



ПЕРВЫЕ БЕТАНКУРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

**«РАЗВИТИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА КАК
СРЕДСТВО СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЫ»**



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 6-7 ИЮНЯ 2019 г.

ПРОБЛЕМНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИ ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ

PROBLEM CASES IN URBAN UNDERGROUND CONSTRUCTION

Колыбин И.В.

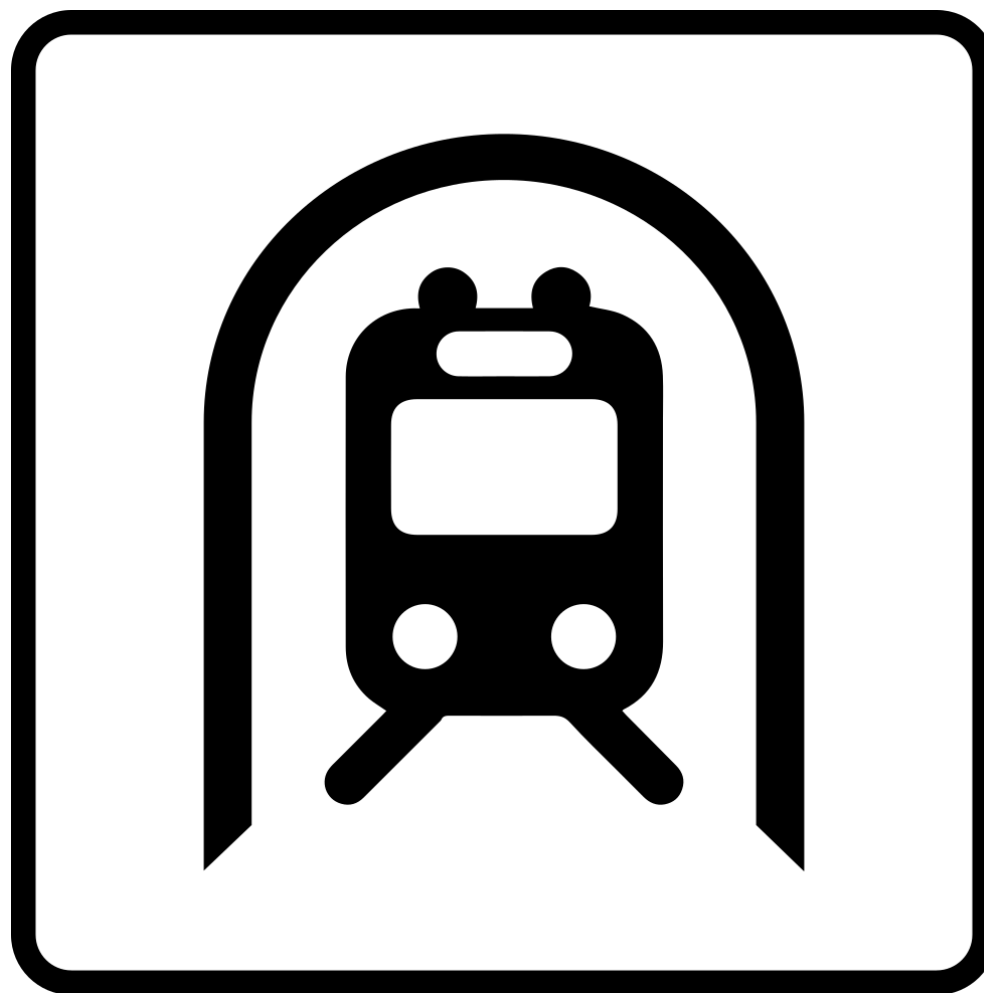


НИИОСП им. Н.М.Герсеванова, Москва, 2-я Институтская ул., 6, www.niiosp.ru

Зачем ?

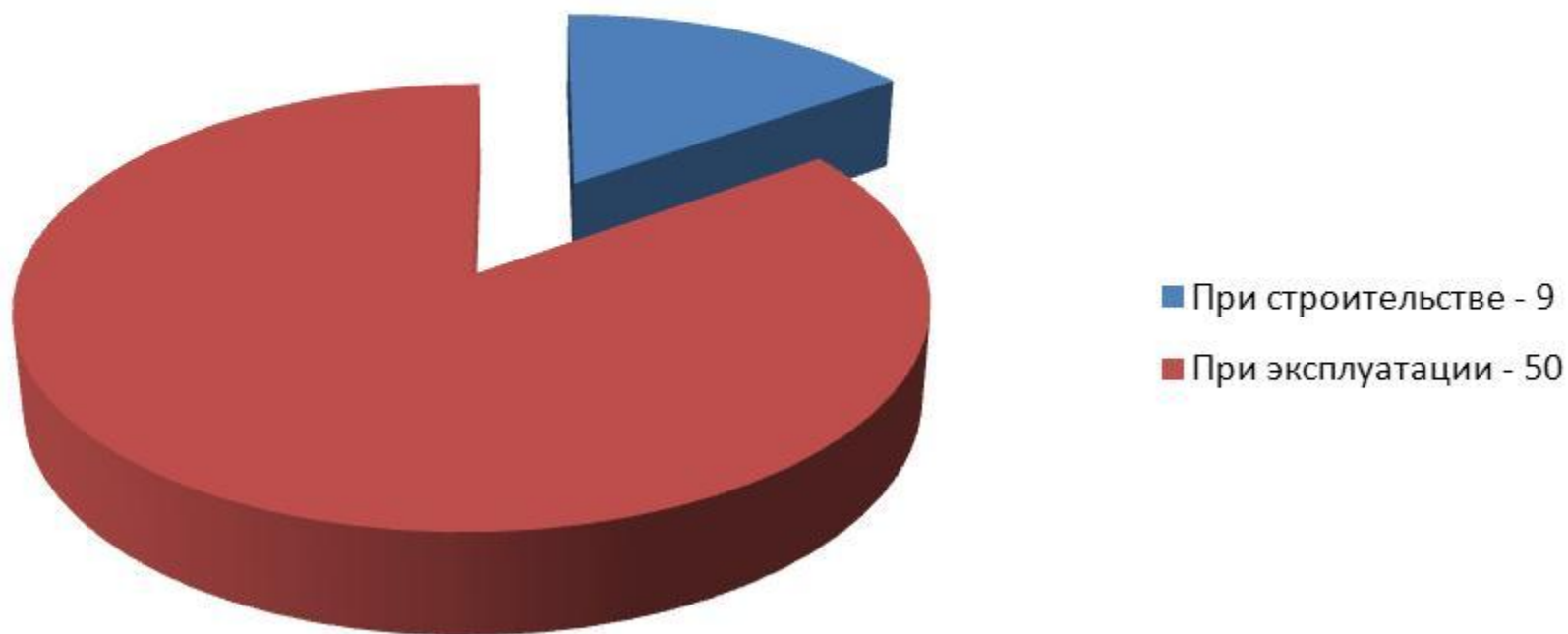


Поговорим о метро



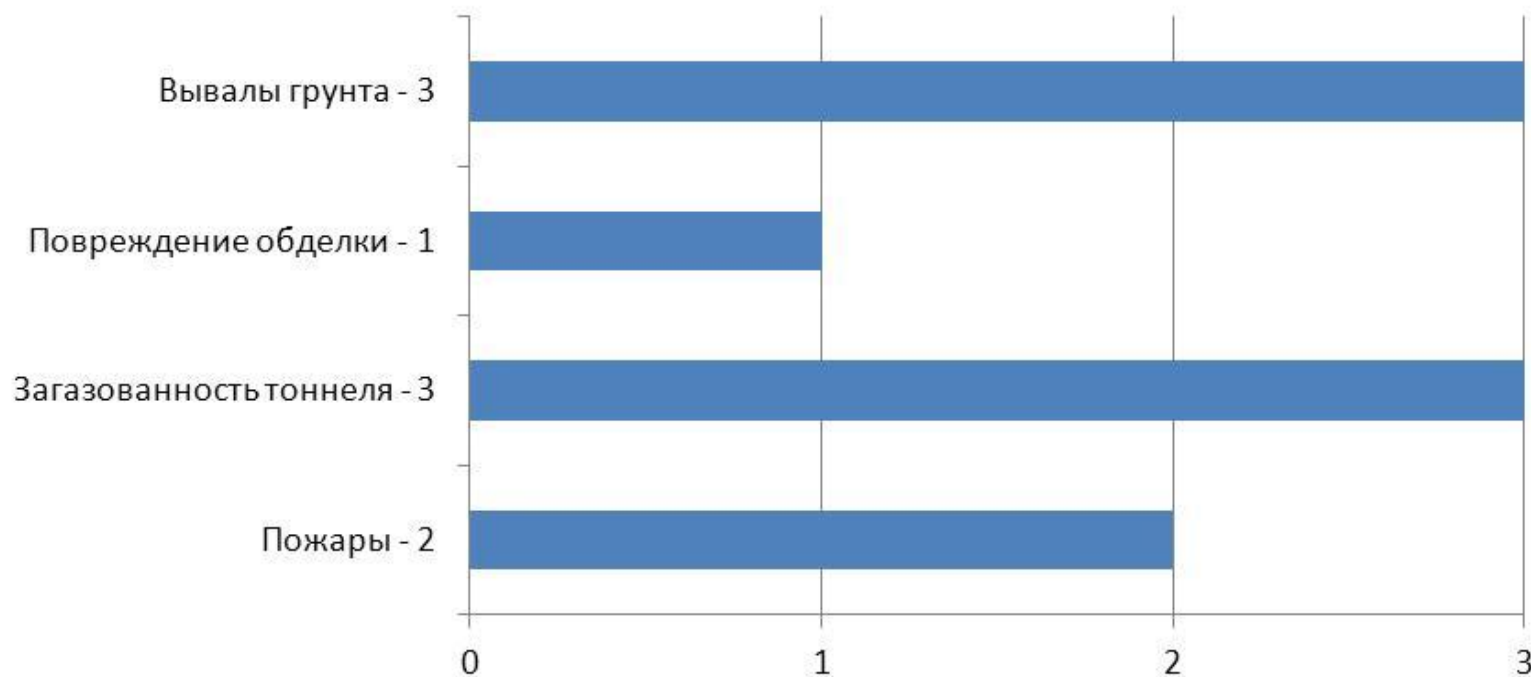
Статистика нештатных ситуаций на объектах метрополитена (В.А.Гарбер, 2014)

НЕШТАТНЫЕ СИТУАЦИИ В МОСКОВСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ 1977-2014



Статистика нештатных ситуаций на объектах метрополитена (В.А.Гарбер, 2014)

Причины нештатных ситуаций при строительстве



А что в мире?

71 крупная
авария с 1964
по 2015 г.

Catalogue of Notable Tunnel Failures - Case Histories (up to April 2015)

Prepared by Mainland East Division
Geotechnical Engineering Office
Civil Engineering and Development Department



Civil Engineering and Development Department
The Government of the Hong Kong Special Administrative Region



НИИОСП им. Н.М.Герсеванова, Москва, 2-я Институтская ул., 6, www.niiosp.ru

Авария при строительстве тоннеля метро в Мюнхене (1994)



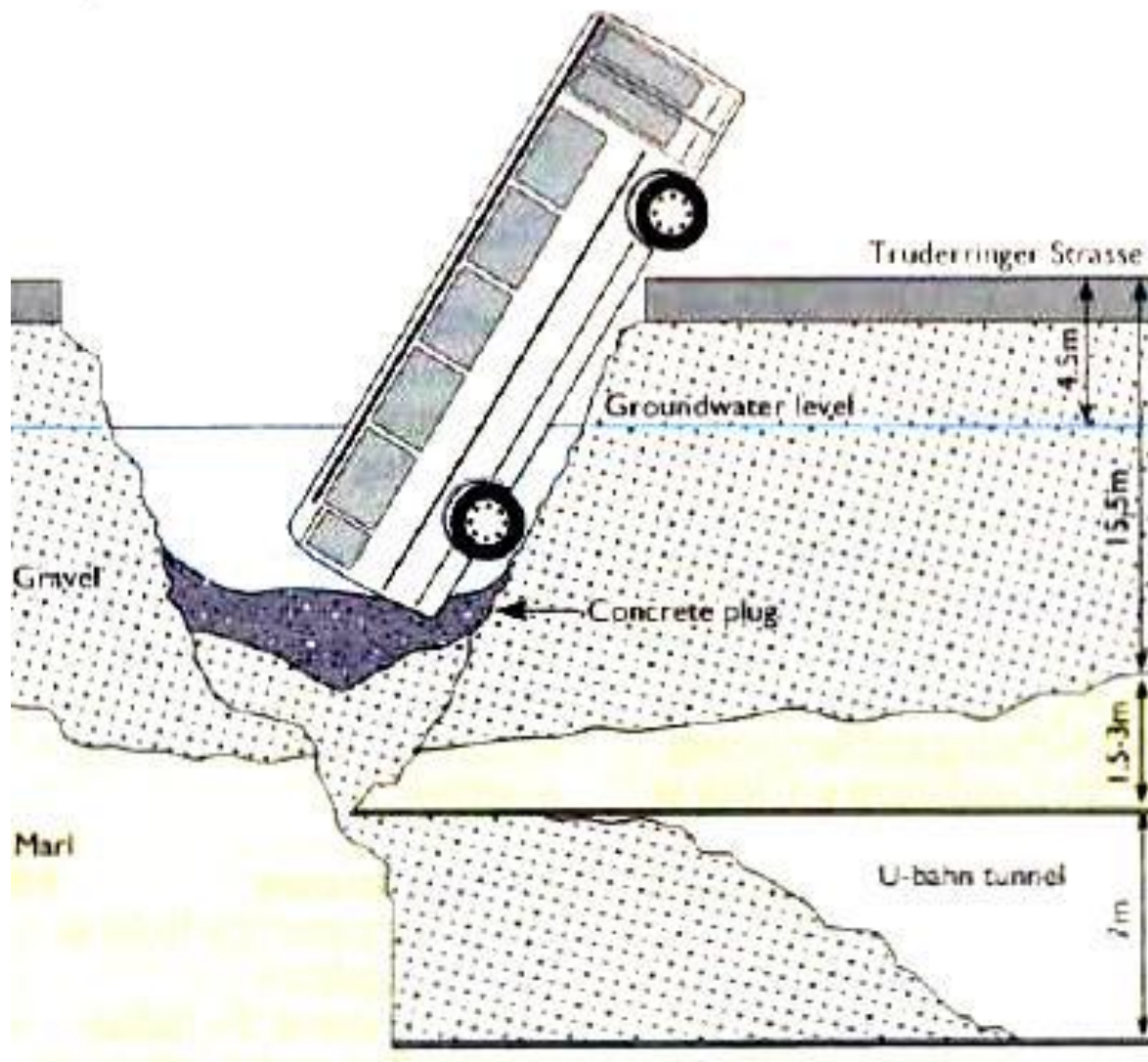
Строительство тоннеля $D=7\text{ м}$ велось способом NATM на глубине около 20 м. УПВ находился на 4 м ниже дневной поверхности.

В результате аварии на поверхности образовался провал диаметром около 20 м.

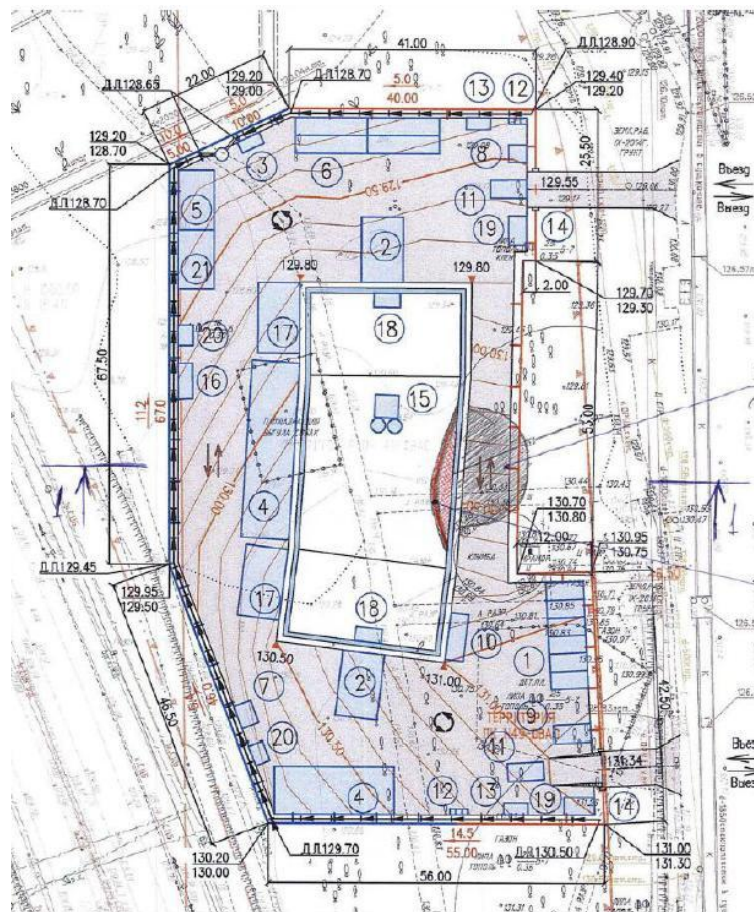
Пострадали – 30 человек
Погибли – 3 человека



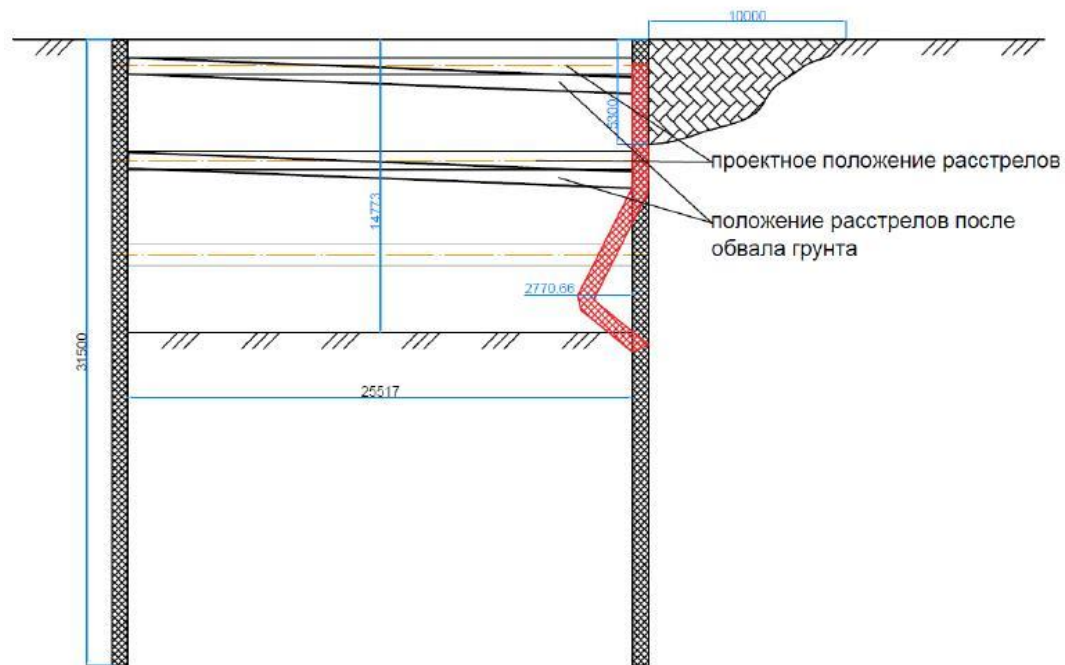
Авария при строительстве тоннеля метро в Мюнхене (1994)



