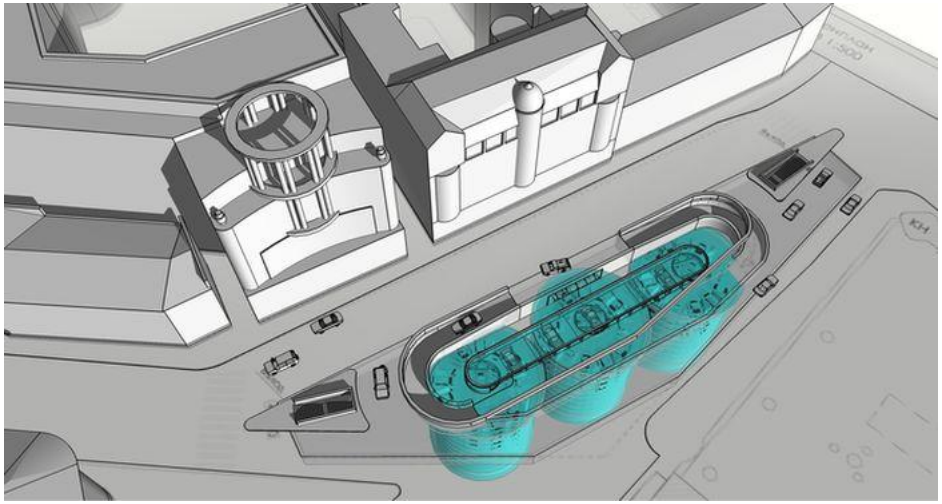
РОЗВИТОК ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ МІСТА КИЄВА

Проф. Гайко Г. І.

АКТУАЛЬНІСТЬ

Стале зростання:
-чисельності населення,
-кількості автомобілів,
- обсягів товаропотоків і ресурсопостачання;
- загрози екологічного, техногенного, безпекового характеру
породжують низку гострих міських проблем. Найбільш ефективним шляхом їх розв'язання є системний розвиток підземної урбаністики.
СУЧАСНЕ МІСТО НЕ МОЖЕ РОЗВИВАТИСЯ ЛИШЕ ВГОРУ Й ВШИР, ОСНОВНИМ РЕЗЕРВОМ ЙОГО БЕЗПЕЧНОГО РОЗВИТКУ СТАЄ ПІДЗЕМНИЙ ПРОСТІР

ПІДЗЕМНІ ПАРКІНГИ – НЕВІД’ЄМНА СКЛАДОВА СЕРЕДМІСТЯ СУЧАСНОГО МЕГАПОЛІСУ



Автомобільні тунелі в концепції міста Ілона Маска

Транспортування автомобіля Тесла на тунельній швидкісній платформі, Хортон, США (The Boring Company)

«Багатоярусні автомобільні тунелі – ось основний шлях вирішення проблем мегаполісів»

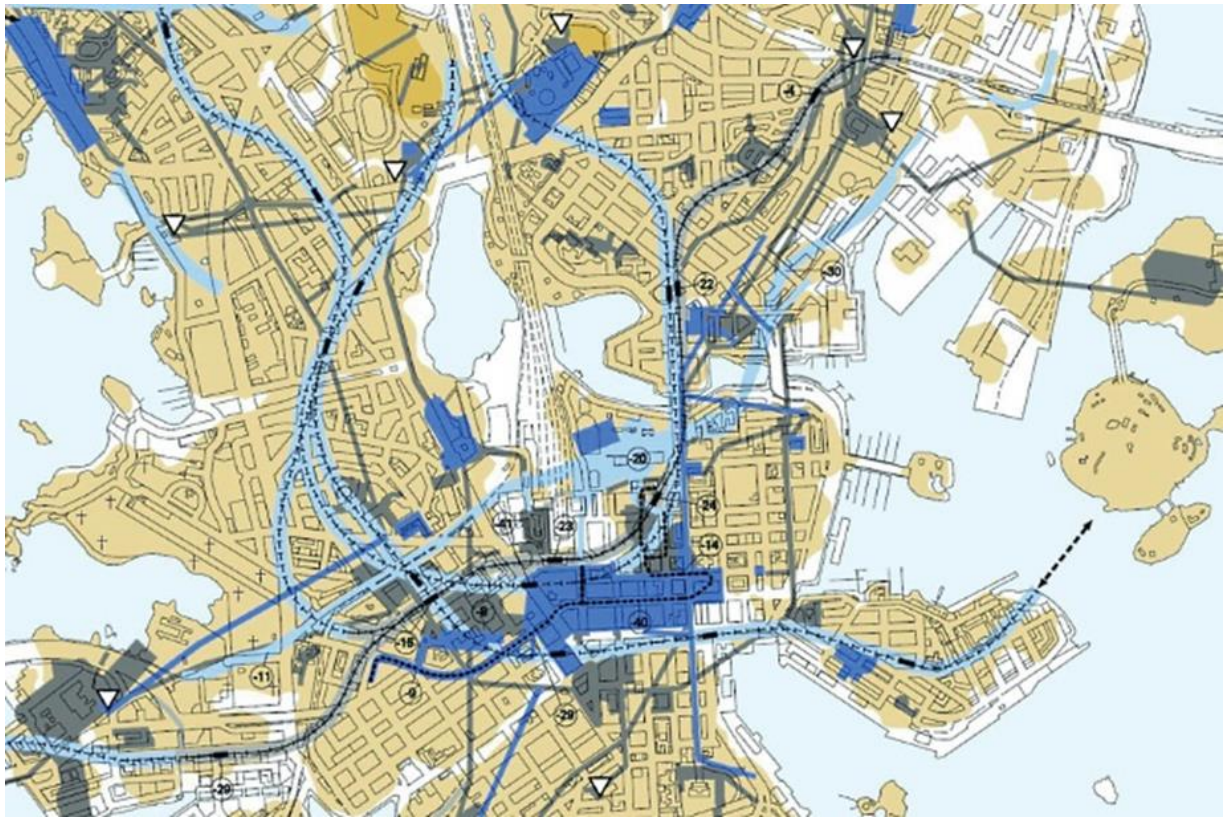
Ілон Маск,
з виступу на світовому саміті в Дубаї, 2017 рік.

МАЙСТЕР-ПЛАН

Розробка майстер-планів підземних міст (стратегічне планування на середньо і довгострокову перспективу з високим ступенем концептуалізації об’єктів).

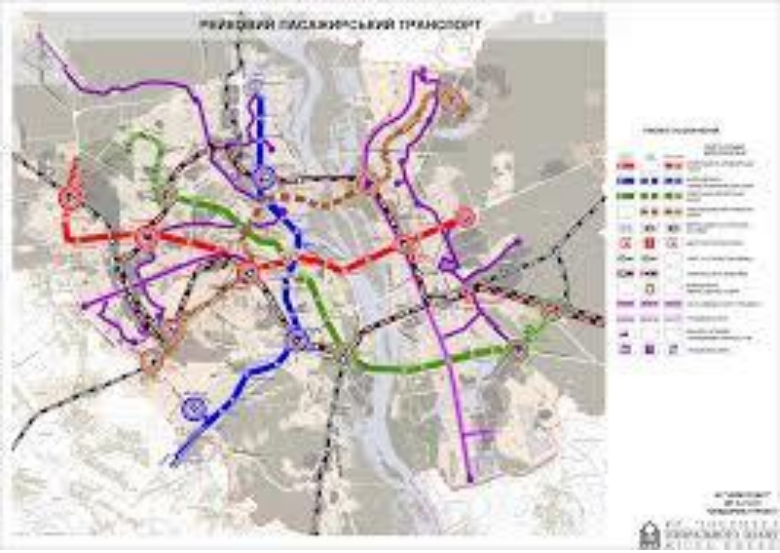
Площа підземних споруд від поверхневої забудови міста складає: Токіо – 27%; Гельсінкі – 25%; Монреаль – 19%; Москва – 7%; Київ – менше 5%.

СВІТОВИЙ ДОСВІД РОЗРОБКИ МАЙСТЕР-ПЛАНІВ ОСВОЄННЯ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ

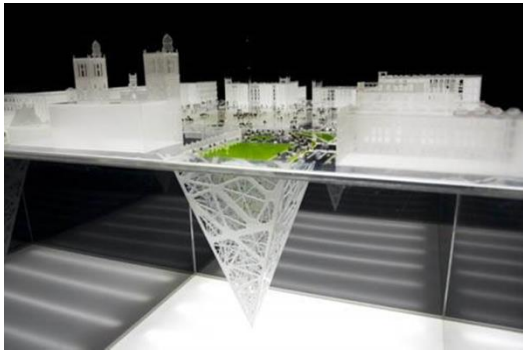


Фрагмент майстер-плану підземного Гельсінки (2014 р., Vähäaho I.)

