



**Проблемы строительства автомобильных дорог с
использованием «стандартного подхода» при выполнении
инженерно-геологических изысканий**

Москва, 2024 г.

Определение слабого грунта

В соответствии с СП 34.13330.2021 п.7.8:

К слабым следует относить связные грунты, имеющие прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее **0,075 МПа** (при испытании прибором вращательного среза) или модуль осадки более **50 мм/м** при нагрузке **0,25 МПа** (модуль деформации ниже **5,0 МПа**).

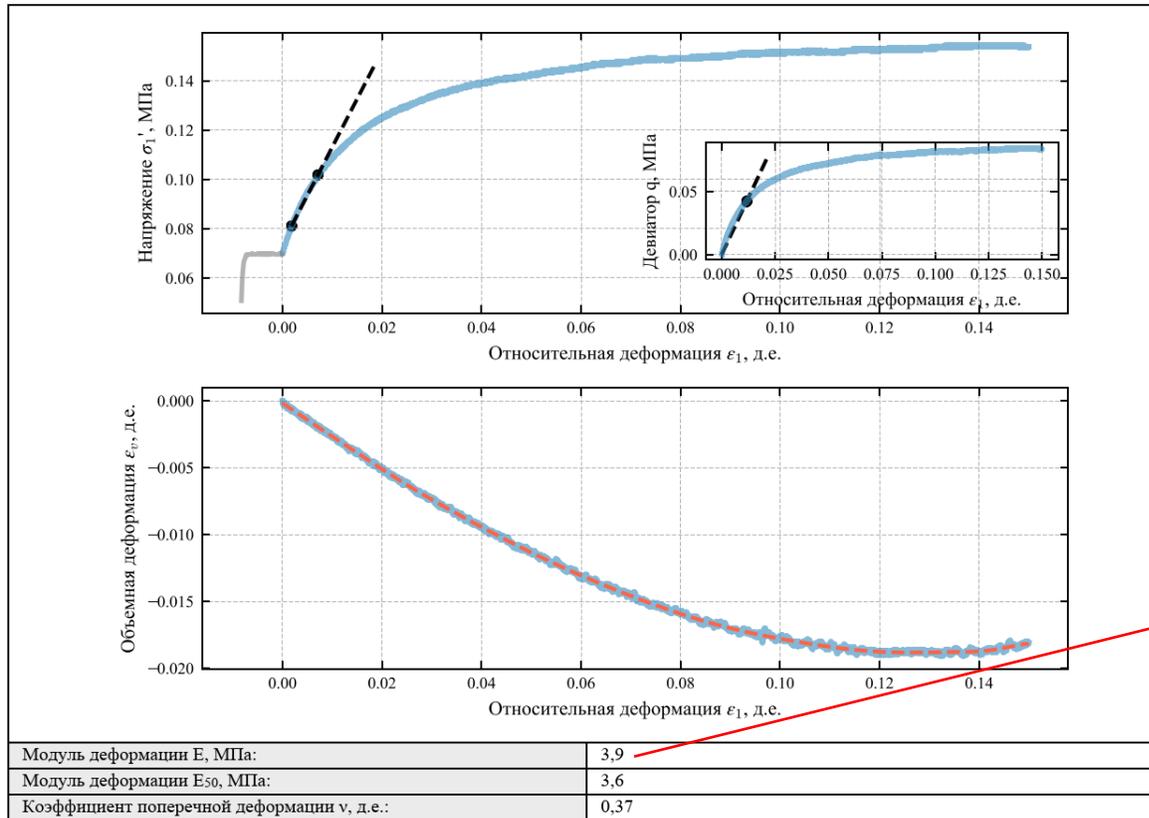
ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТА

ρ_s , г/см ³	ρ , г/см ³	ρ_d , г/см ³	w, %	e, ед.	W, %	S _r , д.е.	I _p , %	I _L , ед.	I _c , %
2,70	1,82	1,35	50,1	1,01	35,2	0,94	15,2	0,68	-

СВЕДЕНИЯ ОБ ИСПЫТАНИИ

Режим испытания:	КД, девиаторное нагружение в кинематическом режиме		
Боковое давление σ'_3 , МПа:	0,070	K ₀ , д.е.:	1,00
Оборудование:	ЛИГА КЛ-1С, АСИС ГТ 2.0.5, GIESA UP-25a		
Параметры образца:	Высота, мм:	76,00	Диаметр, мм:
			38,00

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ



3,9 МПа



Просадочный грунт

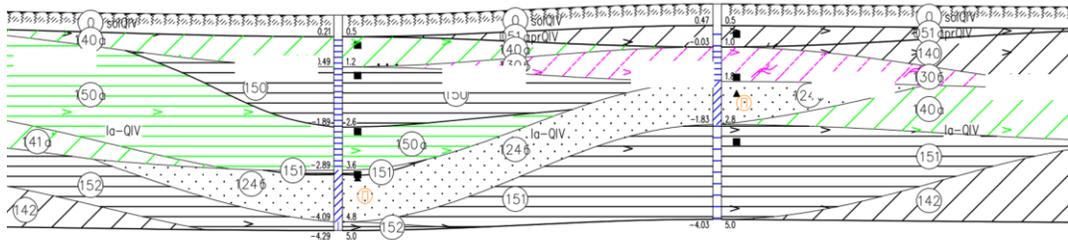


СП 448.1325800.2019 п. 4.9.6.3

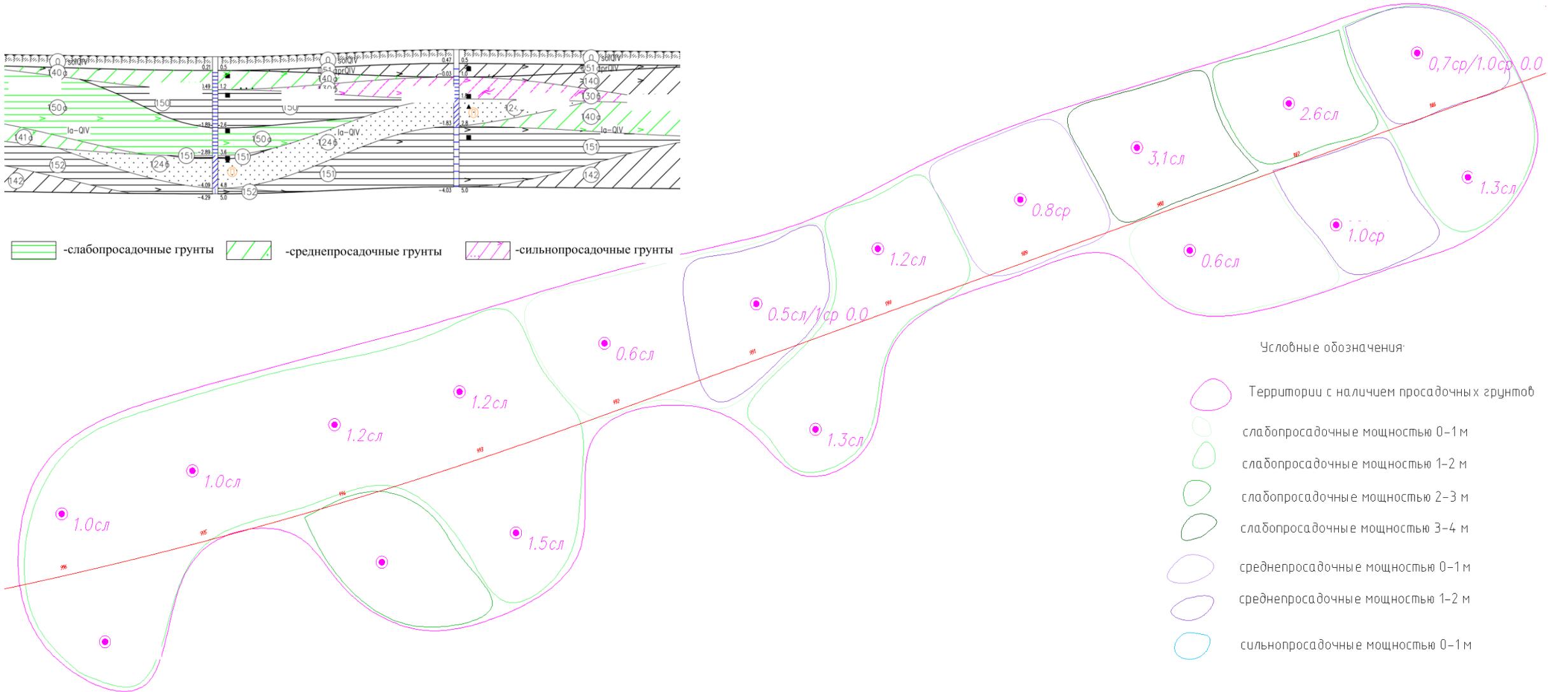
Опробование толщ просадочных грунтов (отбор образцов и монолитов) для определения их свойств в лабораторных условиях следует осуществлять применительно к выделенным инженерно-геологическим элементам (**но не реже, чем через 1 м по глубине**) в пределах всей просадочной толщи, а также из залегающих ниже непросадочных грунтов.



