



Международный семинар  
«ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ  
СИТУАЦИЙ»



Санкт-Петербург, 22 ноября 2012 г.

**АНАЛИЗ АВАРИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В МОСКВЕ**

**FORENSIC ANALYSIS OF UNDERGROUND  
CONSTRUCTION IN MOSCOW**

**Колыбин И.В.**



НИИОСП им. Н.М.Герсеванова, Москва, 2-я Институтская ул., 6, [www.niiosp.ru](http://www.niiosp.ru)



# Содержание презентации

- Классификация аварий
- Причины аварийных ситуаций
- Роль инженерных изысканий
- Расследование аварий или «Кто виноват?»
- Изменения в проекте
- Водонесущие коммуникации – фактор риска
- Влияние температурно-климатических воздействий
- Деформации ограждений с анкерным креплением
- Контроль качества работ
- Управление рисками
- Заключение



# Разве это авария?



# Классификация аварийных ситуаций при подземном строительстве в котлованах

Категория аварийной ситуации	Объект воздействия			
	Строящееся сооружение	Окружающая застройка	Инженерные коммуникации	Грунтовый массив
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>I катастрофическая</b>	Полное разрушение ограждения котлована и конструкций в котловане	Полное разрушение всех объектов вблизи котлована, повреждение объектов на значительном расстоянии от котлована		Смещение значительных по объему грунтовых масс, связанное с
<b>II тяжелая</b>	Разрушение ограждения котлована и конструкций в котловане с аварийной стороны	Разрушение объектов вблизи котлована		
<b>III средней тяжести</b>	Частичное разрушение ограждения котлована или его конструктивных элементов	Разрушение объектов вблизи котлована		
<b>IV легкая</b>	Чрезмерные деформации ограждения котлована или его конструктивных элементов	Сверхнормативные деформации объектов вблизи котлована		



**Авария категории II.ACD**



# Причины аварийных ситуаций

- Ошибки в процессе изысканий
- Ошибки проектирования
- Некачественное выполнение работ
- Нарушения ПОС
- Плохое управление проектом
- Форс-мажорные обстоятельства



**Н. Новгород (2004)**

Разрушение здания бывшего Кадетского училища

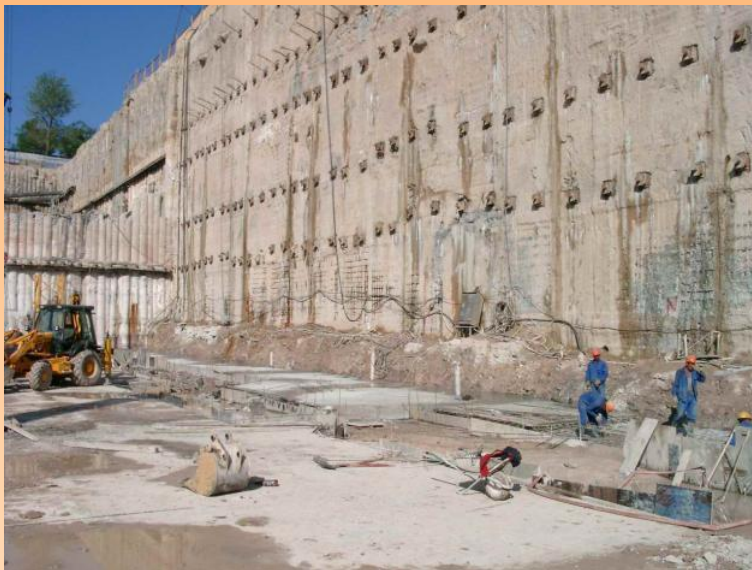


# Роль инженерных изысканий



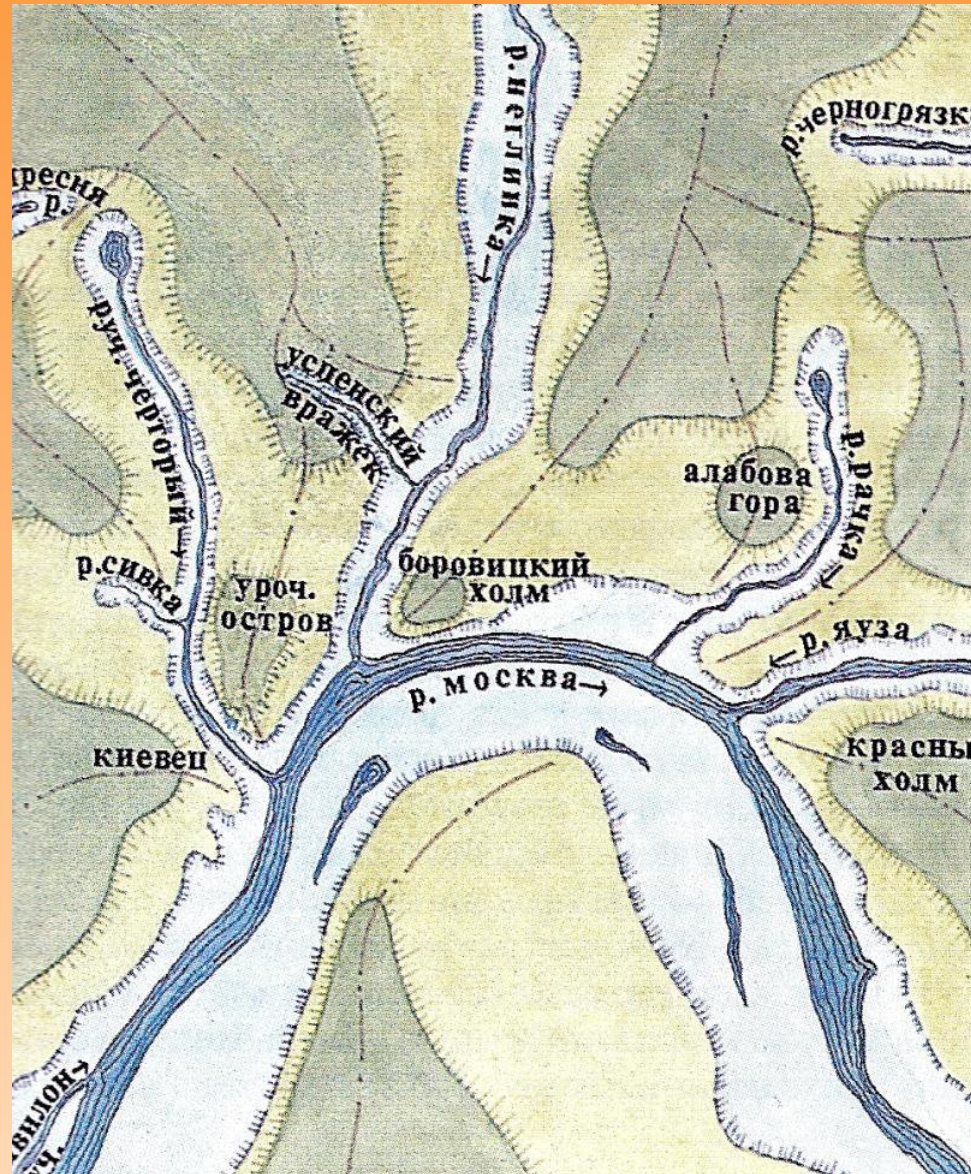
# Важные факторы при изысканиях

- Прочные включения
- Зоны высокой проницаемости
- Техногенная история
- Геологическое строение вне площадки строительства
- Опасные геологические процессы





# Погребенный рельеф Москвы



# Важно знать историю использования площадки



Дефектная захватка стены в грунте (Долгоруковская ул., Москва)



# Существующие подземные сооружения и коммуникации



# Необходимо знать инженерно-геологическое строение вне площадки



Анкеры заменены распорками в месте обнаружения линзы слабых грунтов (ул. Дмитрия Ульянова, Москва)