Сірий колір – існуючі підземні об’єкти й об’єкти геобудівництва, світло-блакитний – зарезервовані маршрути для проведення нових тунелів, синій - зарезервовані ділянки для перспективного освоєння підземного простору, гірчичний – зарезервовані ділянки без визначеного функціонального призначення

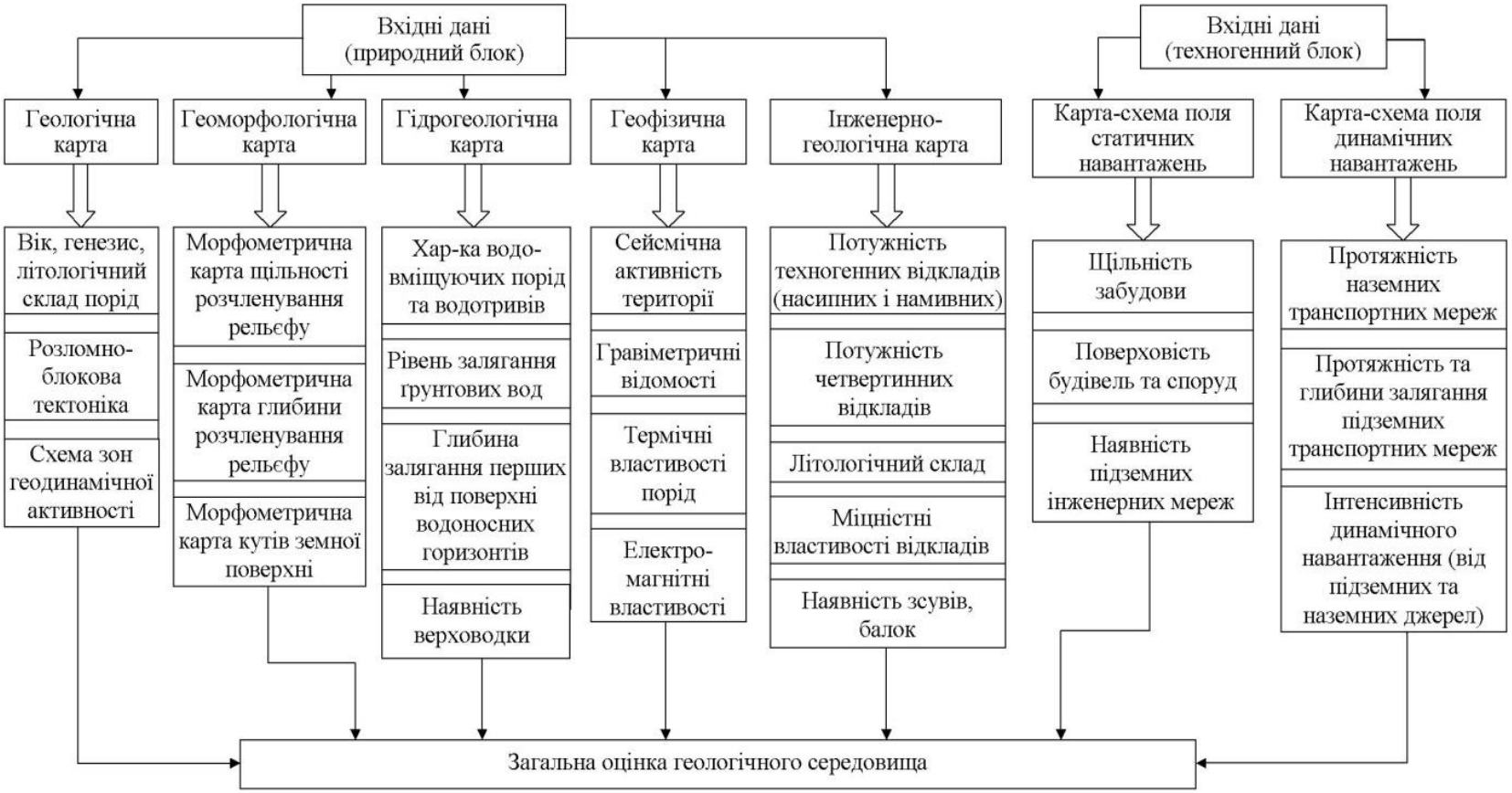


Сучасний підхід ґрунтується на розумінні проблеми освоєння підземного простору міста, не як разового будівництва окремих підземних споруд, а як реалізації планової системної концепції розвитку підземної урбаністики мегаполіса, яка відповідає тенденціям розвитку міста в майбутньому.



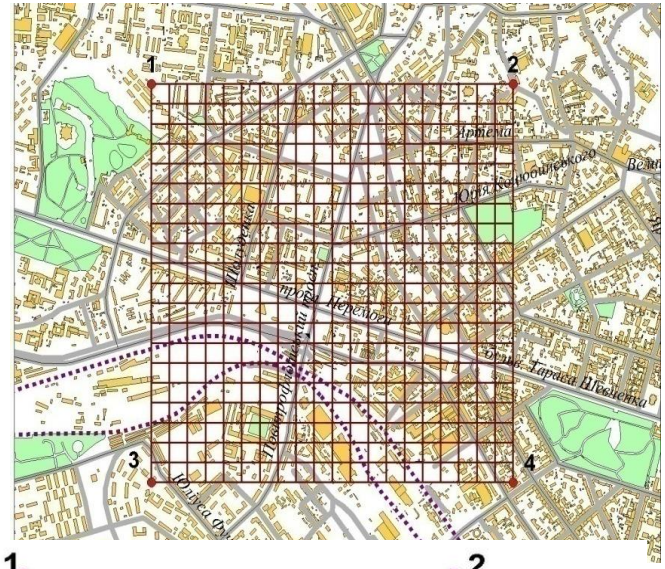
Планування «підземного міста» забезпечить суспільне використання георесурсів, системну реалізацію можливостей підземного простору взяти на себе функції найбільш небезпечних та ризикованих поверхневих об’єктів і комунікацій, мінімізуючи екологічні, техногенні та безпекові ризики великих міст.

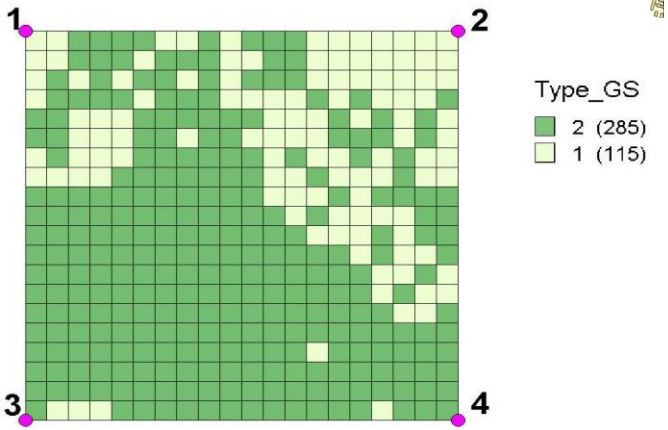
ВРАХУВАННЯ СИСТЕМНОЇ ОЦІНКИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ

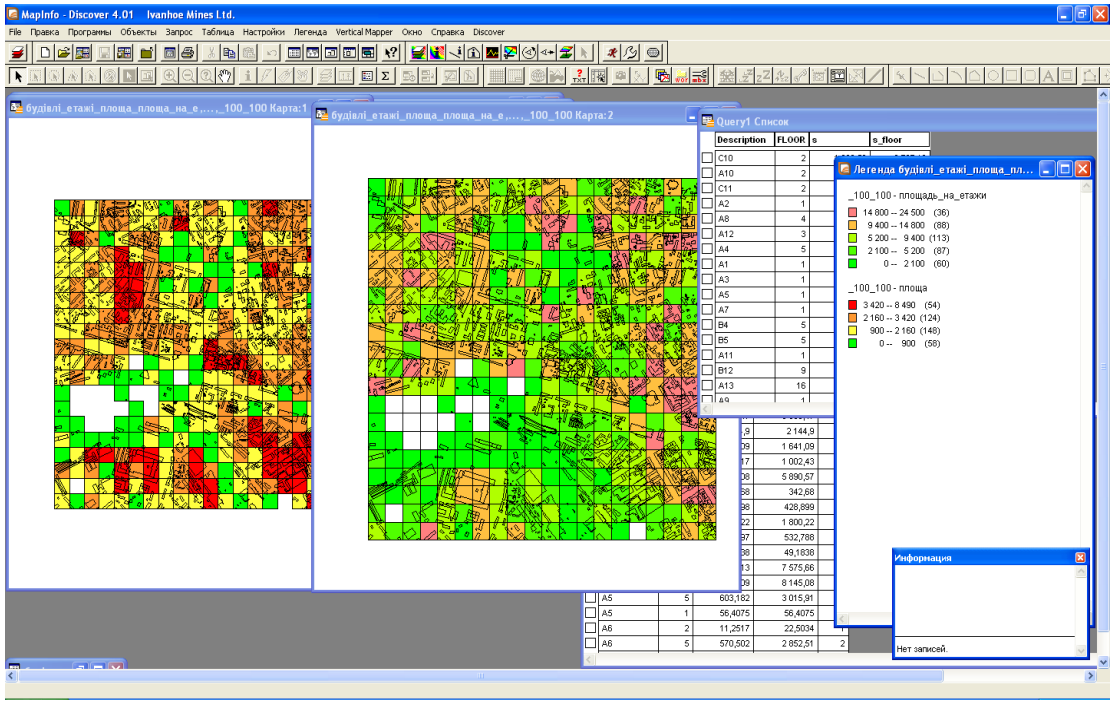


ПОШАРОВА ОЦІНКА СПРИЯТЛИВОСТІ ДІЛЯНОК МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ

оцінено шість факторів: тип ґрунтових відкладів (N1), потужність техногенних відкладів (N2), наявність водоносних горизонтів та верховодки (N3), рівень вібрацій від транспорту (T1), щільність забудови (T2), поверховість (T3).
Використовувалась база геоданих MapInfo

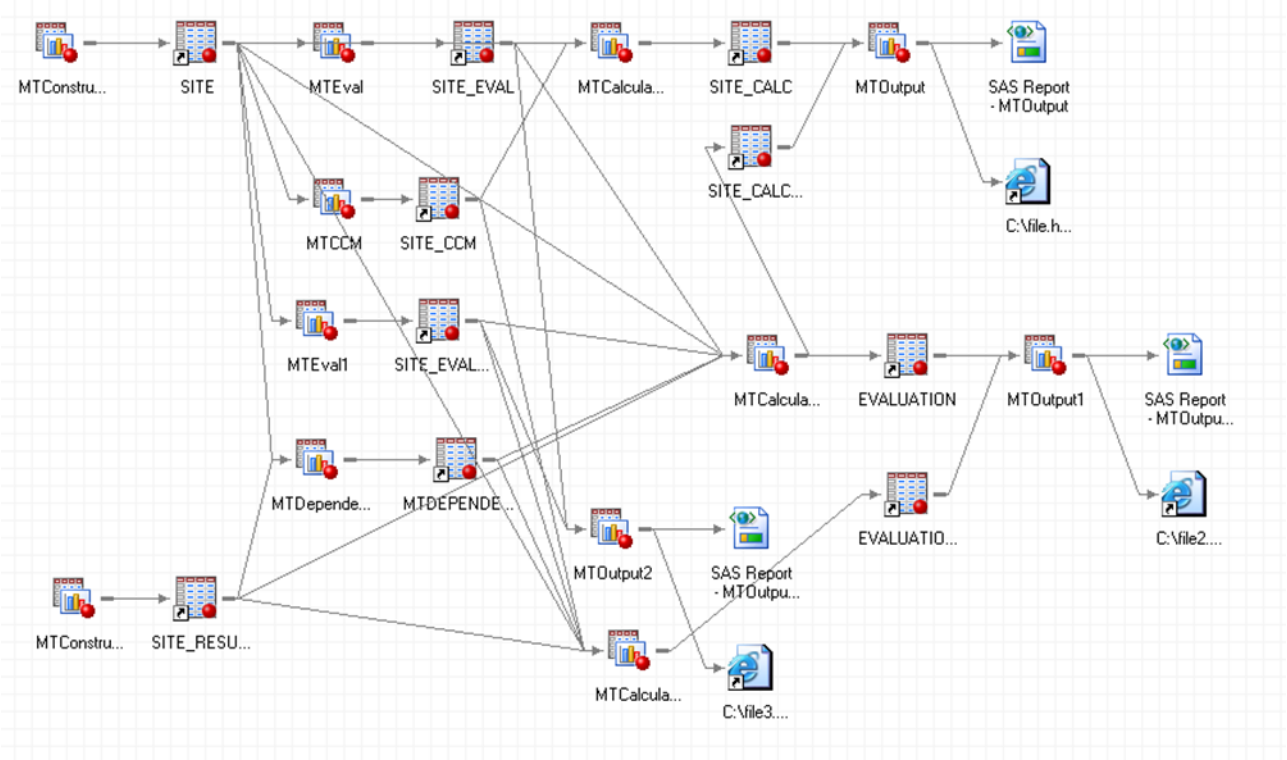






МЕТОДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ МІСЬКОГО ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ

- Сучасний розвиток методології прикладного системного аналізу, зокрема модифіковані авторами проекту методи морфологічного аналізу, мережеві методи аналізу ієрархій, фрактальний аналіз, когнітивне моделювання та їх адаптація до урбаністичних проблем відкривають нові перспективи для планування підземної інфраструктури великих міст, які можуть бути представлені як системи екологізованих проєктних конфігурацій. Це дозволяє аналізувати складну систему соціально-економічних, структурно-урбаністичних, інженерно-геологічних і технологічних факторів при освоєнні міського підземного простору.
  - **Модель в SAS Studio для оцінювання території для підземного будівництва (500-800 тис. комбінацій)**



Застосування методу морфологічного аналізу для планування розвитку підземної урбаністики

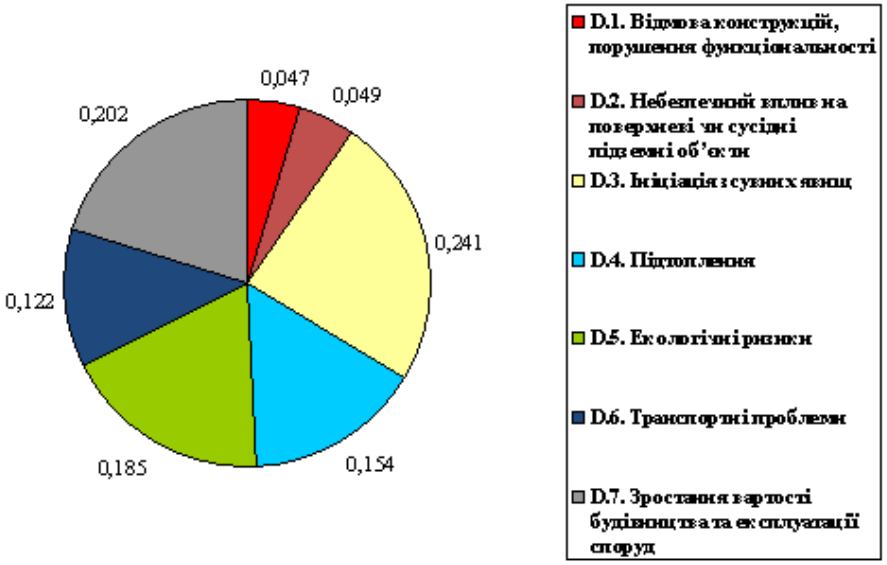
Параметр	Альтернативи параметра
1. Рівень динамічного навантаження	1.1. Низький (46 – 53 дБ)
	1.2. Середній (53 – 73 дБ)
	1.3. Підвищений (73 – 96 дБ)
	1.4. Високий (більше 96 дБ)
2. Показник статичного навантаження від поверхневої забудови	2.1. Незначний ($K_{ств}$<1)
	2.2. Помірний (1<$K_{ств}$<2)
	2.3. Відносно високий (2<$K_{ств}$<3,5)
	2.4. Високий ($K_{ств}$>3,5)
3. Показник статичного навантаження оточуючого грунтового масиву	3.1. Незначний ($K_{мас}$<0,05, МПа)
	3.2. Помірний (0,05<$K_{мас}$<0,3, МПа)
	3.3. Високий (0,3<$K_{мас}$<0,5, МПа)
	3.4. Вельми високий ($K_{мас}$>5, МПа)
4. Вплив існуючих підземних об'єктів	4.1. Відсутній (відстань понад 50 м)
	4.2. Незначний (відстань 20 – 50 м)
	4.3 Впливовий (відстань 10 – 20 м)
	4.4 Загрозливий (відстань ближче 10 м)
5. Генетичний тип та літологічний склад грунтів	5.1. Невивітрилі глини та піски середньої щільності
	5.2. Техногенні відклади (намивні та насипні ущільнені різновиди)
	5.3. Делювіальні глинисті грунти (водонасичені), обводнені надзаплавні піски
	5.4. Просідні грунти, грунти з особливими властивостями (лес, торф, мул)
6. Розрахунковий опір грунту	6.1. Дуже міцні грунтові основи >300 кПа
	6.2. Міцні 200-300 кПа
	6.3. Грунти середньої міцності 150-200 кПа
	6.4. Відносно міцні грунти <150 кПа
7. Вплив водоносних горизонтів і верховодки	7.1. Водоносні горизонти у $P\text{-}N_{пр}$
	7.2. Глибина залягання грунтових вод > 3 *м*, напірних > 10 *м*
	7.3. Глибина залягання грунтових вод < 3 *м*, напірних < 10 *м*
	7.4. Наявні підтоплення та/або пливуни
8. Тип рельєфу і морфометрія	8.1. Пласкі ділянки надзаплавних терас, моренно-льодовикові рівнини (нахил поверхні до 1 °)
	8.2. Слабко нахилені поверхні надзаплавних терас, ділянки вододілів (нахил поверхні 1-4 °, щільність розчленованості рельєфу 0-2 *км/км*^{2})
	8.3. Долини малих річок, слабко розчленовані схили, висока заплава (нахил поверхні 4-8 °, щільність розчленованості рельєфу 2-3 *км/км*^{2})
	8.4. Зсувонебезпечні ділянки схилів з активним розвитком ярів, провалів, низька заплава (нахил поверхні >8 °, щільність розчленованості рельєфу 3-4 *км/км*^{2})
9. Інженерно-геологічні процеси	9.1. Відсутні
	9.2. Процеси застабілізовані
	9.3. Прояв зсувних зміщень незначних об'ємів
	9.4. Активний прояв просідання, підтоплення, гравітаційних процесів
10. Геотехнології будівництва підземних споруд	10.1. Відкриті
	10.2. Підземні