Определение просадочных свойств грунтов в результате проведения дополнительных изысканий



-слабопросадочные грунты
 -среднепросадочные грунты
 -сильнопросадочные грунты



Условные обозначения:

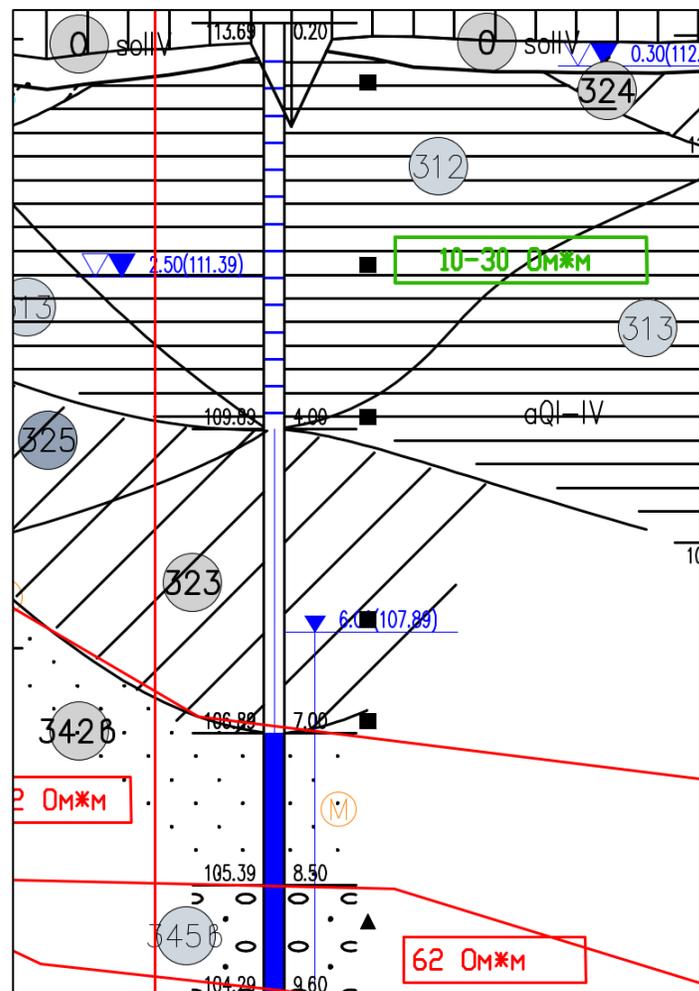
- Территории с наличием просадочных грунтов
- слабопросадочные мощностью 0-1 м
- слабопросадочные мощностью 1-2 м
- слабопросадочные мощностью 2-3 м
- слабопросадочные мощностью 3-4 м
- среднепросадочные мощностью 0-1 м
- среднепросадочные мощностью 1-2 м
- сильнопросадочные мощностью 0-1 м

1024-1
 0,6сл/1,4сп/1,7ил 0,4 1,4

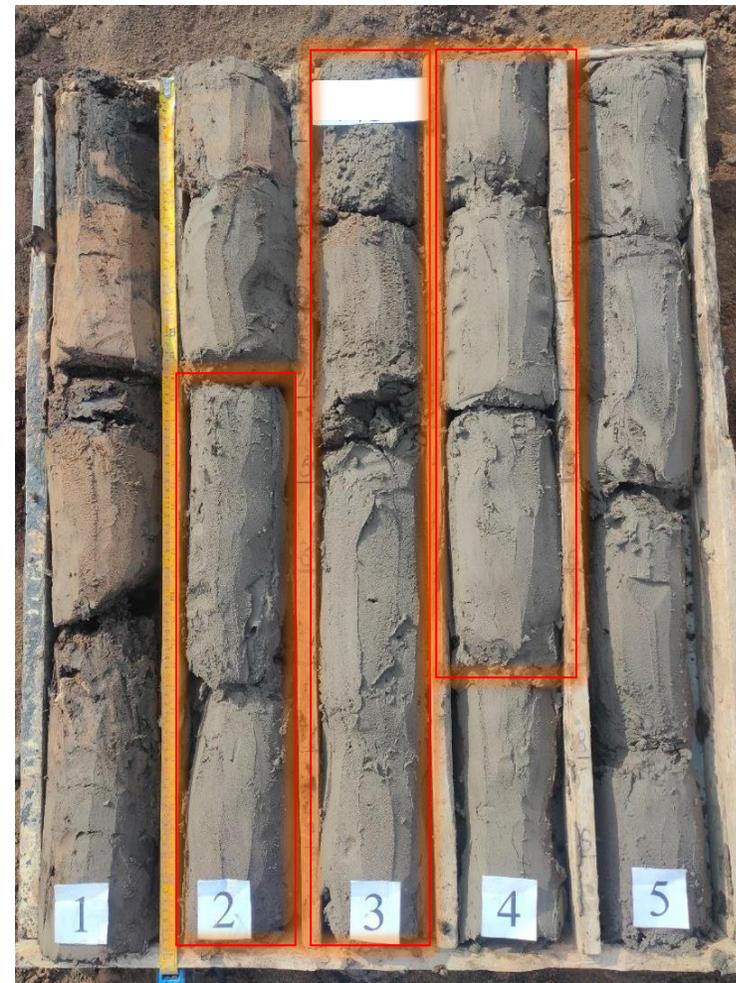
номер скважины
 слабопросадочные мощностью 0,6м
 среднепросадочные мощностью 1,4м
 сильнопросадочные мощностью 1,7м
 0,4 1,4-интервалы между просадочными слоями

Различная консистенция глинистых грунтов

Полутвердые и тугопластичные глины
по данным изысканий проектной
документации



Мягкопластичные суглинки по данным
дополнительных изысканий с модулем
деформации 4,8 МПа



Протокол испытания одной аккредитованной лаборатории

Заказ: ООО «ПетрбургСервис»
 Номер выработки: 664
 Ведомость: «Строительство скоростной а/д Москва-СПб на участке км. 58 - км. 684»
 Глубина отбора, м: 56,10 - 56,30
 Лабораторный номер: 404