# Роль инженерных изысканий

**Авария при строительстве коллекторного тоннеля на ул. Большая Дмитровка (1998)**

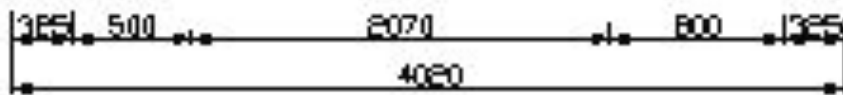


# Строительство тоннеля на ул. Б. Дмитровка



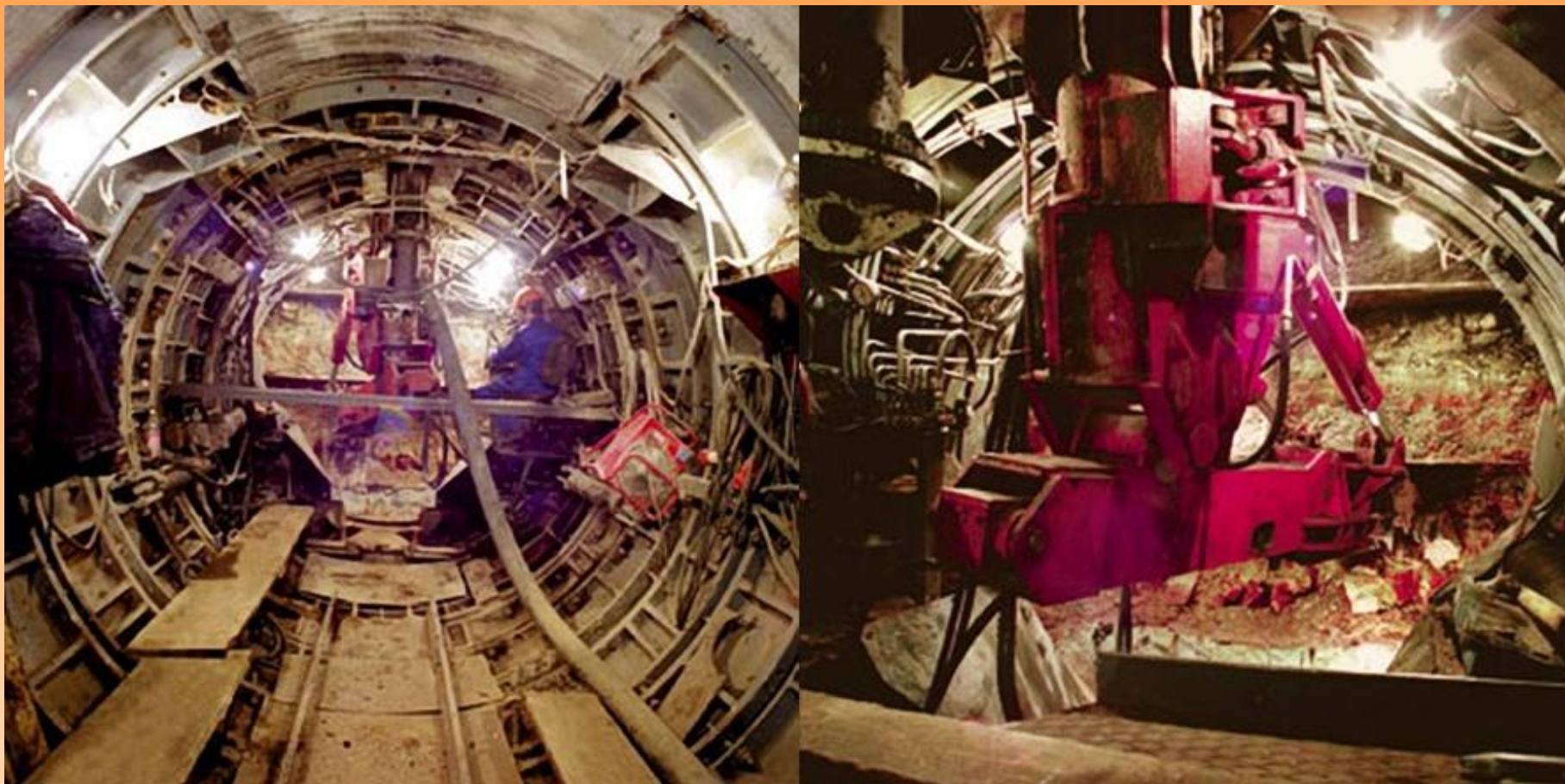
# Строительство тоннеля на ул. Б. Дмитровка

## Поперечное сечение тоннеля



# Строительство тоннеля на ул. Б. Дмитровка

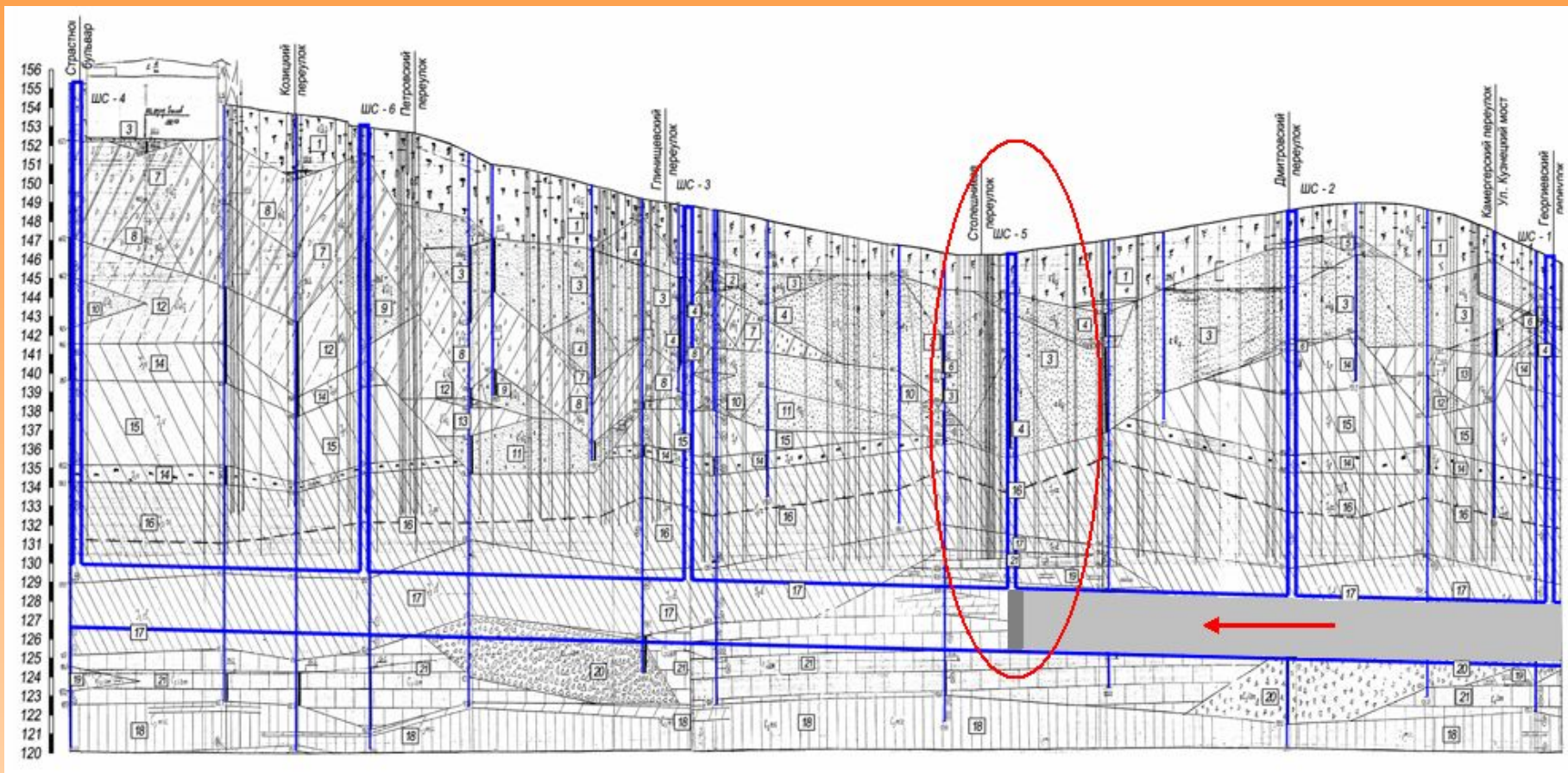
## Проходческий щит «Гранит»