Використання комбінаторики та методу експертних оцнок

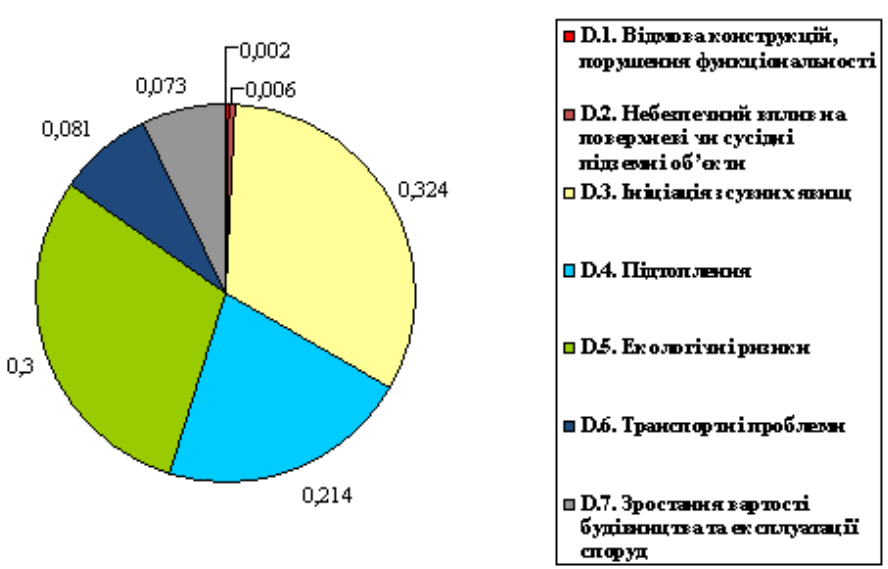
Параметр	Альтернатива
A. Придатність ділянки	A.1. Придатна
	A.2. Непридатна
B. Масштаб об'єкта	B.1. Площа перерізу до 10 м^2
	B.2. Площа перерізу до 25 м^2
	B.3. Площа перерізу до 40 м^2
	B.4. Площа перерізу понад 40 м^2
C. Глибина закладання	C.1. 0–10 м
	C.2. 10–20 м
	C.3. 20–60 м
	C.4. глибше 60 м
D. Фактор ризику	D.1. Відмова конструкцій, порушення функціональності
	D.2. Зростання вартості будівництва та експлуатації споруд
	D.3. Небезпечний вплив на поверхневі чи сусідні підземні об'єкти
	D.4. Ініціація зсувних явищ та інших інженерно-геологічних процесів
E. Ступінь ризику	E.1. <3%
	E.2. 3–10%
	E.3. 10–20%
	E.4. 20–50%
	E.5. >50%
F. Рівень ризику	F.1. 0,1–5% QW
	F.2. 5–20% QW
	F.3. 20–50% QW
	F.4. >50% QW

ОЦІНКА ІМОВІРНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ НЕСПРИЯТЛИВИХ ПОДІЙ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ПІДЗЕМНИХ ОБ’ЄКТІВ. КРУГОВІ ДІАГРАМИ ДЛЯ ФАКТОРІВ РІЗИКУ (ДЛЯ ПІДЗЕМНИХ ПАРКІНГІВ)

