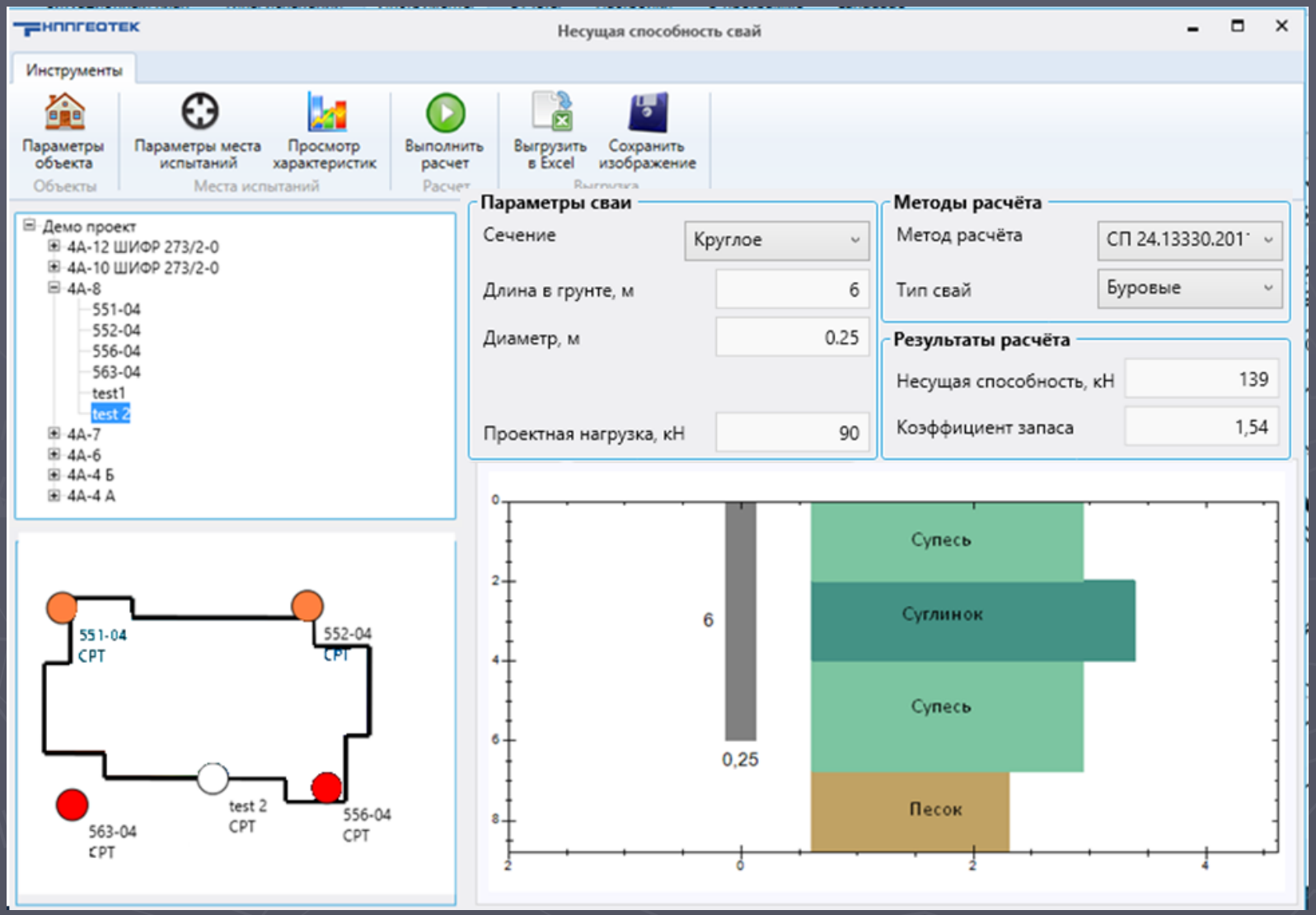
Расчет осадки и крена (СП 22.13330)