# Строительство тоннеля на ул. Б. Дмитровка

## Продольный профиль тоннеля

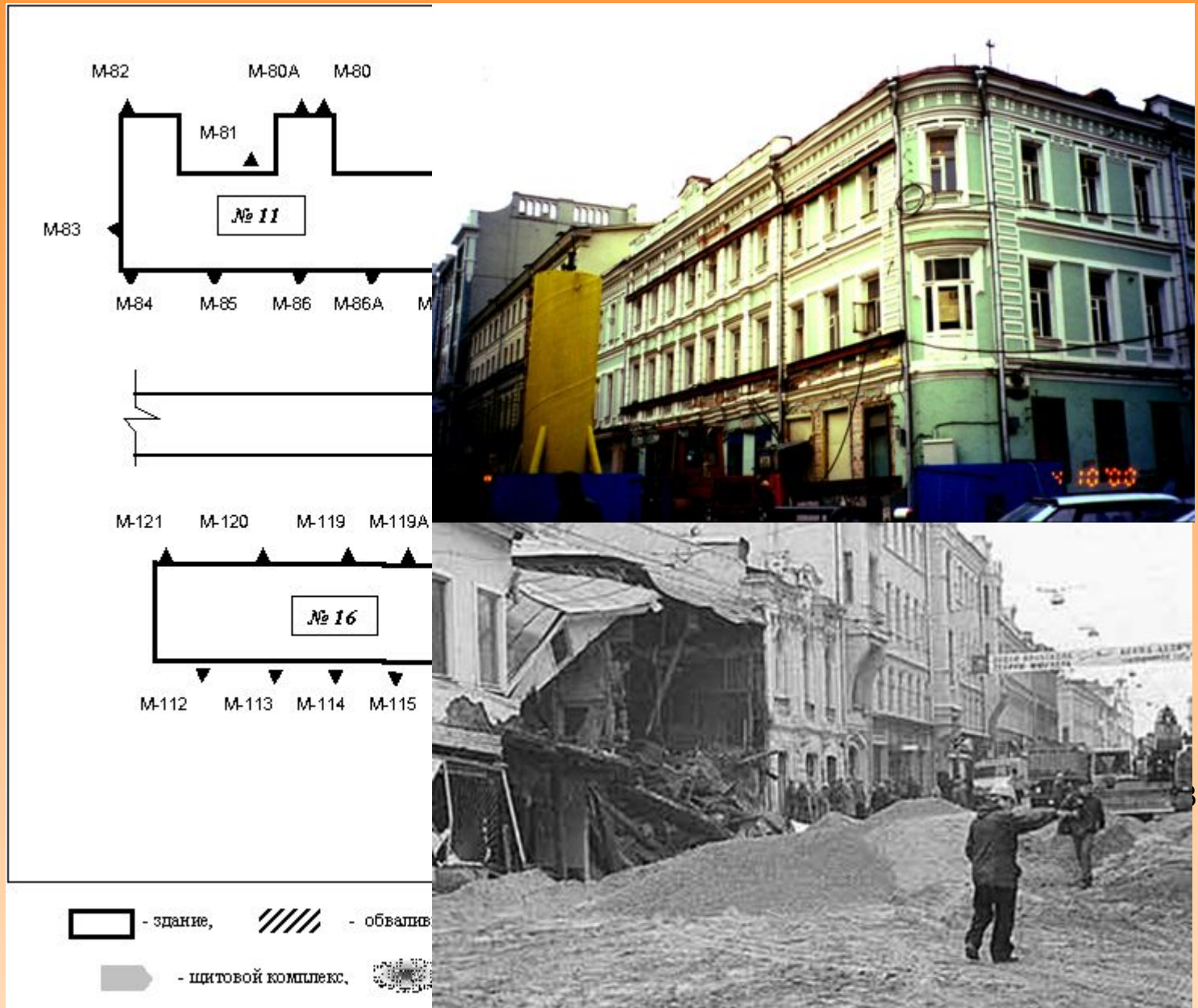


Авария произошла 12.05.98 г., когда было пройдено 244 м тоннеля.

**Объем провальной воронки составил 2600 м<sup>3</sup>**



# Схема аварии тоннеля на ул. Б. Дмитровка



# Строительство тоннеля на ул. Б. Дмитровка

## Осадки дома № 13/8

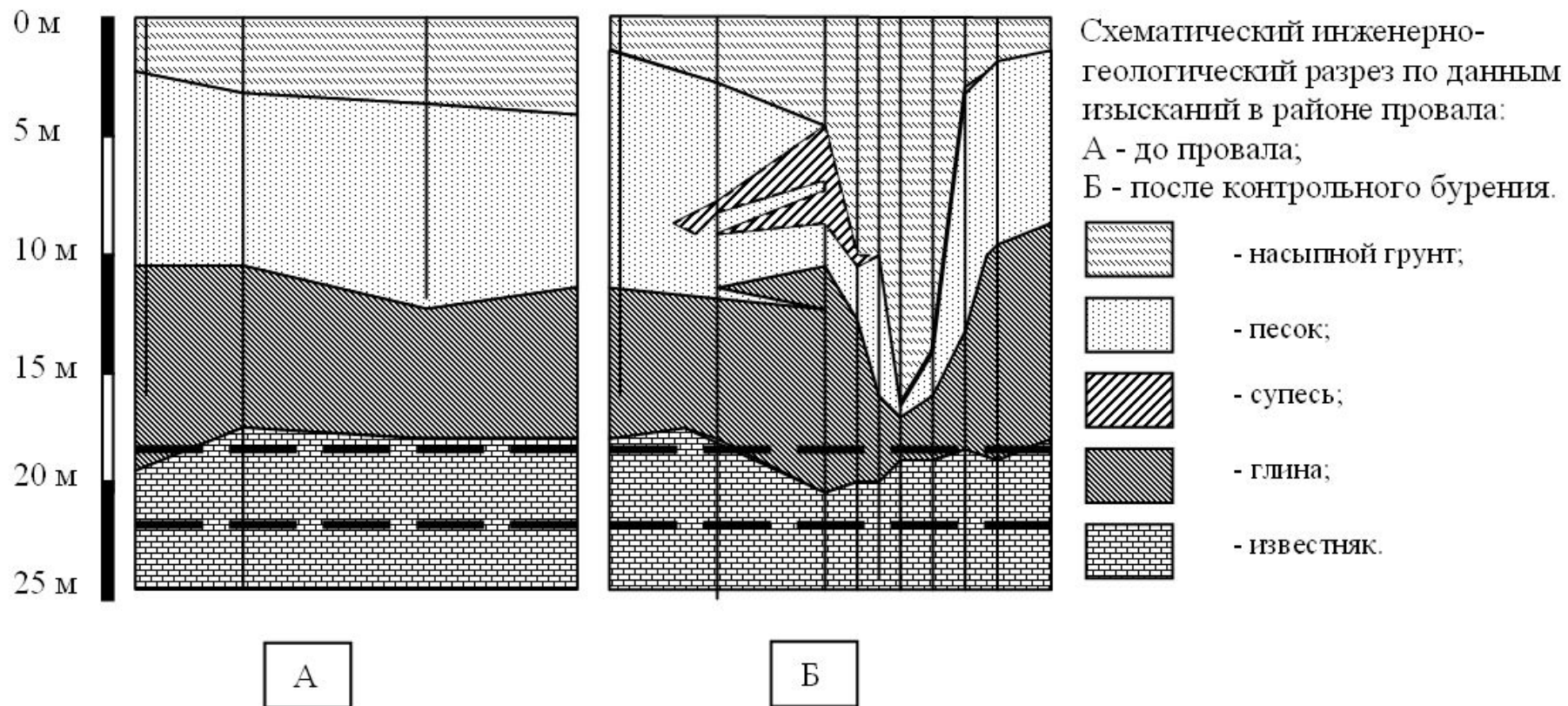


Осадки фундаментов здания № 13/8 до и после провала							
Номер марки	Осадки марок, мм						
	26.01	18.02	24.03	05.05	14.05	25.05	16.06
М-88	0	0	0	0	30	33	35
М-89	0	0	0	0	75	85	89
М-90	0	0	0	0	61	69	81
М-91	0	1	1	1	55	61	65
М-92	1	1	1	1	4	5	6
М-93	0	0	0	0	1	1	1
М-94	0	0	0	0	1	1	1
М-95	0	0	0	0	0	0	0
М-96	0	0	0	0	0	0	0
М-97	0	0	0	0	0	0	0



# Строительство тоннеля на ул. Б. Дмитровка

## Результаты дополнительных инженерно-геологических изысканий



(В.П.Петрухин, О.Н.Исаев, 2008)



# Расследование аварий или «Кто виноват?»



# Серьезная авария, обычно, - следствие комплекса факторов

**Расследование должно дать ответы:**

- **Какой из факторов был решающим ?**
- **Что могло быть сделано для предотвращения аварии ?**
- **В какой момент аварии уже нельзя было избежать ?**



# Ошибки в проекте или при строительстве?

Авария ограждения котлована на Рублевском ш. (2007)  
(В.Я.Еремин, 2011)



**Расчетная нагрузка на анкер – 340 кН, несущая способность тяги – 600 кН**



# Ошибки в проекте или при строительстве?

## Авария ограждения котлована на Рублевском ш. (2007)

(В.Я.Еремин, 2011)



- Устаревшие изыскания
- Изменилась планировочная отметка на 1,5 м
- Трубы брались проектной длины, заземление было уменьшено
- Вскрыты линзы текучих супесей, пропущенных изысканиями
- Вертикальная забирка вовремя не устанавливалась
- Не были установлены вовремя угловые распорки, предусмотренные проектом
- Полости за ограждением засыпали грунтом из котлована
- Мониторинг не выполнялся