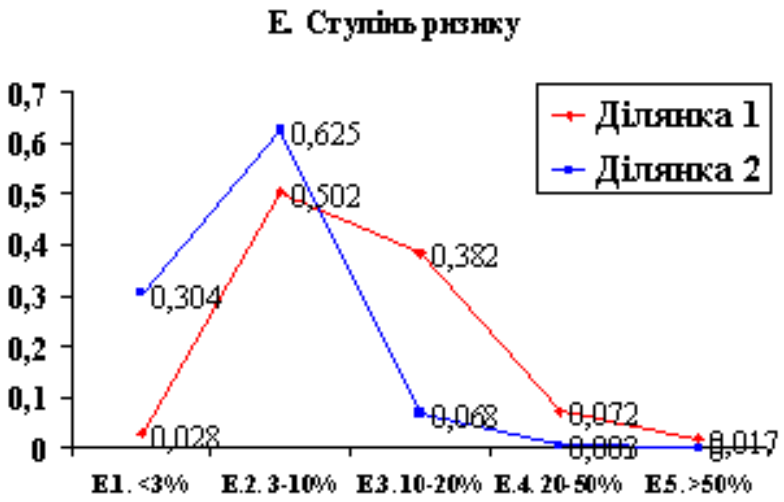
Ділянка 1

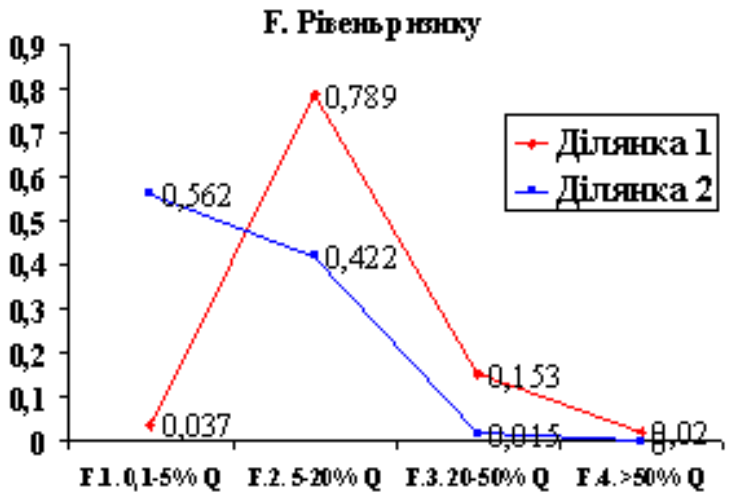


Ділянка 2

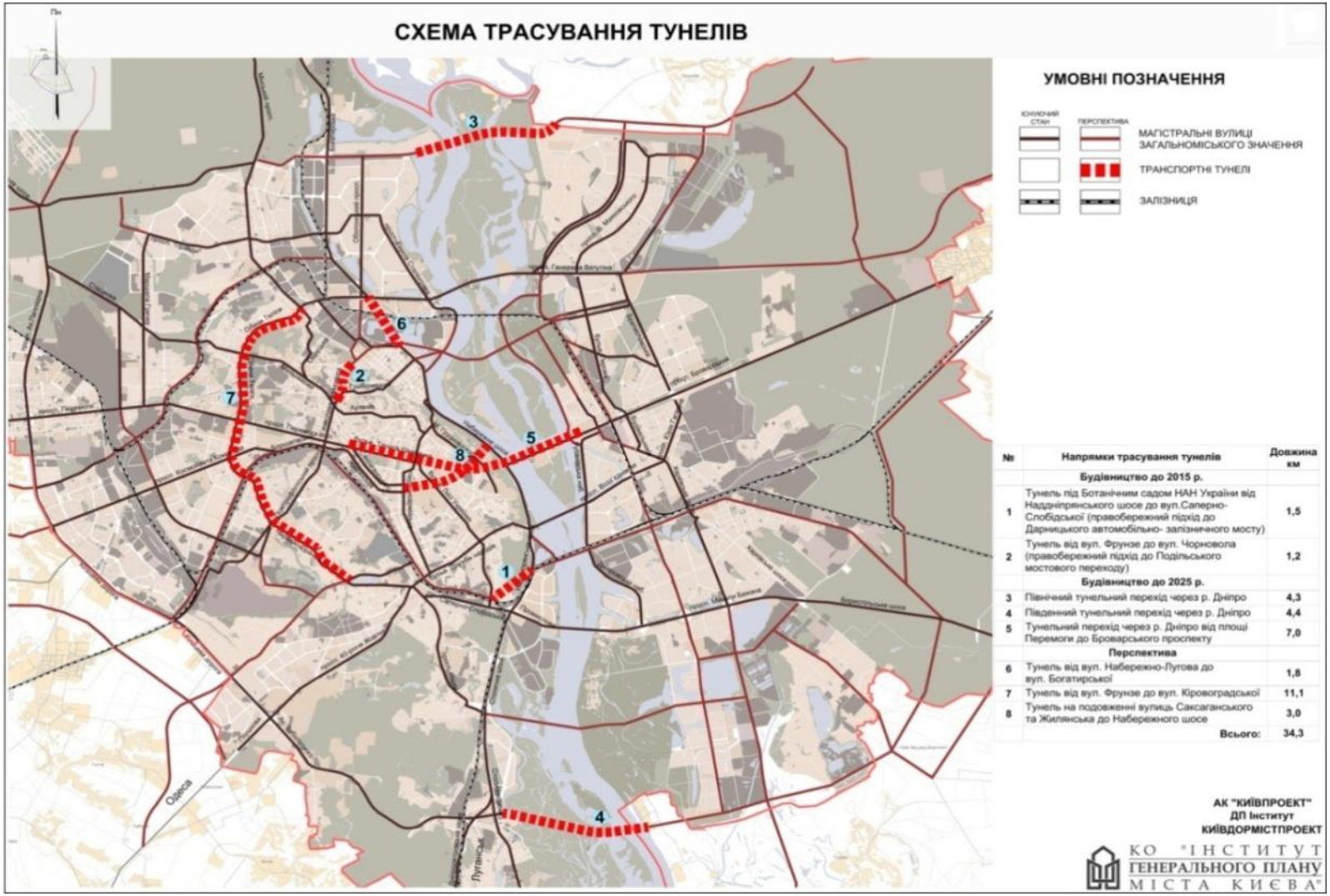


ПОРІВНЯННЯ АЛЬТЕРНАТИВ ДЛЯ ПАРАМЕТРІВ СТУПІНЬ РИЗИКУ ТА РІВЕНЬ РИЗИКУ. ВАРТІСТЬ РЕАЛІЗАЦІЇ НЕСПРИЯТЛИВИХ ПОДІЙ У ВІДНОШЕННІ ДО ВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА ПІДЗЕМНОГО ПАРКІНГУ



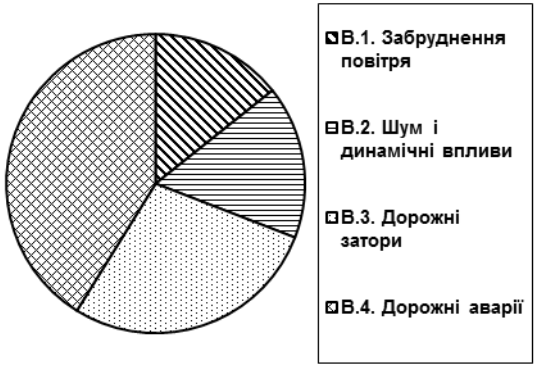


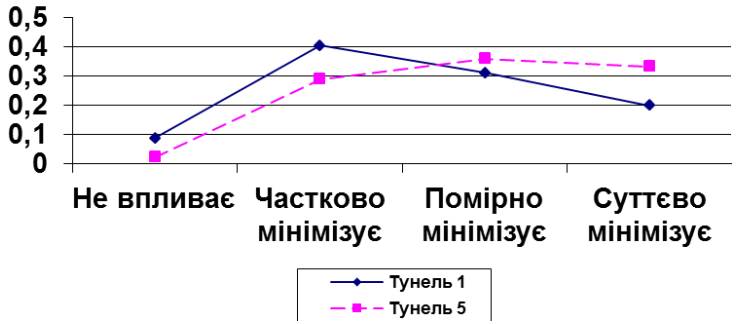
Тестування моделі ділянок потенційного будівництва тунелів, передбачених Генеральним планом м. Києва – тунель №1 (Ботанічний сад – Дарницький міст) і тунель №5 (ділянка Площа Перемоги – Дніпро).

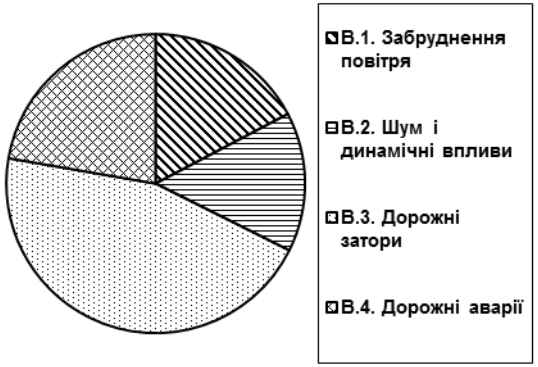


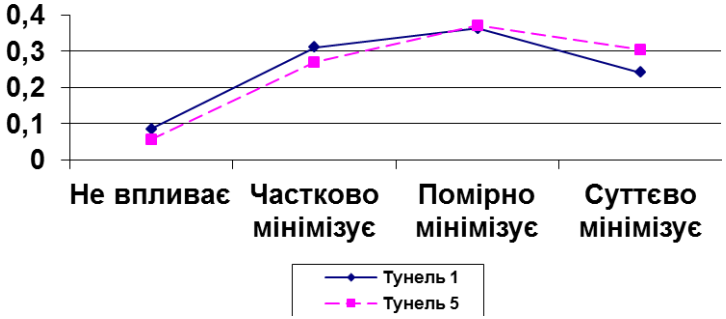
№	Напрямки трасування тунелів	Довжина км
	Будівництво до 2015 р.	
1	Тунель під Ботанічним садом НАН України від Наддніпрянського шосе до вул.Саперно-Слобідської (правобережний підхід до Дарницького автомобільно- залізничного мосту)	1,5
2	Тунель від вул. Фрунзе до вул. Чорновола (правобережний підхід до Подільського мостового переходу)	1,2
	Будівництво до 2025 р.	
3	Північний тунельний перехід через р. Дніпро	4,3
4	Південний тунельний перехід через р. Дніпро	4,4
5	Тунельний перехід через р. Дніпро від площі Перемоги до Броварського проспекту	7,0
	Перспектива	
6	Тунель від вул. Набережно-Лугова до вул. Богатирської	1,8
7	Тунель від вул. Фрунзе до вул. Кіровоградської	11,1
8	Тунель на подовженні вулиць Саксаганського та Жилянська до Набережного шосе	3,0
	Всього:	**34,3**

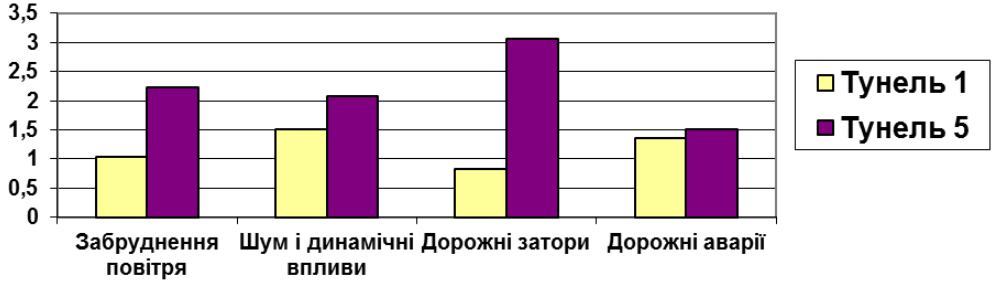
Діаграми оцінок вагомості факторів ризику для ділянки тунелю 1 і тунелю 5 (зліва)
Діаграми впливу тунелів на фактори ризику «Р.1. Забруднення повітря», «Р.2. Шум і динамічні впливи», «Р.3. Дорожні затори» (справа), що дає можливість оцінити пріоритетність (першочерговість) будівництва

