

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

АРХІТЕКТУРНИЙ

(факультет)

ДИЗАЙНУ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА

(назва випускової кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**«Принципи архітектурно-планувальної організації екопоселень (на прикладі  
центру біотехнологій у Волинській області)»**

Жагірна Тетяна Сергіївна

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача повністю)

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

АРХІТЕКТУРНИЙ  
(факультет)

ДИЗАЙНУ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА  
(назва випускової кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

д. арх., проф. \_\_\_\_\_ В.О. Тімохін

“ \_\_\_\_ “ травня 2025 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

**«Принципи архітектурно-планувальної організації екопоселень (на прикладі  
центру біотехнологій у Волинській області)»**  
(назва )

Виконала Жагіна Тетяна Сергіївна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

191 – Архітектура та містобудування

(Спеціальність)

«Дизайн архітектурного середовища»

(Освітньо-наукова програма)

Групи ДАСм-23-5

Керівник: Зінов'єва О.С

(прізвище, ініціали)

кандидат архітектури, доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

*Ідентичність підтверджую*

*Я, як здобувач вищої освіти КНУБА, розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.*

Жагіна Т.С

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Київ 2025р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Архітектурний

Випускова кафедра: Дизайну архітектурного середовища

Освітній ступінь: Магістр

Спеціальність: 191 – Архітектура та містобудування

Освітньо-наукова програма: Дизайн архітектурного середовища

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету

д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ О.В. Кащенко

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

\_\_\_\_\_ Жагіріна Тетяна Сергіївна \_\_\_\_\_

*(прізвище, ім'я та по батькові студента)*

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ **«Принципи архітектурно-планувальної організації екопоселень (на прикладі центру біотехнологій у Волинській області)»**

затверджена наказом ректора КНУБА № 85/ \_19/25\_ від «24»квітня 2025 року

2. Керівник Зінов'єва О.С кандидат архітектури, доцент

*(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)*

3. Строк подання здобувачем роботи до захисту 19.05.2025 р. \_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Розділ 1.

Аналіз теорії і практики організації екопоселень з місце утворюючим центром біотехнології

*(Назва розділу)*

Розділ 2.

Систематизація архітектурно-планувальної організації екопоселень

*(Назва розділу)*

Розділ 3.

Проектні рішення та екологічна стратегія біотехнологічного центру в екопоселенні

*(Назва розділу)*

Розділ 4.

Цивільний захист

*(Назва розділу)*

5. Перелік графічного матеріалу (з точними назвами обов'язкових креслень):

Робота складається з 15 аркушів формату А1, де 6 аркушів – таблиці наукової частини першого та другого розділів. Проектна частина має: ситуаційну схему розташування об'єкта проектування; генеральний план біотехнологічного центру; схеми: функціонального зонування, транспортно-пішохідного руху; типовий план лабораторного поверху; план першого поверху; плани

лабораторного та айти-блоку; три фасади з антуражем; два розрізи; загальні візуалізації; аксонометрія; креслення інтер'єру, візуалізації.

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	28.02.2025
Розділ 2.	28.03.2025
Розділ 3.	01.05.2025
Розділ 4. Цивільний захист	09.05.2025
Остаточне оформлення роботи	12.05.2025
Направлення роботи для перевірки на плагіат	12.05.2025
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	19.05.2025
Направлення роботи на рецензування	19.05.2025
Передача матеріалів роботи на кафедру	20.05.2025
Захист роботи	20,21.05.2025

7. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1	О.С. Зінов'єва канд.арх.доц	28.02.2025	
Розділ 2	О.С. Зінов'єва канд.арх.доц	28.03.2025	
Розділ 3	О.С. Зінов'єва канд.арх.доц	01.05.2025	
Цивільний захист	О.С. Зінов'єва канд.арх.доц	09.05.2025	

8. Дата видачі завдання 17.02.2025 р.

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник

\_\_\_\_\_

(підпис)

Здобувач

\_\_\_\_\_

(підпис)

Тімохін В.О.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Зінов'єва О.С.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)


Жагіна Т.С.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

<b>РЕЗЮМЕ (SUMMARY)</b>		<u>Жагірина Тетяна Сергіївна Zhahrina Tetiana Serhiivna</u> (ПІБ здобувача українською та англійською)	
<b>ЗВО</b>	Київський національний університет будівництва і архітектури		
<b>Тема</b> (українською та англійською)	«Принципи архітектурно-планувальної організації екопоселень (на прикладі центру біотехнологій у Волинській області)» «Principles of Architectural and Planning Organization of Eco-Settlements (A Case Study of the Biotechnology Center in Volyn Oblast)»		
<b>Освітній ступінь</b>	Магістр		
<b>Факультет</b>	Архітектурний		
<b>Випускова кафедра</b>	Дизайну архітектурного середовища		
<b>Спеціальність</b>	191 «Архітектура та містобудування»		
<b>Освітньо-наукова програма</b>	Дизайн архітектурного середовища		
<b>Керівник</b>	<u>Зінов'єва О.С</u>		
<b>Обсяг роботи:</b>	<i>пояснювальна записка, стор.</i>	<i>розділів</i>	<i>креслень формату А1</i>
	118	4	15
<b>Розділ 1.</b> <i>Аналіз теорії і практики організації екопоселень з місцевістю утворюючим центром біотехнології</i>	У першому розділі здійснено огляд ключових підходів до інтеграції науково-виробничих кластерів у житлово-рекреаційне середовище. Розглянуто міжнародний і вітчизняний досвід створення технопарків, підземних лабораторій та інноваційних «зелених» населених пунктів, виявлено головні фактори успішної синергії досліджень і повсякденного життя.		
<b>Розділ 2.</b> <i>Систематизація архітектурно-планувальної організації екопоселень</i>	У другому розділі сформовано власну типологію екопоселень за просторовими схемами взаємодії з біоцентром: концентричні, лінійні та дисперсні структури. Для кожного типу наведено характеристики розміщення житлових модулів, агротехнологічних блоків і зон відпочинку, оцінено переваги й обмеження. На основі цих даних розроблено інтегровану модель, яка враховує транспортні зв'язки, інженерні мережі та ландшафтно-екологічні коридори навколо дослідницького ядра.		