Разрушение стены в грунте стартового котлована при строительстве метро (2018)



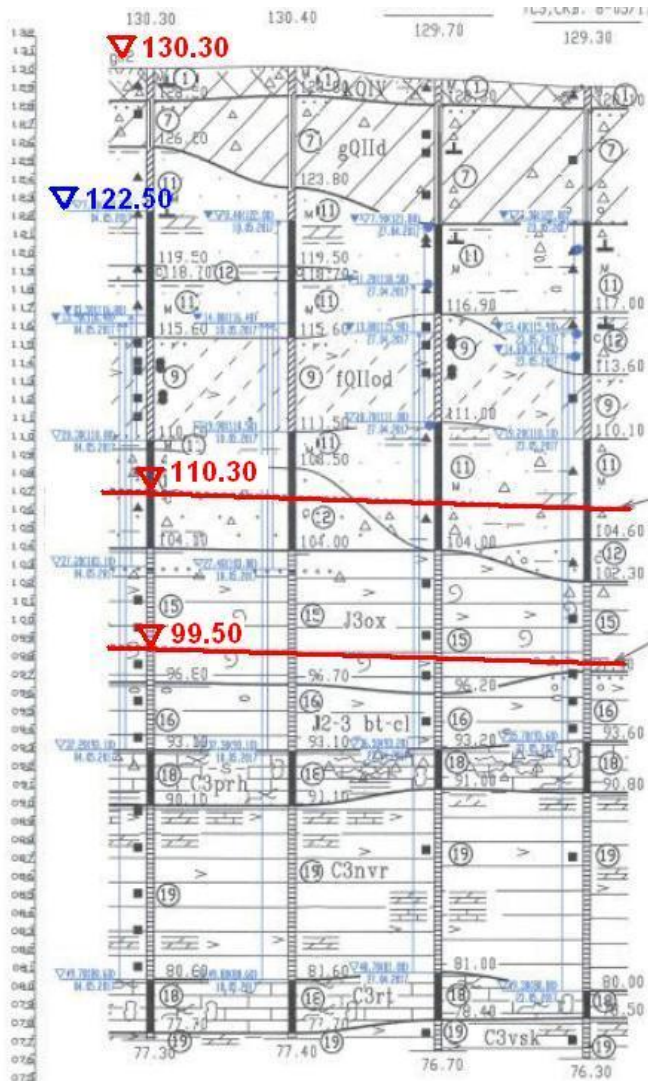
1-1



Разрушение стены в грунте стартового котлована при строительстве метро (2018)



Разрушение стены в грунте стартового котлована при строительстве метро (2018)



№№ ИГЭ	Стратиграфический индекс	Описание грунтов
1	2	3
1	kQ _{IV}	Насыпной грунт: пески мелкие, реже средней крупности, средней степени водонасыщения и насыщенные водой, слежавшиеся
7	gQ _{II} ^D	Суглинки тугопластичной консистенции
9	fQ _{II} ^{O-D}	Супеси пластичной консистенции
11		Пески мелкие, средней плотности, средней степени водонасыщения и насыщенные водой
12		Пески средней крупности, средней плотности, средней степени водонасыщения и насыщенные водой
15	J3ox	Глины твердой консистенции
16	J2-3bt-cl	Глины твердой консистенции
18	C3prh+rt	Известняк малопрочный
19	C3nvr+vsk	Глины твердой консистенции



Разрушение стены в грунте стартового котлована при строительстве метро (2018)

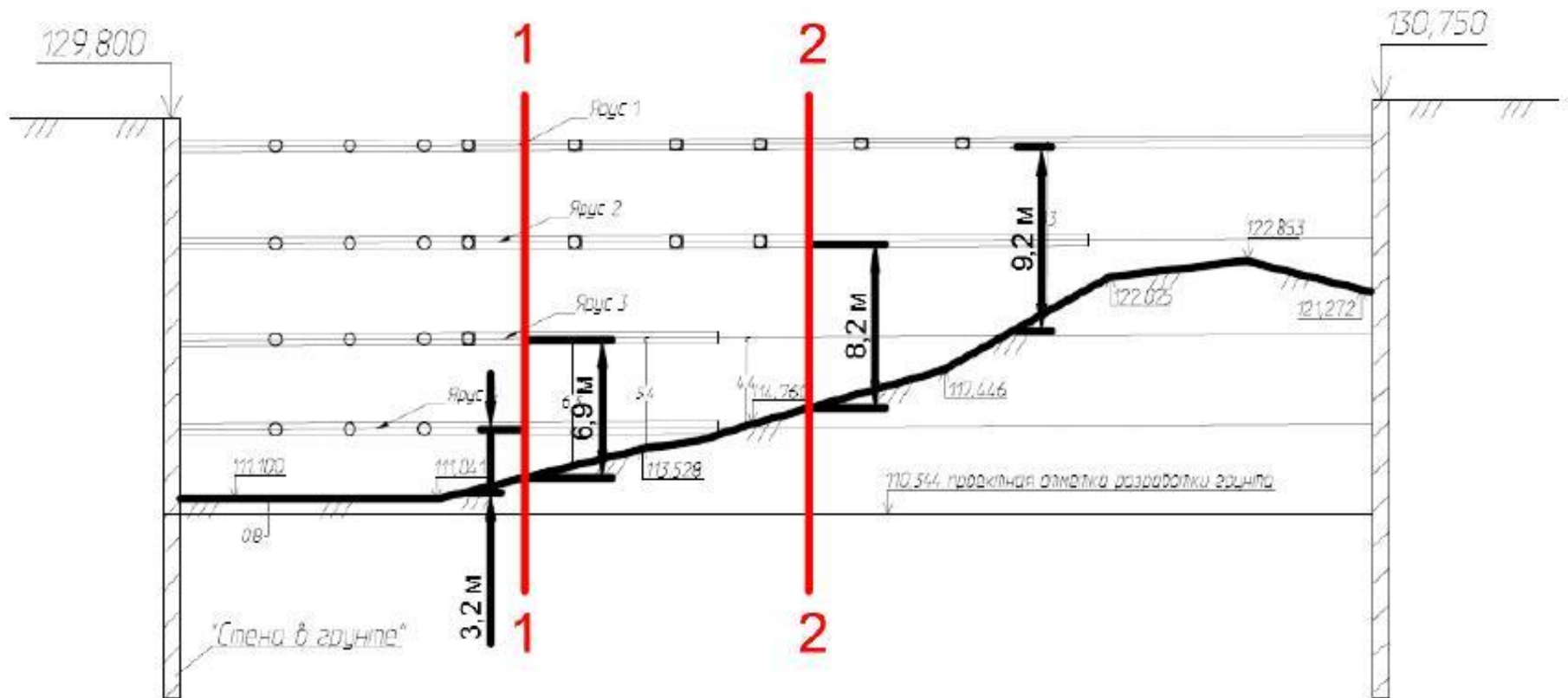
Сопоставление глубин откопки котлована относительно ярусов распорной системы

Ярус распорной системы, относительно которого отсчитывается глубина	Максимальная глубина откопки котлована (в метрах) ниже очередного яруса распорной системы без устройства данного яруса, согласно:		
	Проектная документация	Проект производства работ	Исполнительная документация
№1	1,0	6,3	9,2 !!!
№2	1,5	6,3	8,2 !!!
№3	1,5	3,8	6,9 !!!
№4	1,5	4,5	3,2

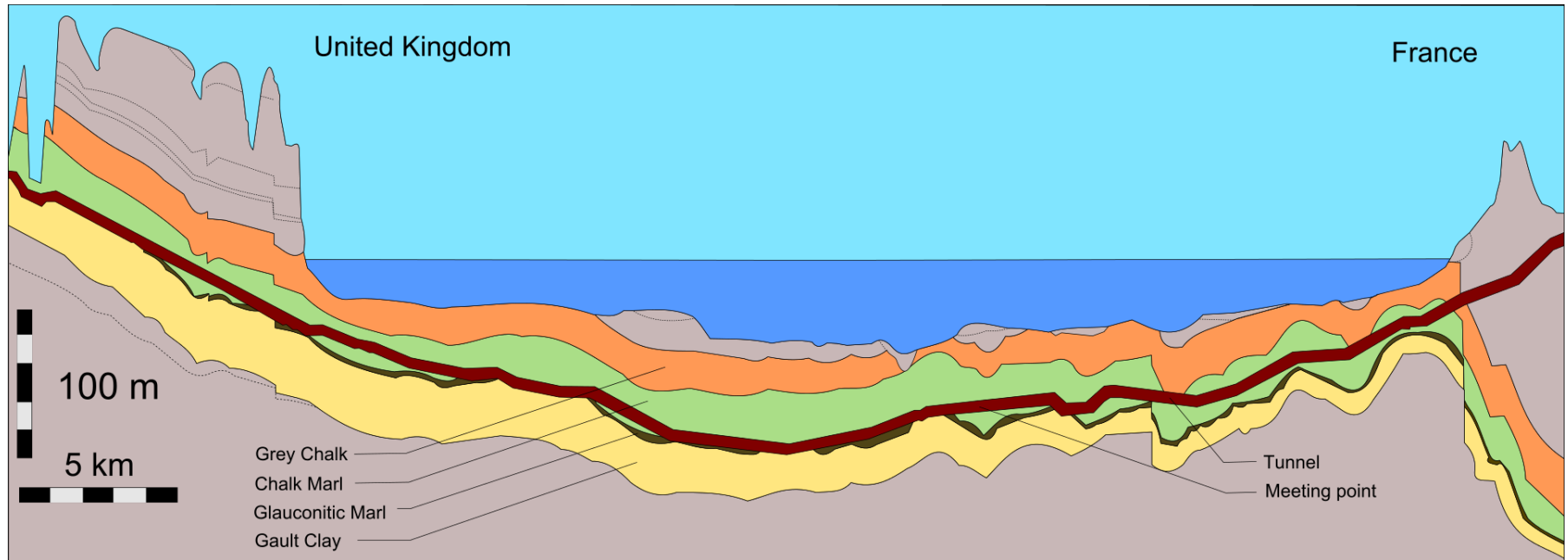


Разрушение стены в грунте стартового котлована при строительстве метро (2018)

Исполнительный продольный разрез котлована



ЕВРОТОННЕЛЬ – проект CTRL (2003)



Проект включает тоннель высокоскоростной железной дороги, соединяющей лондонский вокзал Сент Покрас и Евротоннель.

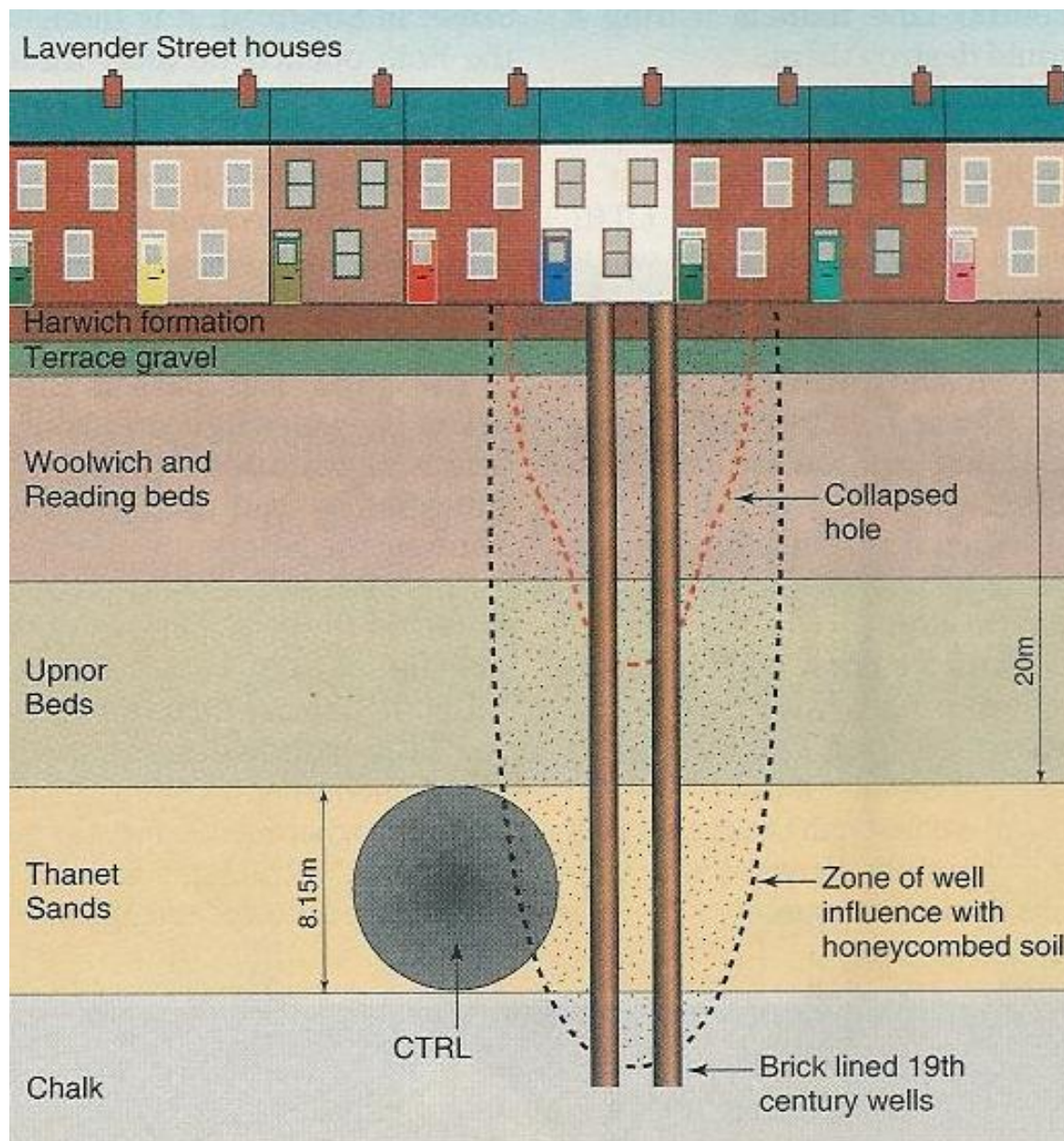
- Диаметр щита – 8.2 м
- Глубина проходки тоннеля – 20 м



ЕВРОТОННЕЛЬ – проект CTRL (2003)



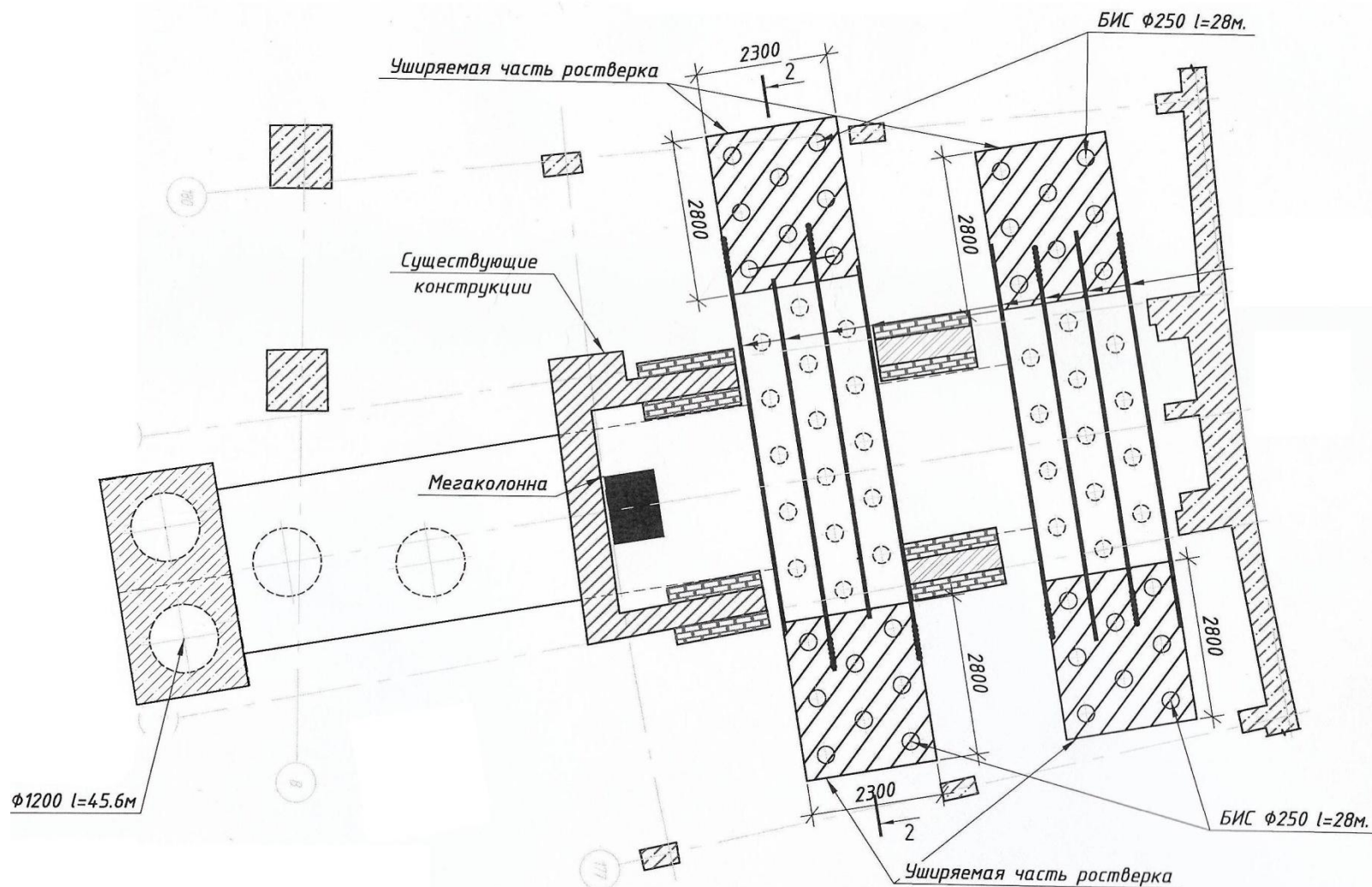
ЕВРОТОННЕЛЬ – проект CTRL (2003)