# Изменения в проекте



# ММДЦ «Москва-Сити»

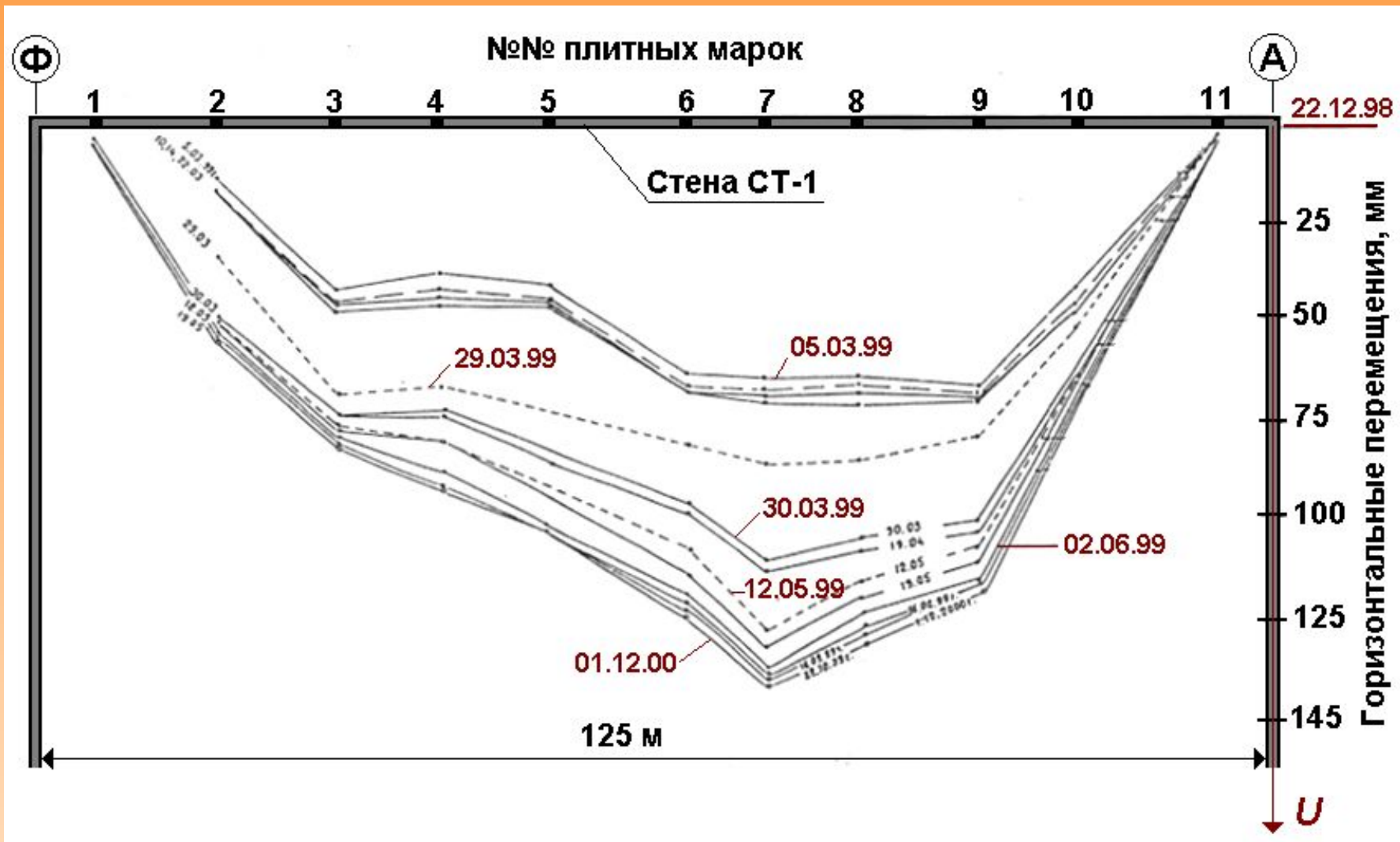


НИИОСП им. Н.М.Герсевича, Москва, 2-я Институтская ул., 6, [www.niiosp.ru](http://www.niiosp.ru)

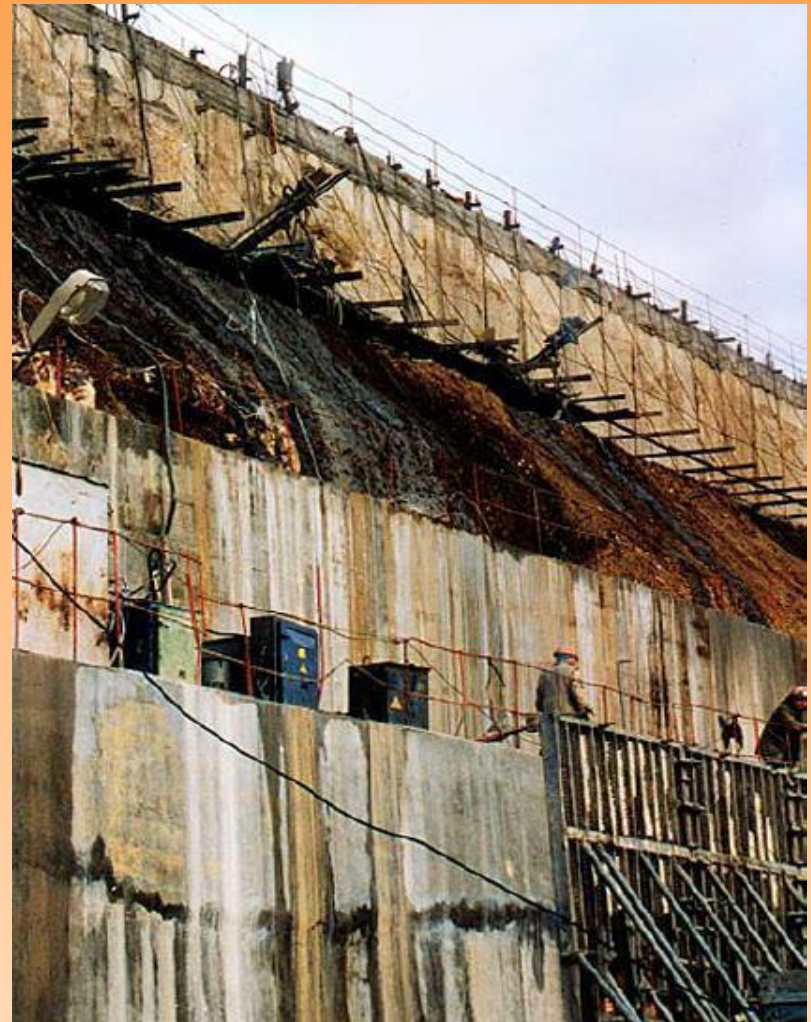
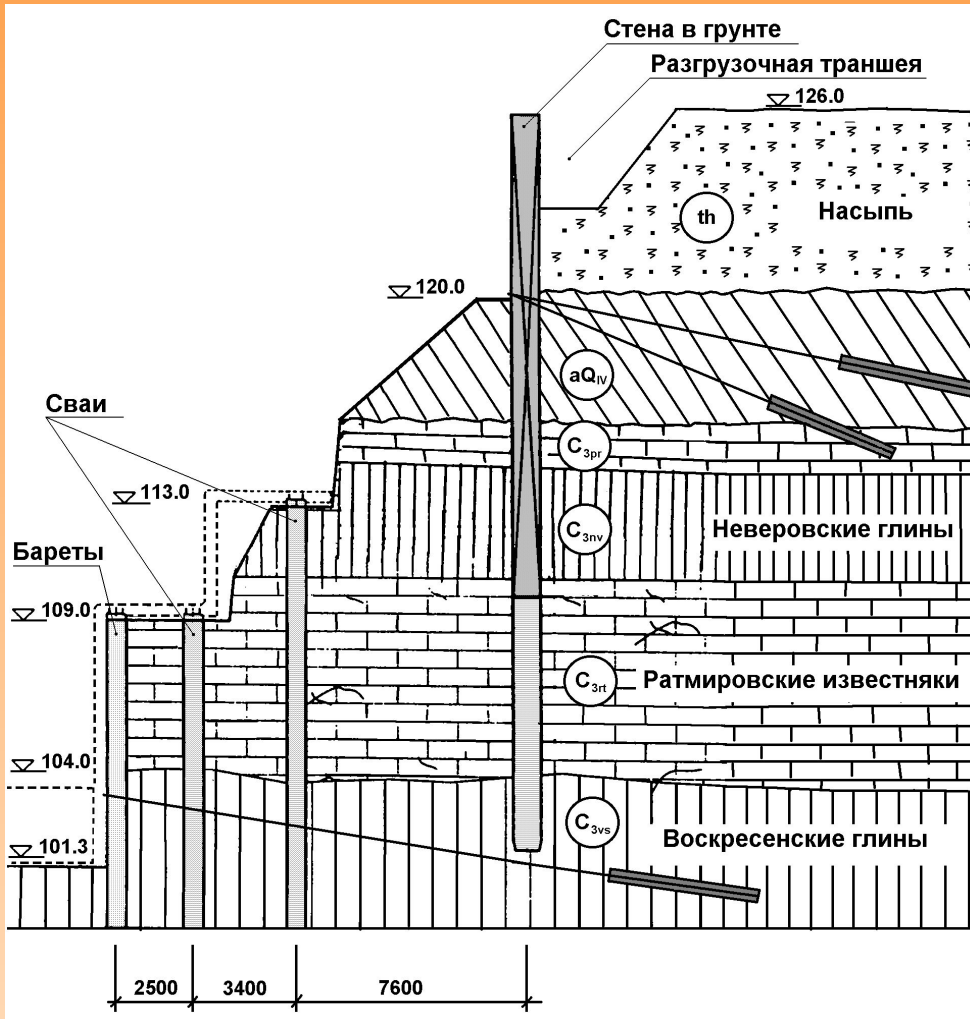
# Изменения проекта в процессе работ ММДЦ «Москва-Сити» (1999)



# Изменения проекта в процессе работ ММДЦ «Москва-Сити» (1999)



# Изменения проекта в процессе работ ММДЦ «Москва-Сити» (1999)



# Водонесущие коммуникации – фактор риска



# Водонесущие коммуникации - фактор риска

## Авария офисного комплекса, Москва (2006)



- 5 подземных уровней, глубина котлована 20 м
- Стена в грунте  $h=800$  мм
- Технология строительства – semi-top-down