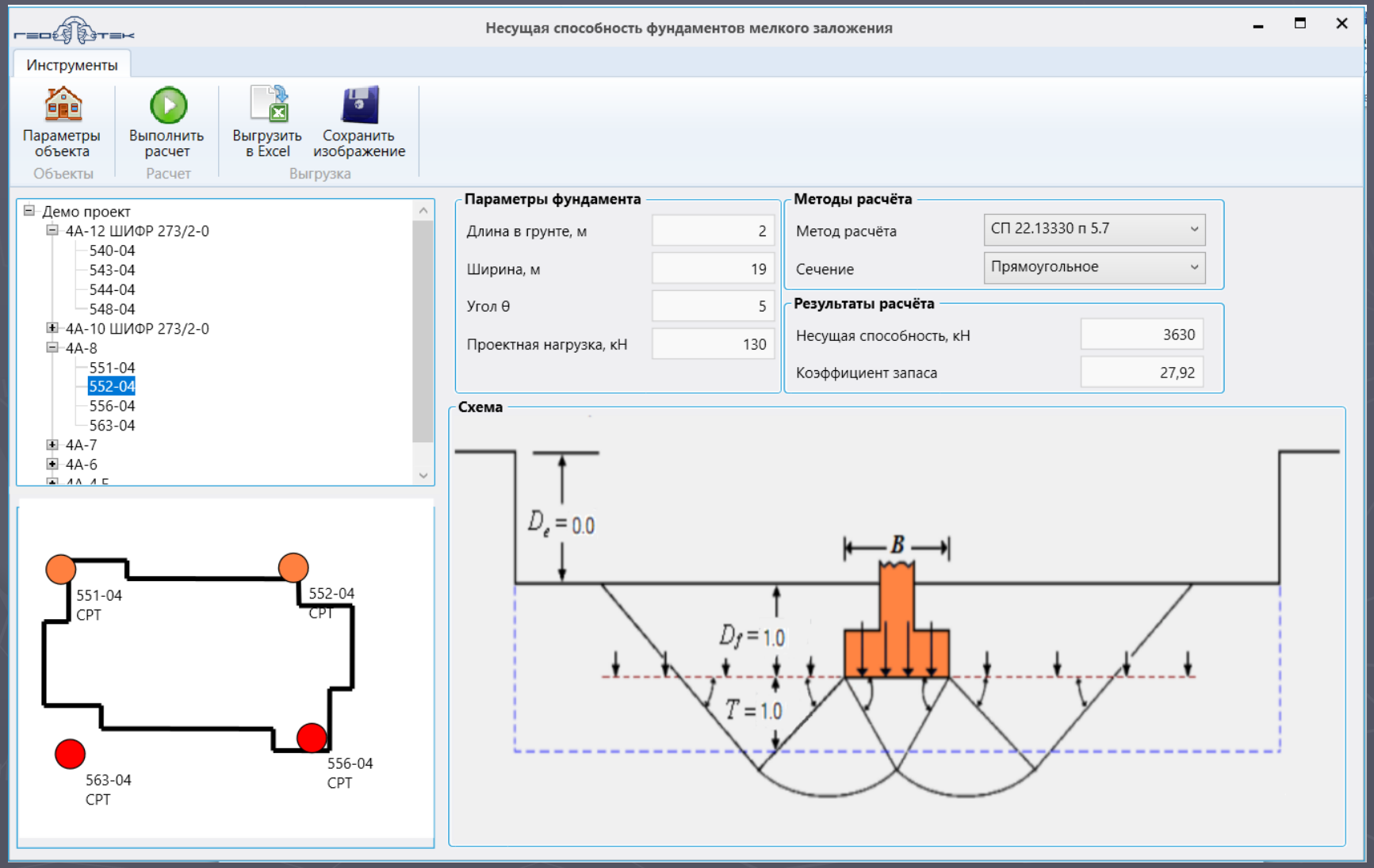
Коэффициент постели и виртуальные выработки