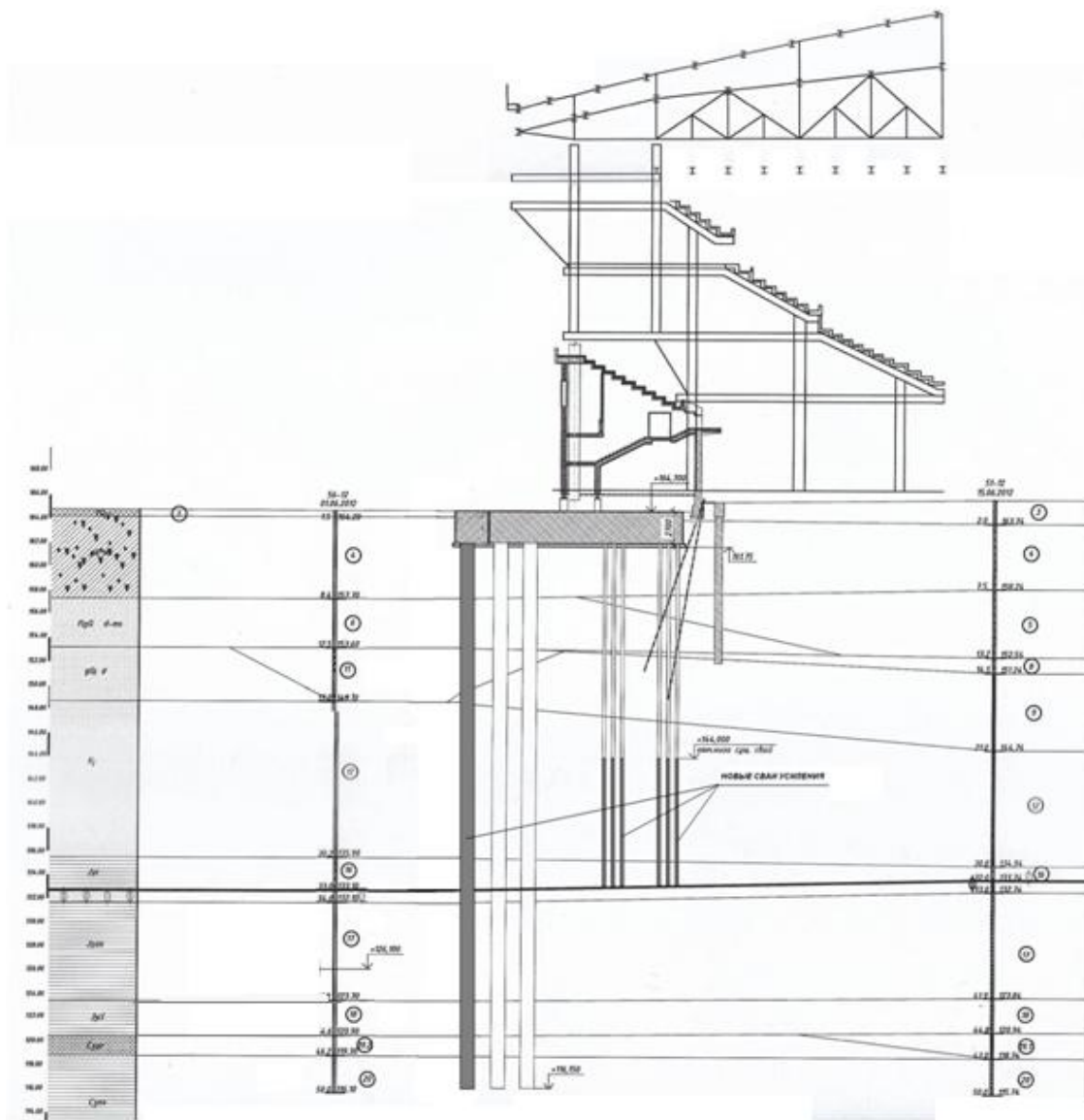
Реконструкция стадиона «ВТБ-Арена» (2016-17)



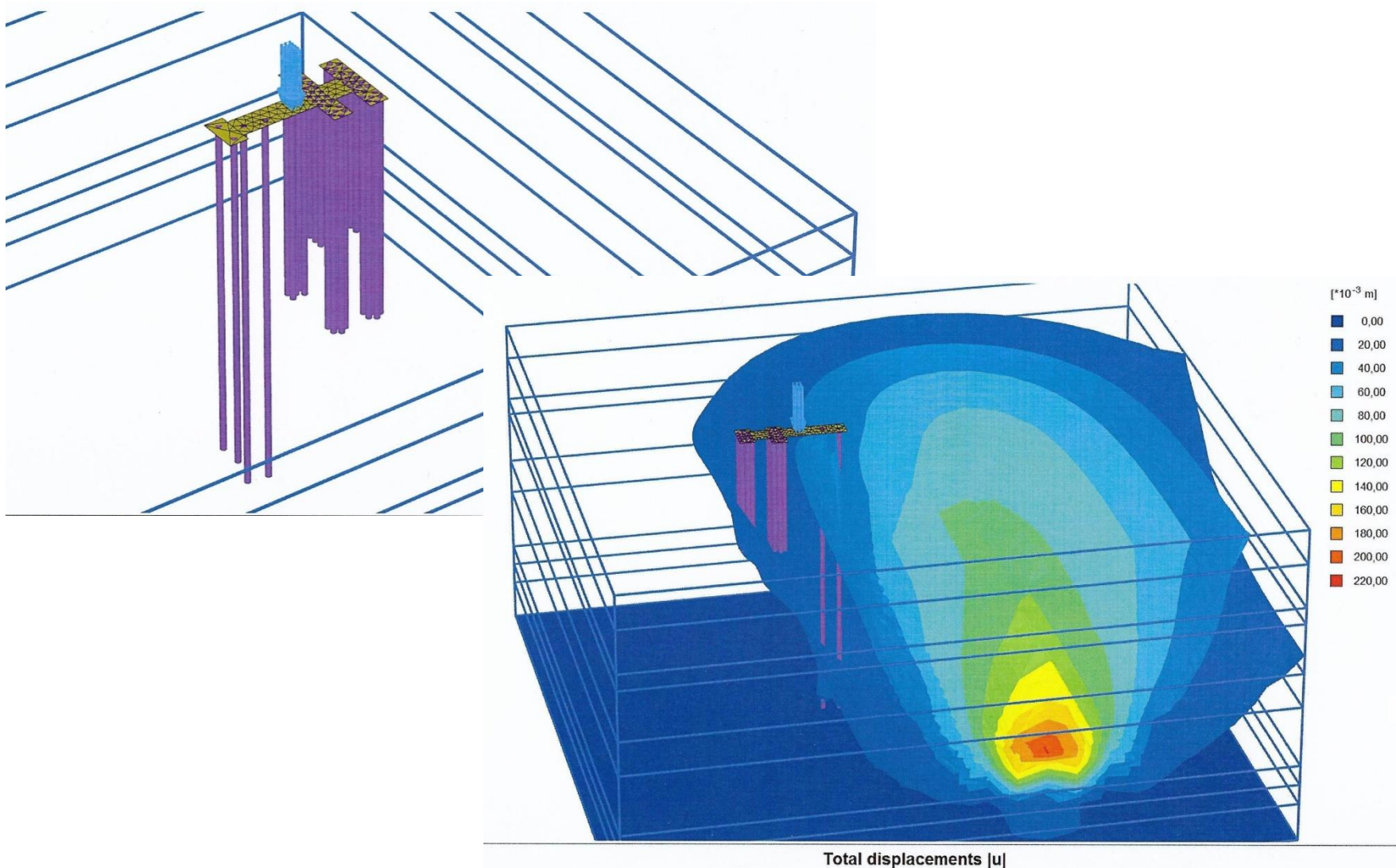
Реконструкция стадиона «ВТБ-Арена» (2016-17)



Реконструкция стадиона «ВТБ-Арена» (2016-17)

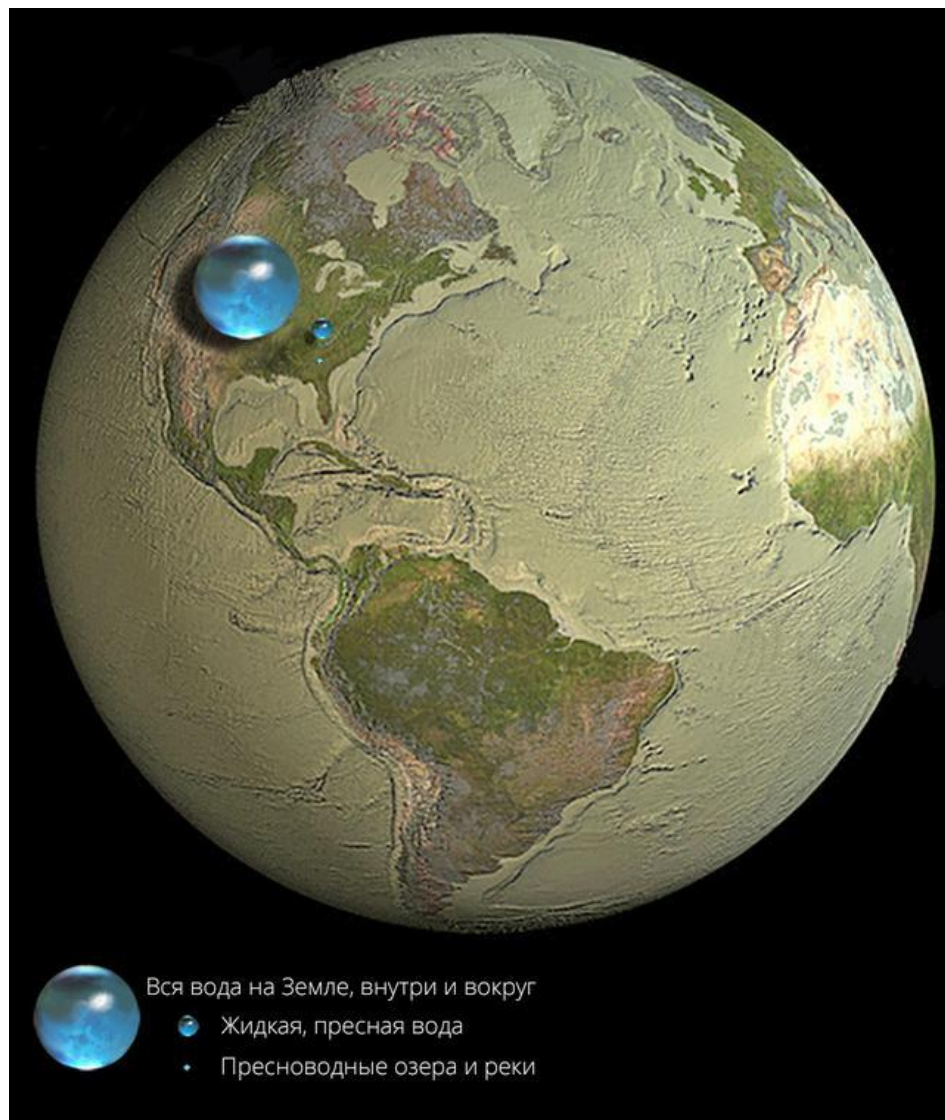


Реконструкция стадиона «ВТБ-Арена» (2016-17)



«Вода, вода...»

**0,02% от
общей
массы**



«Вода, вода...»

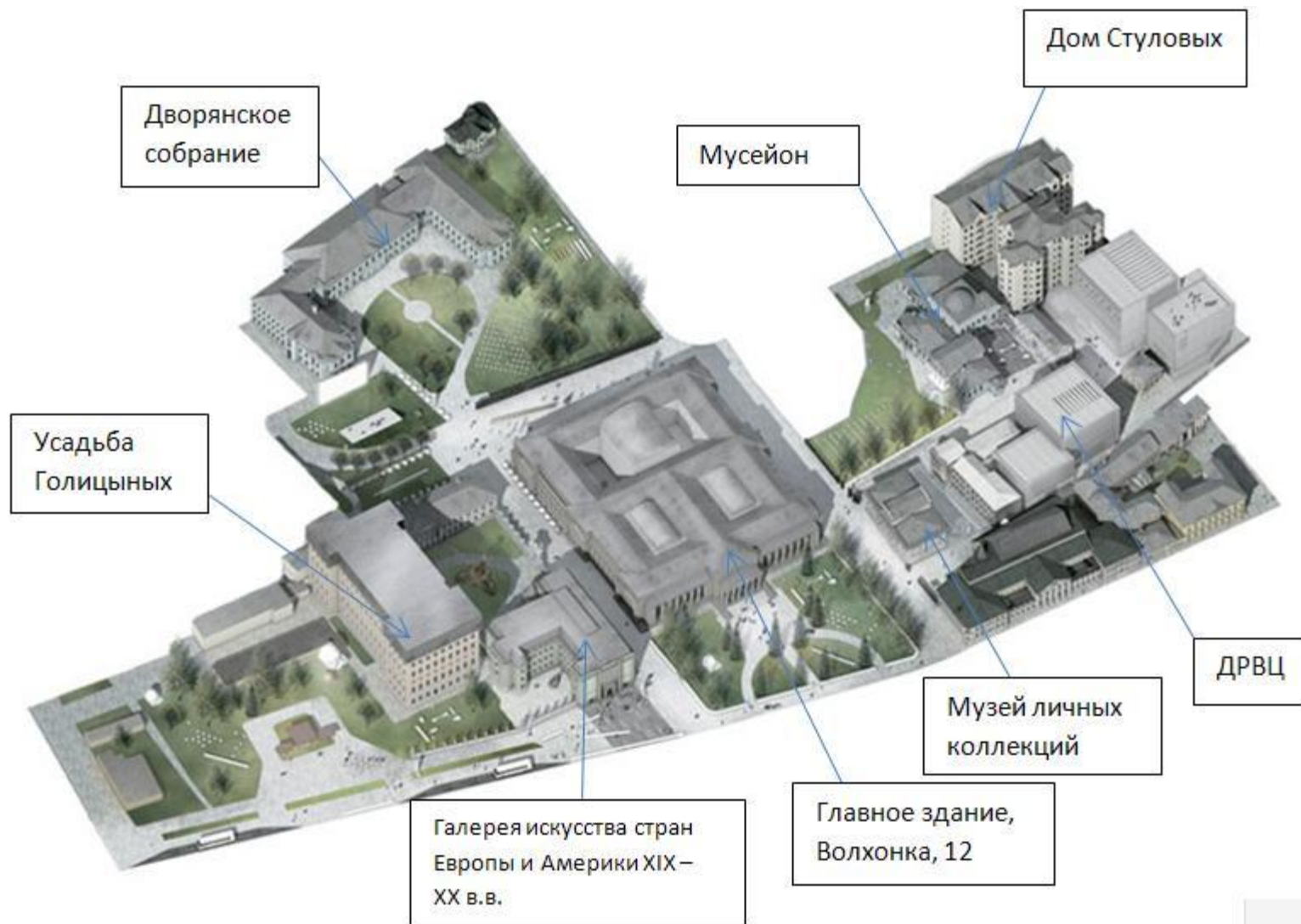
**0,02% от
общей
массы**



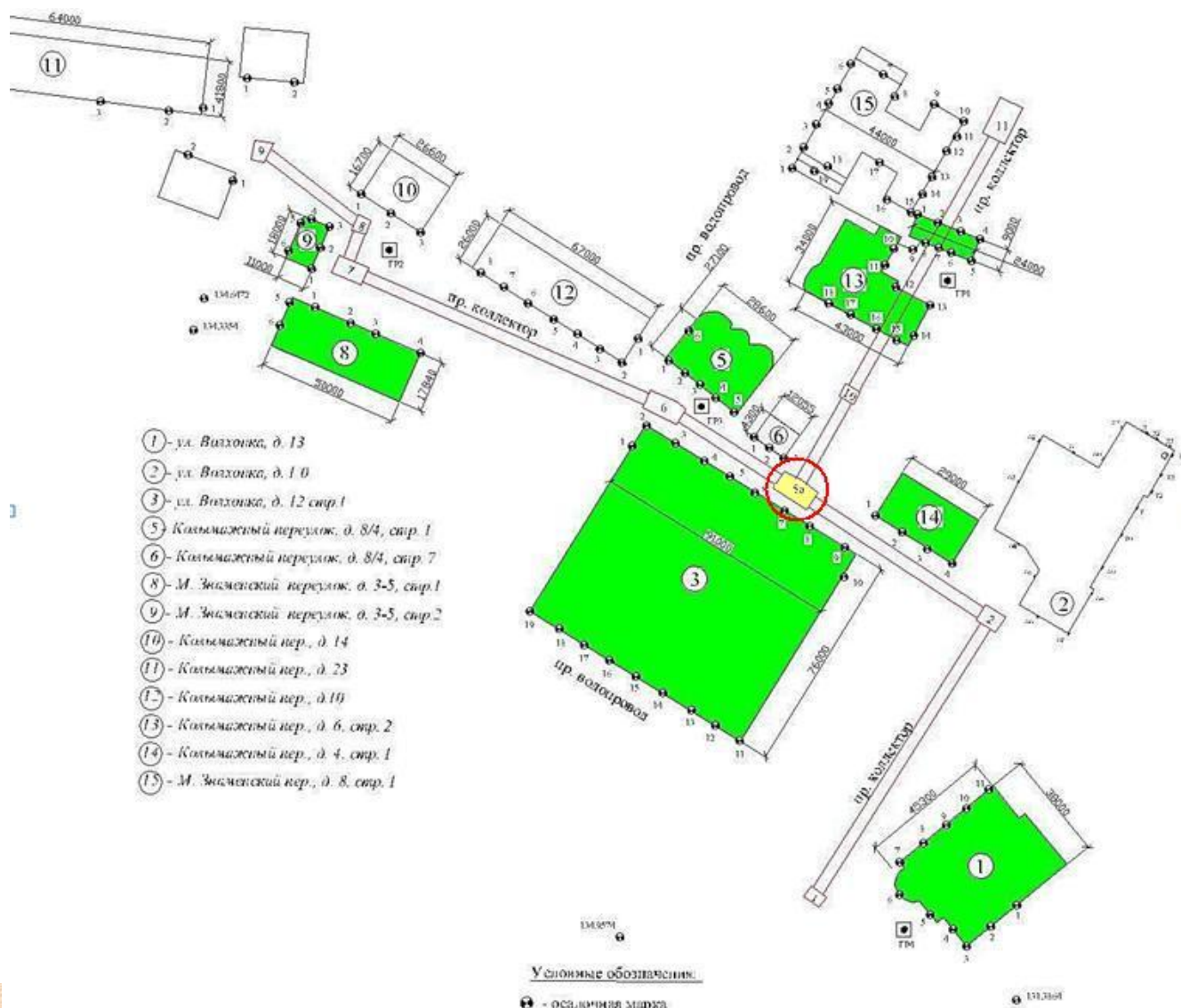
**71% от
площади
поверхности**



Предварительная ситуация при реконструкции комплекса ГМИИ им. А.С.Пушкина (О.А.Шулятьев и др., 2017)



Предварительная ситуация при реконструкции комплекса ГМИИ им. А.С.Пушкина (О.А.Шулятьев и др., 2017)



Предварительная ситуация при реконструкции комплекса ГМИИ им. А.С.Пушкина (О.А.Шулятьев и др., 2017)

Камера №5а

Глубина котлована:

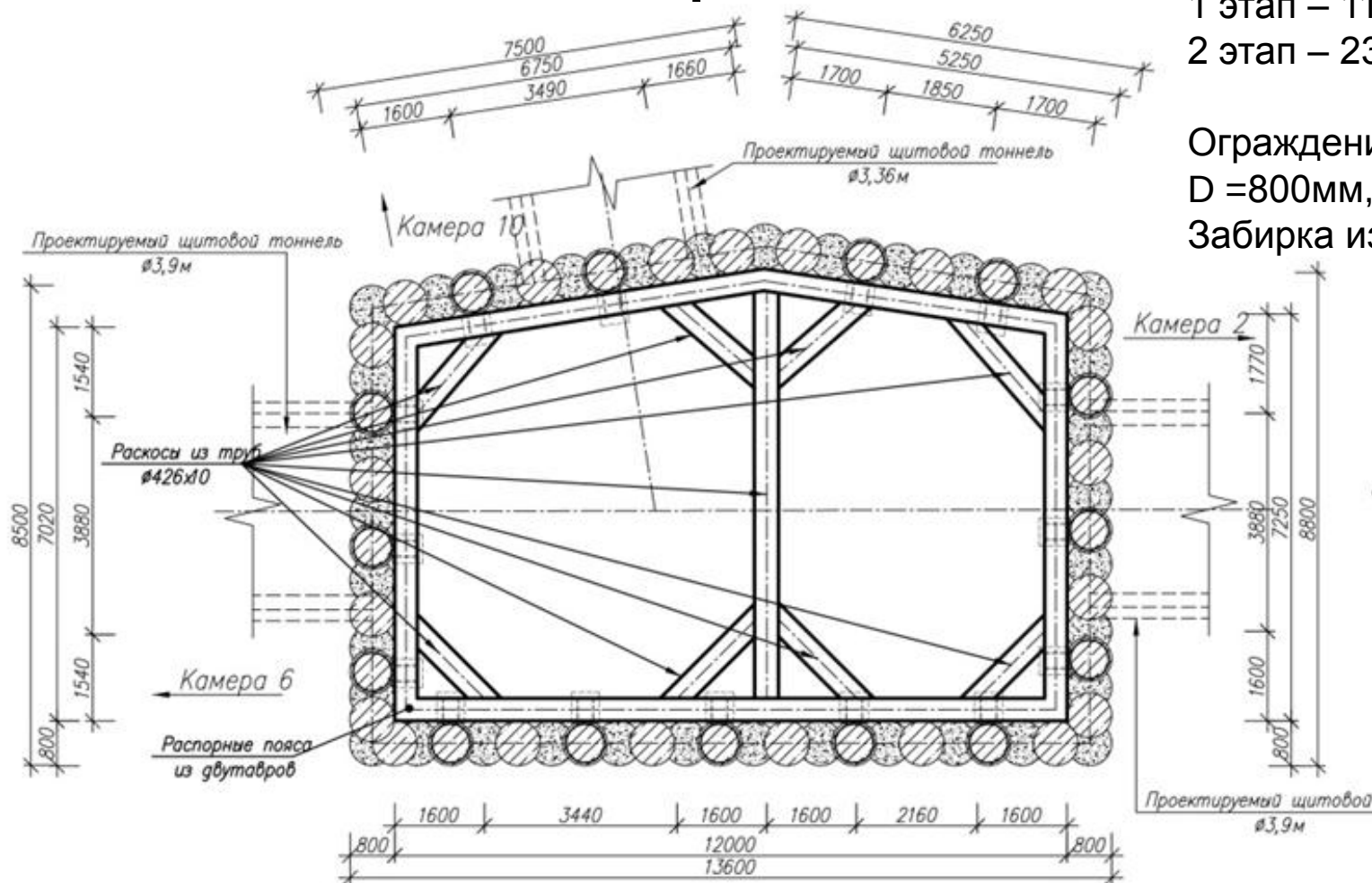
1 этап – 11.10 м

2 этап – 23.35 м

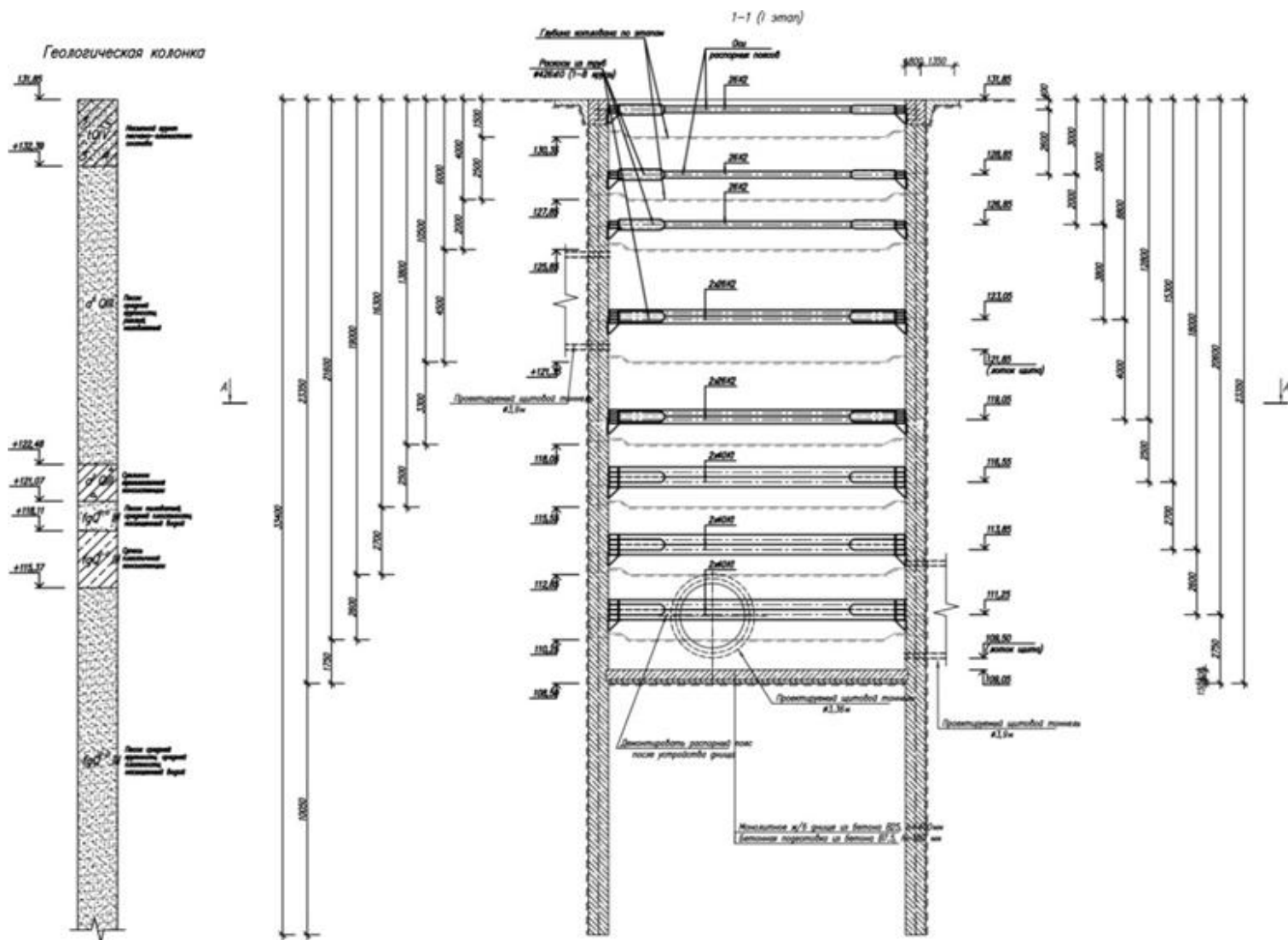
Ограждение – сваи

D = 800мм, L=33.5 м

Забирка из jet-свай



Предаварийная ситуация при реконструкции комплекса ГМИИ им. А.С.Пушкина (О.А.Шулятьев и др., 2017)



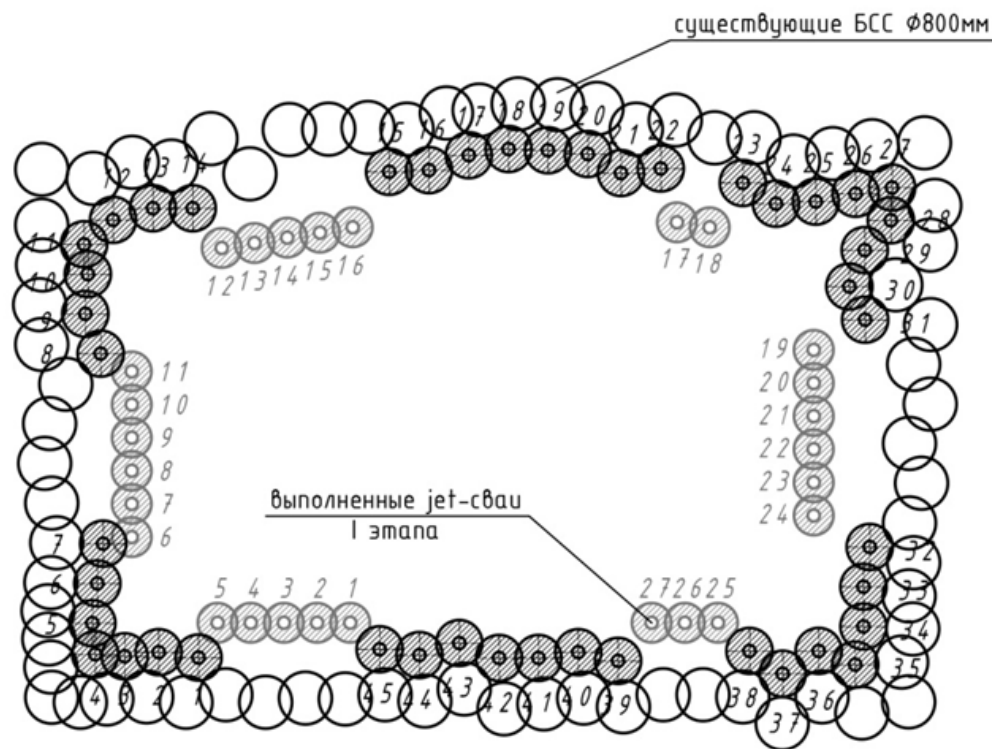
Предаварийная ситуация при реконструкции комплекса ГМИИ им. А.С.Пушкина (О.А.Шулятьев и др., 2017)



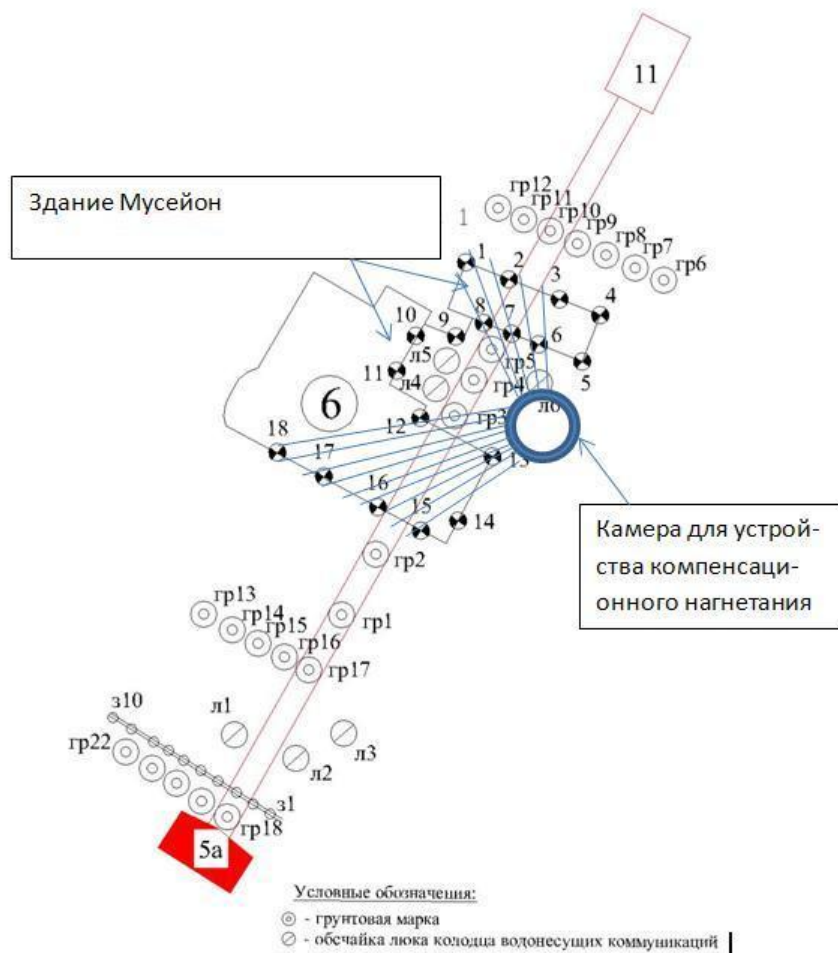
Предаварийная ситуация при реконструкции комплекса ГМИИ им. А.С.Пушкина (О.А.Шулятьев и др., 2017)



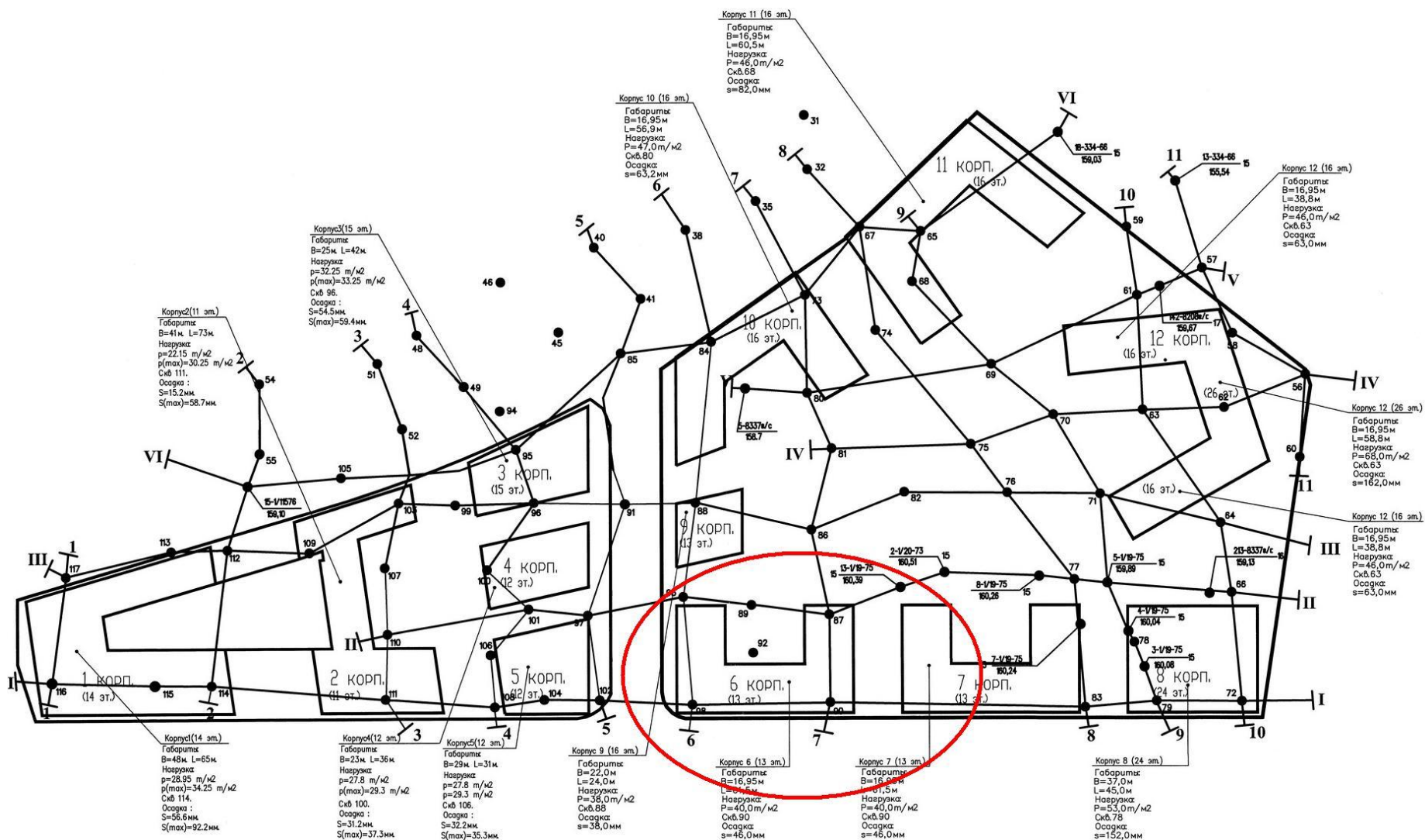
Предаварийная ситуация при реконструкции комплекса ГМИИ им. А.С.Пушкина (О.А.Шулятьев и др., 2017)



Предаварийная ситуация при реконструкции комплекса ГМИИ им. А.С.Пушкина (О.А.Шулятьев и др., 2017)



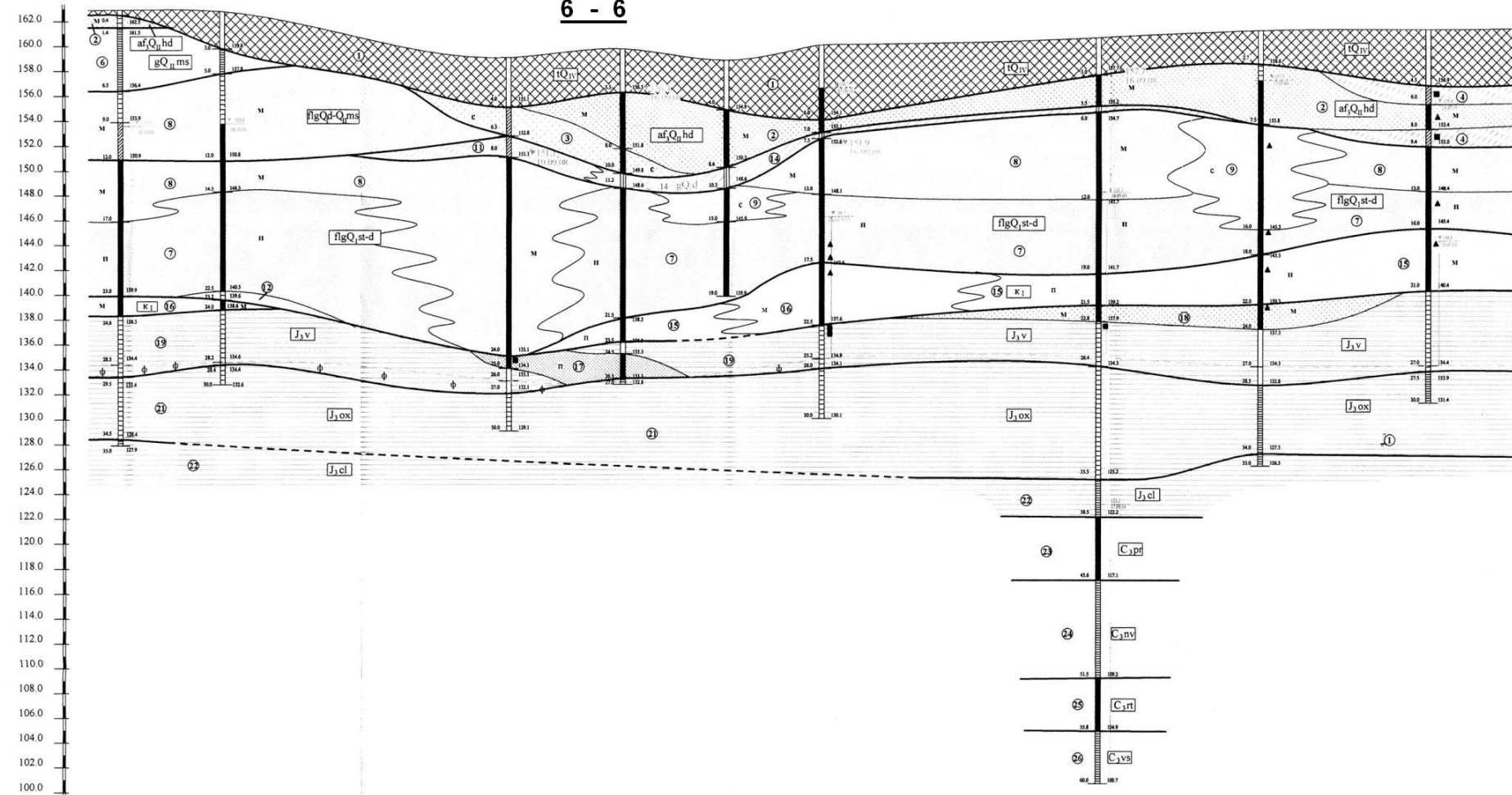
Многофункциональный комплекс (2015)