# Водонесущие коммуникации - фактор риска

## Авария офисного комплекса, Москва (2006)





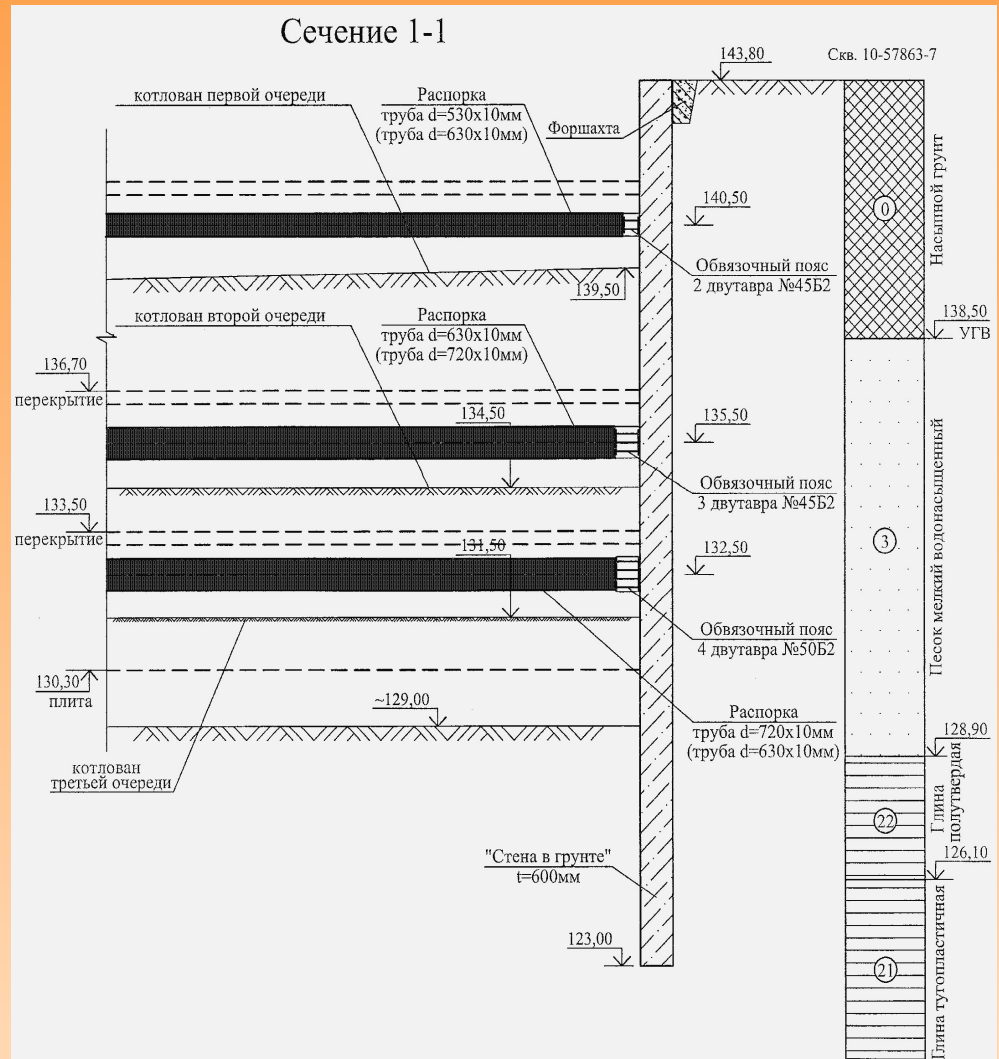
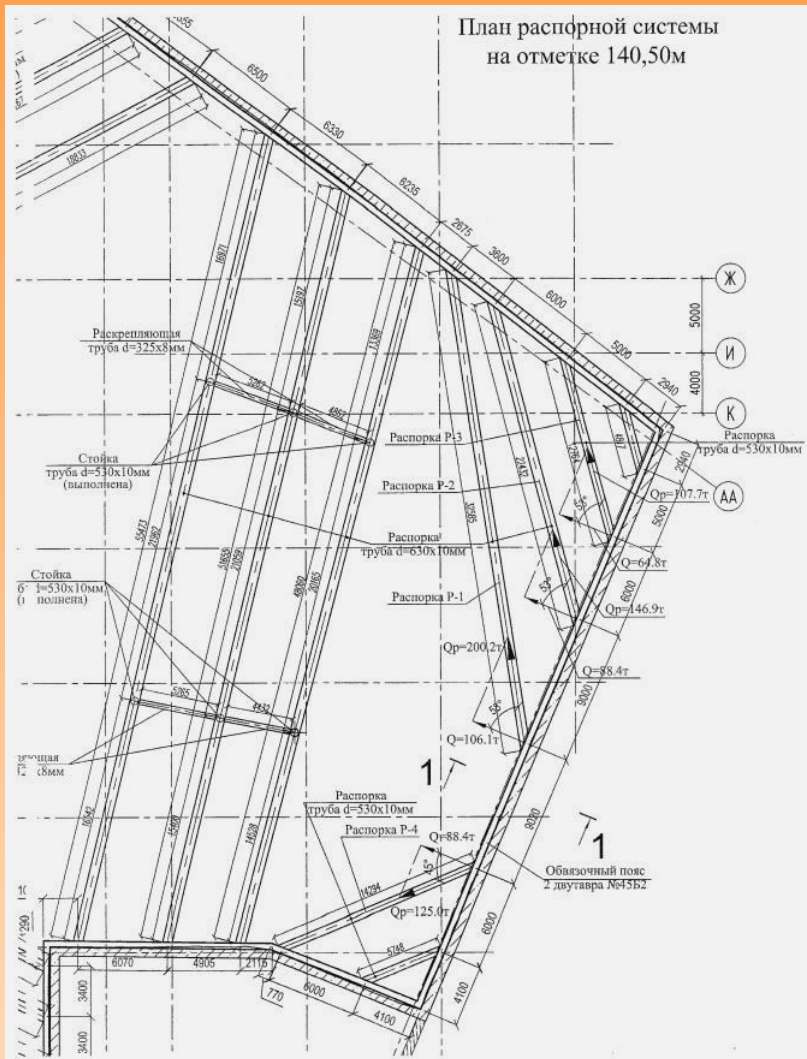
# Водонесущие коммуникации - фактор риска

## Авария многофункционального комплекса, Москва (2007)



# Водонесущие коммуникации - фактор риска

## Авария многофункционального комплекса, Москва (2007)



# Водонесущие коммуникации - фактор риска

## Авария многофункционального комплекса, Москва (2007)



# Водонесущие коммуникации - фактор риска

Авария многофункционального комплекса, Москва (2007)



# Водонесущие коммуникации - фактор риска

## Авария многофункционального комплекса, Москва (2007)



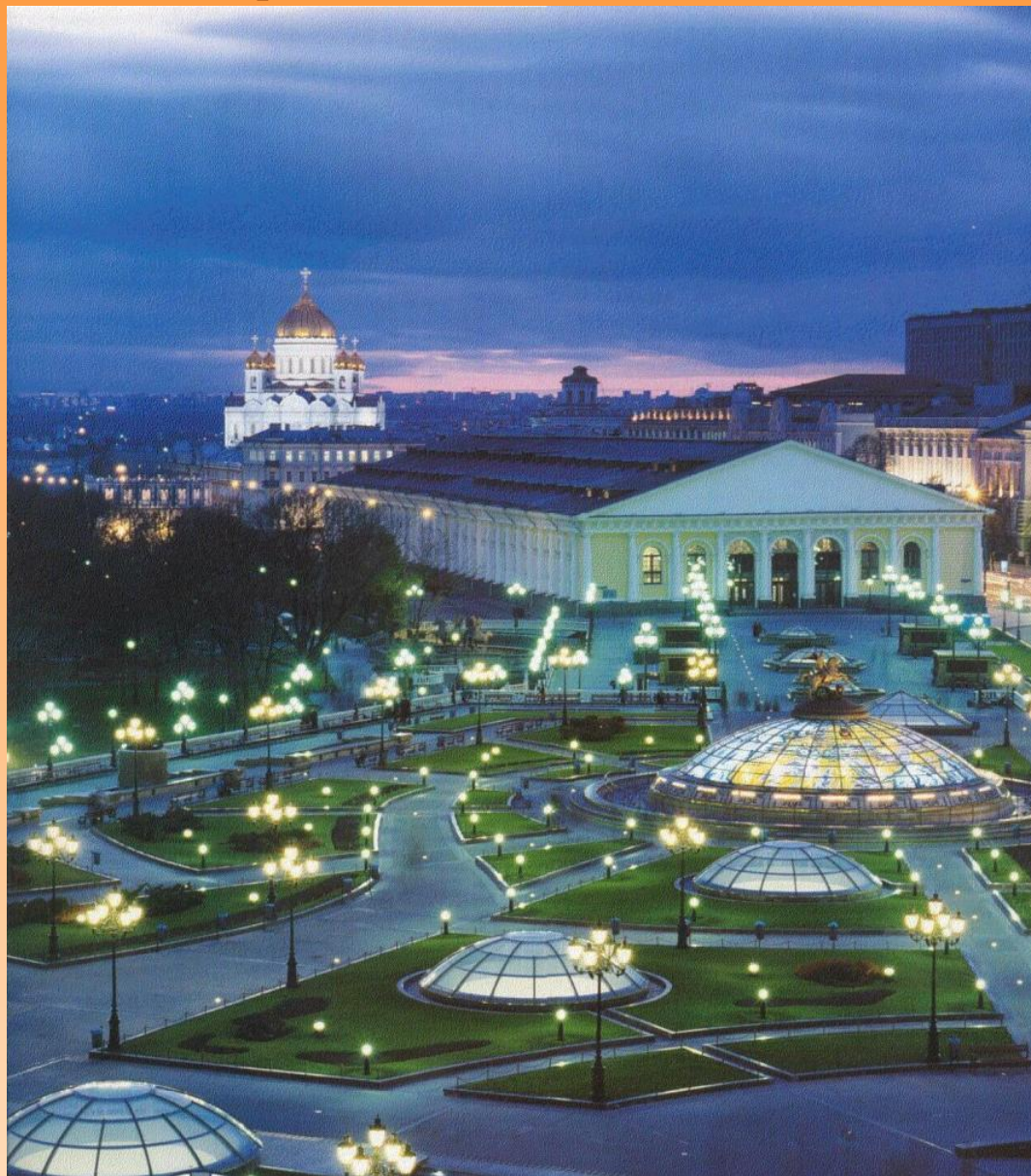
**Затопление котлована для предотвращения потери устойчивости распорной системы**