<p>Розділ 3. Проектні рішення та екологічна стратегія біотехнологічного центру в екопоселенні</p>	<p>У третьому розділі представлено результат комплексного обстеження ділянки в Волинській області: геоморфологія, ґрунтовий покрив, водні ресурси та кліматичні особливості. Досліджено історію освоєння території, традиційні землекористувацькі практики та збережені культурні ландшафти. На цій основі сформульовано критеріальні показники відбору ділянки для біотехнологічного центру, що забезпечують екологічну безпеку, енергоефективність і відповідність містобудівним нормам.</p>
<p>Розділ 4. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ</p>	<p>У процесі проектування біотехнологічного центру приділено увагу питанням безпеки та стійкості об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій. Розміщення укриття, впровадження автономних інженерних систем, інклюзивних рішень і цифрового моніторингу дозволяють гарантувати ефективний захист персоналу та відвідувачів. функціонування, а також враховує потреби всіх соціальних груп.</p>
<p>Висновки по роботі:</p>	<p>Окреслено теоретичні основи проектування біотехнологічного центру як ключового елементу екопоселення. Проаналізовано сучасні архітектурні підходи з урахуванням екологічних викликів, ролі наукових установ та біотехнологій у формуванні сталого середовища. Розглянуто типологію екопоселень і можливі планувальні структури. Обґрунтовано ефективне зонування та моделі інтеграції біоцентрів у малих агломераціях, актуальні для регіонального відновлення. Реалізовано архітектурні рішення, що відображають принципи сталого розвитку. Проект включає зелений дах, вертикальні ферми, автономні інженерні системи та гармонійну інтеграцію в ландшафт. Передбачено укриття з повною автономією на 72 години. Забезпечено цифровий контроль, інклюзивність, психологічну підтримку та ефективні евакуаційні рішення. Біотехнологічний центр у структурі екопоселення демонструє комплексний підхід до архітектури, що поєднує інновації, безпеку, екологію та соціальну інтеграцію. Проект є потенційною моделлю для сталого розвитку та відновлення територій в Україні.</p>
<p><b>Ключові слова: Keywords:</b> біотехнологічний центр, екопоселення, архітектурно-планувальна організація, типологія поселень, функціональне зонування, природно-історичне обґрунтування, інтеграція науково-виробничого кластеру, сталий розвиток, ландшафтно-екологічні коридори, Волинська область.</p>	

Здобувач:  / Жагіріна Т.С. /  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: \_\_\_\_\_ / Зінов'єва О.С. /  
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

## Anti-Plagiarism v-15.274 Educational

Максимальна подібність до одного документу 1.0%

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA Помилки в документах: 14%

ID: 241030 Назва: «Принципи архітектурно-планувальної організації екопоселень (на прикладі центру біотехнологій у Волинській області)» Додано до БД: 2025-05-12 Автор: Жагіна Тетяна Сергіївна Керівник: Зінов'єва О.С	Документ		Сумарна подібність по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	127274	1931	4302 (3%)	65 (3%)

Відсоток плагіату не перевищує дозволenu норму (30 %)  
 Відповідальний за перевірку \_\_\_\_\_ /Рябець Ю.С./

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ I. АНАЛІЗ ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКОПОСЕЛЕННЯ З МІСЦЕУТВОРЮЮЧИМ ЦЕНТРОМ БІОТЕХНОЛОГІЇ.....	14
1.1. Теоретичний аналіз ролі екопоселень у сучасному містобудуванні.....	14
1.2 Вітчизняний та міжнародний практичний досвід проектування екопоселень.....	23
1.3. Умови та фактори архітектурно-планувальної організації екопоселення з місцеутворюючим центром біотехнології.....	57
Висновки до розділу .....	71
РОЗДІЛ II. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКОПОСЕЛЕНЬ	
2.1. Класифікація архітектурно-планувальних рішень екопоселень за структурною взаємодією з центром біотехнологій.....	72
2.2. Модель архітектурно-планувальної організації екопоселення з біотехнологічним центром.....	76
2.3. Принципи інтеграції біотехнологічного центру в сучасне еко-поселення...87	
РОЗДІЛ III. ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ЦЕНТРУ	
3.1. Природно-історичне та планувальне обґрунтування розміщення біотехнологічного центру в структурі екопоселення.....	88
3.2. Об'ємно-планувальне рішення біотехнологічного центру.....	95
3.3. Комплексна зелена стратегія будівлі й ландшафту біотехнологічного центру.....	97
Висновки до розділу III.....	101
РОЗДІЛ IV. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	103
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	110
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	112
ДОДАТКИ.....	118

## ВСТУП

*Визначення актуальності теми дослідження.*

Війна залишила свій негативний слід на всіх складниках природи України: тваринному та рослинному світі, водних ресурсах, повітрі та ґрунтах. Наслідки цього впливу будуть виявлятися у довгостроковій перспективі та матимуть глобальний характер. Ми будемо свідками руйнування екосистем, забруднення ґрунтів, скорочення біорізноманіття та зростання кількості шкідників у лісах і степах на всій території нашої країни протягом тривалого часу. Важливість центрів біотехнології в умовах війни надзвичайно велика. Природоохоронна архітектура допомагатиме в порятунку видів рослин та тварин, які стикаються з вимиранням у складних умовах сьогодення, забезпечуватиме умови для реалізації проєктів з відновлення екосистем та відновлення чисельності видів, які постраждали внаслідок війни. Крім того, така інфраструктура зберігатиме сорти культурних рослин, а також сприятиме дослідженню та розробці нових видів з покращеними характеристиками.

Біотехнологічний центр стане осередком для наукових досліджень, спрямованих на вивчення впливу війни на природу та розробку стратегій відновлення екосистем. Мало того, дані комплекси слугуватимуть епіцентрами інновацій, сприятимуть розробці новаторських методів і технологій для допомоги у відновленні екології, заохочуватимуть наукові та освітні ініціативи у сферах біотехнології та природознавства. Обрана тема також актуальна через те, що популяризація знань про важливість збереження довкілля та його відновлення серед громадян є ключовим елементом для побудови сталого суспільства. Свідомість громадян грає важливу роль у формуванні позитивних змін у споживчій поведінці, управлінських практиках та глобальних ініціативах для збереження природи.

*Дана проблема розглядається в таких документах:*

- Указ Президента України «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 29 вересня 2022 року «Про охорону, захист, використання та відтворення лісів України в особливий період» від 29 вересня 2022 р. № 675/2022.
- Програма «Ініціатива з розвитку екологічної політики й адвокації в Україні» (ЕРАІУ) спрямована на розвиток громадських організацій, які працюють в екологічній сфері.
- Проєкт «EU4Climate» має на меті сприяння пом'якшенню та адаптації до змін клімату, а також розвитку низьковуглецевої і стійкої до кліматичних змін економіки.
- Указ Президента від 21 квітня 2022 року № 266/2022 - закладені 53 проєкти з охорони довкілля.
- "Указ Президента України від 30.09.2019 Хе 722/2019 "Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року".
- Документ “Робоча група високого рівня з питань екологічних наслідків війни від 15 вересня 2023 року.
- Закон України про природно-заповідний фонд України від 16 червня 1992 року.
- ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій.
- ДБН В.2.2-40:2018 Інклюзивність будівель і споруд.
- ДБН В.2.2-10:2022 Заклади охорони здоров'я.
- ДСП 9.9.5.-080-02 Державні санітарні правила та норми, гігієнічні нормативи. Правила влаштування і безпеки роботи в лабораторіях (відділах, відділеннях) мікробіологічного профілю.
- ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва.
- Всесвітня Декларація про тварин від 23 вересня 1977 р.

*Визначення зв'язку роботи з науковими програмами, планами, темами державного, місцевого та університетського і кафедрального рівня*

Робота пов'язана із темою науково-дослідної роботи кафедри дизайну архітектурного середовища КНУБА «Проблеми і методи відновлення і розвитку архітектурно-містобудівного середовища в Україні» (Державний реєстраційний №02230001926).