Многофункциональный комплекс (2015)

Абс. отм., м

6 - 6



Многофункциональный комплекс (2015)



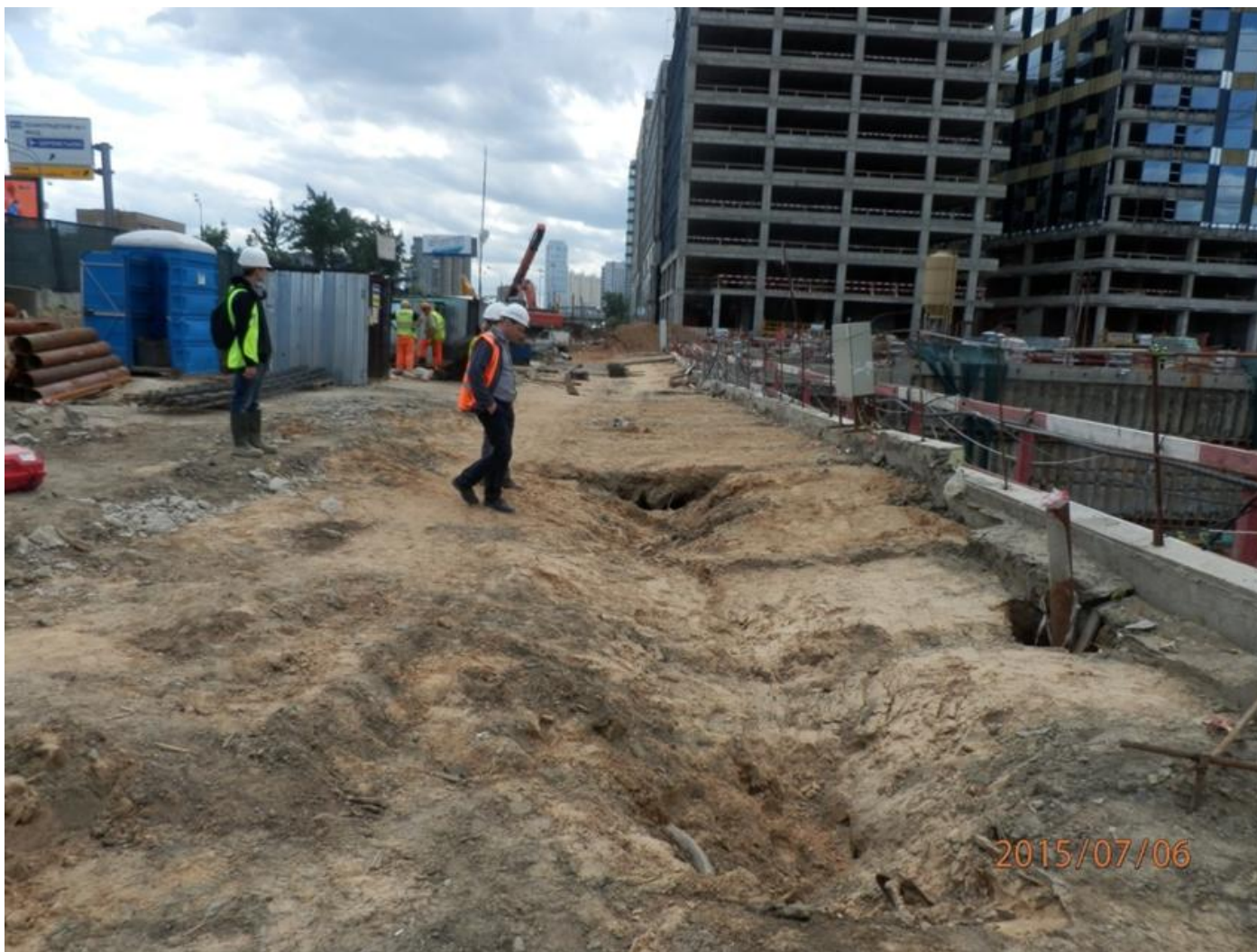
Многофункциональный комплекс (2015)



Многофункциональный комплекс (2015)



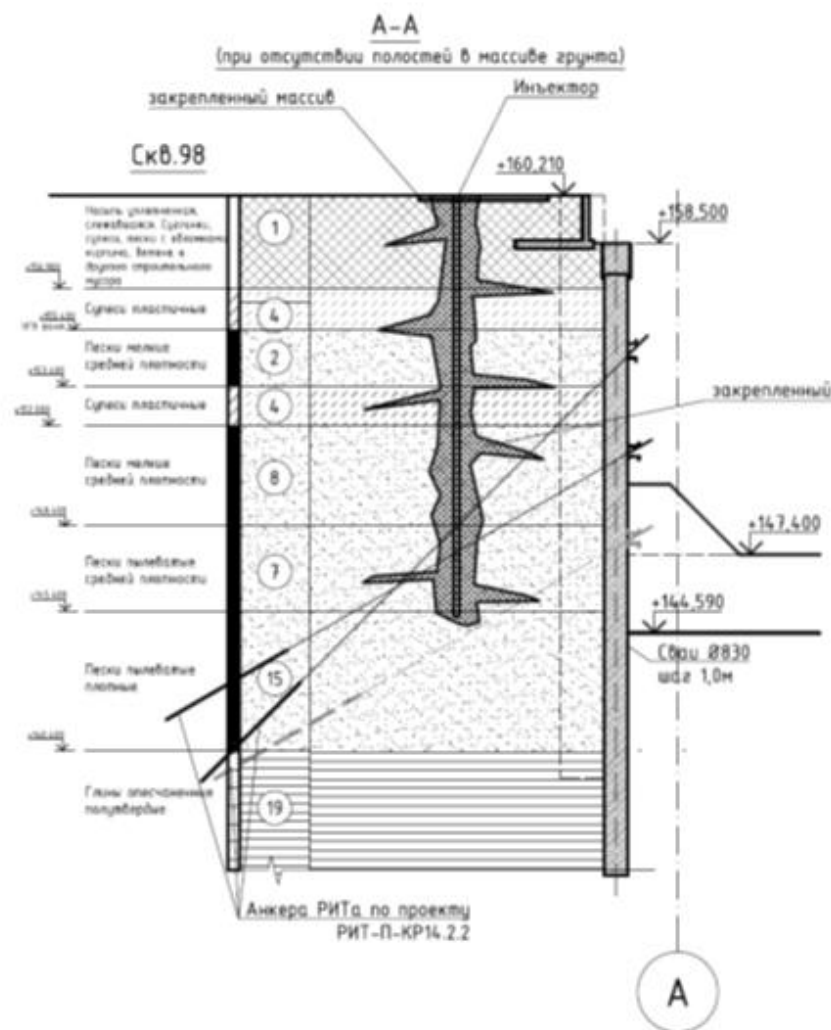
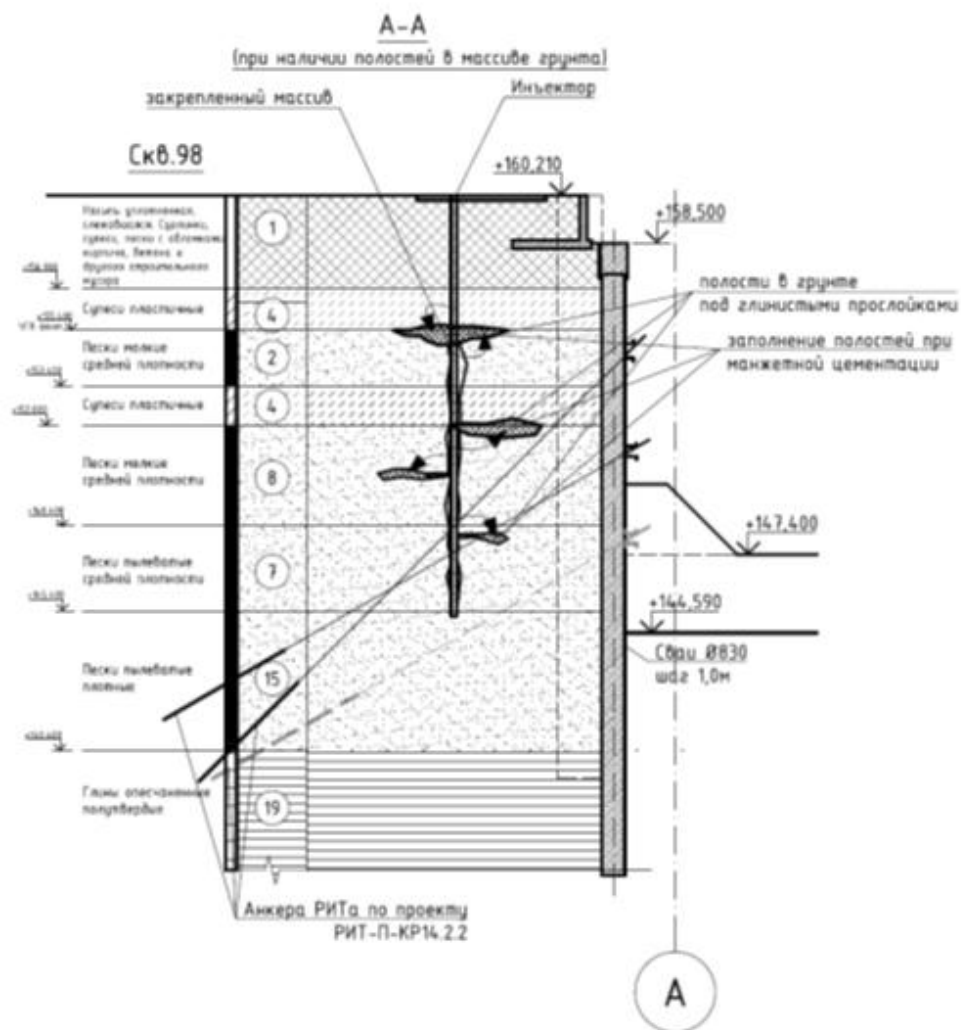
Многофункциональный комплекс (2015)



Многофункциональный комплекс (2015)

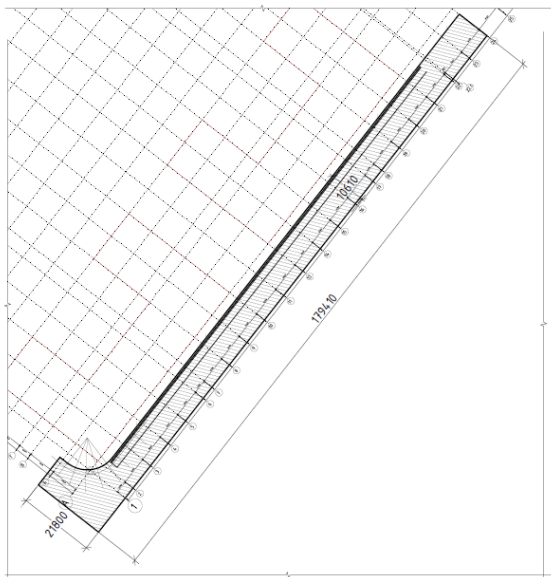


Многофункциональный комплекс (2015)



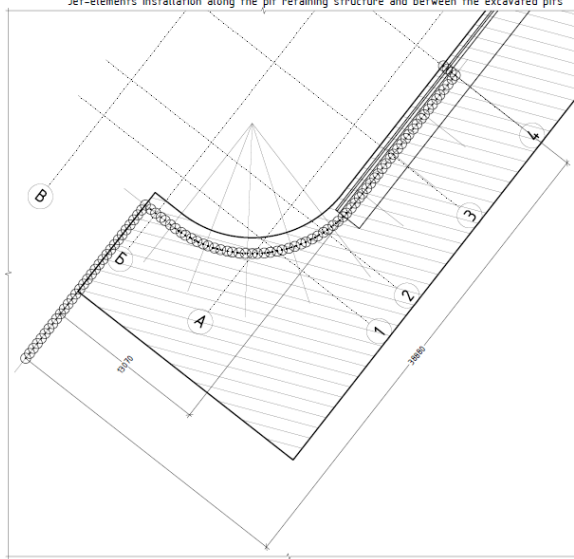
Многофункциональный комплекс (2015)

Этап 1 (фрагмент в осях "1"-16") // Stage 1 (Fragment in axes 1-16)
Устройство асфальтового покрытия // Asphalt coating laying

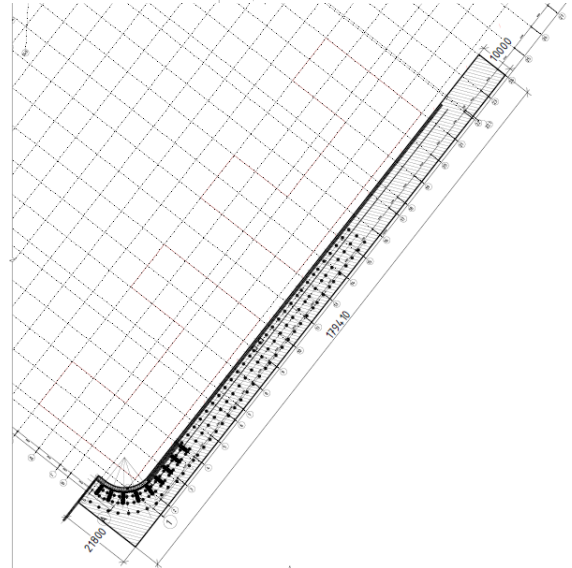
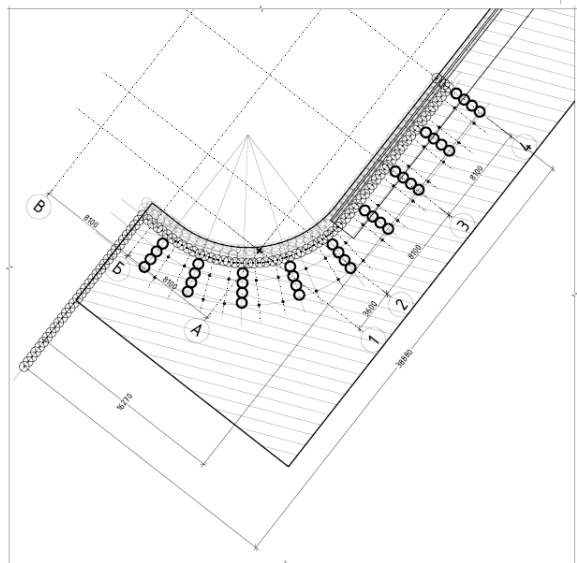
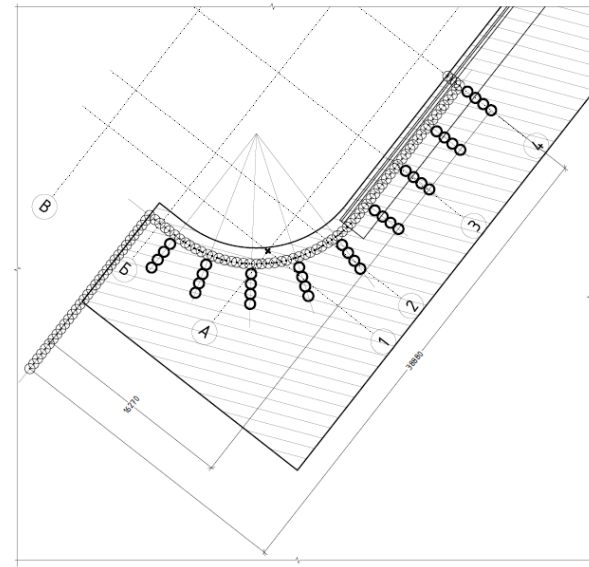


Этапы производства работ // Work production stages

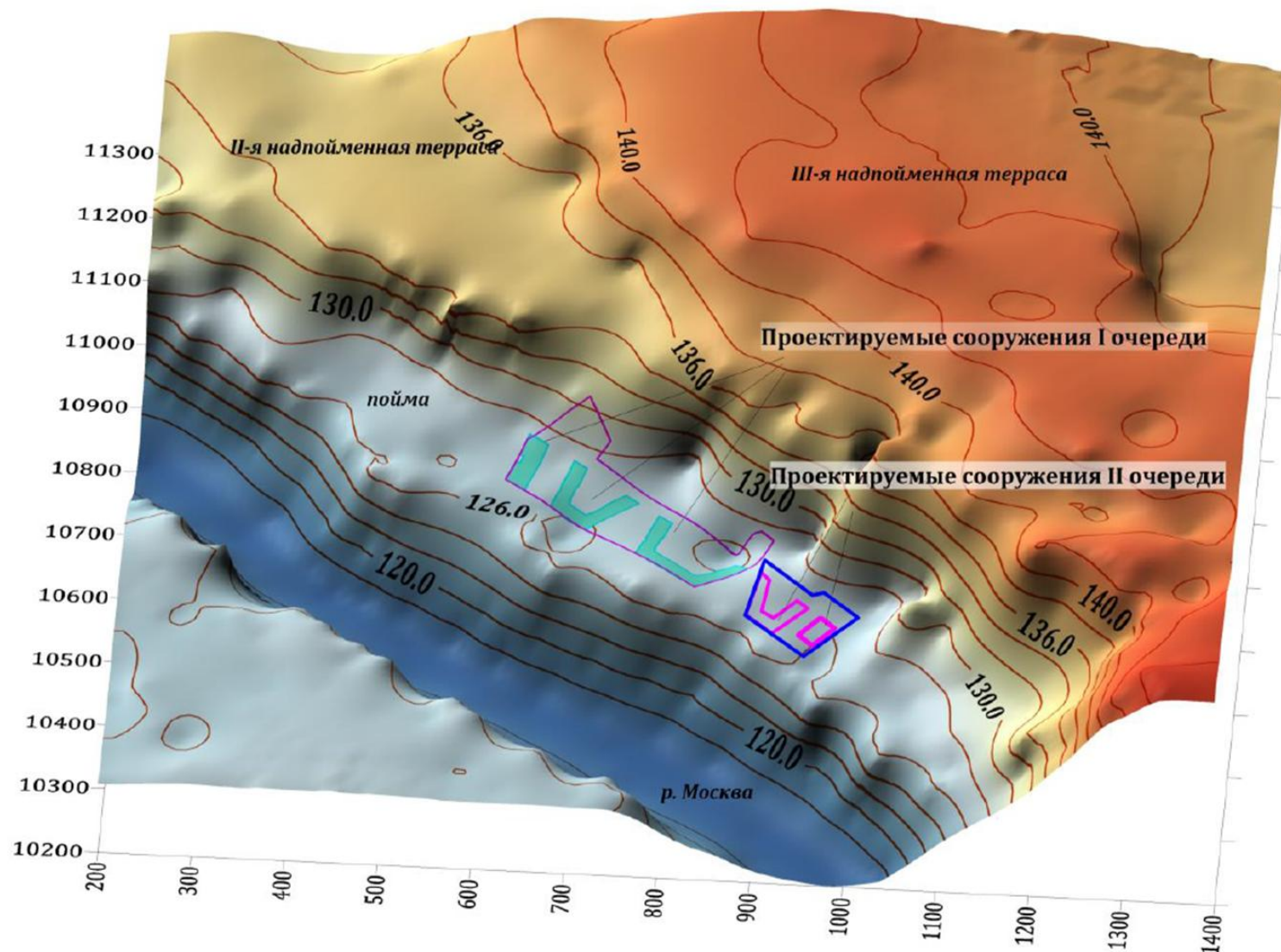
Этап 2 (фрагмент в осях "1"-4") // Stage 2 (Fragment in axes 1-4)
Устройство грунтоцементных элементов вдоль ограждения и между котлованами // Jet-elements installation along the pit retaining structure and between the excavated pits