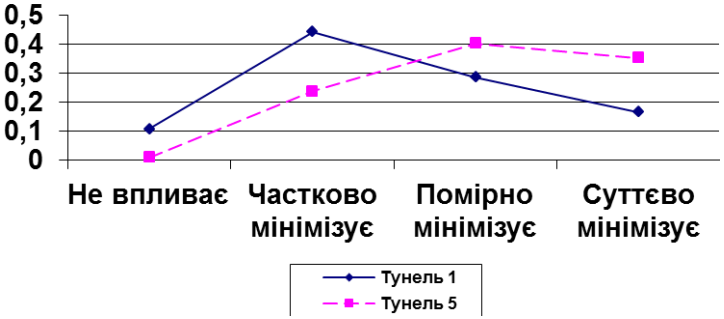






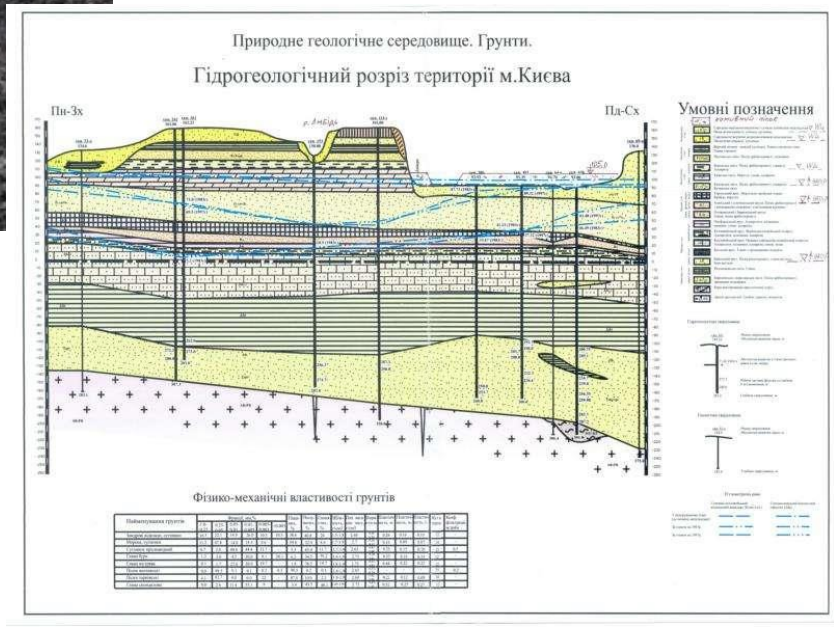






АНАЛІЗ ПОРІВНЯЛЬНОЇ МОДЕЛІ МОСТОВОГО І ТУНЕЛЬНОГО ПЕРЕХОДУ ДНІПРА КІЛЬЦЕВОЮ МАГІСТРАЛЛЮ В РАЙОНІ м. УКРАЇНКА

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ТУНЕЛЬНИЙ ПЕРЕХІД ДНІПРА



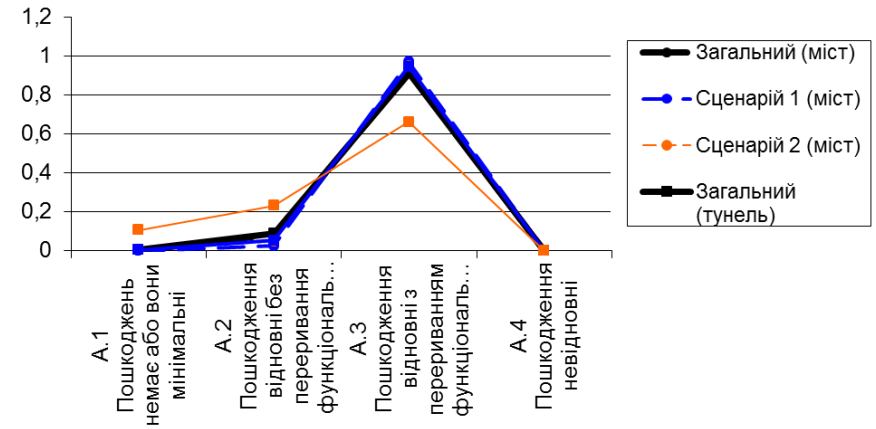
ВАРТІСТЬ ТУНЕЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА
в країнах ЄС знаходилась в діапазоні
30 – 150 млн. евро за 1 км
(з них понад 90% тунелів - до 100 млн. евро
за 1 км);

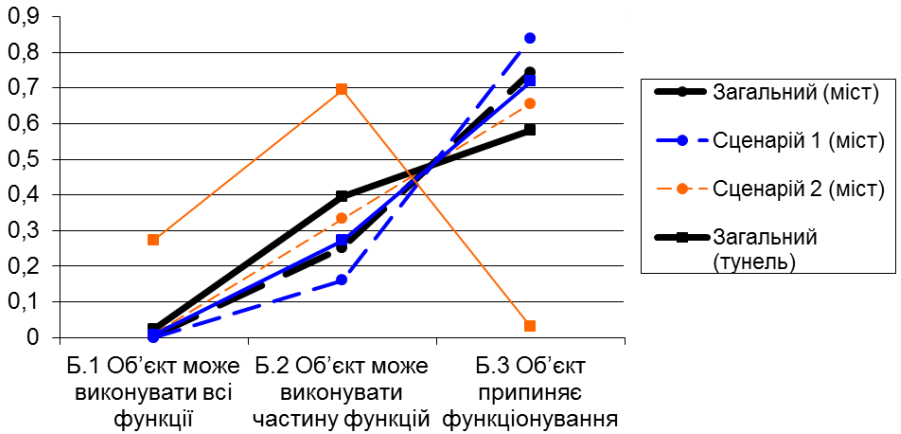
МОРФОЛОГІЧНІ ТАБЛИЦІ ДЛЯ ПОРІВНЯННЯ МОСТОВОГО ТА ТУНЕЛЬНОГО ПЕРЕХОДІВ ДНІПРА

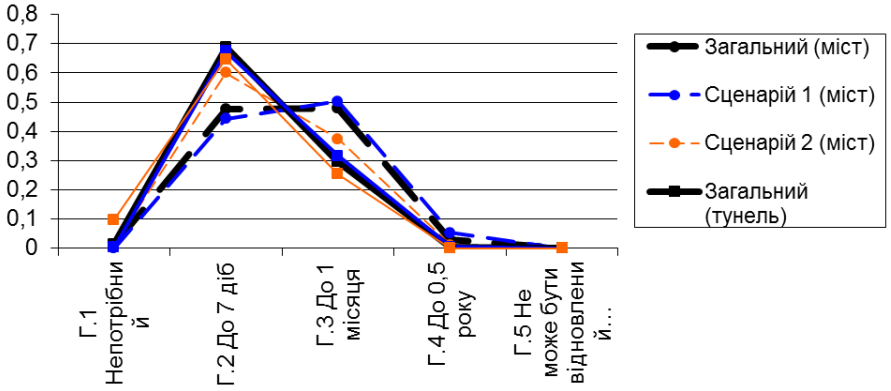
Параметр	Альтернатива	Вхідні нормовані оцінки		Після врахування взаємозв'язків	
		Міст	Тунель	Міст	Тунель
1. Тип небажаної події	1.1 Вибух	0,8	0,65	0,272	0,215
	1.2 Пожежа	0,65	0,5	0,197	0,164
	1.3 Зсуви, провали та просідання ґрунту	0,35	0,65	0,061	0,230
	1.4 Погодні катаклізми	0,8	0,05	0,111	0,006
	1.5 Пошкодження та/або руйнування конструкцій об'єкту	0,8	0,65	0,360	0,385
2. Походження небажаної події	2.1 Антропогенне зі злим умислом	0,8	0,65	0,382	0,331
	2.2 Антропогенне без злого умислу	0,8	0,5	0,221	0,031
	2.3. Технічне, технологічне	0,65	0,65	0,179	0,475
	2.4 Природне	0,65	0,05	0,218	0,162
3. Масштаб впливу небажаної події	3.1 Окремий елемент об'єкта, або окрема обмежена ділянка	0,95	0,8	0,522	0,668
	3.2 Декілька елементів об'єкта, або декілька ділянок	0,8	0,5	0,271	0,265
	3.3 Об'єкт повністю	0,65	0,2	0,144	0,062
	3.4 Об'єкт і сусідні до нього	0,5	0,05	0,034	0,003
	3.5 Район міста і більше	0,5	0,05	0,028	0,002