Физико-механические свойства грунтов

Влажность природная, д.е.	Плотность, г/см³				Пористость грунта, %	Коэффициент пористости	Влажность текущей, д.е.	Влажность раската, д.е.	Число пластичности	Коэффициент водонасыщенности, д.е.	Показатель текучести	Относительная прочность, д.е.	Модуль деформации, МПа	Модуль деформ. в замоч. сост., МПа	Относит. свободное набухание, д.е.	Давление набухания, МПа	Влажность набухания, д.е.	Относительная усадка, д.е.			Относ. содержание орг. веществ, %	Коэффициент β	Коэффициент m _k	Классификация грунта (ГОСТ 25100)
	W	ρ _s	ρ	ρ _d														σ _d	σ _h	σ _v				
До опыта	0,161	2,74	2,14	1,84	32,73	0,487	0,387	0,213	0,174	0,91	-0,30	-	12,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0,400	2,400	глина легкая пылеватая твердая

Давление, МПа	Относительное сжатие, д.е.	Коэффициент пористости, д.е.	Модуль деформ., МПа
0,000	0,000	0,487	-
0,050	0,015	0,464	1,333
0,100	0,020	0,457	4,000
0,200	0,023	0,452	12,903
0,300	0,026	0,449	16,667
0,400	0,028	0,446	20,000
0,500	0,029	0,443	22,857
0,600	0,031	0,441	32,000

Результаты компрессионных испытаний

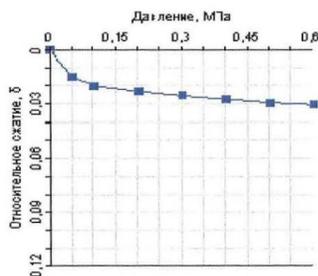
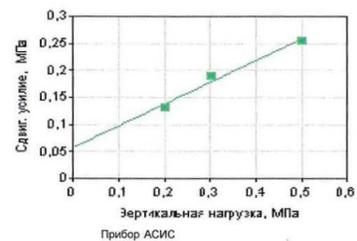


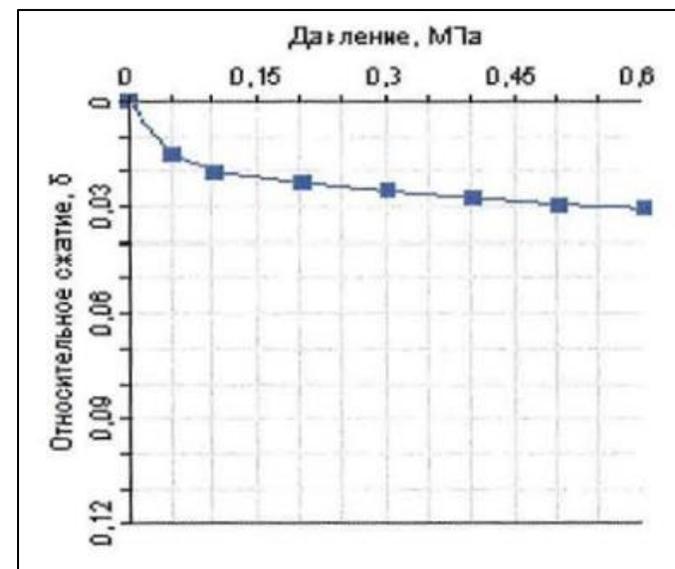
Схема испытания природной влажности Кд	Угол трения, °	Сцепление, МПа	Верх. нагрузка, МПа		Влаж. после опыта, д.е.
			0,200	0,131	
Естест. структура	22	0,058	0,300	0,190	-
			0,500	0,255	-



Грансостав, %	
>200	-
200-100	-
100-60	-
60-40	-
40-20	-
20-10	-
10-5	-
5-2	-
2-1	0,5
1-0,5	0,7
0,5-0,25	0,8
0,25-0,10	1,6
0,10-0,05	12,3
<0,05	25,3
<0,01	17,5
<0,005	41,4
<0,002	-
<0,001	-
d ₆₀	0,0
d ₁₀	0,0
C _u	4,3

Коэффициент m_k распространяется на четвертичные глинистые грунты с показателем текучести $0 < I_L \leq 1$, при этом значения модуля деформации по компрессионным испытаниям следует вычислять в интервале давлений 0,1-0,2 МПа

Глубина отбора, м: 56,10 - 56,30



Дата: 28.12.2020
 Начальник лаборатории: [Подпись]

СП 22.13330.2016
 Таблица 5.1

Вид грунта	Значения коэффициента m_k при коэффициенте пористости e , равном					
	0,45-0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	4	3,5	3	2	-	-
Суглинки	5	4,5	4	3	2,5	2
Глины	-	6	6	5,5	5	4,5

Примечание - Для промежуточных значений e коэффициент m_k определяют интерполяцией.