Этап 3 (фрагмент в осях "1"-4") // Stage 3 (Fragment in axes 1-4)
Устройство грунтоцементных элементов в поперечных "ребрах" // Jet-elements installation in lateral "ribs"

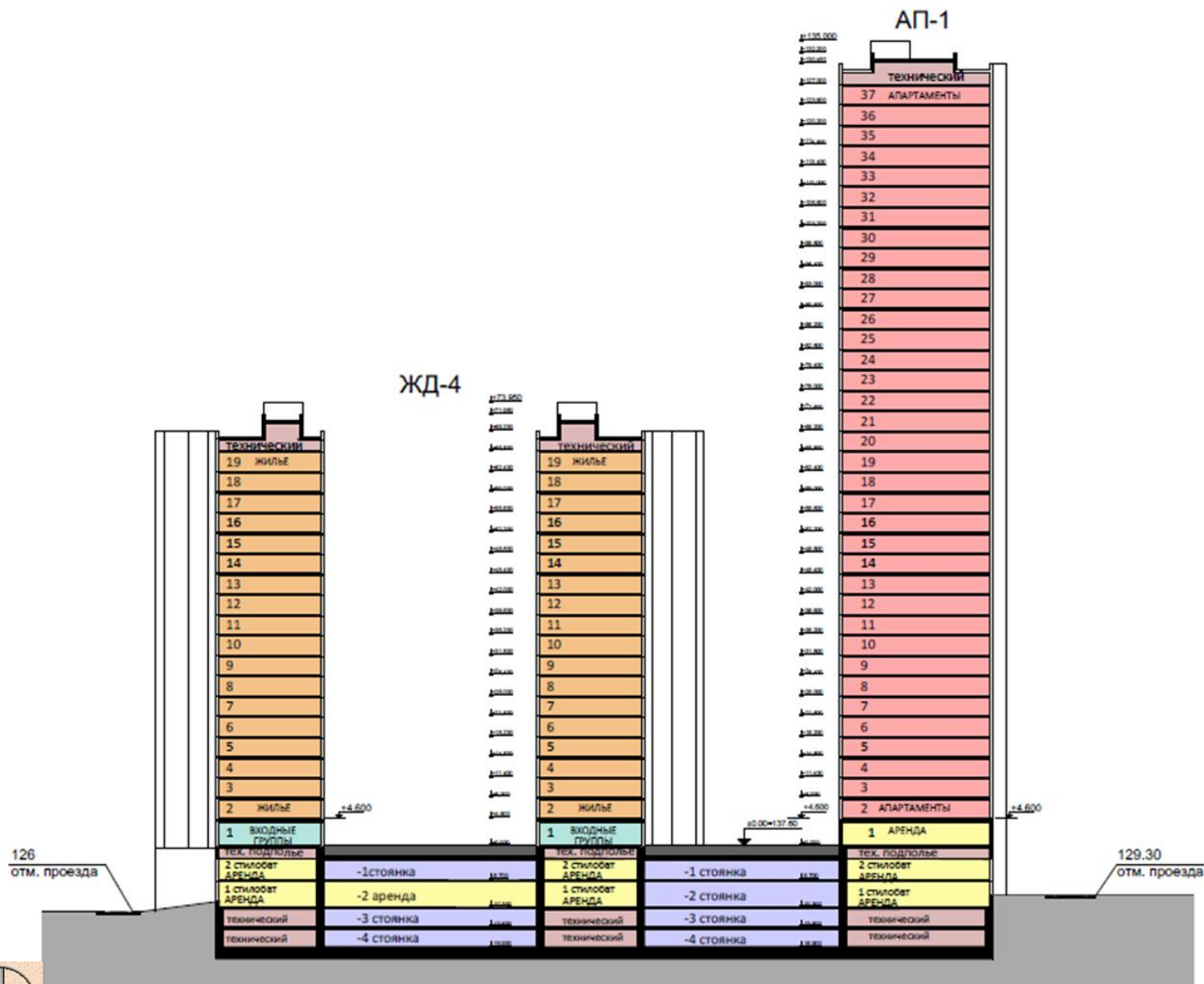


Элитный жилой комплекс (2016)

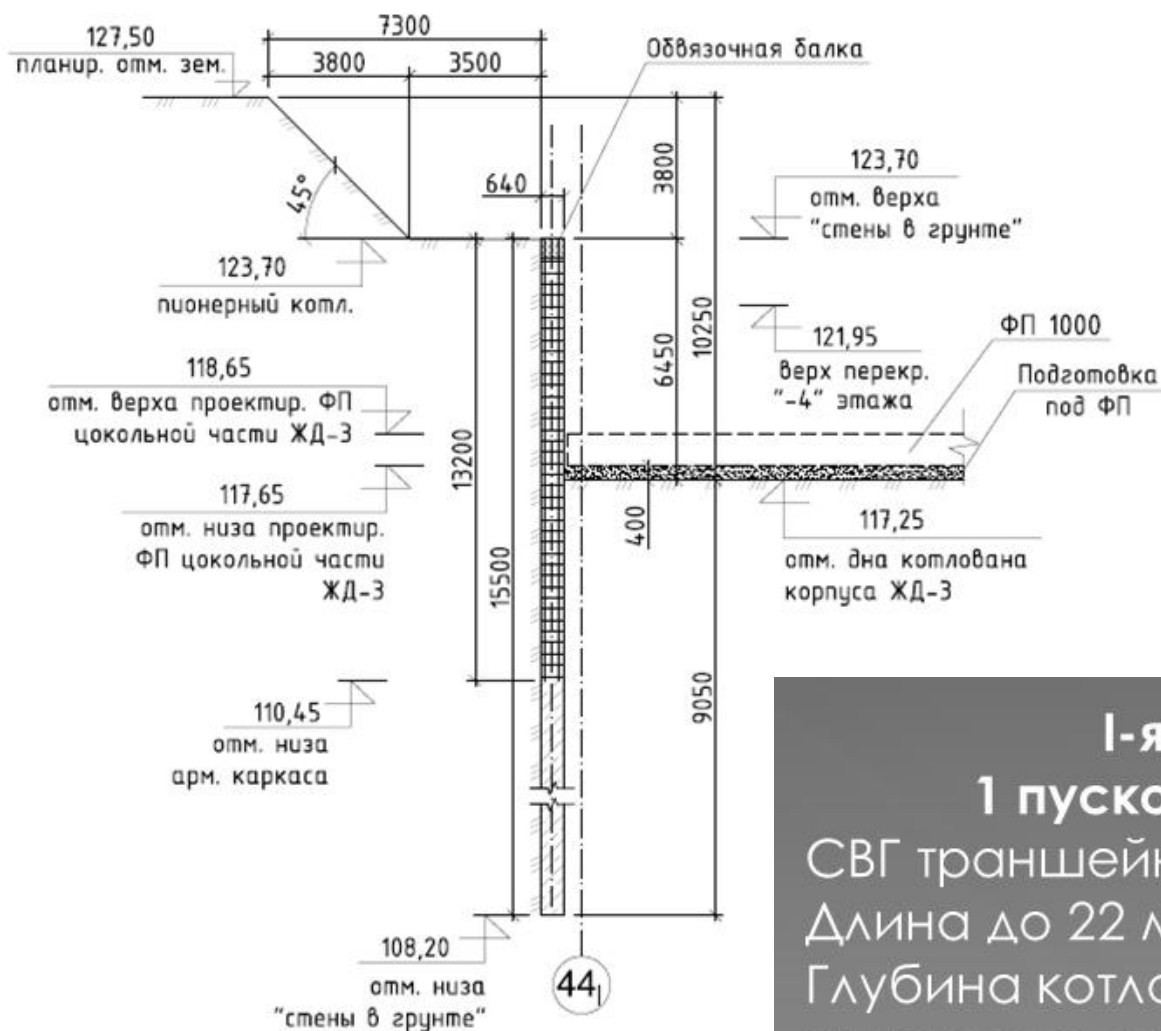




Элитный жилой комплекс (2016)



Элитный жилой комплекс (2016)



I-я очередь
1 пусковой комплекс
СВГ траншейного типа
Длина до 22 м, периметр ~1000м
Глубина котлована с учетом
«пионерного» до 10,25 м



Элитный жилой комплекс (2016)



Элитный жилой комплекс (2016)



Элитный жилой комплекс (2016)

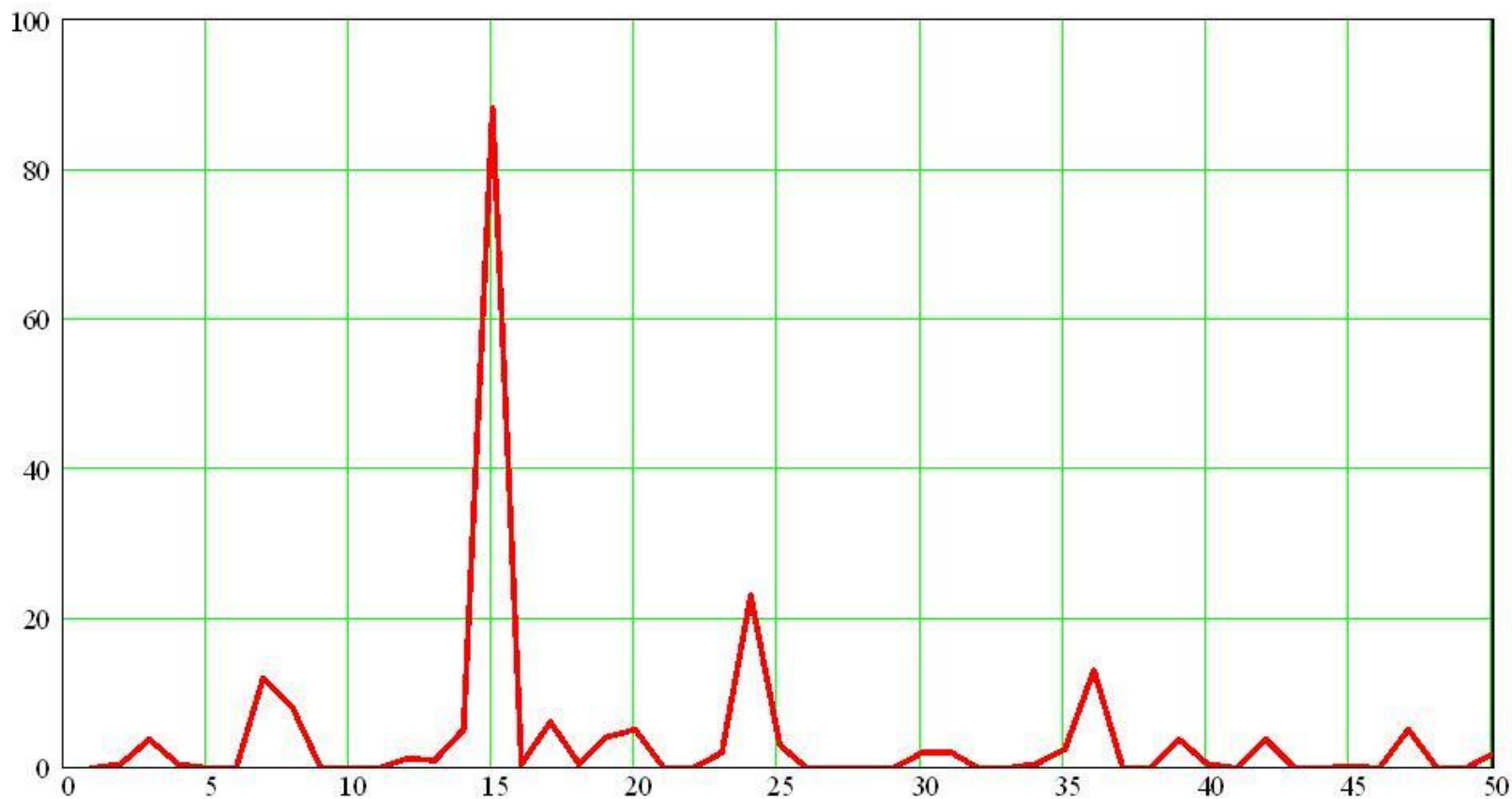
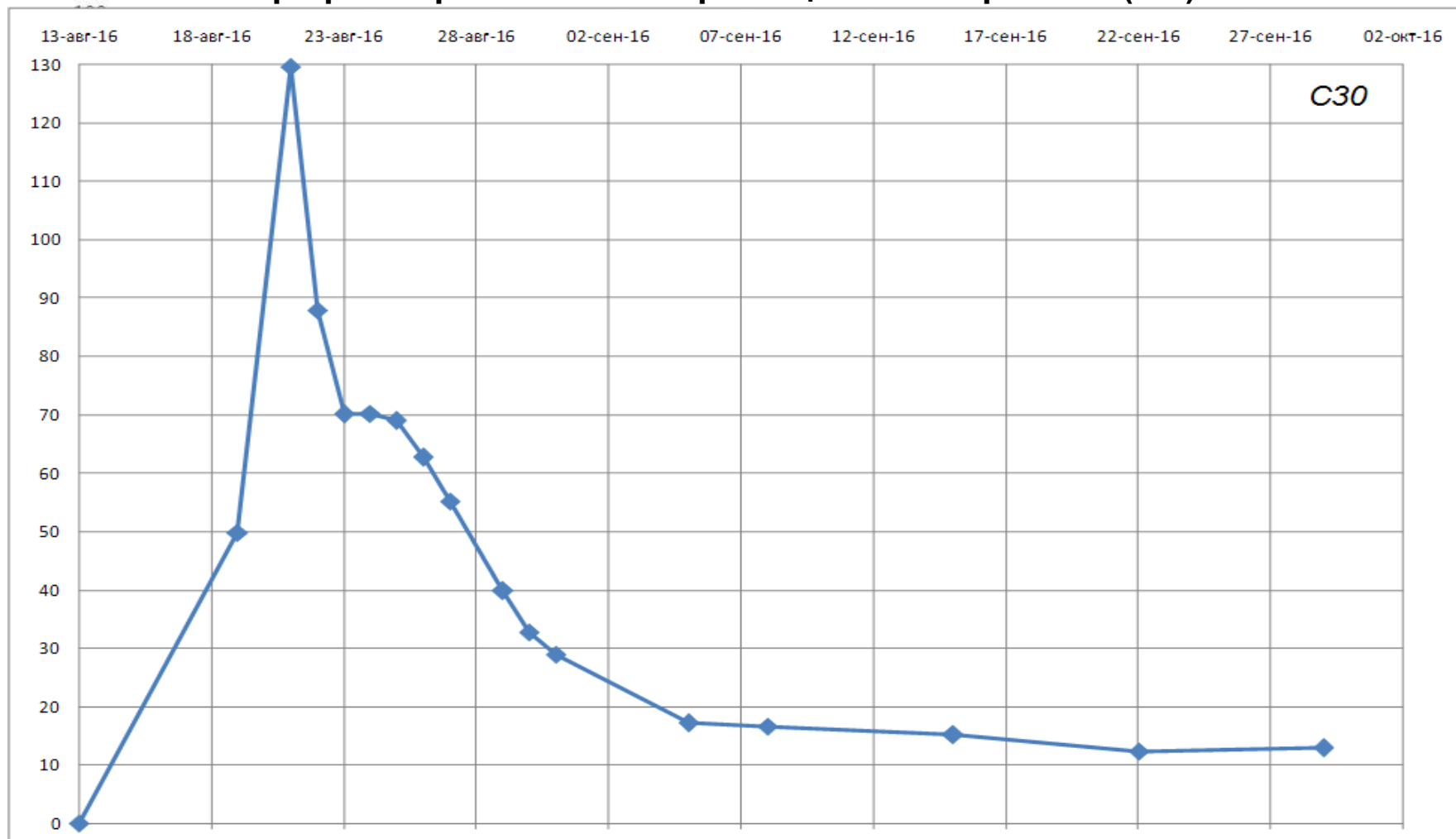


График интенсивности атмосферных осадков (мм) по дням,
начиная с 1 августа 2016 года.



Элитный жилой комплекс (2016)

График вертикальных перемещений во времени (мм)



Элитный жилой комплекс (2016)



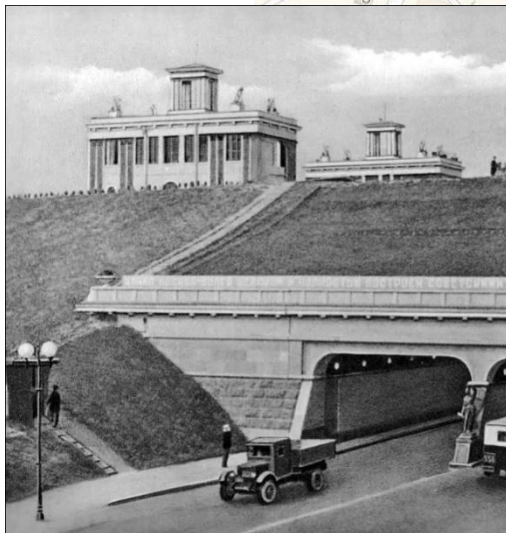
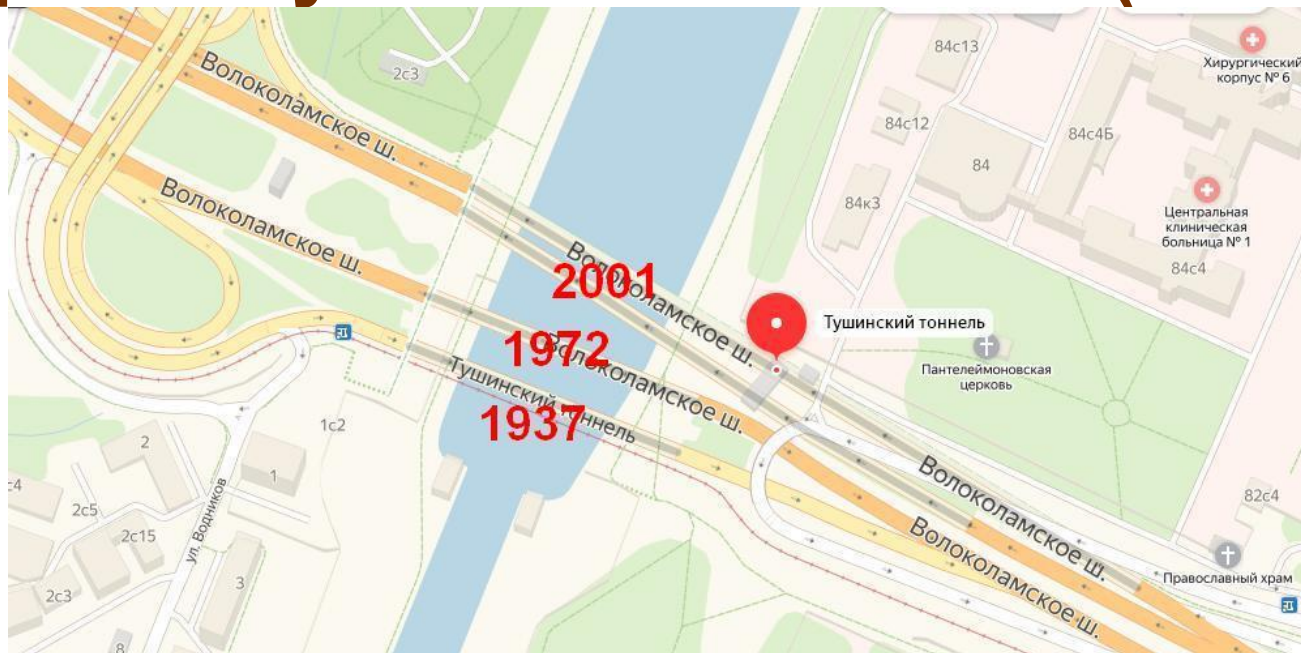
Берегись дождя!