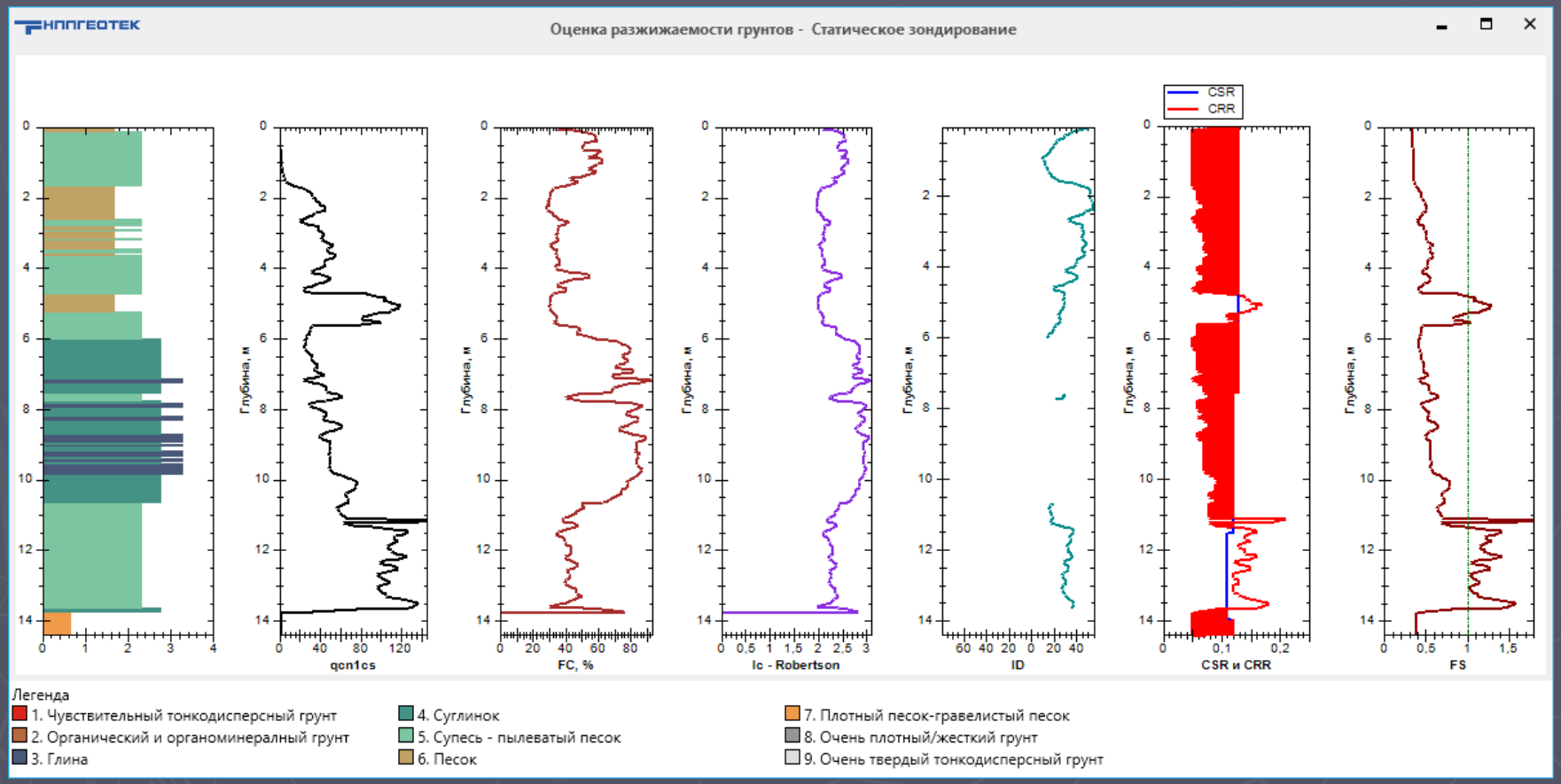
Расчет несущей способности свай