*Формулювання мети і завдань дослідження, виходячи з назви теми і спираючись на необхідність вирішення у дослідженні аналітичних, теоретичних і практичних завдань*

*Мета дослідження:*

Визначення принципів та методів архітектурно планувальної організації центру біотехнології. Вивчення та аналіз інноваційних підходів до створення та організації центру біотехнології, організувати рекомендації щодо проектування відповідних комплексних центрів та на базі отриманих результатів розробити проєкт центру біотехнологій у Волинській області.

*Завдання дослідження:*

- Аналіз чинних підходів до проектування, вітчизняного та закордонного досвіду у проектуванні біотехнологічних центрів. Здійснити аналіз нормативної та наукової літератури з проектування центрів біотехнологій.
- Описати сучасні тенденції та підходи до організації архітектурнопланувального середовища центрів біотехнологій.
- Оцінити вплив інноваційних архітектурних рішень на екологічне спрямування сучасних міст та збереження природи України.
- Окреслити підходи до проектування центрів біотехнологій без шкоди довкіллю.
- Розробити проєкт центру біотехнологій у Волинській області., керуючись дослідженням.

*Визначення об'єкта і предмету дослідження, які повинні бути відображені у назві дослідження і відповідати спеціальності «Дизайн архітектурного середовища»:*

Об'єкт: заклади з дослідження флори та фауни.

Предмет: формування принципів архітектурно-планувальної організації інноваційних поселень (на прикладі центру біотехнологій у Волинській області).

*Визначення методики дослідження:*

- Аналіз і узагальнення досвіду проєктування природоохоронної архітектури на території України та закордоном;
- Метод картографічного аналізу;
- Метод композиційного проєктування;
- Метод відновлювального дизайну;
- Метод просторового аналізу;
- Функціональне моделювання;
- Метод експериментального проєктування;
- Метод фокус-груп та співпраці;

*Наукова новизна результатів дослідження полягає:*

Розширення наукових досліджень з питань формування архітектурного середовища архітектурно-планувальної організації інноваційних поселень (на прикладі центру біотехнологій у Волинській області).

1. Поглиблення розуміння принципів структурних, містобудівних та об'ємно-планувальних рішень центрів біотехнологій.
2. Дослідження методів формування архітектурного середовища центрів біотехнології, аналіз планувальної структури.

### *Передбачуване практичне значення отриманих результатів*

Результати дослідження можуть бути використані при розробці проектної документації з приводу будівництва біотехнологічних центрів, також можуть використовуватись в навчальному процесі, при розробленні методичних посібників. Результати дослідження дозволять розробити стратегії та методи проєктування біотехнологічних центрів в Україні.

### *Апробація результатів*

Основні результати магістерського дослідження викладались: у доповіді на тему «Вплив природоохоронних наукових центрів на відновлення екосистем міста та лісу» на — науково-практичній конференції «"Build-Master-Class-2024"», КНУБА, число, листопад 2024. «Особливості створення природоохоронних об'єктів в Україні в умовах війни» на — науково-практичній конференції «"Build-Master-Class-2024"», КНУБА, 1 грудня 2023.

### *Структура і обсяг магістерської роботи*

Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів з висновками, загальних висновків, списку використаної літератури. Всього магістерська робота складає 118 сторінок, з яких текстова частина, ілюстрації, список літератури складає 50 інформаційних джерел. Графічна частина роботи включає 6 аркушів А1, результати впровадження 9 аркушів А1, усього 5 аркушів А1.

## РОЗДІЛ І. АНАЛІЗ ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКОПОСЕЛЕННЯ З МІСЦЕУТВОРЮЮЧИМ ЦЕНТРОМ БІОТЕХНОЛОГІЇ

### 1.1. Теоретичний аналіз ролі біотехнологічних центрів у сучасному містобудуванні.

Розвиток біотехнологій став однією з провідних тенденцій ХХІ століття. Ці технології впливають не лише на науку та промисловість, а й на архітектуру й містобудування. Інтеграція біотехнологічних центрів у міське середовище є важливим кроком до формування стійких міст, здатних відповідати на екологічні, економічні та соціальні виклики сучасності.

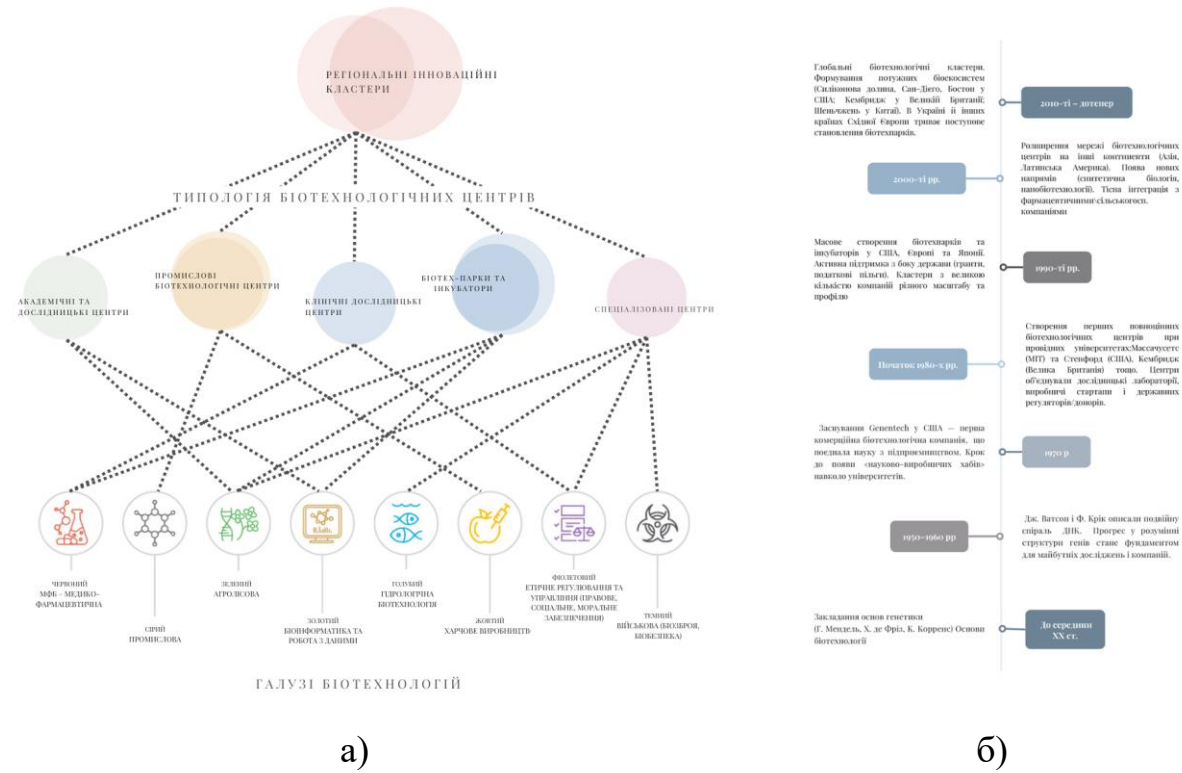
У вивченні цієї теми значний внесок зробили закордонні дослідники: М. Кармона у праці «Public Places Urban Spaces» розглянув соціальні й економічні аспекти інтеграції інноваційних об'єктів у міський простір, а І. С. Мелл у книзі «Green Infrastructure: Concepts and Planning» підкреслив роль зеленої інфраструктури для розвитку таких центрів. Серед українських вчених І. В. Сало та В. О. Тімохін наголосили на адаптації біотехнологічних об'єктів до особливостей українського міського середовища. Питанням досягнення цілей сталого розвитку в містах і регіонах України присвятили роботи О. С. Зінов'єва [2, 3] та І. В. Булах [4–6].