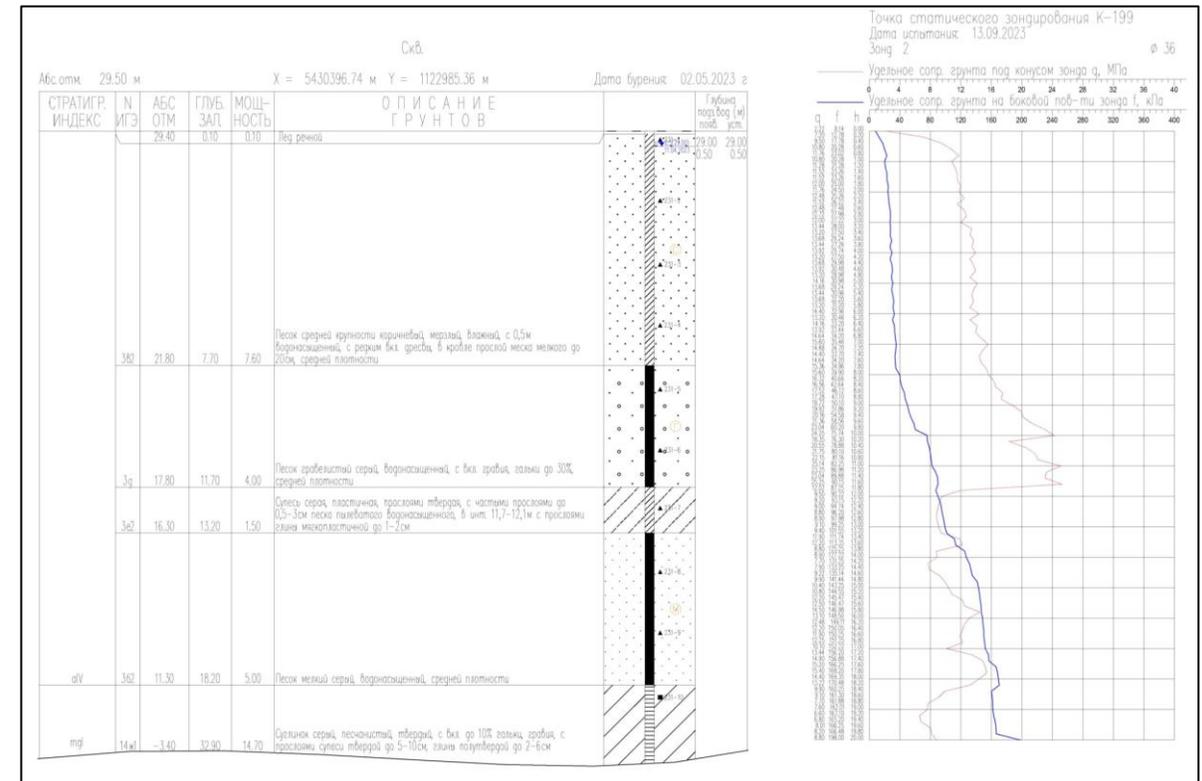
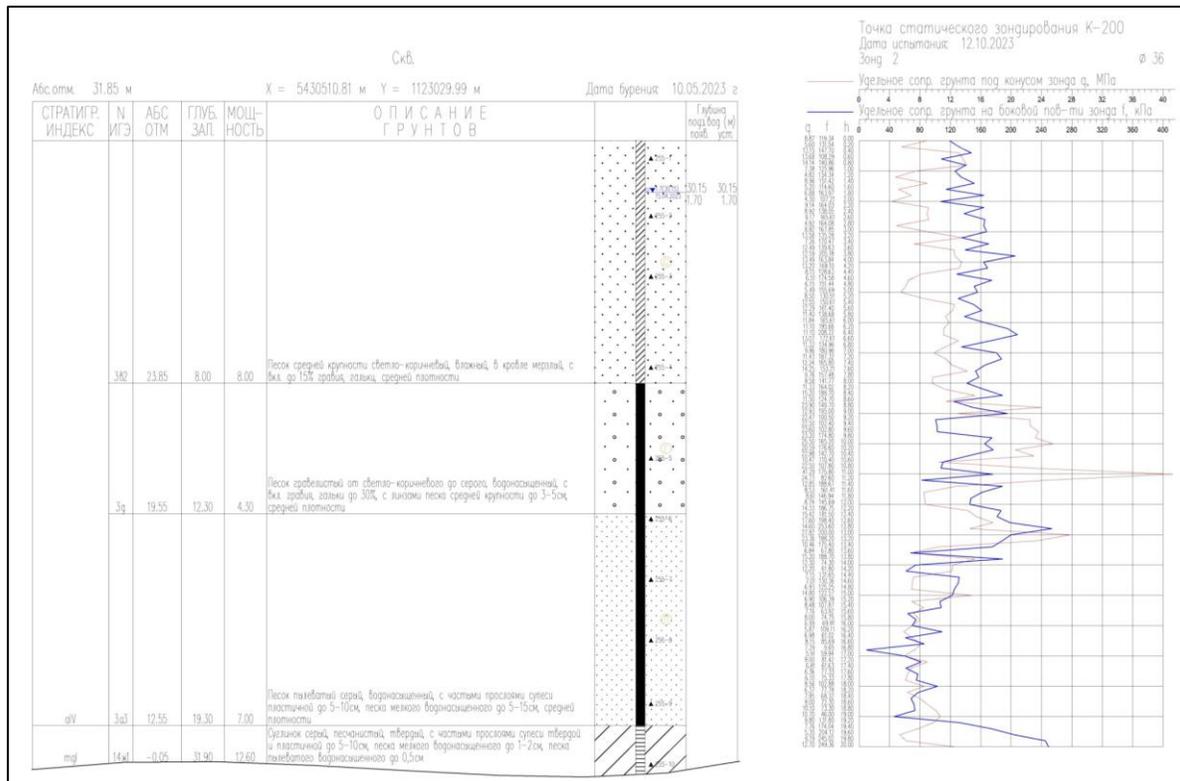
Статическое зондирование

Когда статику «исполняют» разные специалисты

**Схожие грунтовые условия
Один «зонд-карандаш»
Разные графики испытаний**



**Ошибочный расчет несущей способности сваи
Ошибочный тип и глубина заложения сваи**



Точка фактического статического зондирования

Описание выработки скв. N

Объект:
Местоположение: см. схему
Способ бурения: колонковое

Абс.отм. 187.59 м
Глубина 25.00 м
Дата бурения 04.11.2023 г

Ø 127 мм

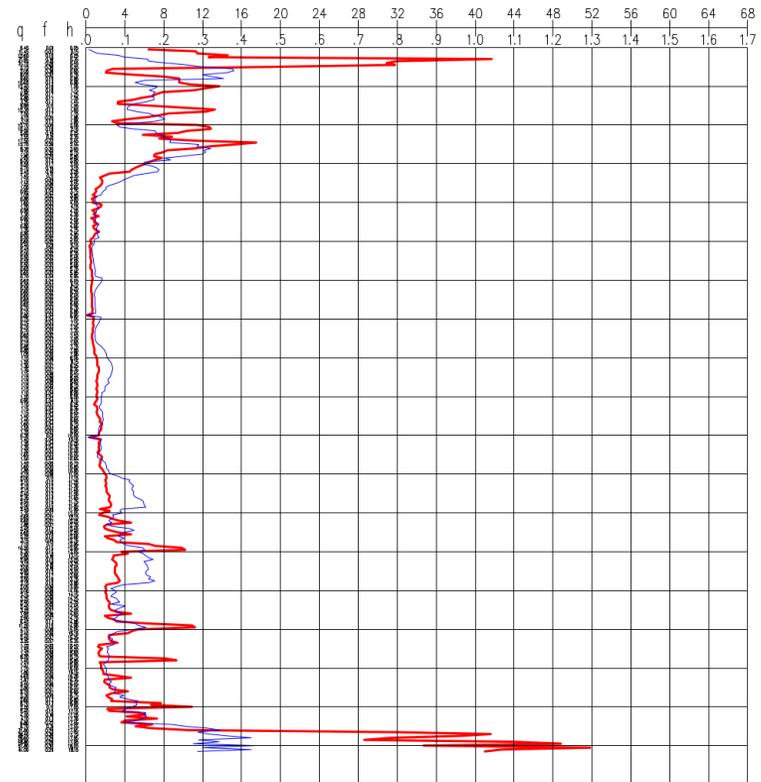
СТРАТИГР. ИНДЕКС	N ИГЭ	АБС. ОТМ.	ГЛУБ. ЗАП.	МОЩНОСТЬ	О П И С А Н И Е Г Р У Н Т О В	Глубина поз. вод. (м) по дн. уст.
ЮIV	70	186.89	0.70	0.70	Насыль- Щебенистый грунт, малой степени водонасыщения	
	71	182.59	5.00	4.30	Насыль- Сушлинок, полутвердый	4.80
	324	179.69	7.90	2.90	Сушлинок песчанистый, тяжелый, мякопластичный, с примесью ор.в-в	4.80
ЮIV	312	177.99	9.60	1.70	Глина легкая, полутвердая, с примесью ор.в-в, слабоупучившаяся	
	314	175.59	12.00	2.40	Глина пылеватая, легкая, мякопластичная, слабоаторфованная, сильноупучившаяся	
	323	174.59	13.00	1.00	Сушлинок песчанистый, тяжелый, тугопластичный, с примесью ор.в-в, сильноупучившийся	
	711	173.79	13.80	0.80	Глина пылеватая, легкая, твердая, слабоупучившаяся, слабонабухающая, с вкл. щебня	14.80
	723	170.09	17.50	3.70	Сушлинок пылеватый, тяжелый, тугопластичный, щебенистый, сильноупучившийся, ненабухающий	
P1	724	168.59	19.00	1.50	Сушлинок пылеватый, тяжелый, мякопластичный, щебенистый	
	722	166.39	21.20	2.20	Сушлинок пылеватый, тяжелый, полутвердый, щебенистый, среднеупучившийся, ненабухающий	21.20
	761 TCM	163.09	24.50	3.30	Щебенистый грунт с сушлинками-заполнителем	
7712	162.59	25.00	0.50	Известняк среднетрещиноватый, средневыветрелый, средней прочности, плотный		