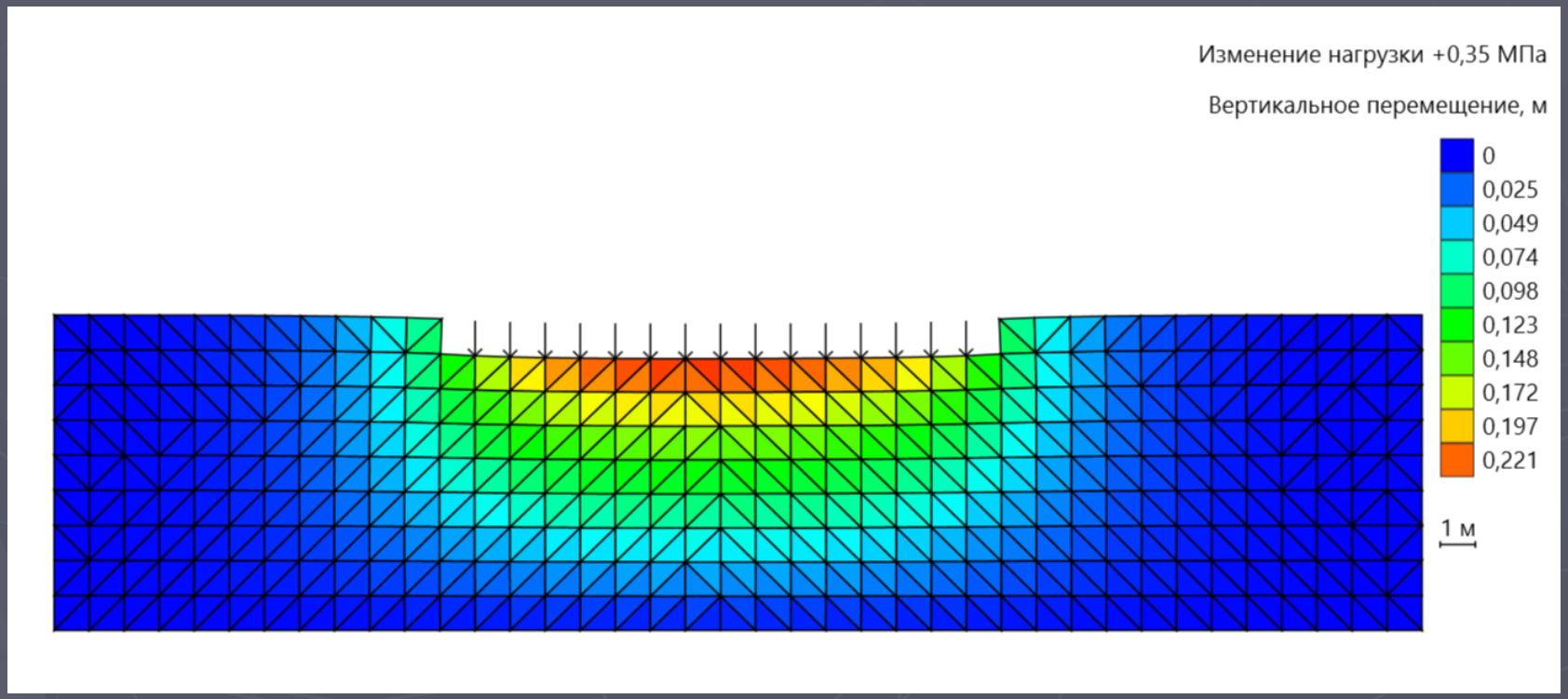
Расчет несущей способности фундаментов мелкого заложения