Важливий внесок українські дослідники зробили також у сфері підземної урбаністики. С. В. Риндюк і М. А. Максименко вивчали перетворення міського простору в контексті освоєння підземних територій, а Т. О. Ніщик, І. О. Савченко, Т. О. Матвійчук і К. С. Семенюк досліджували перспективи комплексного використання підземних міських просторів із урахуванням екологічних, технічних і соціальних аспектів [5, 6].

Концептуальні підходи до розвитку підземного простору представлені у працях таких дослідників, як Хан Адміраал та Антонія Корнаро. У книзі «Underground Spaces Unveiled» автори аналізують ключові фактори, що формують майбутнє сучасних міст, та демонструють, як застосування найкращих практик освоєння підземного простору сприяє їхній

довгостроковій стійкості. У роботі висвітлено переваги підземного середовища — зокрема його здатність забезпечувати ефективне використання площі та енергоефективність містобудування — а також розглянуто складнощі архітектурно-просторової організації таких об’єктів. Автори наводять приклади успішних міжнародних проєктів і досліджують механізми їхнього впливу на урбанізацію [6].

Одним із ключових аспектів біотехнологічних центрів є їх здатність інтегрувати інноваційні рішення для підвищення енергетичної ефективності, збереження ресурсів та адаптації до кліматичних змін (рис.1.1.1). Наприклад, вертикальні ферми дозволяють використовувати обмежений міський простір для вирощування сільськогосподарських культур, що знижує вуглецевий слід та сприяє продовольчій безпеці міста [8]. Як зазначає М. Кармона у праці «Public Places Urban Spaces», біотехнологічні комплекси можуть виступати катализаторами економічного й соціального розвитку міських територій.



Забезпечуючи розвиток дослідницької інфраструктури, впровадження «зелених» технологій у містобудування та підвищення екологічної стійкості міських систем, біотехнологічні центри стають ключовим елементом інноваційної економіки знань. Теоретичні дослідження показують, що створення такої екосистеми сприяє зміцненню продовольчої безпеки, охороні здоров'я та екологічній стабільності. У сучасних умовах ефективна інтеграція центрів потребує державної підтримки, розвиненої інфраструктури та чіткої нормативно-правової бази [38].

Одним із провідних інструментів реалізації міських біотехнологічних ініціатив є формування орієнтованих на біотехнології технопарків. У їх межах університети, лабораторії та інститути об'єднуються з приватними компаніями й інноваційними структурами (бізнес-інкубаторами, акселераторами, центрами трансферу технологій). Конвергентна модель таких кластерів забезпечує швидкий перехід від фундаментальних досліджень до комерційних рішень, створює висококваліфіковані робочі місця та прискорює експорт інтелектуальної продукції [38].

Соціальний ефект від появи біотехнологічних центрів проявляється у посиленні співпраці університетів і бізнесу, зростанні інвестицій у підготовку наукових кадрів, а також у підтримці міждисциплінарних ініціатив, залученні грантів і покращенні міжнародного іміджу міст. Водночас як підкреслює Смирнова, успішність функціонування таких осередків значною мірою залежить від продуманої урбаністичної стратегії, що враховує біобезпеку, екологічні стандарти, логістику та особливості поводження з біоматеріалами (рис. 1.1.2.). Розвиток технопарків вимагає інвестицій у проектування й оснащення лабораторних корпусів, офісів і виробничих майданчиків, а також трансформації промислових зон в інноваційні території. Поряд із цим необхідно створювати супутню інфраструктуру — навчальні заклади, житло для студентів і науковців, медичні заклади, а також передбачати зручне транспортне сполучення для міжнародних інвестицій і залучення висококваліфікованих фахівців.

Оптимальним є залучення міждисциплінарних команд, до складу яких входять архітектори, біотехнологи, економісти й менеджери [1].