# Влияние температурно-климатических воздействий

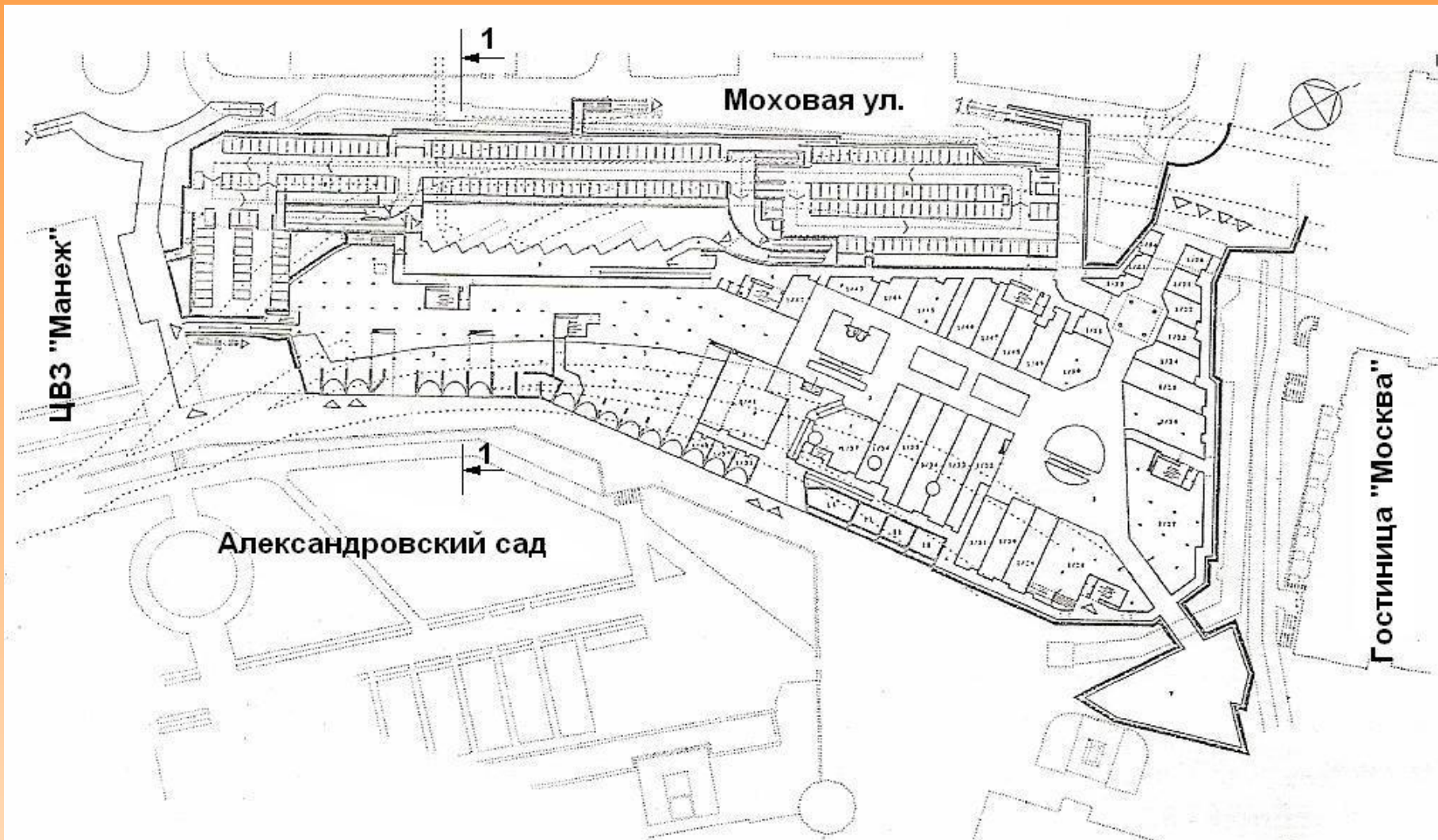


# ТРК «Охотный ряд» на Манежной площади



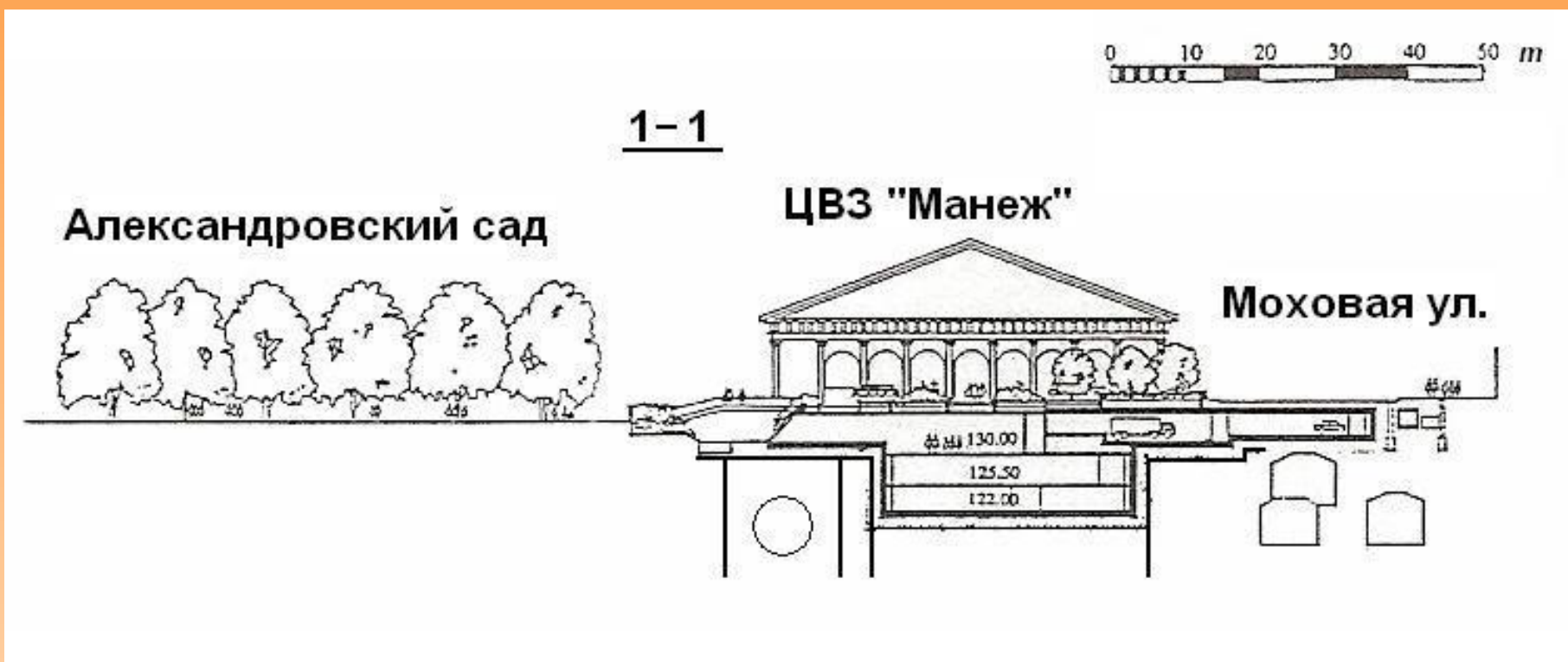
НИИОСП им. Н.М.Герсеванова, Москва, 2-я Институтская ул., 6, [www.niiosp.ru](http://www.niiosp.ru)