Берегись дождя!

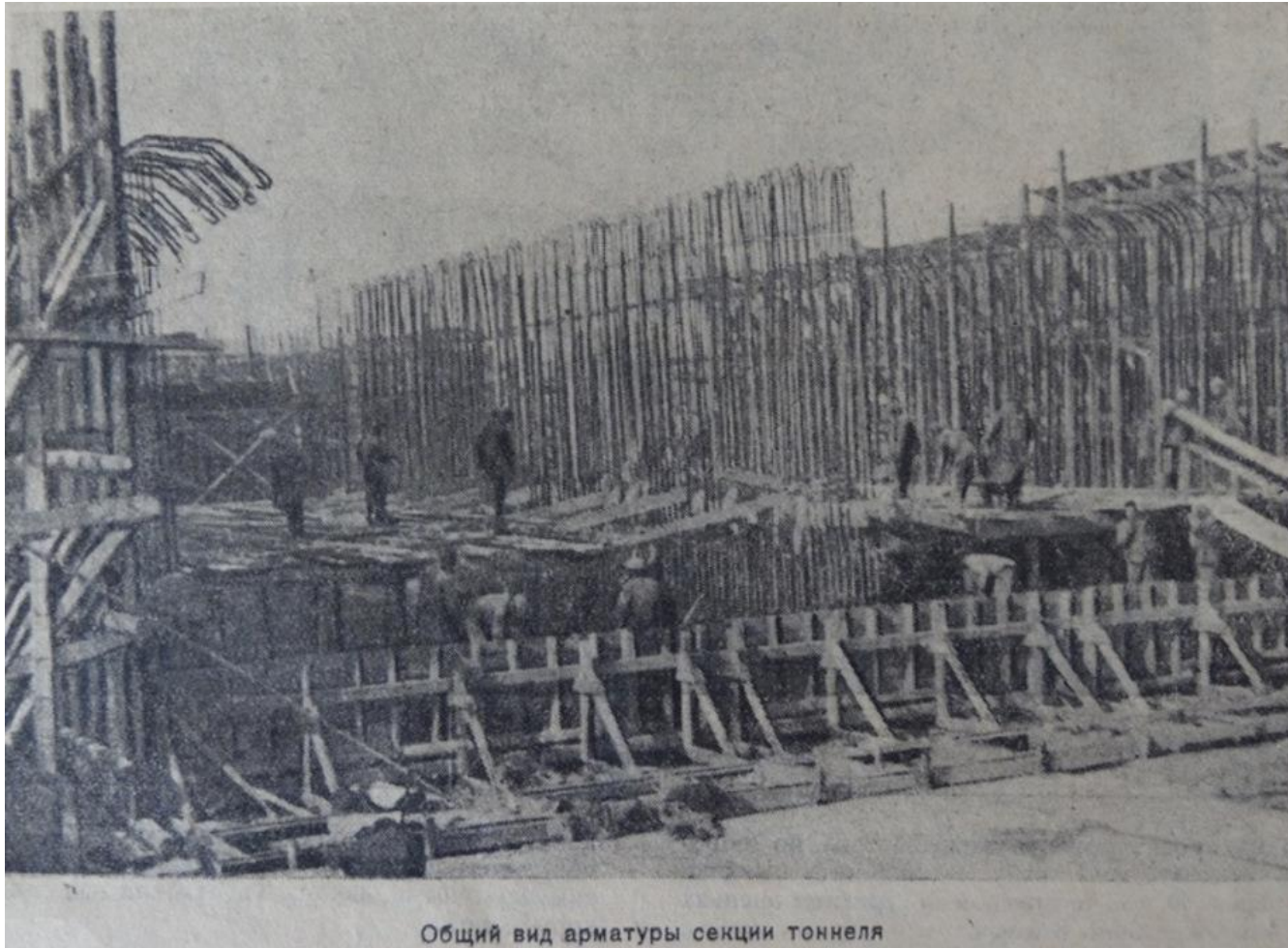


Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)



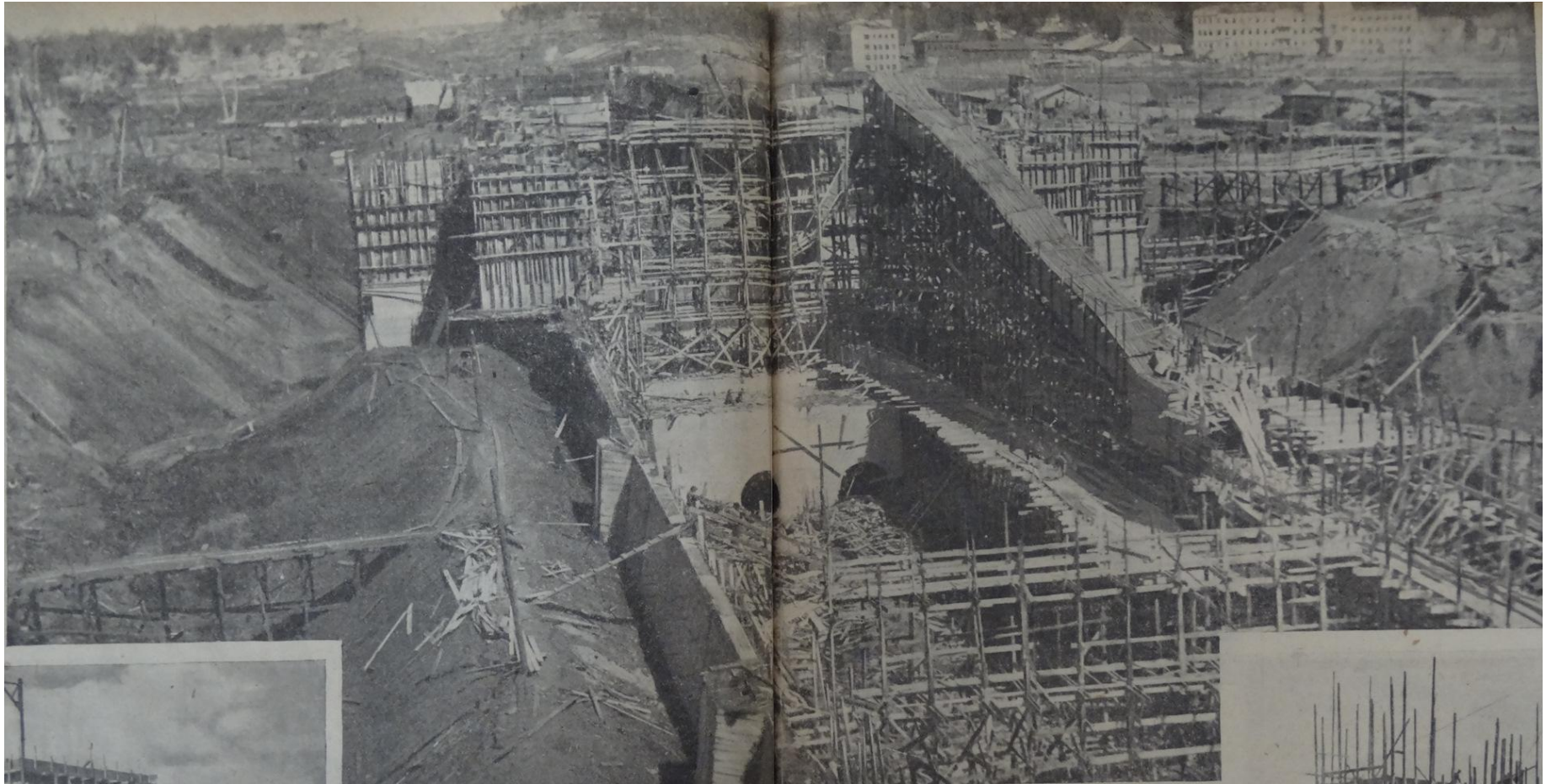
Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

Строительство канала Москва-Волга (ныне канал им. Москвы) над первой веткой тоннеля 1935-37 гг.



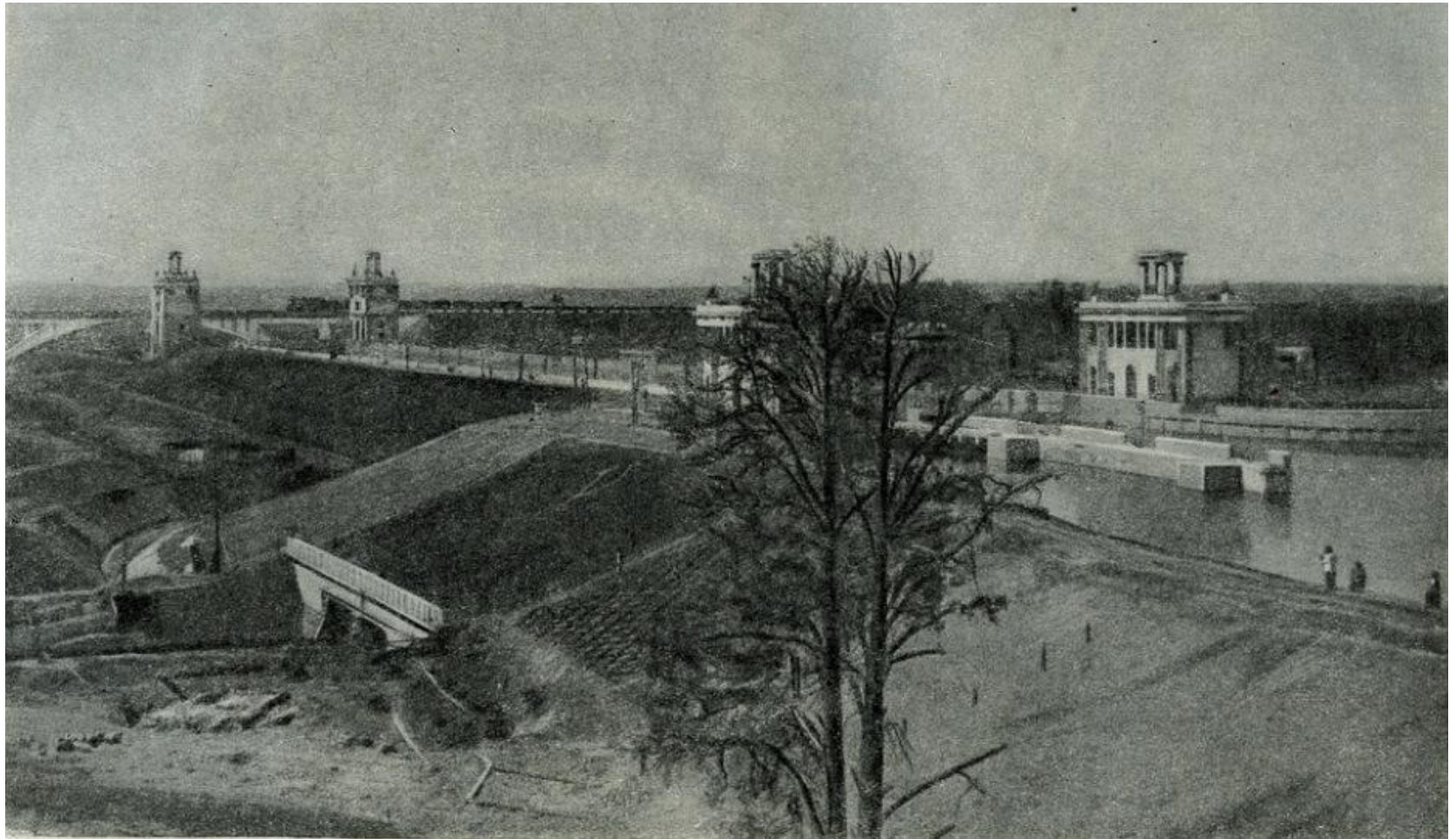
Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

Строительство канала Москва-Волга (ныне канал им. Москвы) над первой веткой тоннеля 1935-37 гг.



Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

Строительство канала Москва-Волга (ныне канал им. Москвы) над первой веткой тоннеля 1935-37 гг.



Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

Строительство третьей ветки тоннеля в 2000-01 гг.
Строительство велось в котловане глубиной 11 м и
шириной 31,5 м.



Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

Строительство третьей ветки тоннеля в 2000-01 гг.
Строительство велось в котловане глубиной 11 м и
шириной 31,5 м.



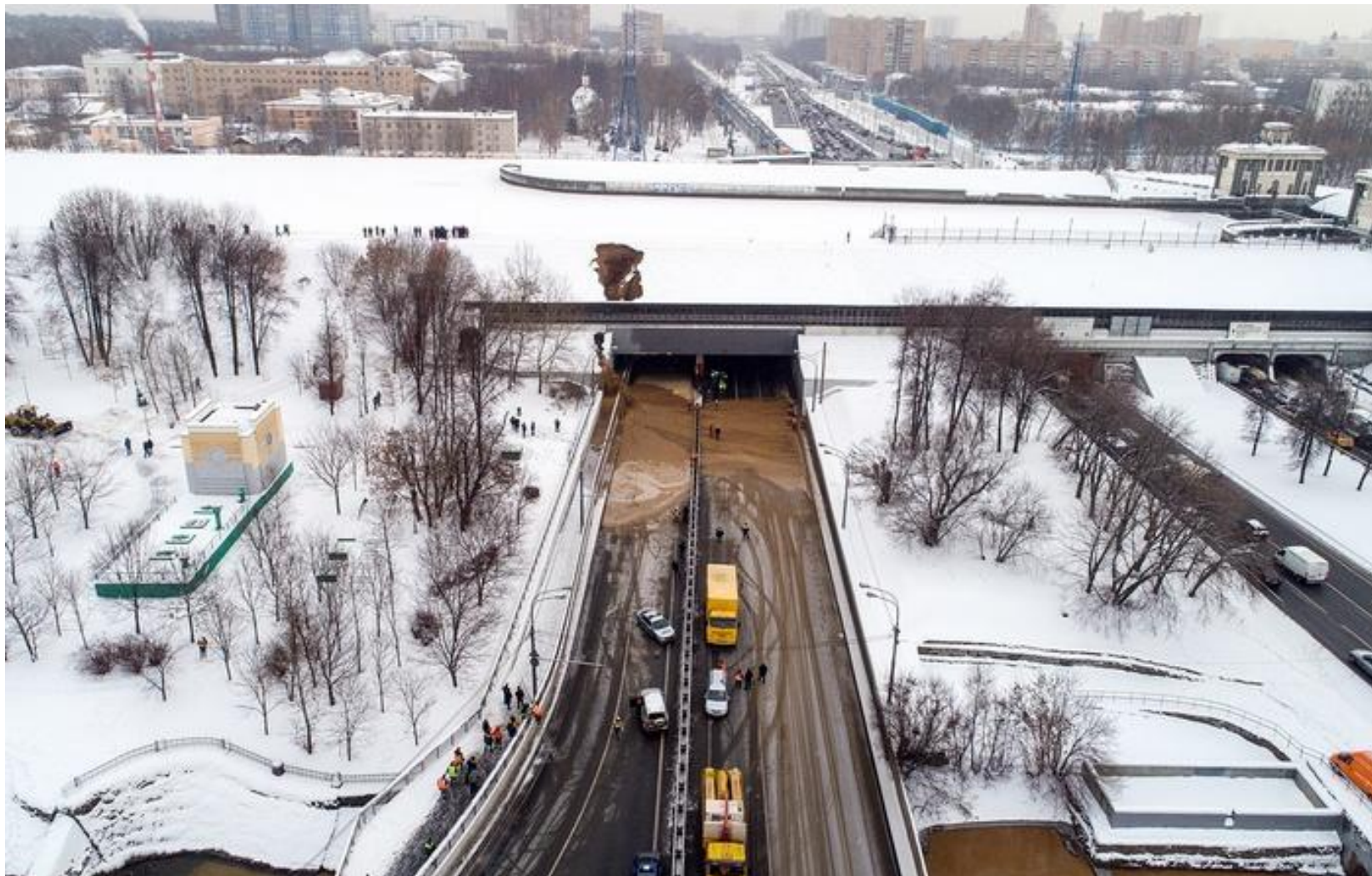
Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

Строительство третьей ветки тоннеля в 2000-01 гг.
Строительство велось в котловане глубиной 11 м и
шириной 31,5 м.



Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

В тоннель было вымыто 3000 м³ грунта



Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

В тоннель было вымыто 3000 м³ грунта



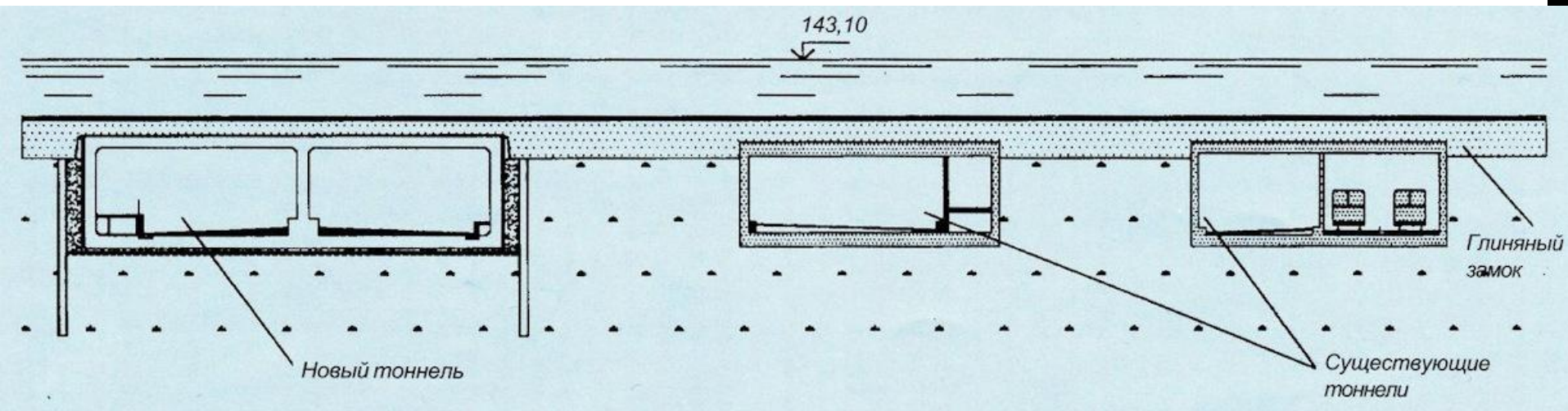
Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

В тоннель было вымыто 3000 м³ грунта



Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

Причины аварии



- Неучтенные гидрологические условия
- Ошибки в проекте
- Низкое качество работ и материалов



Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

Восстановление аварийного участка – более 200 млн. руб.



Авария в Тушинском тоннеле (10/01/2019)

Восстановление аварийного участка – более 200 млн. руб.



Обрушение котлована метро в Кельне (2009)



Ветка метро Север-Юг длиной 3.8 км вдоль Рейна.
Ограждение котлована – стена в грунте 800 мм
Крепление котлована – грунтовые анкеры
Глубина котлована – до 28 м
Глубина стены в грунте – 37-40 м
Грунты – гравелистые пески, подстилаемые слабопроницаемыми грунтами
УПВ – 8-10 м ниже поверхности



Обрушение котлована метро в Кельне (2009)



Обрушение котлована метро в Кельне (2009)



Обрушение котлована метро в Кельне (2009)



Дешевле и проще



Трагедия в Фиденых (Тацит)

В 27 г. н.э. в древнем городе Фидены, расположенном рядом с Римом, местный «девелопер» Атилий по дешевке построил деревянный амфитеатр, чтобы отпраздновать конец запрета императора Тиберия на гладиаторские игры. В амфитеатре было 50 000 мест. Во время церемонии открытия здание обрушилось, погибли 20 000 зрителей...