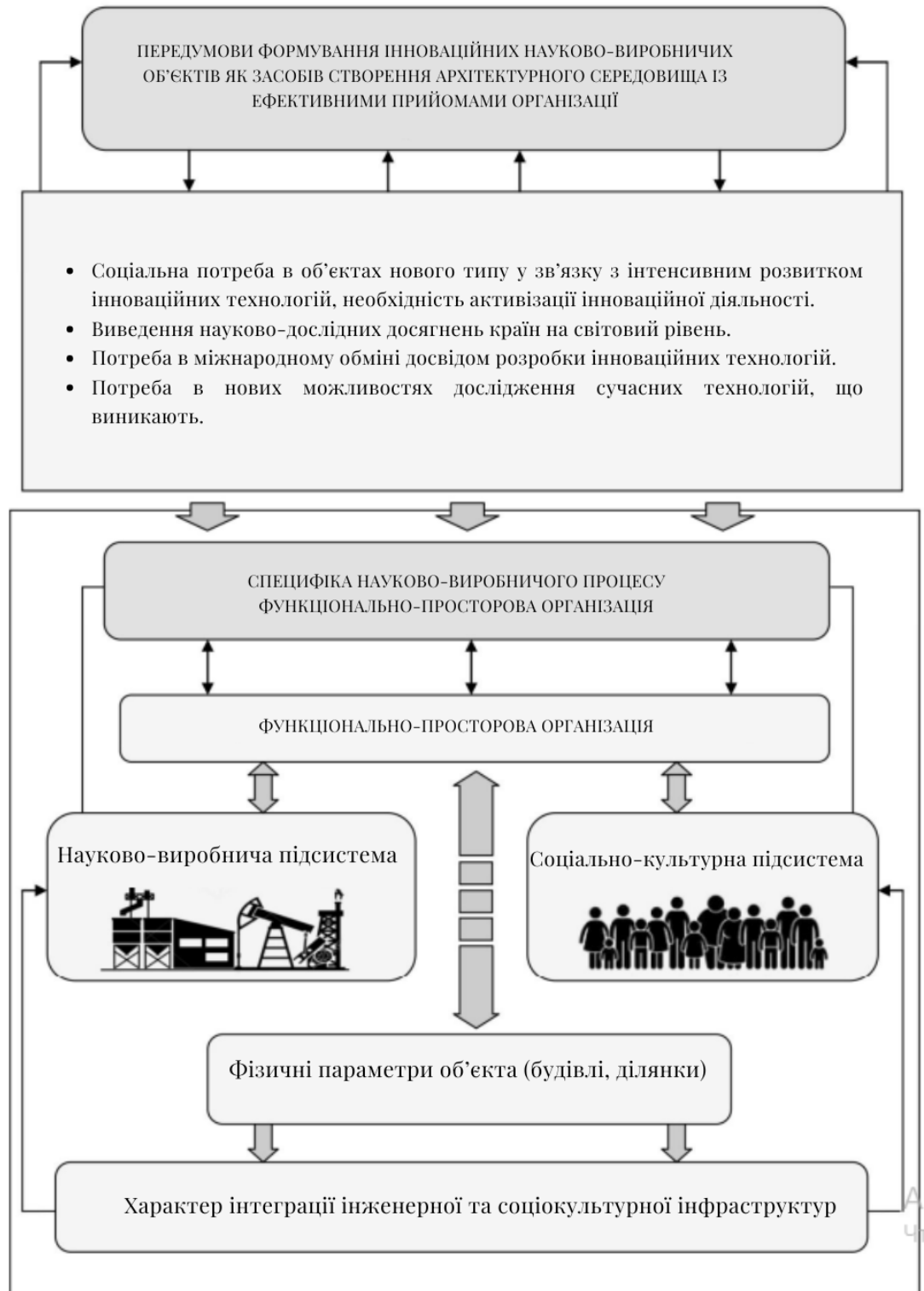


Рис. 1.1.2. Передумови та специфіка формування інноваційних науково-виробничих об'єктів за О.В. Смирноюю [1].

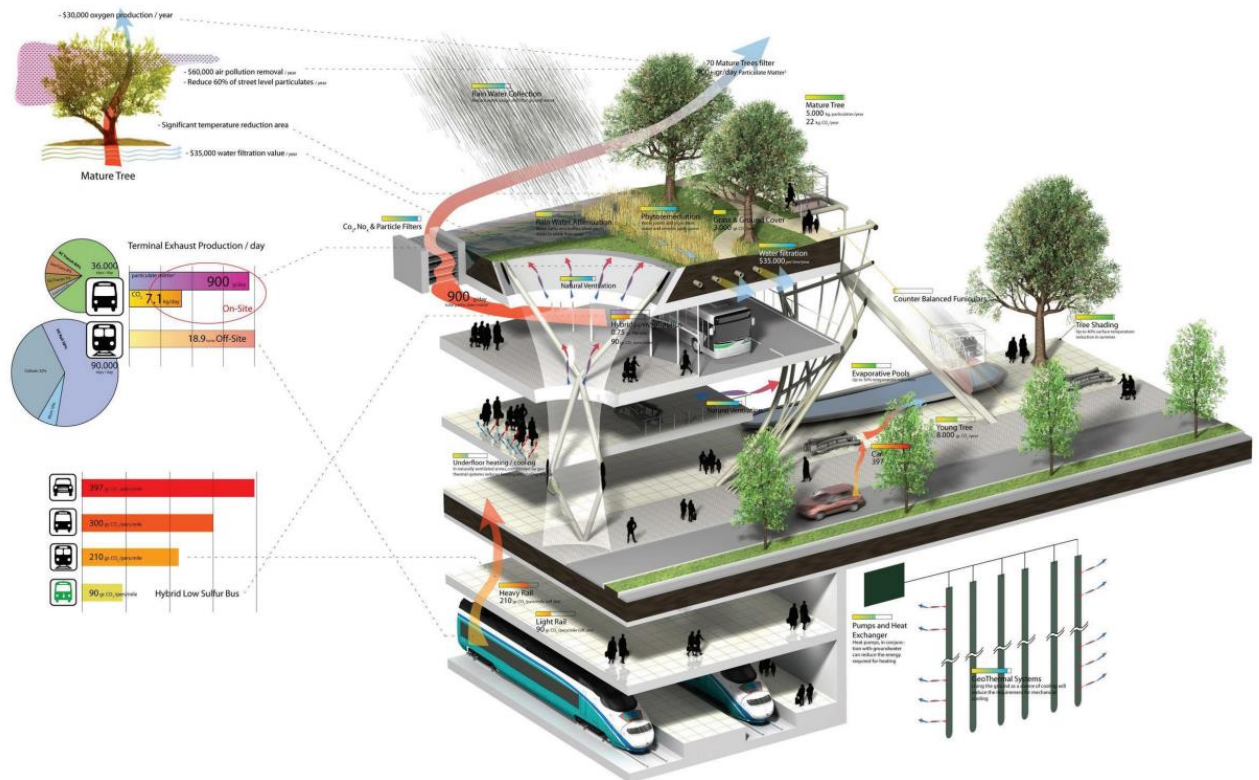
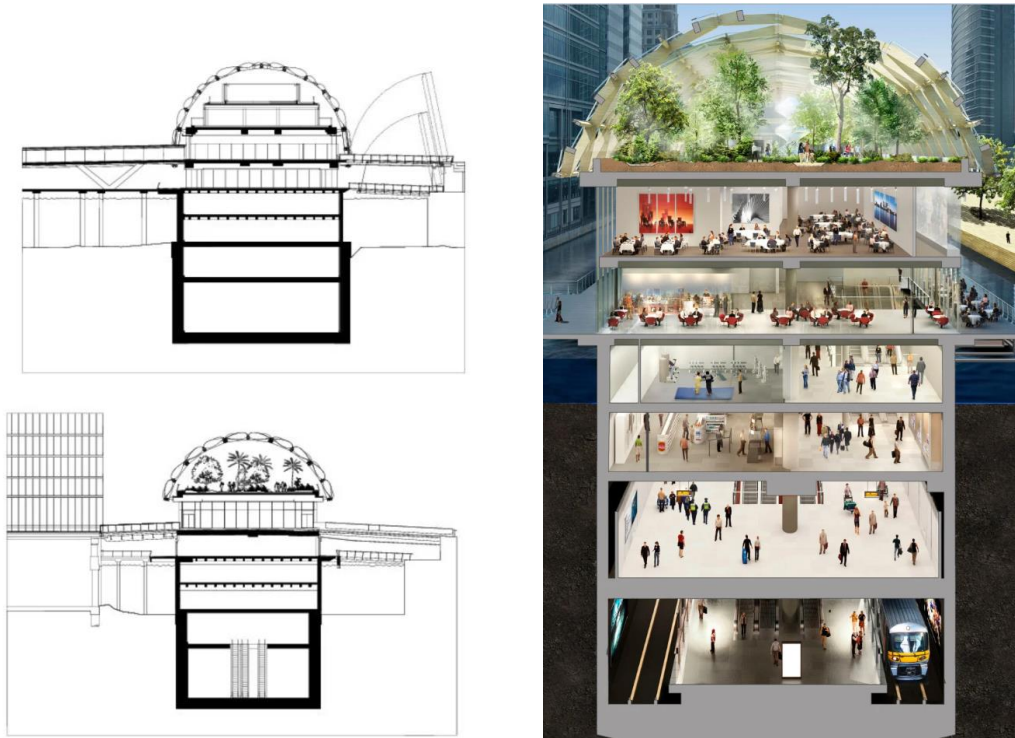


Рис. 1.1.3. Приклад інтеграції підземних просторів в міський ландшафт [7].

Повноцінна інтеграція біотехнологічних центрів у міське середовище передбачає системний підхід до проєктування, який охоплює забезпечення транспортної доступності, адаптацію до наявної інфраструктури та органічне поєднання з локальним ландшафтом. Відповідно до рекомендацій у праці «Public Places Urban Spaces», така інтеграція має стимулювати розвиток громадських просторів із зонами відпочинку та зеленими насадженнями. Додатковою перевагою є використання підземних просторів, що дозволяє оптимізувати забудову і також зберегти поверхневі мальовничі природні ландшафти (рис. 1.1.3) [38].