Точка статического зондирования

Зонд 2

→ Удельное сопр. грунта под конусом зонда q, МПа

→ Удельное сопр. грунта на боковой пов-ти зонда f, МПа



Штамповые испытания

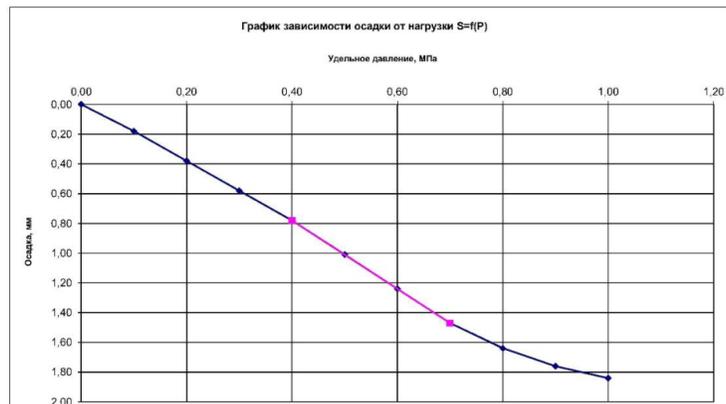
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТА ПЛОСКИМ ШТАМПОМ В СКВАЖИНЕ

Номер скважины	К-202	Глубина скважины, м	33,5	Тип штампа	ШП-600
Диаметр скважины	325мм	Глубина установки штампа, м	32,0	Устройство для измерения	домерт
Номер испытания	22	Площадь штампа, см ²	600	Приборы измерения для осадки	Профилометр СТМ
Дата испытания	22.04.2023	Диаметр штампа, см	27,65	Прибор для замера нагрузки	ДОСМ 3
Наименование грунта	Супесь твердая	14e1			

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ:

Удельное давление, р, МПа	Общая осадка по ступеням загрузки, мм		Осадка штампа за ступень, мм
	от	до	
0,00		0,00	0,00
0,100	0,00	0,18	0,18
0,200	0,18	0,38	0,20
0,300	0,38	0,58	0,20
0,400	0,58	0,78	0,20
0,500	0,78	1,01	0,23
0,600	1,01	1,24	0,23
0,700	1,24	1,47	0,23
0,800	1,47	1,64	0,17
0,900	1,64	1,76	0,12
1,000	1,76	1,84	0,08

Время выдержки ступени 1 часа



$$\text{Модуль деформации } E = (1 - \nu^2) \cdot K_p \cdot K_1 \cdot D \frac{\Delta p}{\Delta S} = 66,48$$

где ν — коэффициент Пуассона, принимаемый равным 0,42 для глин
 K_p — коэффициент, принимаемый в зависимости от заглубления штампа h/D (табл. 5 ГОСТ 20276.1-2020)
 K_1 — коэффициент, принимаемый равным 0,79 для жесткого круглого штампа;
 Δp — приращение давления на штамп (5.5.1), МПа, равно $p_i - p_0$;
 ΔS — приращение осадки штампа, соответствующее Δp , см, определяемое по осредняющей прямой.

Глубина установки штампа, м

32,0



Технические характеристики

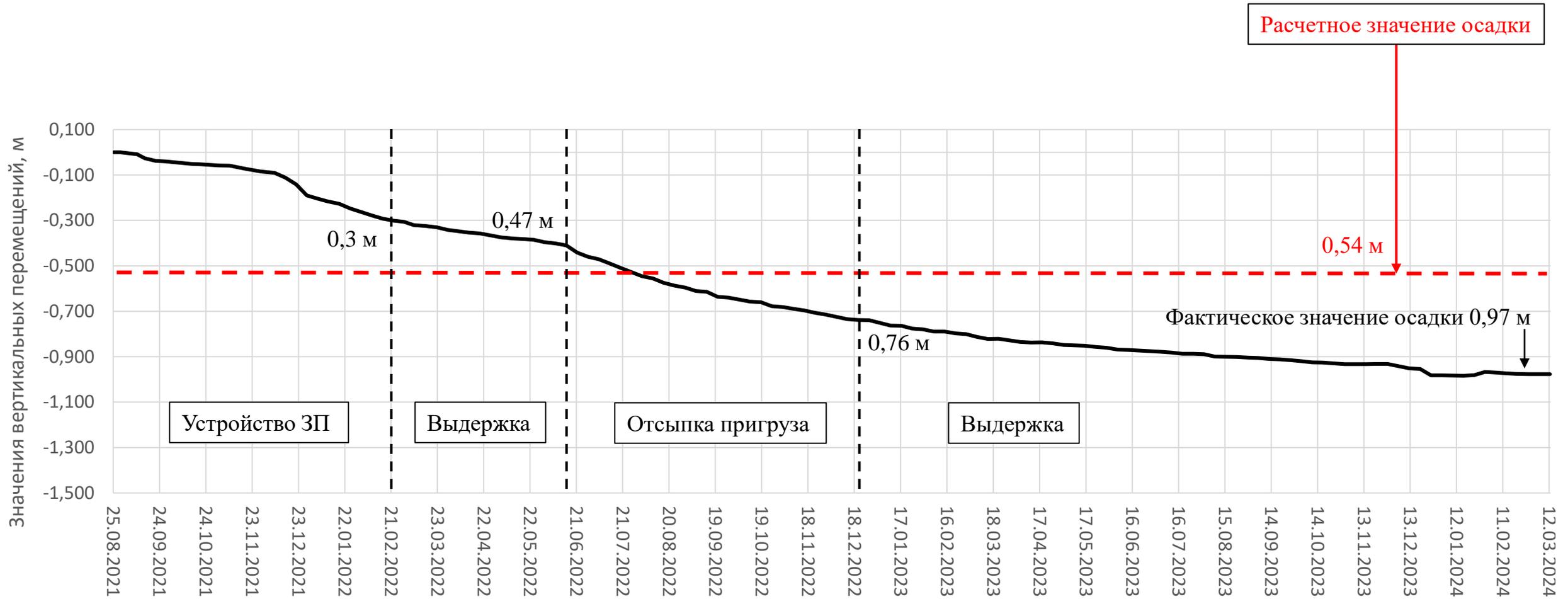
ШП-600 (ШВ-60) Геотест

Максимальная глубина испытаний, м 12; 15; 18

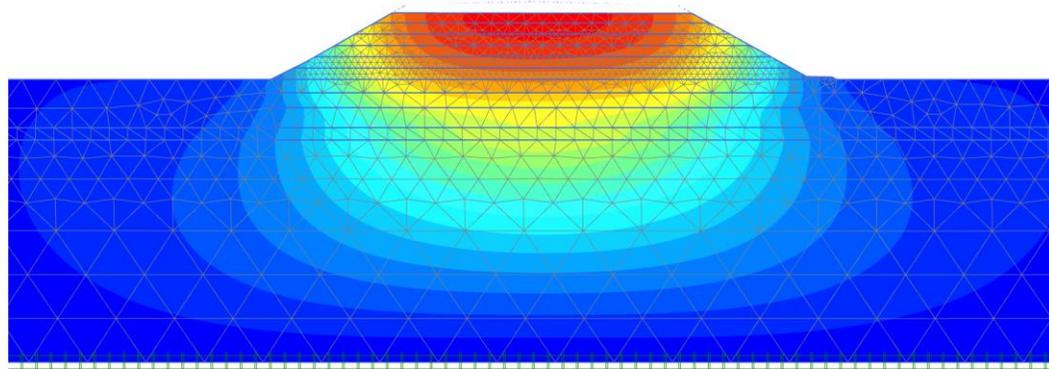
Максимальное давление на грунт, МПа 1,0

Диаметр опытной скважины, мм 325

Сравнение данных геодезический мониторинга и геотехнических расчетов на участках распространения «слабых» грунтов