# ТРК «Охотный ряд» (Строительство 1994-1997)





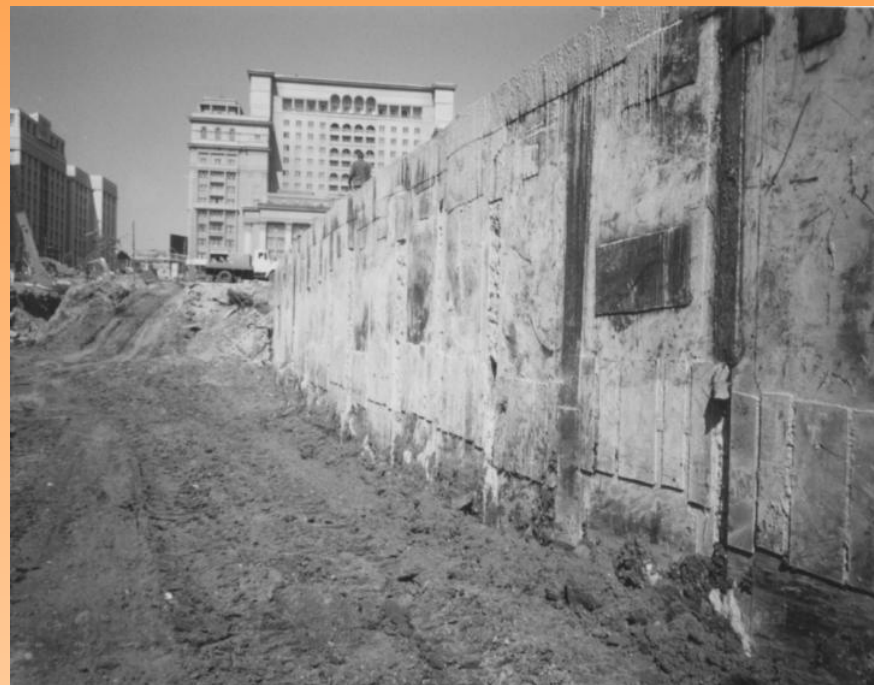
# ТРК «Охотный ряд» (Строительство 1994-1997)



# Строительство ТРК «Охотный ряд»



**Сегодня**

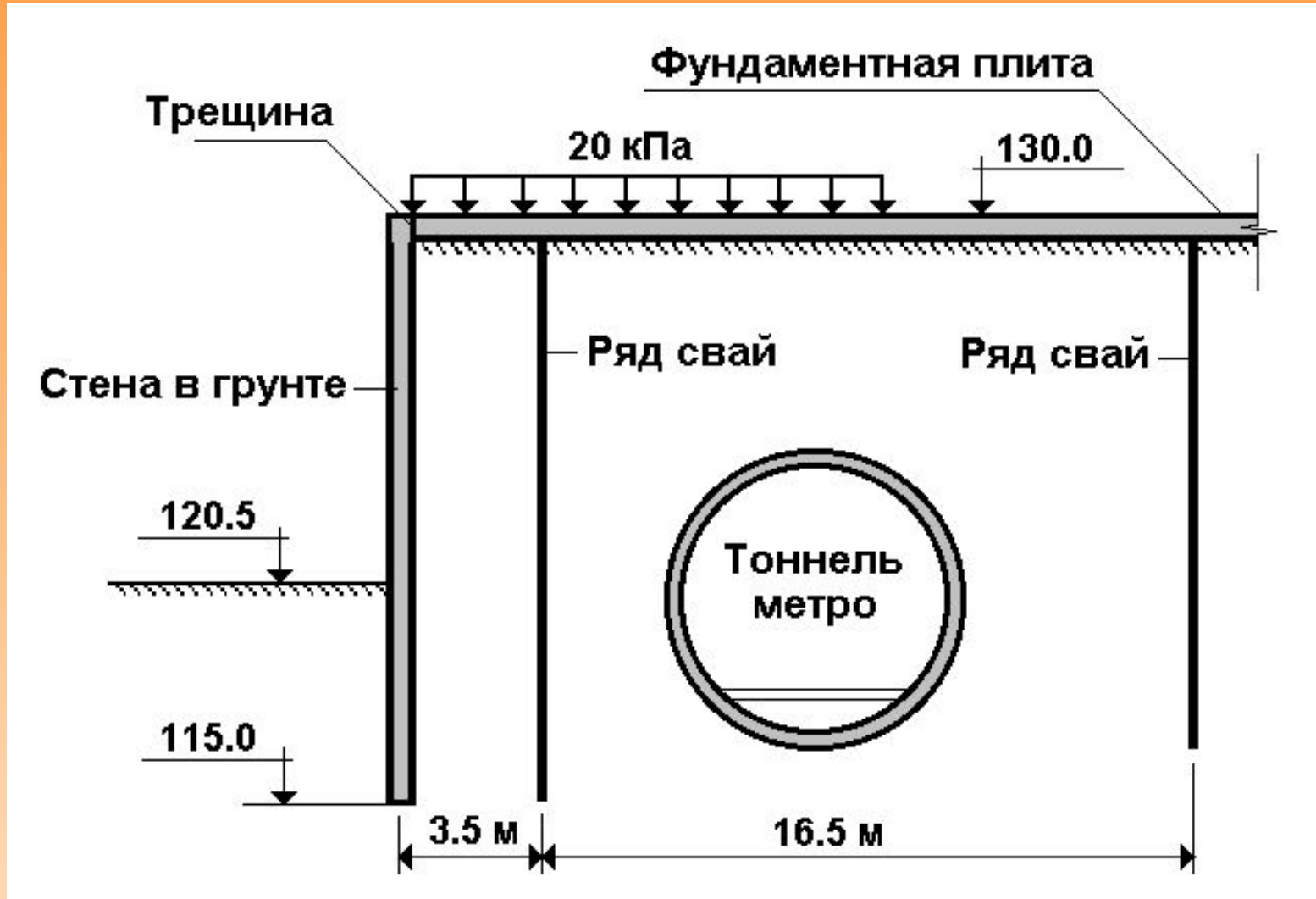


**1995 г.**



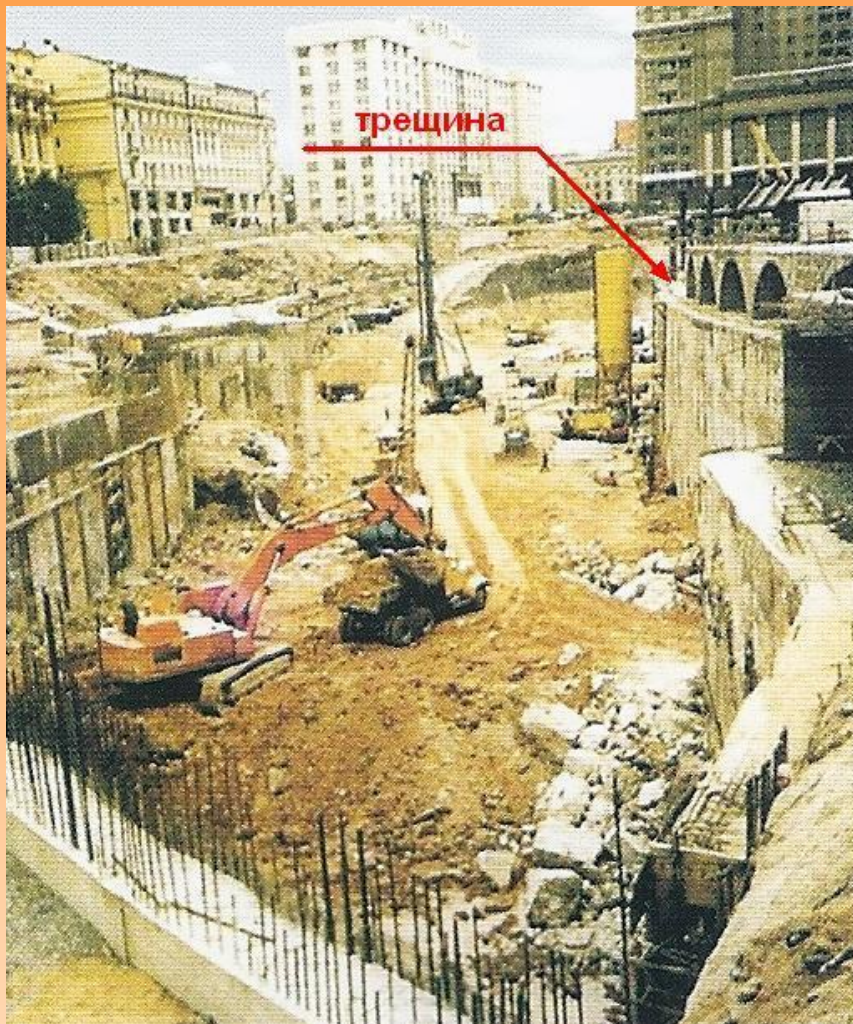
# Строительство ТРК «Охотный ряд»