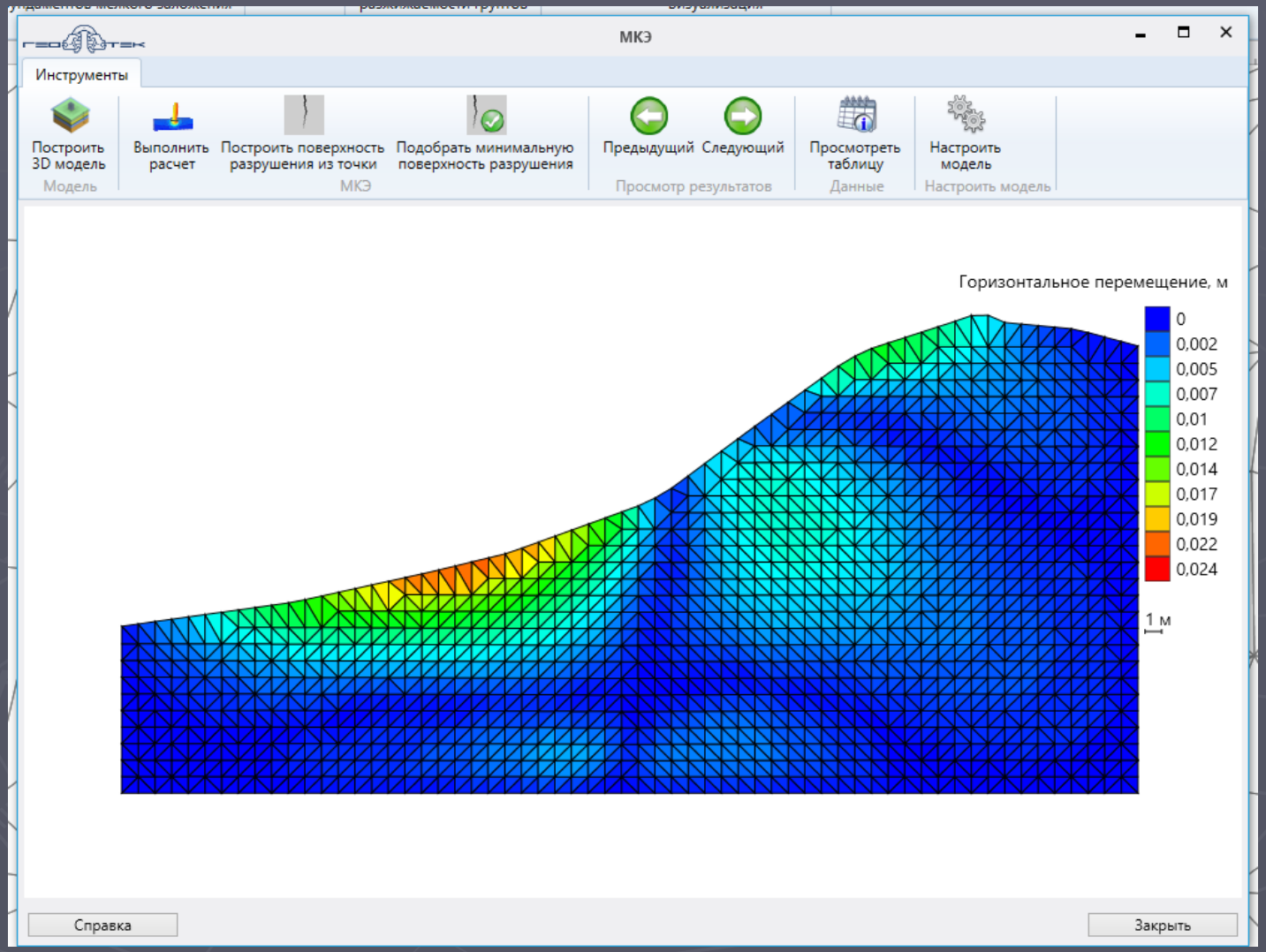
Оценка разжижаемости грунтов



Расчет НДС основания



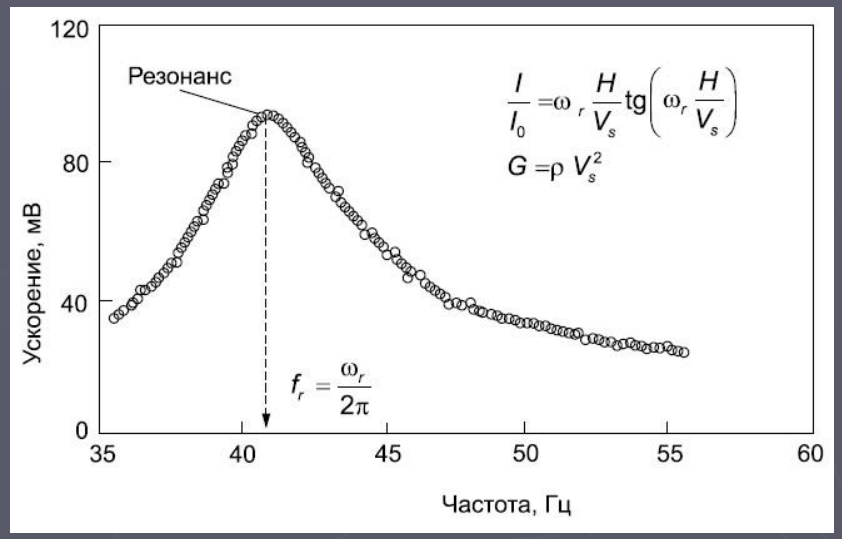
Расчет устойчивости склона

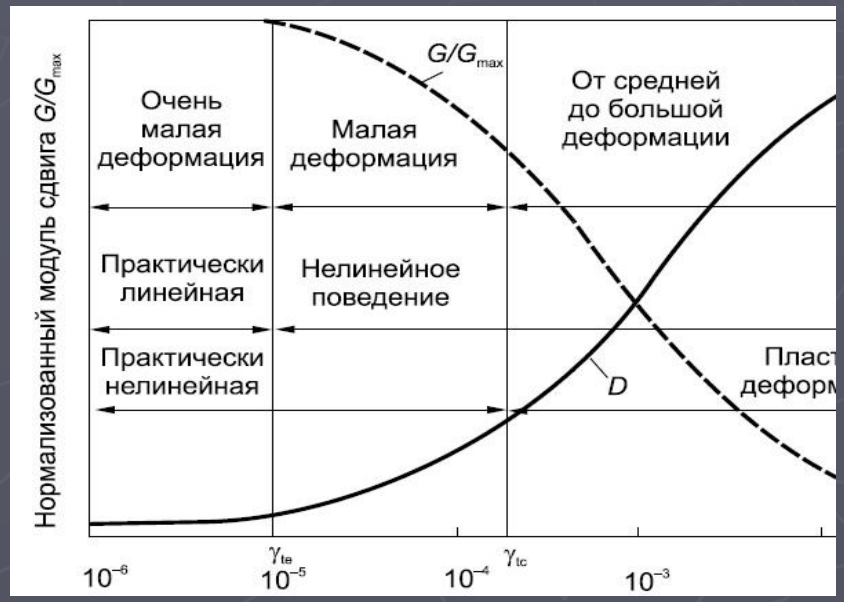


Циклические испытания

Определение динамического модуля деформации