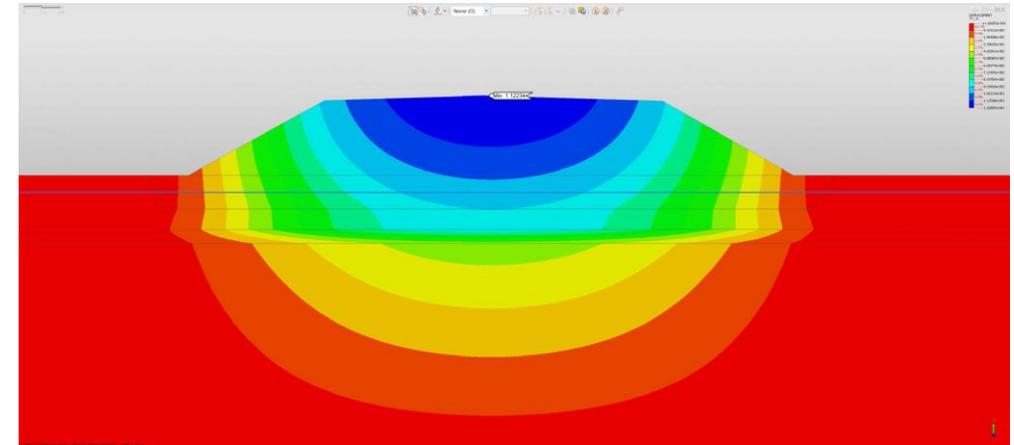


Расчет результирующей осадки насыпи с использованием модели Soft Soil



Total displacements |u| (scaled up 50.0 times) (Time 5075 day)
Maximum value = 1.07157 m (Element 68 at Node 3939)

Значение осадки 1,07 м



Duration 5120 day

User Defined Step

Значение осадки 1,09 м

Различные подходы при создании геомеханических моделей

Mohr-Coulomb (билинейная модель)	E		Получение параметров для «отчета»
	ν		
	C	Критическое	
	φ	Критическое	
Soft Soil (нелинейная модель)	λ		ОДМ 218.3.120–2020 (альтернативный подход)
	k		
	C	Остаточное	
	φ	Остаточное	

Для решения данной задачи модель **Soft Soil** является оптимальным как по адекватности поведения грунтового основания, так и по цене лабораторных испытаний (в отличие от HS и HSS).

Геотехнический мониторинг на участках распространения «слабых» грунтов (горизонтальная инклинометрия)

ОДМ 218.5.015–2019
ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

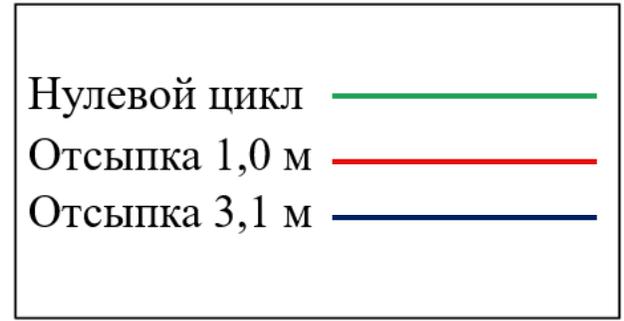
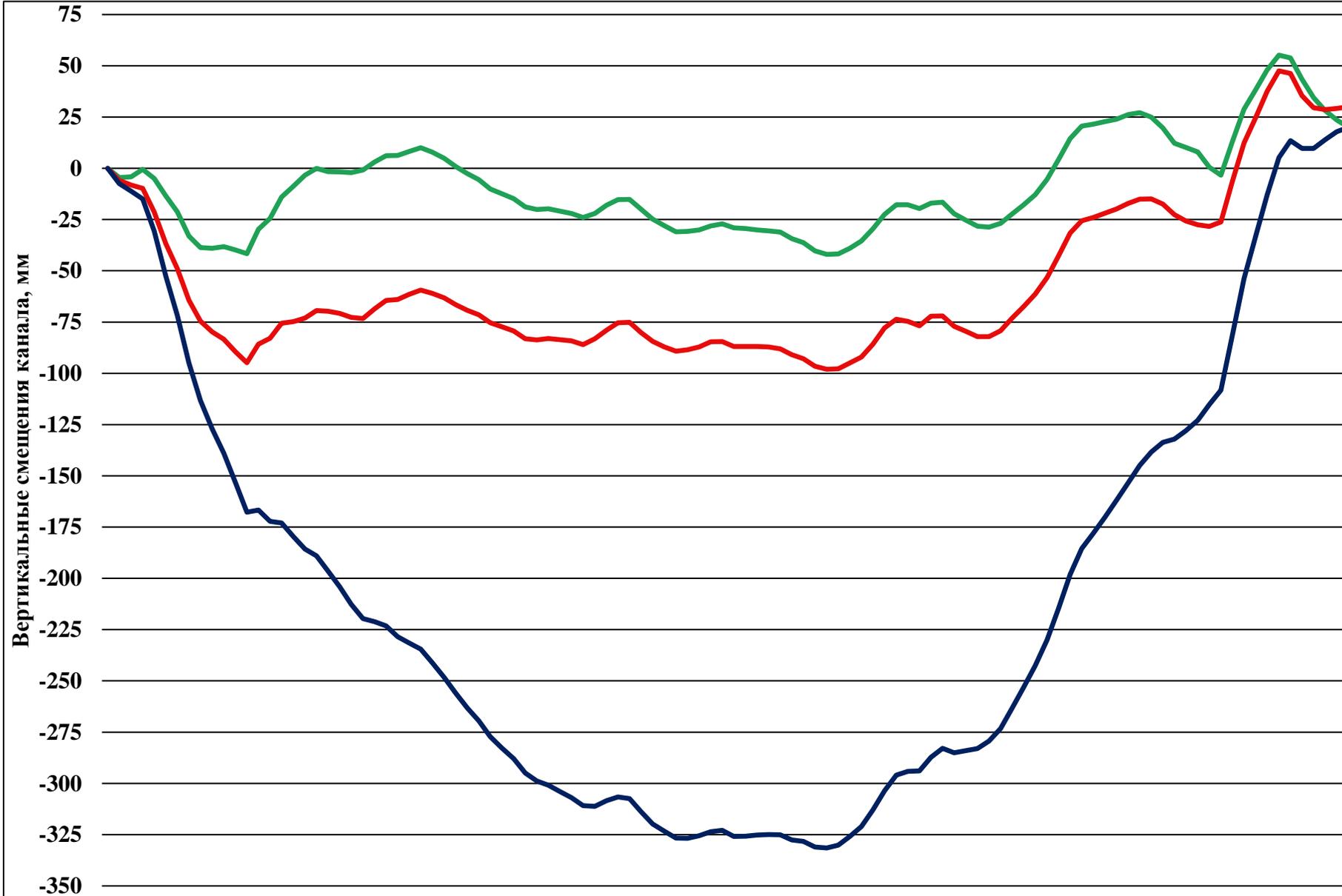
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ИЗМЕРЕНИЮ ДЕФОРМАЦИЙ
ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПОВ ИНКЛИНОМЕТРИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