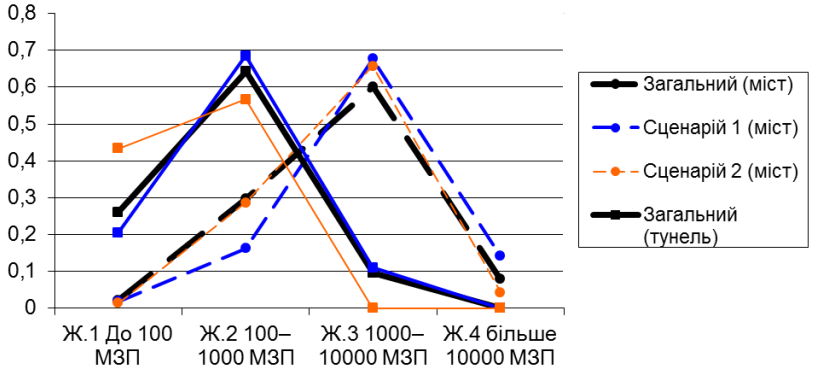
Параметр	Альтернатива	Оцінка	
		Міст	Тунель
А) Цілісність об'єкта/його елементів	А.1 Пошкоджень немає або вони мінімальні	0,001	0,003
	А.2 Пошкодження можуть бути відновлені без переривання функціональності	0,083	0,087
	А.3 Пошкодження можуть бути відновлені з перериванням функціональності	0,915	0,910
	А.4 Пошкодження невідновні	0,001	0,000
Б) Здатність до функціонування	Б.1 Об'єкт може виконувати всі функції	0,005	0,024
	Б.2 Об'єкт може виконувати частину функцій	0,252	0,395
	Б.3 Об'єкт припиняє функціонування	0,743	0,581
Г) Час відновлення функціонування	Г.1 Непотрібний	0,011	0,013
	Г.2 До 7 діб	0,476	0,687
	Г.3 До 1 місяця	0,481	0,296
	Г.4 До 0,5 року	0,031	0,003
	Г.5 Об'єкт не може бути відновлений протягом 1 року	0,001	0,000
Д) Кількість постраждалих	Д.1 Немає	0,099	0,205
	Д.2 До 10 осіб	0,631	0,651
	Д.3 10–50 осіб	0,244	0,135
	Д.4 50–200 осіб	0,026	0,008
	Д.5 Більше 200 осіб	0,001	0,000
Е) Порушені умови життєдіяльності	Е.1 Немає	0,160	0,175
	Е.2 До 10 осіб	0,007	0,003
	Е.3 10–100 осіб	0,018	0,003
	Е.4 100–1000 осіб	0,353	0,359
	Е.5 Більше 1000 осіб	0,462	0,459
Ж) Розмір матеріальних збитків	Ж.1 До 100 МЗП	0,022	0,260
	Ж.2 100–1000 МЗП	0,298	0,643
	Ж.3 1000–10000 МЗП	0,600	0,096
	Ж.4 більше 10000 МЗП	0,080	0,000
З) Екологічні наслідки	З.1 Немає	0,220	0,727
	З.2 Незначне, локальне, короткочасне погіршення екологічної ситуації	0,780	0,273
	З.3 Значне тривале погіршення екологічної ситуації на значній території	0,000	0,000
	З.4 Екологічна катастрофа	0,000	0,000

Діаграми ваг альтернатив параметрів: «Цілісність об’єкта/його елементів», «Здатність до функціонування», «Час відновлення функціонування», «Розмір матеріальних збитків»

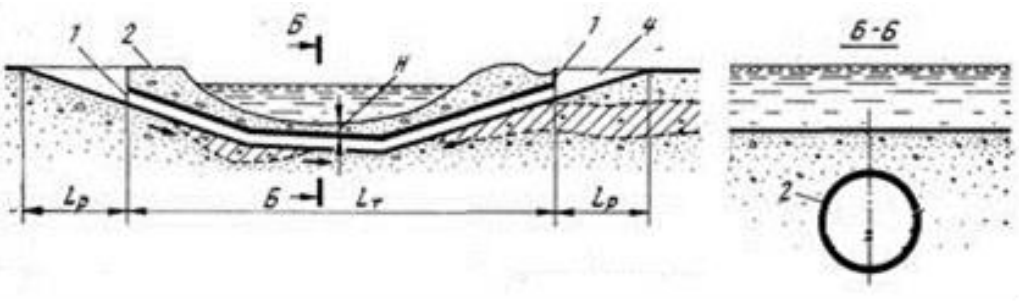


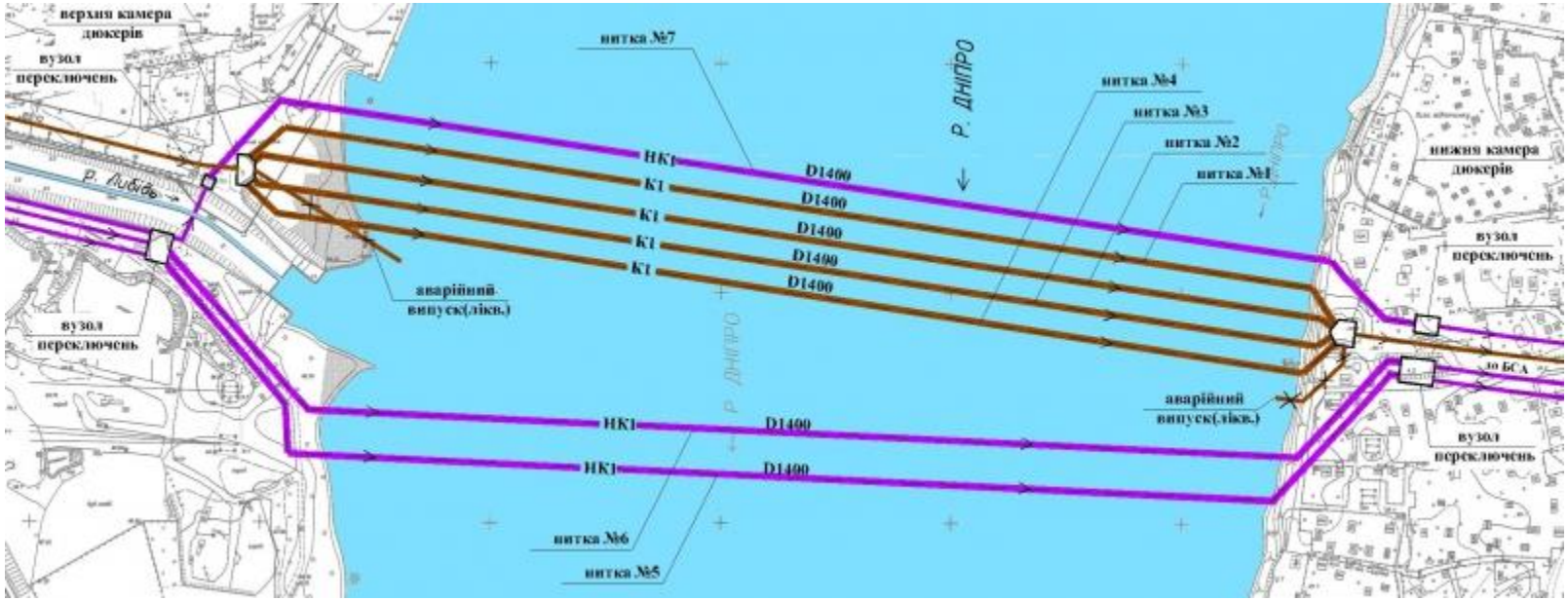






АНАЛІЗ ПОРІВНЯЛЬНОЇ МОДЕЛІ ТРУБНИХ І ТУНЕЛЬНОГО ДЮКЕРІВ ПІД ДНІПРОМ

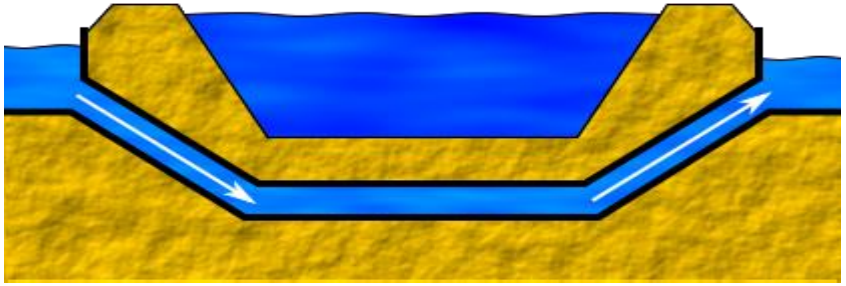




АНАЛІЗ ПОРІВНЯЛЬНОЇ МОДЕЛІ ТРУБНИХ І ТУНЕЛЬНОГО ДЮКЕРІВ ПІД ДНІПРОМ
(імовірність небажаних подій)

Параметр	Альтернатива	Вхідні нормовані оцінки		Оцінки після врахування взаємозв'язків	
		Труби	Дюкер	Труби	Дюкер
1. Тип небажаної події	1.1 Вибух	0,232	0,212	0,440	0,107
	1.2 Пожежа	0,000	0,030	0,000	0,022
	1.3 Зсуви, провали та просідання ґрунту	0,286	0,303	0,198	0,366
	1.4 Погодні катаклізми	0,071	0,030	0,002	0,000
	1.5 Пошкодження та/або руйнування конструкцій об'єкту	0,232	0,303	0,247	0,414
	1.6 Порушення функціонування без конструктивних пошкоджень	0,179	0,121	0,113	0,090
2. Походження небажаної події	2.1 Антропогенне зі злим умислом	0,372	0,250	0,550	0,154
	2.2 Антропогенне без злого умислу	0,163	0,036	0,006	0,001
	2.3. Технічне, технологічне	0,302	0,464	0,409	0,631
	2.4 Природне	0,163	0,250	0,035	0,214
3. Масштаб впливу небажаної події	3.1 Окремий структурний або функціональний елемент об'єкта, або окрема обмежена ділянка	0,019	0,500	0,056	0,617
	3.2 Декілька структурних або функціональних елементів об'єкта, або декілька ділянок	0,019	0,313	0,053	0,368
	3.3 Об'єкт повністю	0,302	0,125	0,533	0,015
	3.4 Об'єкт і сусідні до нього	0,302	0,031	0,197	0,000
	3.5 Район міста і більше	0,358	0,031	0,160	0,000