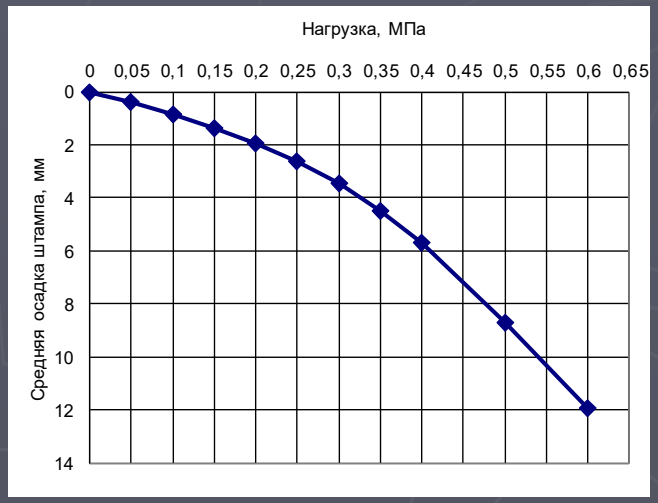
Резонансные испытания





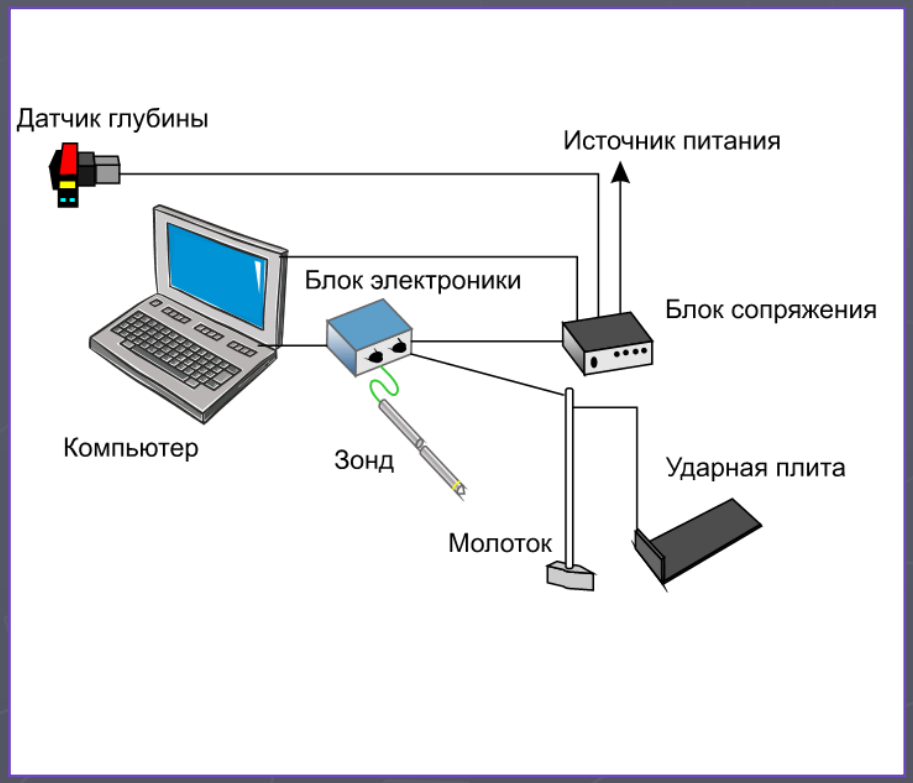
Определение максимального упругого модуля сдвига и коэффициента дэмпфирования в диапазоне деформации от 10-2 до 10-6

Испытания винтовым/плоским штампом