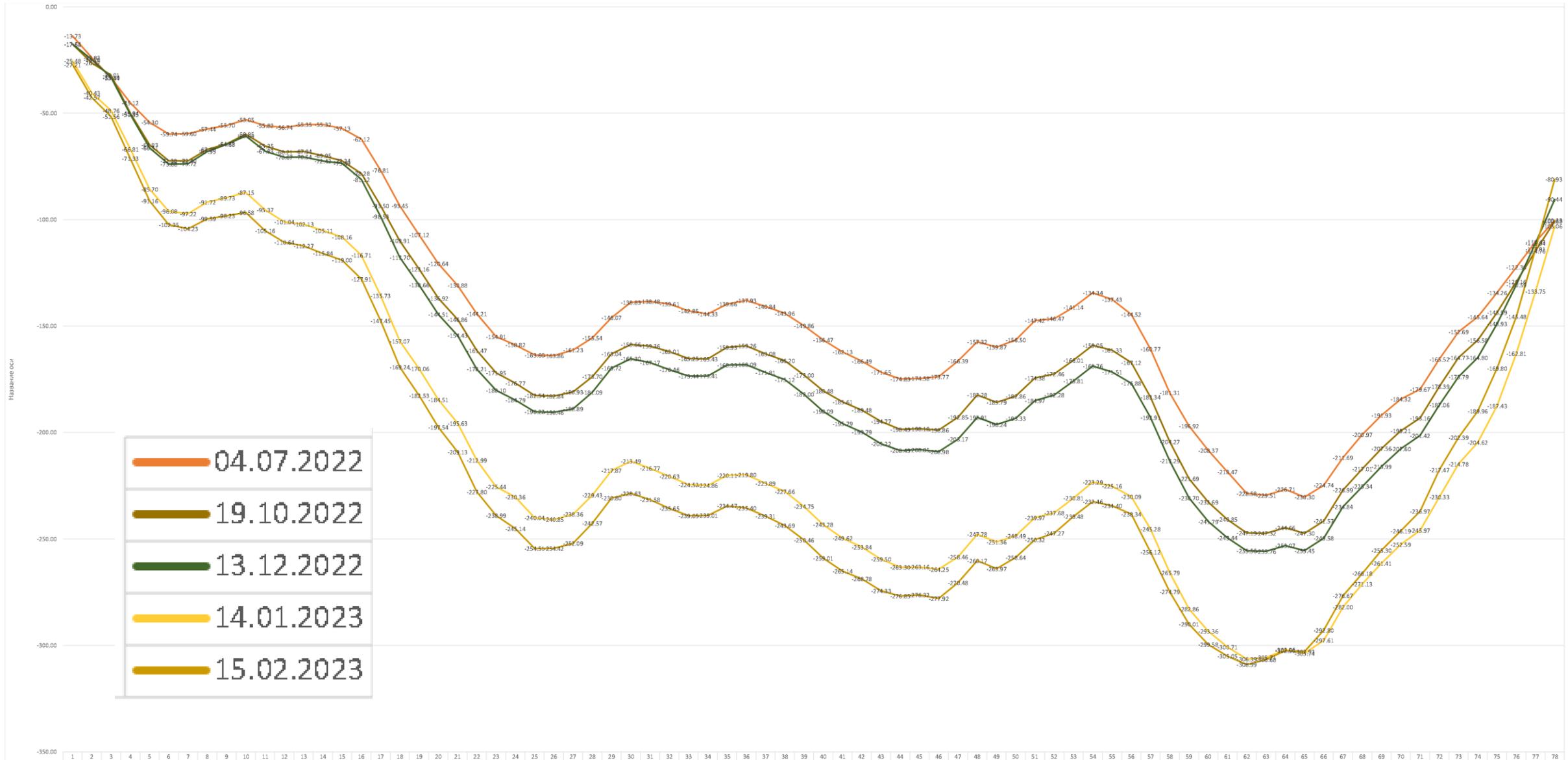
Москва 2021



Результаты горизонтальной инклинометрии

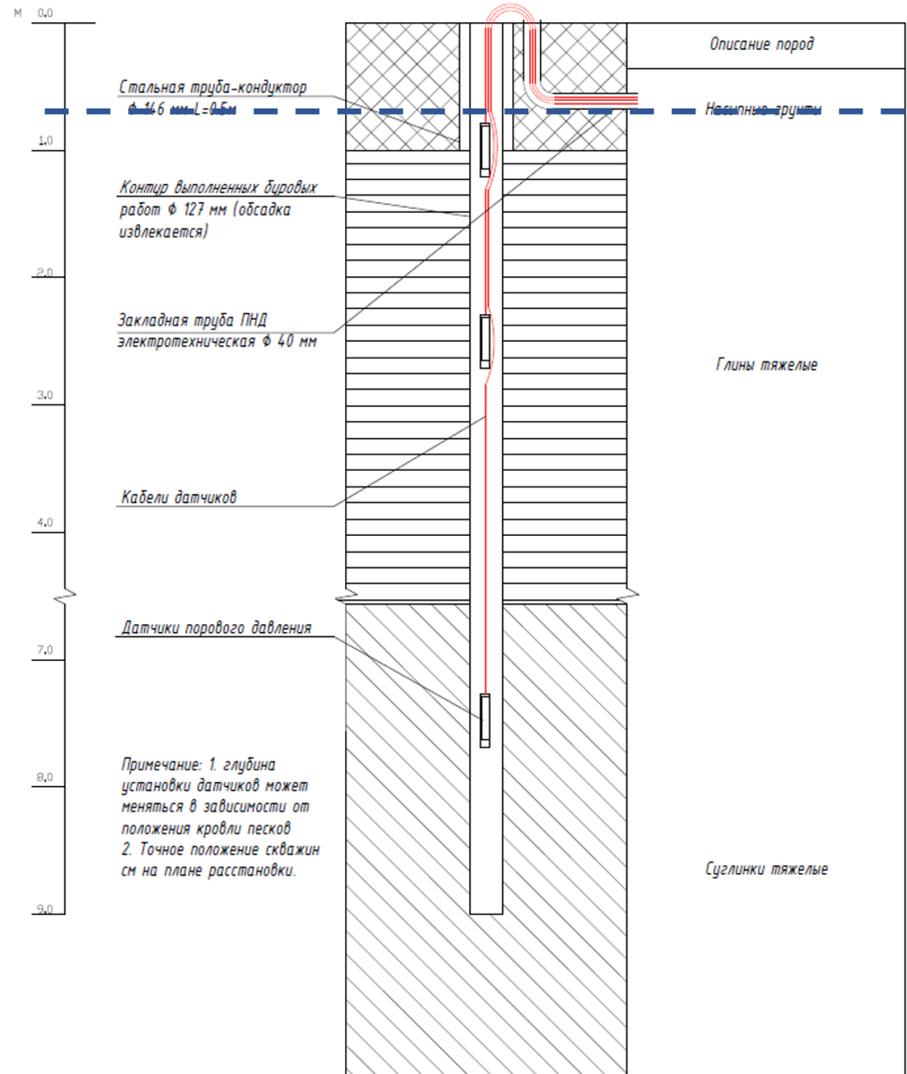


Результаты горизонтальной инклинометрии



Геотехнический мониторинг на участках распространения «слабых» грунтов (измерение порового давления)