## Ограждение котлована у Александровского сада



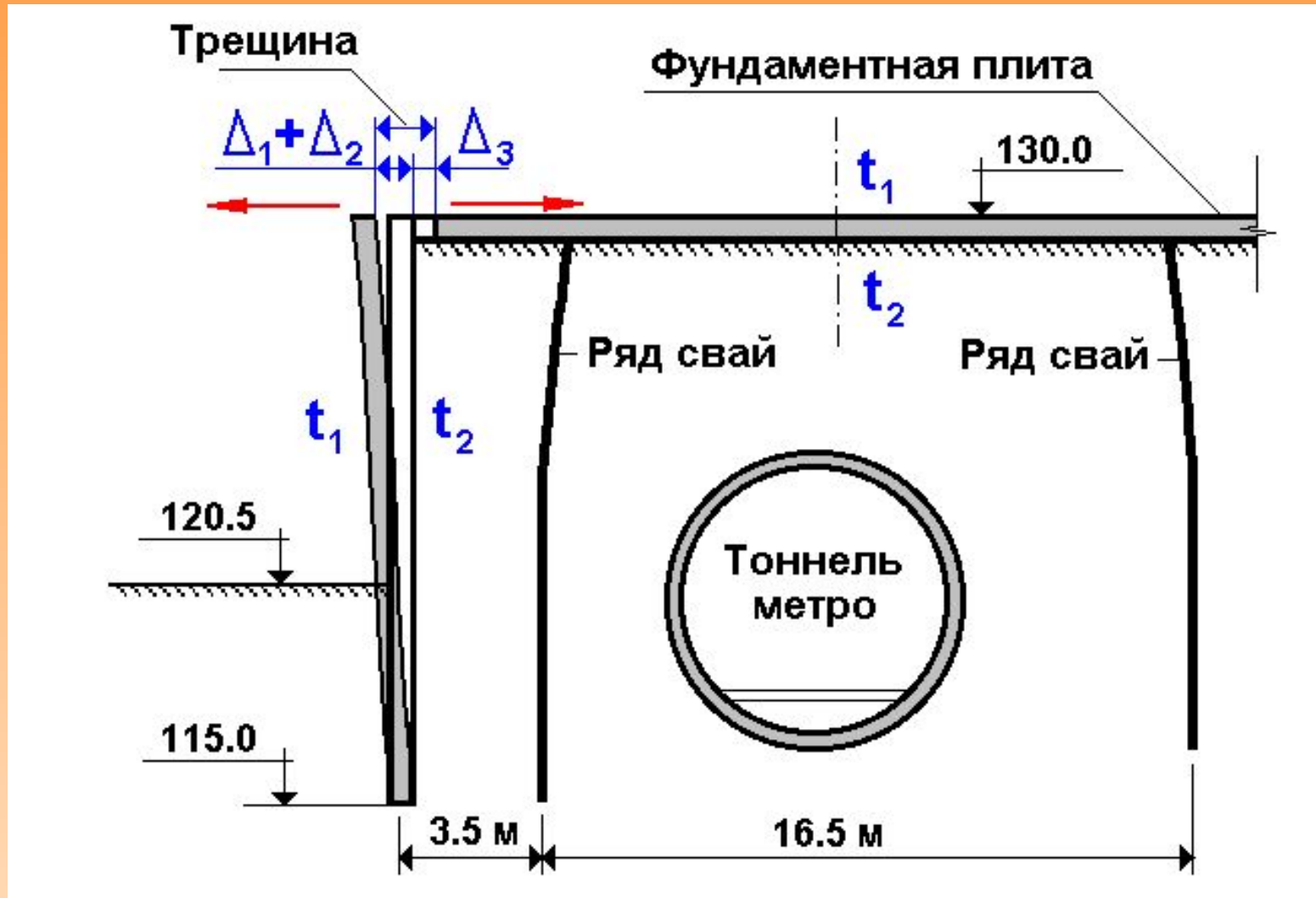
# Строительство ТРК «Охотный ряд»

## Манежная площадь (1995)



# Температурно-климатические воздействия

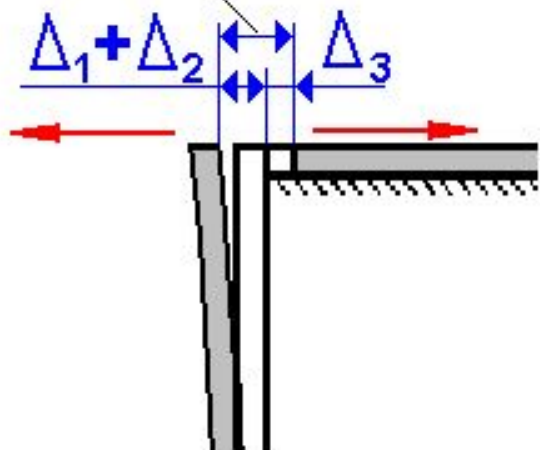
## Строительство ТРК «Охотный ряд», Москва (1995)



# Температурно-климатические воздействия

Строительство ТРК «Охотный ряд», Москва (1995)

Трещина - 32 мм



$$\Delta t = t_{\text{декабрь}} - t_{\text{июнь}} = - 20 \text{ C}^{\circ}$$

силовой изгиб стены -  $\Delta_1 = 22 \text{ мм}$

температурный  
изгиб стены -  $\Delta_2 = 3 \text{ мм}$

температурное  
сокращение плиты -  $\Delta_3 = 7 \text{ мм}$



# Деформации ограждений с анкерным креплением



# Риски при устройстве анкерного крепления



**Деформации, связанные с:**

- Ползучестью корней анкеров
- Потерей преднапряжения в результате соседнего строительства
- Неопределенностью грунтовых условий за границами участка

**Прогрессирующее разрушение – «эффект домино»**

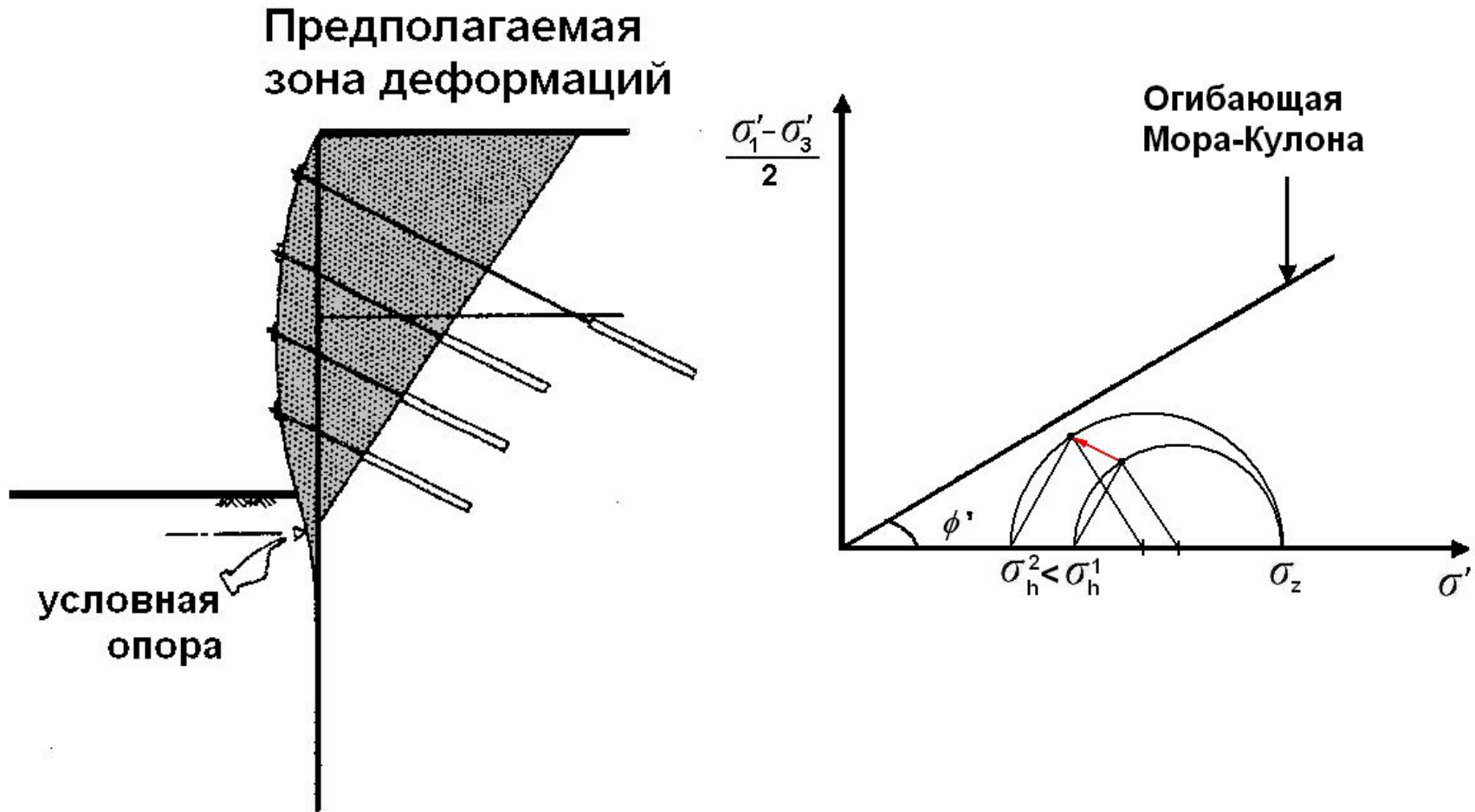
**Осадки соседних зданий**

**Протечки сквозь стену**





# Возможная причина значительных деформаций



# Контроль качества работ



# Качество работ



# Качество гидроизоляции



# Неправильная последовательность работ



# Нарушения ПОС

## Строительство универсама на Красносельской ул. (2006)



# Нарушения ПОС

Строительство универсама на Красносельской ул. (2006)