Определение модуля деформации

Статическое зондирование с измерением порового давления и скорости поперечных волн

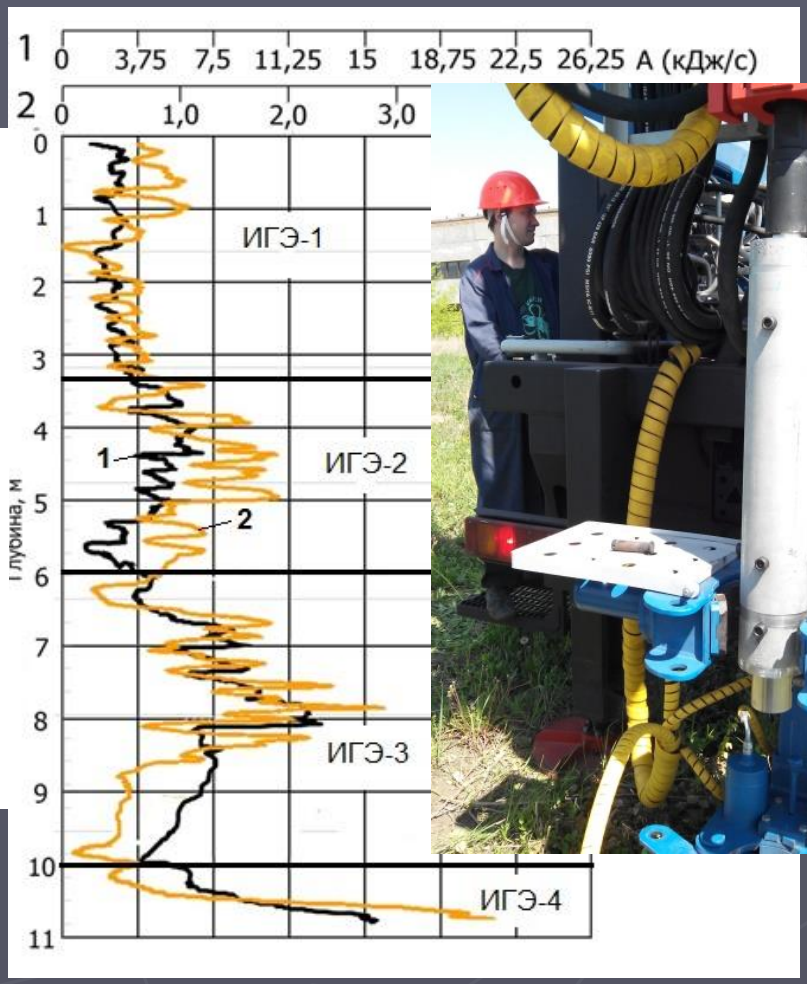


Определение мощности слоев грунтов, вида грунтов, прочностных и деформационных характеристик, скорости поперечных волн