Яскравим прикладом успішного освоєння підземної інфраструктури є Лондон, де розвинені транспортні тунелі, підземні торговельні площі та системи ресурсоощадження. Зокрема, проєкт «Jubilee Place» поєднує підземний торговельний комплекс із транспортним вузлом, що дозволяє максимально ефективно використовувати обмежений простір (рис. 1.1.4).



*Рис. 1.1.4. Станція Crossrail Canary Wharf, Лондон, Великобританія.  
Архітектор: Норман Фостер 2008-2009 р. [8].*

В Україні роль біотехнологічних центрів у містобудуванні тільки починає формуватися. У працях Тімохіна В.О., Щурової В.А. та Сало І.В. підкреслюється необхідність розвитку підземних просторів задля зниження екологічного навантаження та підвищення ефективності використання урбанізованих територій. І.В. Сало наголошує на перспективності втілення біотехнологічних рішень у міському середовищі України, звертаючи увагу на баланс екологічних і економічних підходів. Зокрема, йдеться про створення інноваційних центрів із запровадженням енергоефективних технологій та адаптацією до змін клімату [6].

У дисертації «Типологічні особливості архітектурно-планувальної організації підземних науково-дослідних центрів в Україні» Сало В.В. пропонує ґрунтовний аналіз інтеграції наукових інституцій у структуру сучасних міст. Дослідження висвітлює важливість урахування специфіки біотехнологічних процесів під час проектування таких об'єктів, а також необхідність забезпечення їх екологічної безпеки та енергоефективності [6].

*У дисертації виокремлено такі основні напрями дослідження:*

*Архітектурно-планувальні принципи.*

Запропоновано застосування модульного підходу при проектуванні біотехнологічних центрів, що дозволяє швидко адаптувати просторову конфігурацію будівлі до змінних завдань галузі. Модульність дає змогу гнучко трансформувати внутрішні зони без значних капіталовкладень [6].

*Екологічна інтеграція.*

Наголошується на впровадженні «зелених» технологій у будівельні та експлуатаційні рішення: зелені дахи, вертикальне озеленення та системи збору дощової води. Такі заходи покращують мікроклімат, знижують енергоспоживання і підвищують екологічну ефективність об'єкта.

*Використання підземного простору.*

Досліджено доцільність розміщення технічних приміщень та лабораторій під землею. Це зменшує щільність забудови на поверхні, зберігає візуальну привабливість ландшафту й оптимізує освоєння міської ділянки [6].

*Соціальний аспект.*

Підкреслено важливість інтеграції публічних просторів у структуру біотехнологічного центру, що сприяє діалогу між науковою спільнотою та мешканцями й популяризації наукових здобутків. Ця ідея перегукується з концепціями зеленої інфраструктури Mell I.C. у «Green Infrastructure: Concepts and Planning», де показано роль озелених територій у зміцненні екологічної стійкості міст.

Серед міжнародних і вітчизняних ініціатив, що підтримують дослідження та впровадження сталого архітектурно-планувального підходу з використанням біотехнологій, найважливішими є:

- *UN-Habitat (Програма ООН з питань населених пунктів)*

Розробляє рекомендації та підтримує проекти у сфері міського розвитку, спрямовані на підвищення якості життя та ефективне просторове планування. Можуть надати аналітичну й технічну підтримку для інтеграції екологічних

ідей та біотехнологічних підходів у генплани чи концепції розвитку поселень.

- *UNESCO (Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури)*

Захищає культурну та природну спадщину, впроваджує різноманітні освітні й наукові програми.

- *UNEP (Програма ООН з довкілля)*

Координує й фінансує глобальні ініціативи з охорони довкілля, боротьби зі зміною клімату, поширення екологічних інновацій. Надає підтримку проектам, де залучені біотехнології для відновлення екосистем і просування сталих рішень у просторі поселень.

- *IUCN (Міжнародний союз охорони природи)*

Опікується програмами зі збереження біорізноманіття, формує міжнародні стандарти управління природоохоронними територіями.

- *World Green Building Council (Всесвітня рада з «зеленого» будівництва)*

Запроваджує стандарт «зеленого» будівництва, підтримує сертифікацію будівель за принципами енергоефективності та збереження ресурсів.

- *European Federation of Biotechnology (Європейська федерація біотехнологій, EFB)*

- *WWF (Всесвітній фонд дикої природи)*

Працює над захистом видів тварин і рослин які вимирають, відновленням природних середовищ, розбудовою глобальної ековідповідальності. Ініціює та підтримує проекти з відновлення ландшафтів, створення природних коридорів, що може доповнювати ідею поселень із «зеленими» та біотехнологічними зонами.

- *FLA (Міжнародна федерація ландшафтних архітекторів)*

Сприяє впровадженню інноваційних рішень, де поєднуються принципи збереження природи та ландшафтного проектування.

### **Українські державні та наукові структури:**

- *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*

Формує державну екологічну політику, регулює природокористування й діяльність природно-заповідного фонду. Забезпечить нормативно-правове підґрунтя для реалізації проєктів, пов'язаних із впровадженням біотехнологій і природоохоронних заходів.

- *Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України*

Відповідає за містобудівну діяльність, просторове планування, будівельні норми й регіональний розвиток.

- *Національна академія наук України (НАН України)*

Об'єднує профільні інститути, що здійснюють дослідження у сфері біології, географії, хімії води та інших дотичних напрямках.

- Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного – рослинні біотехнології.

- Інститут географії – управління природними ресурсами, просторовий розвиток.

- Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського – методи очищення та відновлення водних екосистем.

- Українська рада з «зеленого» будівництва (Ukraine Green Building Council, Ukgbc) [20].

## 1.2 Вітчизняний та міжнародний практичний досвід впровадження біотехнологічних центрів у міські та приміські поселення