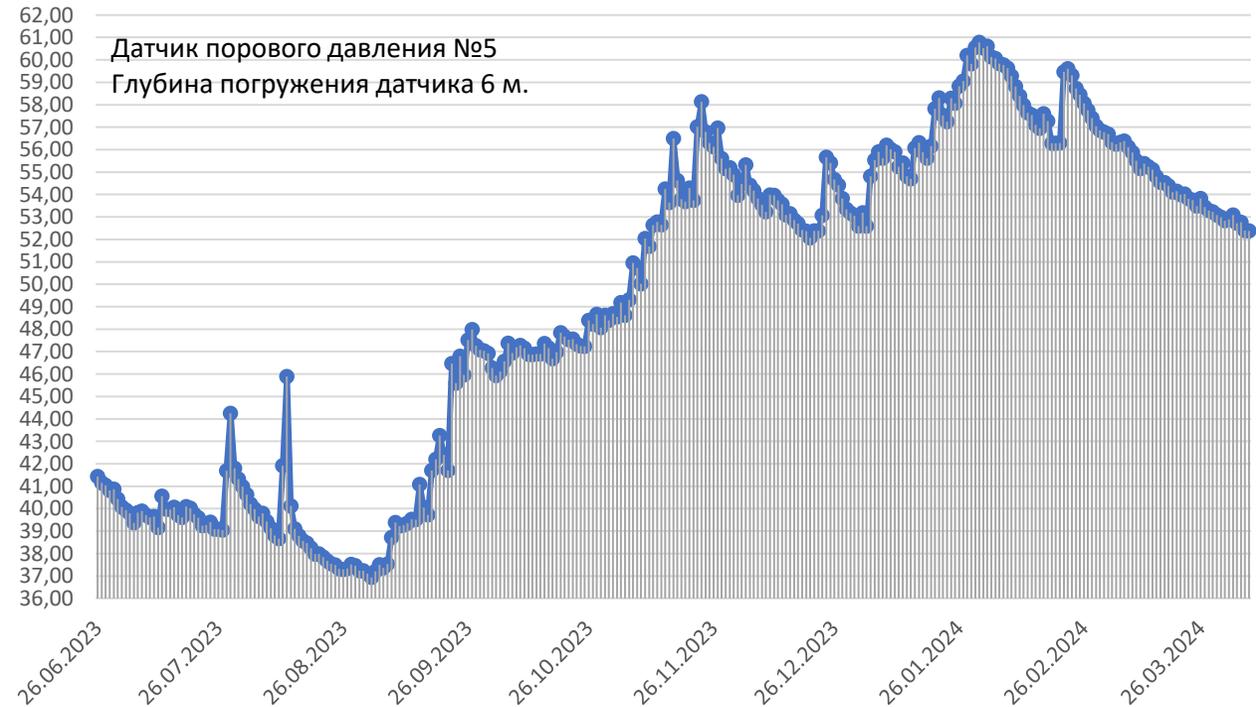
Приложение 1. Принципиальная конструкция скважины



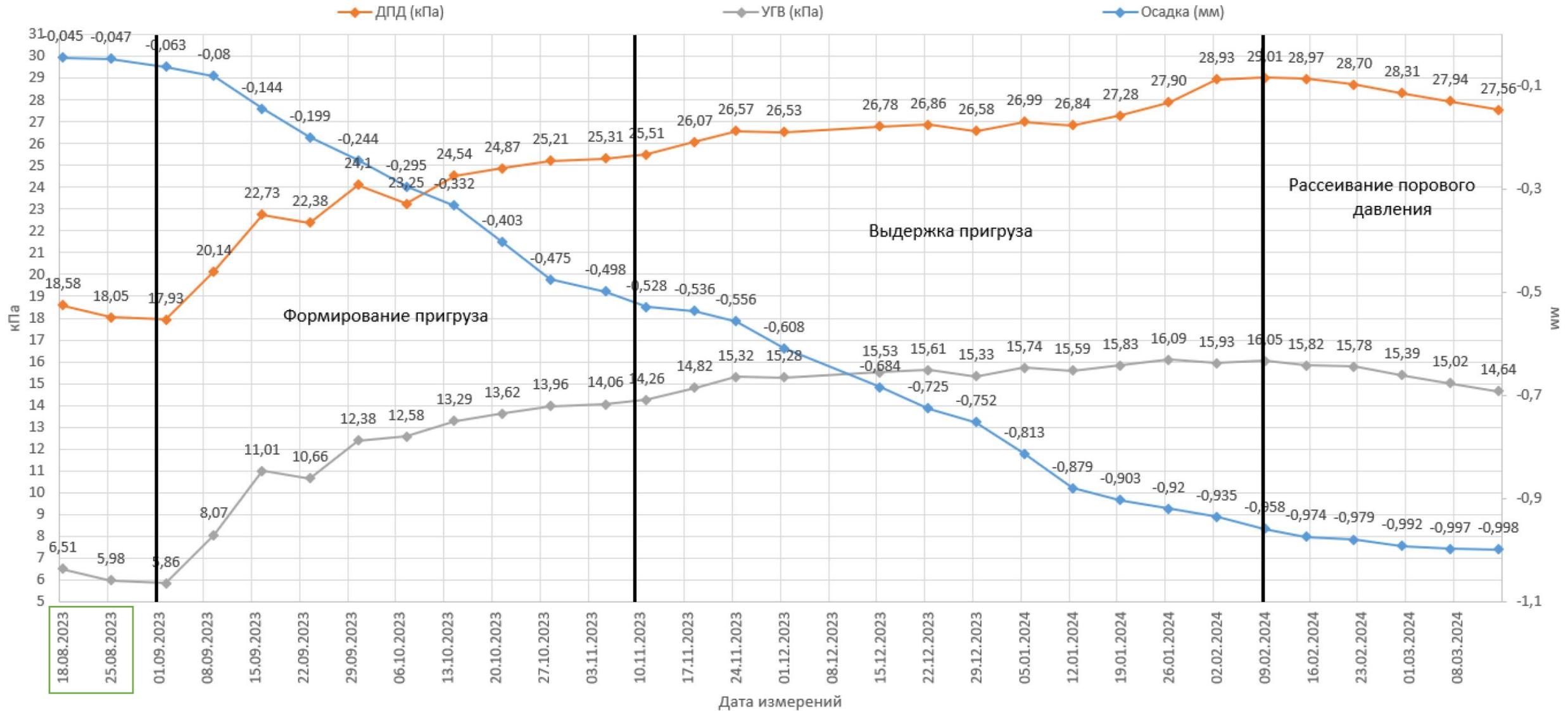
Глубина промерзания 0,6 м



EPP-30V



Измерение порового давления





Вопрос: почему стандартный подход не работает?

Ответ: хорошо и быстро за дешево бывает только на бумаге!



- 1) Самоцель инженерных изысканий – **не только получение положительного заключения экспертизы**, но обеспечение качественного проектирования и строительства. Большие затраты на качественные изыскания напрямую влияют на **экономия средств при строительстве**.
- 2) Проведение полевых, лабораторных испытаний с обязательным привлечением **внешнего контроля от заказчика**, как главного интересанта качества. **Внесение в нормативы обязательное предоставление логов испытаний заверенных цифровой подписью**.
- 3) Изыскателю необходимо **требовать** от проектной организации указать в задании **проектные нагрузки, параметры получаемые в лаборатории должны быть полезными, а не просто быть**.
- 4) Создание заказчиком технического задания, в котором будет учтена необходимость определения параметров **нелинейных геомеханических моделей** с целью проведения грамотных расчетов.
- 5) Изыскатель четко должен понимать задачу которую необходимо решить изысканиями, иначе эту задачу приходится решать строителю за дорого и «скорее-быстрее»!



Благодарю за внимание!