Динамическое зондирование

Определение мощности слоев грунтов, вида грунтов, прочностных и деформационных характеристик

Буровое зондирование



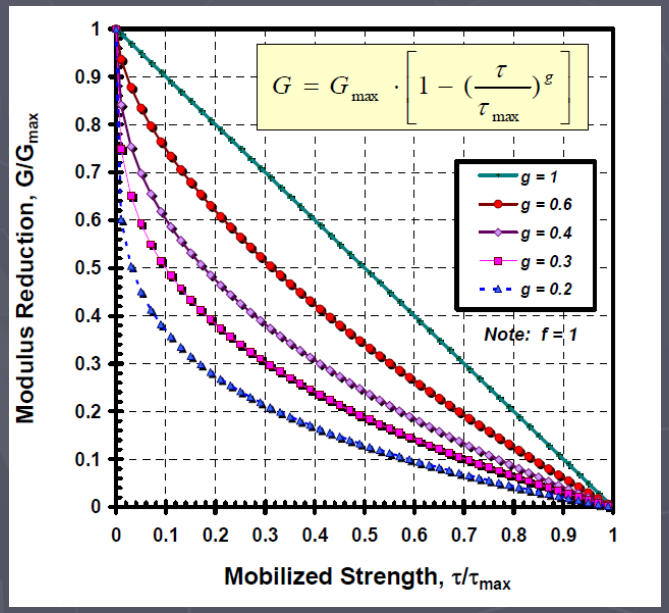
Определение мощности слоев грунта с различной прочностью, модуля деформации и сопротивления грунтов срезу

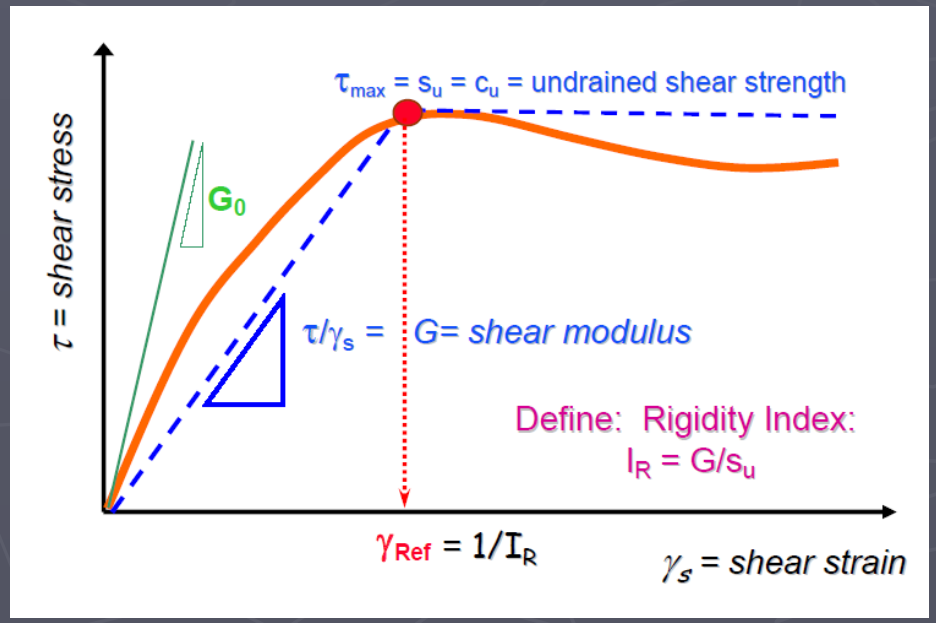
Многопараметрическое зондирование

Измеряемые параметры:

- крутящий момент
- осевая нагрузка и перемещение
- скорость вращения
- вес шнековой колонны и грунта на ребордах
- лобовое сопротивление
- силы трения
- поровое давление
- угол наклона
- скорость поперечных волн

Вращательный срез





P.W.Mayne. In-Situ Test Calibrations for Evaluating Soil Parameters

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

ООО «НПП Геотек»

www.npp-geotek.ru