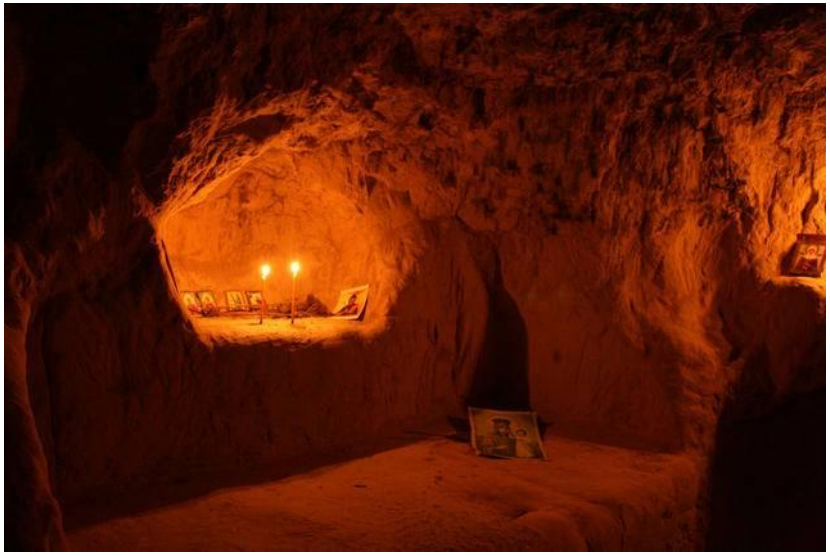
ПЕРЕВАГИ ПІДЗЕМНОГО ДЮКЕРА (ТУНЕЛЮ)



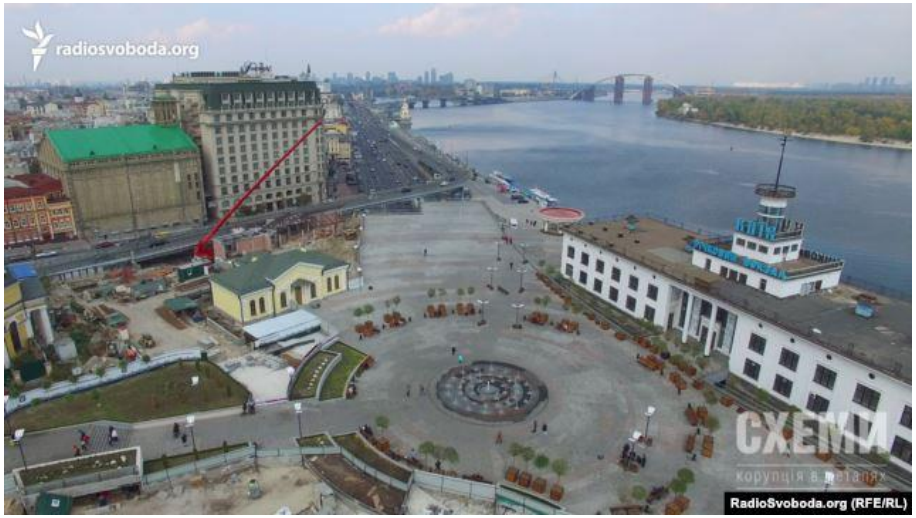
1. УНЕМОЖЛИВЛЕННЯ ПРОРИВУ НЕЧИСТОТ У ДНІПРО;
2. НАДІЙНЕ ПЕРЕПУСКАННЯ ІСНУЮЧИХ ОБСЯГІВ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СТОКІВ ТА МОЖЛИВІСТЬ ЗБІЛЬШЕННЯ ЇХ ОБЄМІВ З УРАХУВАННЯМ ПЕРСПЕКТИВ ЗРОСТАННЯ МІСТА;
3. ЗНАЧНИЙ СТРОК ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПІДЗЕМНОГО ДЮКЕРА (100 І БІЛЬШЕ РОКІВ);
4. МОЖЛИВІСТЬ УЗГОДЖЕНОЇ ВЗАЄМОДІЇ НОВОГО ГОЛОВНОГО КОЛЕКТОРА КИЄВА З ПІДЗЕМНИМ ДЮКЕРОМ (В РАМАХ СИСТЕМНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ МЕРЕЖІ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СПОРУД МІСТА);
5. ВИКОРИСТАННЯ ДОСВІДУ ПІДЗЕМНОГО БУДІВНИЦТВА ДЮКЕРА ПІД ДНІПРОМ ДЛЯ СПОРУДЖЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ТУНЕЛІВ.
6. ІМІДЖЕВІ АКТИВИ БУДІВНИЦТВА НОВОГО ДЮКЕРА Й РОЗВИТКУ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ, ЯК СКЛАДОВОЇ ВЕЛИКОГО ПРОЕКТУ ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ КИЄВА.
7. ВІДНОСНО НЕВЕЛИКА ВАРТІСТЬ – БЛИЗЬКО $30 МЛН. 1 КМ ДЮКЕРА

Європейський тренд – «Набережні без машин»
Київ Набережно-Хрещатицька вулиця – перспектива тунелю

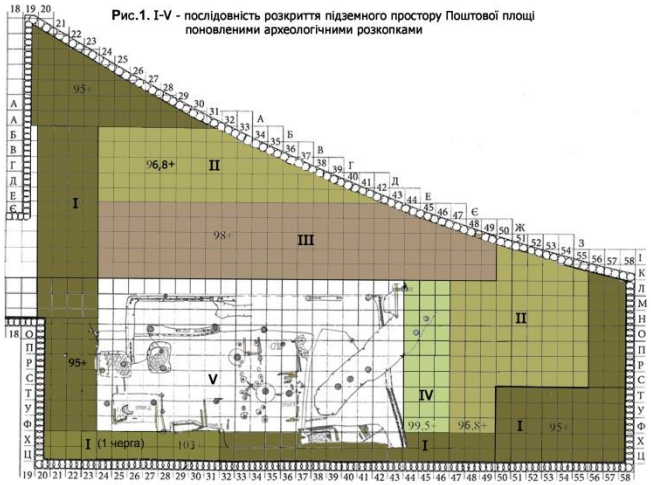
Підземні туристичні траси Лаврські печери

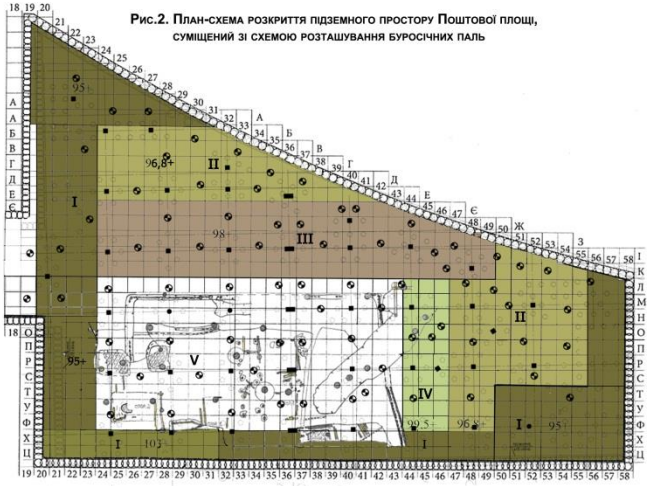


Майбутній археологічний музей на Поштовій площі



Майбутній археологічний музей на Поштовій площі





Найбільш перспективні об’єкти стратегічного плану розвитку підземної урбаністики міста Києва

1. Автомобільні тунелі м. Києва. У затвердженому Генплані та КСТ м. Києва до 2020 р. (рішення №433/3009) значиться два тунелі (один з них під Дніпром, паралельно мосту «Метро»), а в представленому Генплані до 2025 р. – вісім тунелів (з них три під Дніпром).
2. Автомобільний тунель як альтернатива південному мостовому переходу Дніпра кільцевою магістраллю в м. Українка.
3. Підземні паркінги: а) середмістя – торгівельні центри, туристичні осередки, театри та концертні зали; б) кінцеві станції метра – як проміжна складова маятникової щоденної міграції з прилеглих до Києва населених пунктів (міст-сателітів) та зворотно.
4. Розвиток Київського метрополітену та поєднання станцій метра з підземними багатофункціональними комплексами.
5. Будівництво підземних торгівельних і розважальних центрів (під площами міста).
6. Підземне дублювання наземної мережі інженерних комунікацій. Розвиток інженерної інфраструктури як мережі підземних споруд.
7. Розвиток системи каналізаційних колекторів. Спорудження підземного дюкера (тунелю) під Дніпром для транспортування стічних вод з правого берега до Бортницької станції аерації.
8. Тунельна автомобільна ділянка вздовж вулиці Набережно-Хрещатицька між Річковим вокзалом і Храмом святителя-чудотворця Миколи (на воді) для утворення пішого доступу до Дніпра в рамах створення туристично-рекреаційної зони Подолу.
9. Підземні історичні туристичні траси й музеї.
10. Сховища цивільної безпеки й підземні об’єкти військового управління.