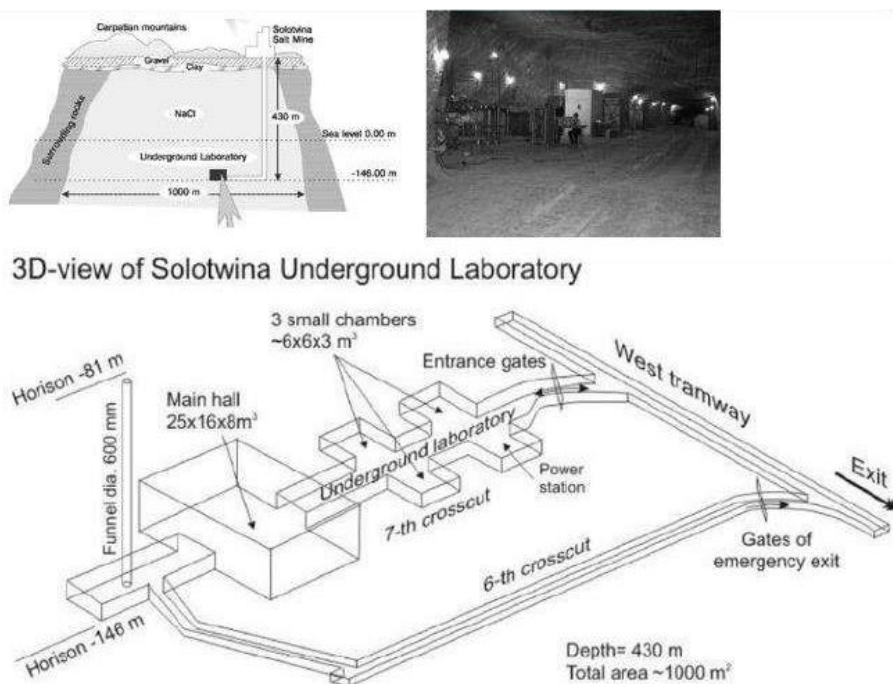
### *Вітчизняні аналоги:*

#### *Солотвинська підземна лабораторія (рис. 1.2.2)*

*Рік побудови: 1984 р.*

*Місце розташування: Солотвин, Україна*

Єдина в Україні підземна лабораторія, споруджена у 1984 році колективом відділу фізики лептонів Інституту ядерних досліджень НАН України під керівництвом Ю. Г. Здесенка в соляній шахті. Вона поділена на головну залу та чотири окремі камери, загальна площа яких сягає приблизно 1000 м<sup>2</sup>. На поверхні передбачено три житлові кімнати. Потрапити до лабораторії можна через вертикальну шахту, а глибина її залягання становить 430 м (рис.1.2.1) [10,6].



*Рис.1.2.1. Солотвинська підземна лабораторія, схеми, 1984 р, Ініціатор побудови: відділ фізики лептонів (ФЛЛ) Інституту ядерних досліджень НАН України. Солотвин, Україна [10,6].*

### **Інноваційний парк 'UNIT.City' (рис. 1.2.3)**

*Рік побудови: 2016-2017 рр.*

*Місце розташування: Київ, Україна*

UNIT.City — перший в Україні інноваційний парк, розташований на території колишнього мотозаводу в Києві. Його концепція полягає в створенні єдиного середовища, що поєднує високотехнологічні компанії, стартапи, освітні платформи та науково-дослідні центри, забезпечуючи умови для тісної співпраці бізнесу, науки та освіти. Інфраструктура включає офісні й коворкінг-простори, лабораторії, конференц-зали, зелені зони та зони відпочинку (рис. 1.6). За стратегією «місто в місті» передбачено зведення житлових будинків і розширення освітнього напрямку, що сприятиме комфортному перебуванню фахівців на території парку [14].

Проект вирізняється унікальним поєднанням індустриальної спадщини з сучасними технологіями будівництва та дизайнерськими рішеннями (рис. 1.2.2). Основна ідея передбачає реновацію корпусів колишнього мотозаводу та зведення нових об'єктів зі скла й бетону, які разом утворюють цілісний архітектурний ансамбль [14].



*Рис.1.2.2. Інноваційний парк 'UNIT.City', генеральний план 2016-2017 рр. Київ, Україна [14].*



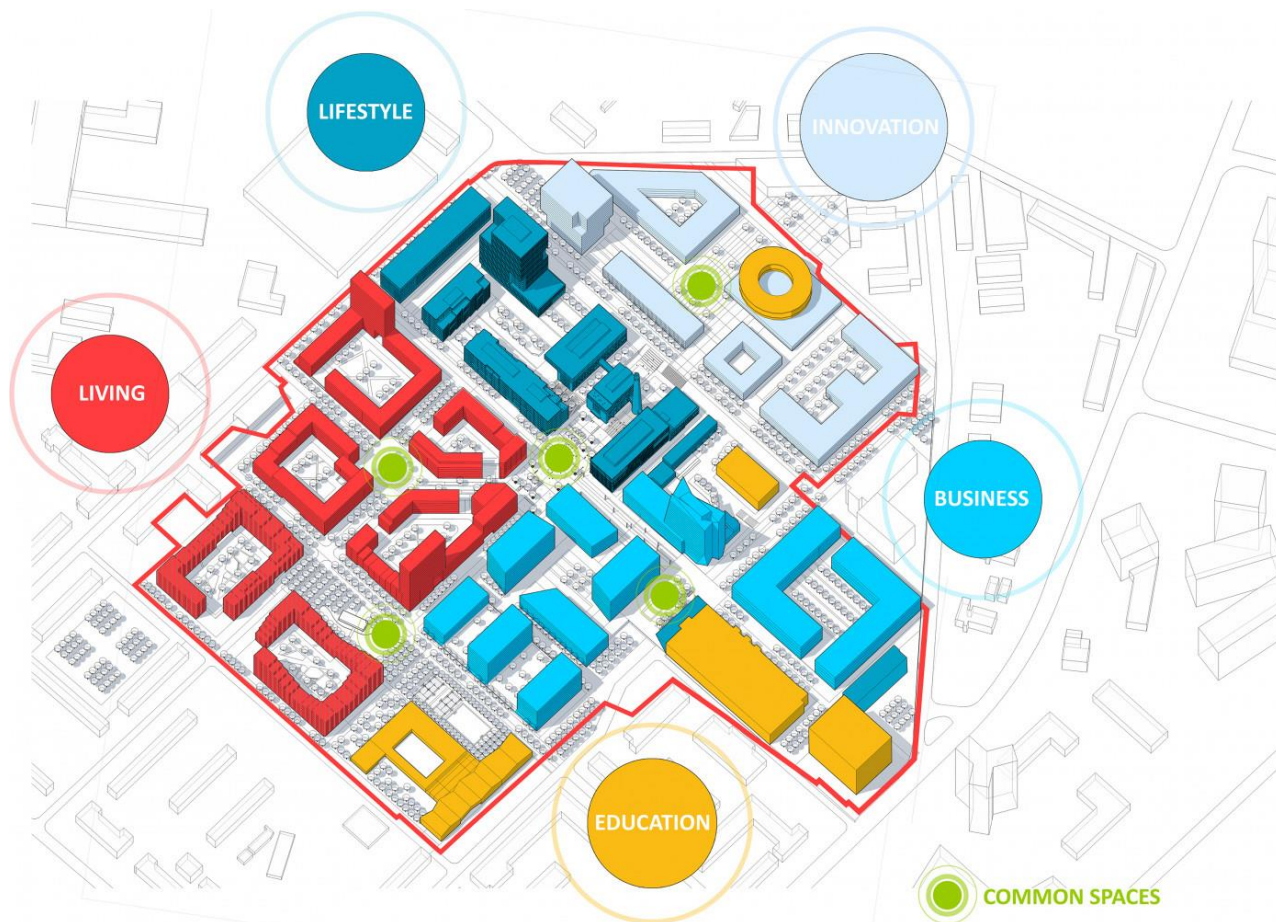
*Рис.1.2.3. Інноваційний парк 'UNIT.City', перспектива 2016-2017 рр. Київ, Україна [14].*

Організація простору заснована на модульному принципі: багатофункціональні блоки (офіси, освітні зони, R&D-простори) спроектовано так, щоб їх можна було швидко трансформувати та поєднувати завдяки відкритому плануванню й ергономічному зонуванню. Особливої уваги заслуговує поєднання автентичних фасадів історичних корпусів із червоної цегли та сучасних скляних об'ємів (рис. 1.2.4). Така взаємодія матеріалів і форм формує впізнавану ідентичність парку й сприяє творчій атмосфері [14].