Римский Сенат отреагировал на трагедию, запретив людям с состоянием менее 400 000 сестерциев устраивать гладиаторские шоу, а также потребовав, чтобы все амфитеатры, построенные в будущем, были возведены на прочном фундаменте.



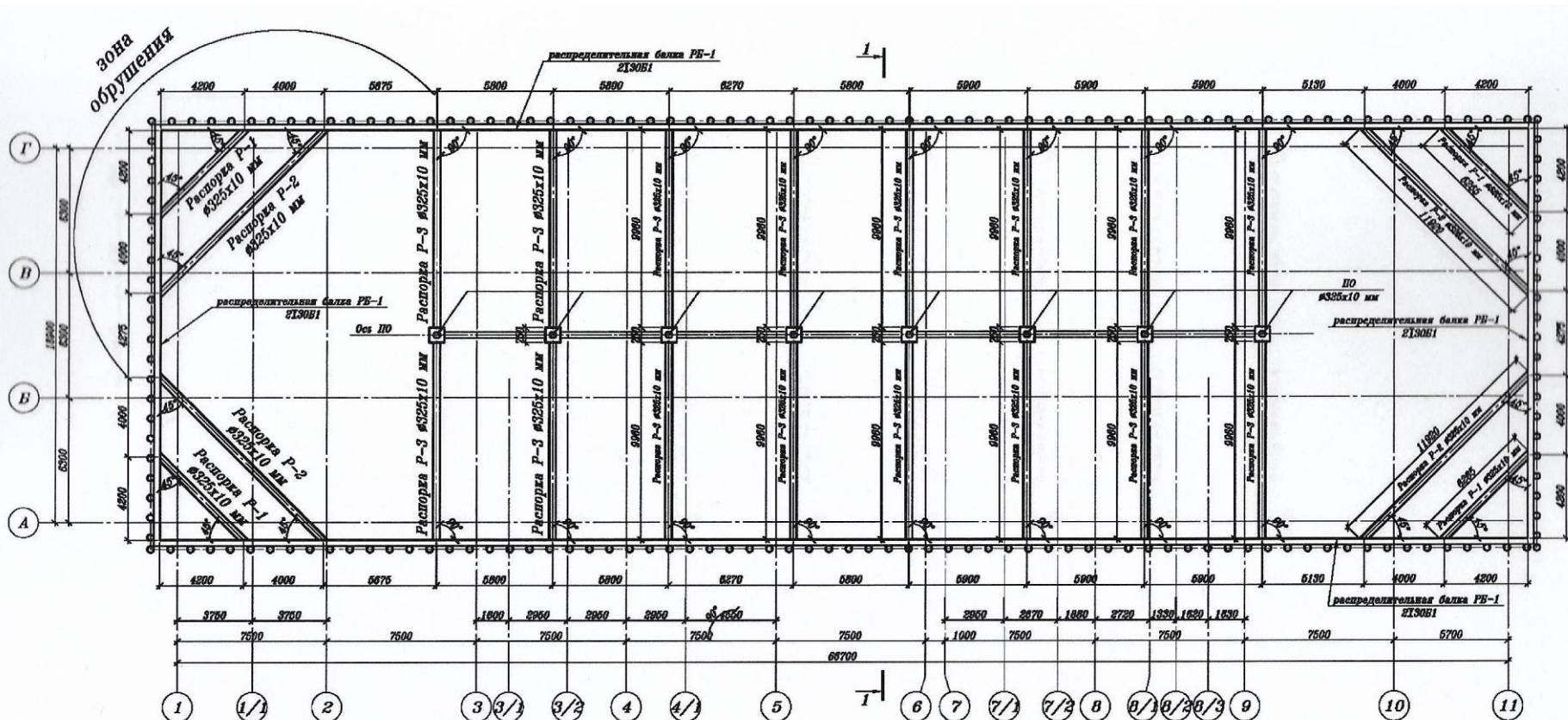
Культура работ подрядчика (2019)



Культура работ подрядчика (2019)



Обрушение котлована административного здания в Москве (2014)



НИИОСП им. Н.М.Герсегова, Москва, 2-я Институтская ул., 6, www.niiosp.ru

Обрушение котлована административного здания в Москве (2014)

Анализ журнала авторского надзора и исполнительной документации показал следующее:

- Начало аварийной ситуации связано с разработкой котлована на 6 м без установки распорной системы;
- Далее одновременно были выполнены 1-й ярус распорной системы и 2-й ярус на прихватках, экскавация продолжалась без водопонижения;



Обрушение котлована административного здания в Москве (2014)

- Деформации труб ограждения привели к отрыву поясов 2-го яруса и падению распорной системы в котлован под действием собственного веса;
- Предпринята попытка восстановить нижний ярус распорок, выполненная также некачественно;



Обрушение котлована административного здания в Москве (2014)

- В связи с отсутствием системы водопонижения начался интенсивный вынос грунта в котлован и произошло проседание земной поверхности, вокруг угла котлована образовались заколы ;
- Вследствие значительных деформаций труб ограждения произошёл повторный отрыв и обрушение нижнего яруса распорной системы;
- Перераспределение нагрузки привело к отрыву и падению и верхнего яруса распорок и обрушению углового участка всей подпорной конструкции.

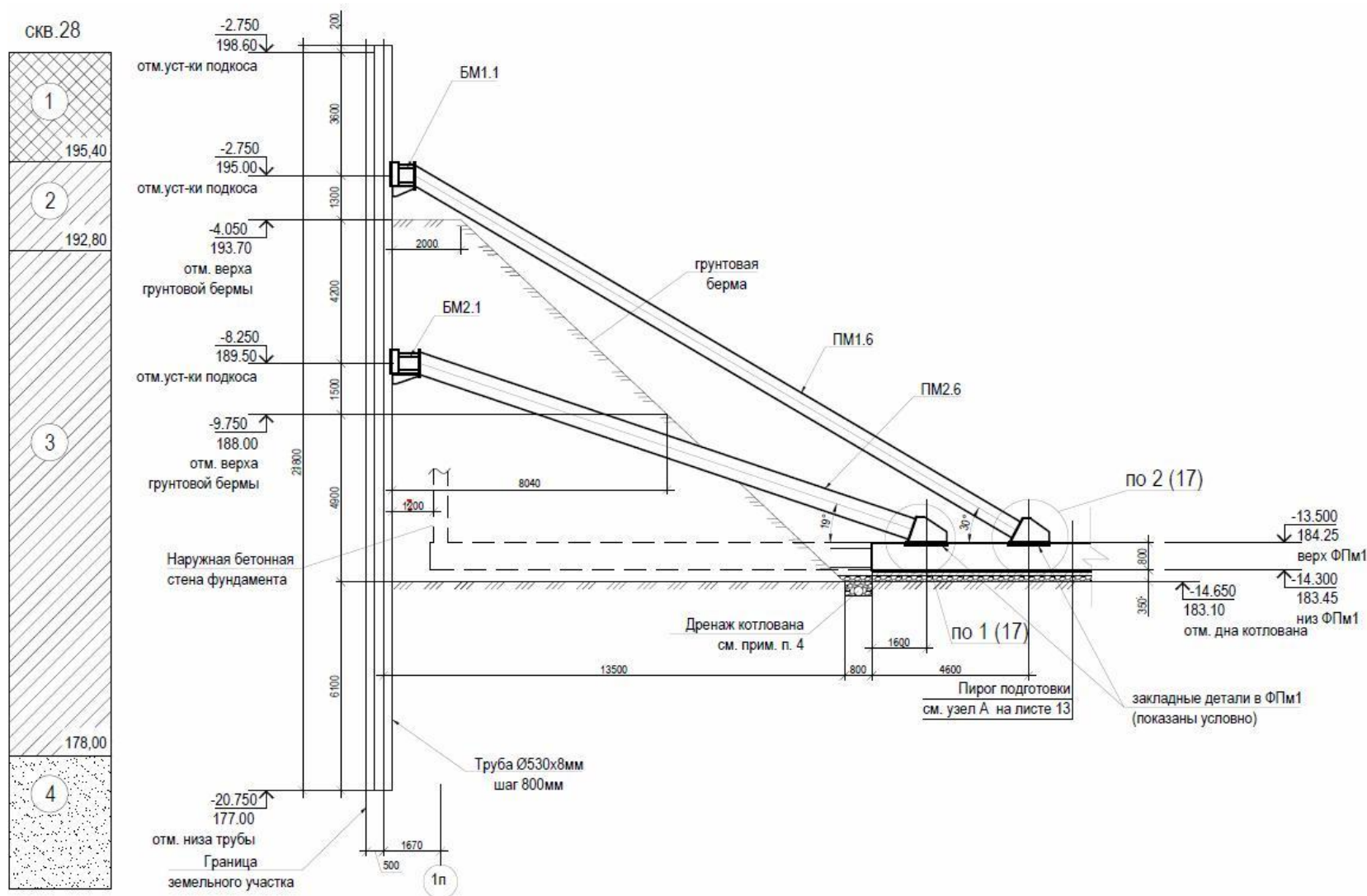


Обрушение котлована административного здания в Москве (2014)

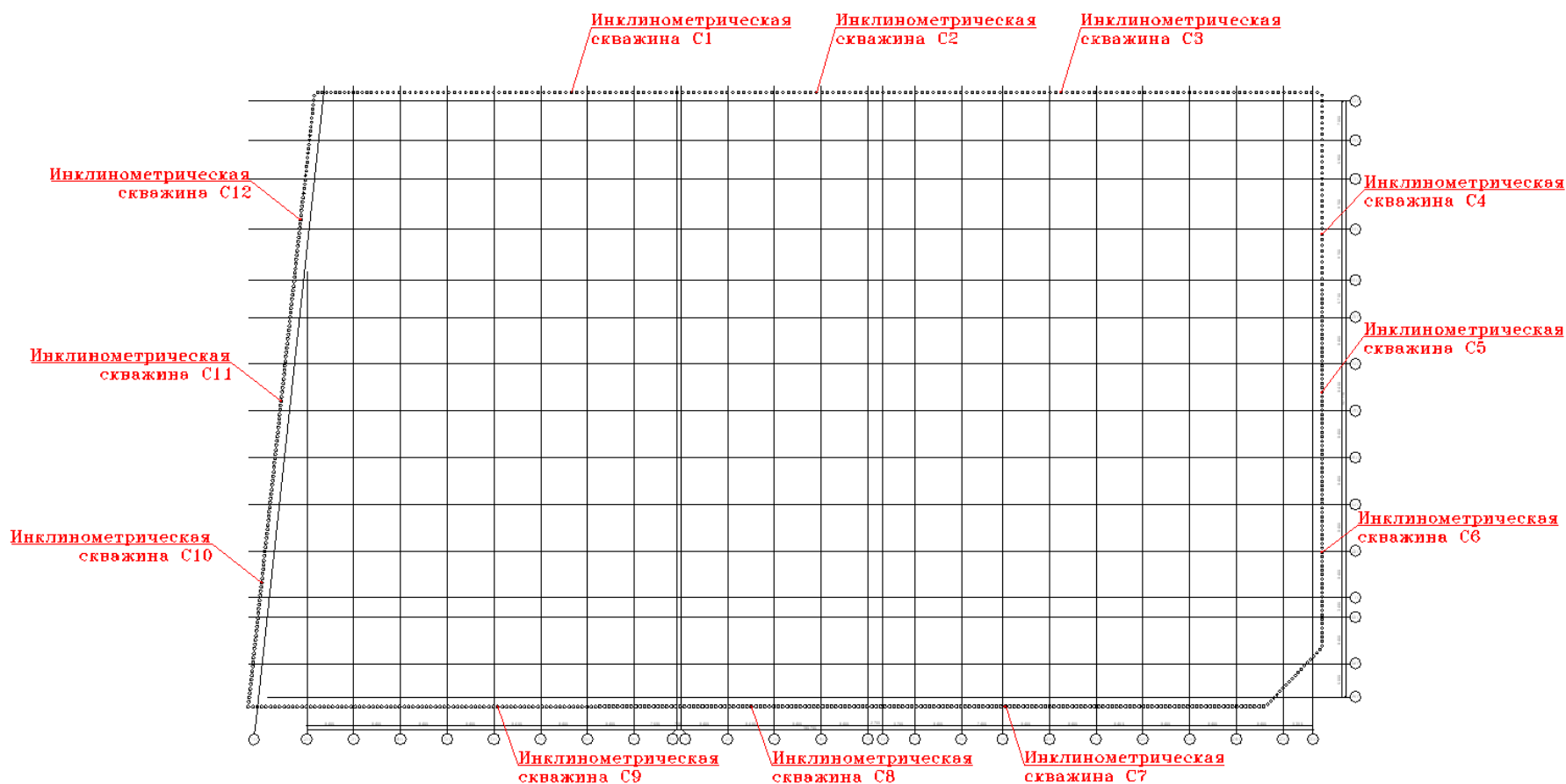
Обратная засыпка котлована



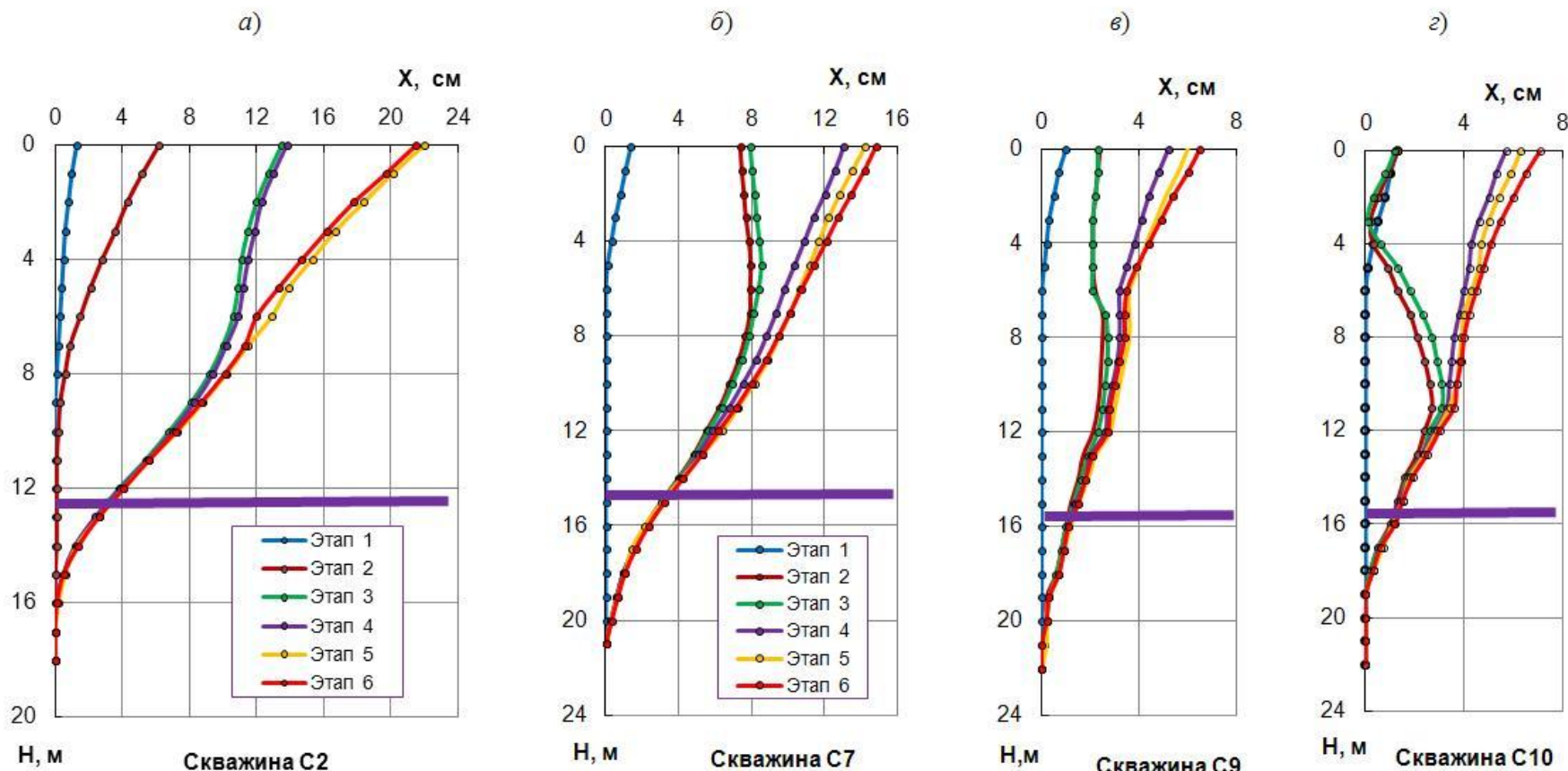
Многофункциональный комплекс на юго-западе Москвы (2017-18)



Многофункциональный комплекс на юго-западе Москвы (2017-18)



Многофункциональный комплекс на юго-западе Москвы (2017-18)



Эпюры горизонтальных перемещений X ограждающей свайной стенки в направлении к котловану по данным инклинометрических наблюдений в скважинах С2, С7, С9, С10



Многофункциональный комплекс на юго-западе Москвы (2017-18)



Многофункциональный комплекс на юго-западе Москвы (2017-18)



Проблемы качества заполнения пазух (2019)



Проблемы качества заполнения пазух (2019)



Авария котлована в г. Реутов (2013)



Авария котлована в г. Реутов (2013)



Авария котлована в г. Реутов (2013)



Авария котлована в г. Реутов (2013)



Заключение

- Проектирование подземных сооружений крайне ответственная задача;
- Поручать решение этой задачи нужно опытным и знающим профессионалам-геотехникам;
- Заказчик должен помнить о том, что «скупой платит дважды», но в подземном строительстве эта двойная плата может стоить человеческих жизней;
- Учиться следует на чужих ошибках, а не на своих.



Deep excavations failures, can they be prevented?

(GOUW Tjie-Liong, 2012)



Eleven people were dangling below a helicopter on a rope. There were ten sales people and one engineer. Since the rope was not strong enough to hold them all, they decided that one of them had to let go to save all the others. They could not decide who should be the volunteer. Finally the engineer said he would let go of the rope since engineers are used to do everything for the company. They forsake their family, don't claim all of their expenses and do a lot of overtime without getting anything in return. When he finished his moving speech all the sales people began to clap...

Moral:

Never underestimate the powers of the engineer.

**Ненужно недооценивать
инженеров!**



Благодарность

сотрудникам НИИОСП им. Н.М.Герсевича,
работавшим над анализом проблемных объектов
и оказавших неоценимую помощь в подготовке
материалов для выступления:

И.А.Бокову,
В.В.Брыксину,
А.А.Брыксиной,
А.М.Дзагову,
В.А.Китайкину,
Д.К.Минакову,
О.А.Мозгачевой,

В.С.Поспехову,
Д.Е.Разводовскому,
В.И.Шейнину,
О.А.Шулятьеву,
В.Г.Федоровскому,
Р.И.Чернову





**Старайтесь
глубже
изучить
проблему!**

Благодарю за внимание !
Thank you for your attention !