Просторову композицію доповнюють широкі пішохідні променади, озеленені лаунж-зони й сквери з робочими та відпочинковими майданчиками просто неба. Цей спосіб забезпечує безперервний зв'язок між внутрішніми приміщеннями та міським середовищем, створюючи зручні умови для обміну ідеями й налагодження комунікацій між фахівцями різних галузей [14].

Архітектори особливу увагу приділили енергоефективності та екологічній стійкості: фасади із застосуванням енергоощадного скління, «зелені» дахи, системи збору та повторного використання дощової води, а також сучасні

інженерні системи для підтримання оптимального мікроклімату. Публічні простори (кав'ярні, ресторани, зони для воркшопів і виставок) розташовані вздовж головних пішохідних маршрутів, завдяки чому вони доступні не лише працівникам та резидентам, а й усім відвідувачам [14,15].



*Рис.1.2.4. Інноваційний парк 'UNIT.City', схема 2016-2017 рр. Київ, Україна [15].*

### ***LvivTech.City – інноваційний парк у Львові (рис.1.2.6)***

*Рік побудови: в процесі будівництва*

*Місце розташування: Львів, Україна*

LvivTech.City — майбутній інноваційний парк у Львові (рис. 1.2.5), який наразі зводиться на території з розвинутою транспортною мережею та логістикою. Резиденти парку представлятимуть високотехнологічні сфери:

ІТ, енергоощадження, біотехнології, R&D-центри, інкубатори й акселератори, а також освітні платформи з напрямків ІТ та дизайну.

Основна ідея LvivTech.City полягає в створенні середовища, де бізнес, наука й освіта працюватимуть у тісній взаємодії, генеруючи й впроваджуючи інноваційні рішення. Реалізація відбуватиметься поетапно: у декілька черг будівництва вводитимуться в експлуатацію офісні, навчальні, дослідницькі та соціальні об'єкти [16, 17].

Планована інфраструктура передбачає різноформатні офісні приміщення — від окремих модульних блоків до великих поверхів, коворкінги для стартапів і лабораторії для наукових досліджень. Крім того, передбачено університетські представництва, а також зони дозвілля й відпочинку: кафе, ресторани, спортивні майданчики та озеленені території, що створять комфортні умови для роботи та спілкування [16, 17].



*Рис.1.2.5. LvivTech.City, перспектива, Львів, Україна [16].*

Проектування парку здійснюється з урахуванням сучасних архітектурних тенденцій і принципів сталого будівництва. Фасади будівель

характеризуються прозорістю (великі панорамні вікна, скляні та металеві конструкції) й відкритістю просторів, що сприяє комунікації між резидентами. Значна увага приділяється впровадженню енергоефективних рішень, таких як системи рекуперації тепла, сонячні панелі та «зелені» дахи, аби скоротити споживання ресурсів. На території передбачено озеленені тераси і публічні простори для проведення виставок, конференцій і нетворкінгу, а також безпечна пішохідна й велосипедна інфраструктура [16,17].

Розбудова LvivTech.City відбувається поетапно. На першому етапі йдеться про створення офісних корпусів і коворкінгів, а також базової інженерної інфраструктури. Друга черга передбачає розширення офісних площ, імовірно будівництво житлових блоків для спеціалістів та студентів, а також відкриття додаткових освітніх і дослідницьких центрів. На завершальному етапі планується облаштування масштабних спортивно-культурних об'єктів, повноцінних зон відпочинку та розваг, що сприятиме формуванню інноваційної екосистеми (рис.1.2.6).



Рис.1.2.6. а) LvivTech.City, генплан, Львів, Україна [16].

б) LvivTech.City, план типового поверху офісу, Львів, Україна [16].

Зосередження в одному середовищі численних технологічних компаній, університетських підрозділів і науково-дослідних лабораторій робить LvivTech.City каталізатором розвитку ІТ-сектора та сприятливим майданчиком для народження стартапів. Проект привертає увагу міжнародних інвесторів і створює можливості для співпраці з глобальними гравцями, підвищуючи конкурентні переваги львівського та загальнонаціонального технологічного ринку. Крім того, LvivTech.City стимулює економічне зростання прилеглих районів, генерує нові робочі місця, збільшує попит на місцеві сервіси та сприяє поліпшенню міської інфраструктури. Використання екологічних і ресурсощадних рішень перетворює парк на приклад сталого урбаністичного розвитку, поєднуючи інноваційні будівельні підходи з дбайливим ставленням до довкілля [16].

### **Innovation District IT Park (рис.1.2.7)**

**Рік побудови: в процесі будівництва**

*Місце розташування: Львів, Україна*



*Рис.1.2.7. Innovation District IT Park, перспектива Львів, Україна [18].*

Innovation District IT Park у Львові об'єднує бізнес, освіту та науку на одній території з метою налагодження тісної взаємодії між учасниками інноваційної екосистеми. Архітектурна концепція передбачає поділ простору на кілька функціональних зон — офісні, освітні та дозвілєві квартали, з'єднані пішохідними алеями й відкритими майданчиками (рис. 1.2.8). Заплановано зведення сучасних офісних веж із прозорими скляними фасадами та гнучким внутрішнім зонуванням, що дасть змогу легко змінювати конфігурацію приміщень відповідно до потреб компаній і стартапів. Окрему увагу приділено облаштуванню коворкінгів та навчальних аудиторій із мультимедійним обладнанням, а також лабораторій, де студенти й фахівці зможуть спільно розробляти новітні рішення [18].

У публічних просторах передбачені затишні сквери з лавками, озеленені площі та велодоріжки, що з'єднують усі ключові точки кампусу. Відкриті тераси служитимуть майданчиками для нетворкінгу й фестивалів під просто неба [18].

Архітектурне рішення робить упор на енергоефективність: на дахах встановлять сонячні панелі, а системи рекуперації тепла та високі теплоізоляційні характеристики склопакетів у фасадах знизять енергоспоживання. Публічний простір доповнять кафе, ресторани та зони відпочинку, відкриті не лише для працівників, а й для мешканців міста. Спортивну інфраструктуру складатимуть майданчики для ігор, тренажерні зали та бігові маршрути [18].

Щоб зберегти максимум відкритої площі для пішоходів, територію оснащуватимуть підземними й наземними паркінгами. Фасади будівель виконані зі скла й металу, які поєднуються з зеленими зонами, створюючи відкритий і приємний вигляд проекту. Інтер'єри офісів облаштують мобільними перегородками та модульними меблями, що забезпечить швидку адаптацію простору до потреб ІТ-команд. Через увесь кампус пролягає головна пішохідна вісь, що об'єднає офіси, освітні кластери, конференц-зали й зони відпочинку в єдину логічну структуру [18].

***Balbek bureau develops RE: UKRAINE, a modular town system for refugees***

***Концепція (рис. 1.2.8)***

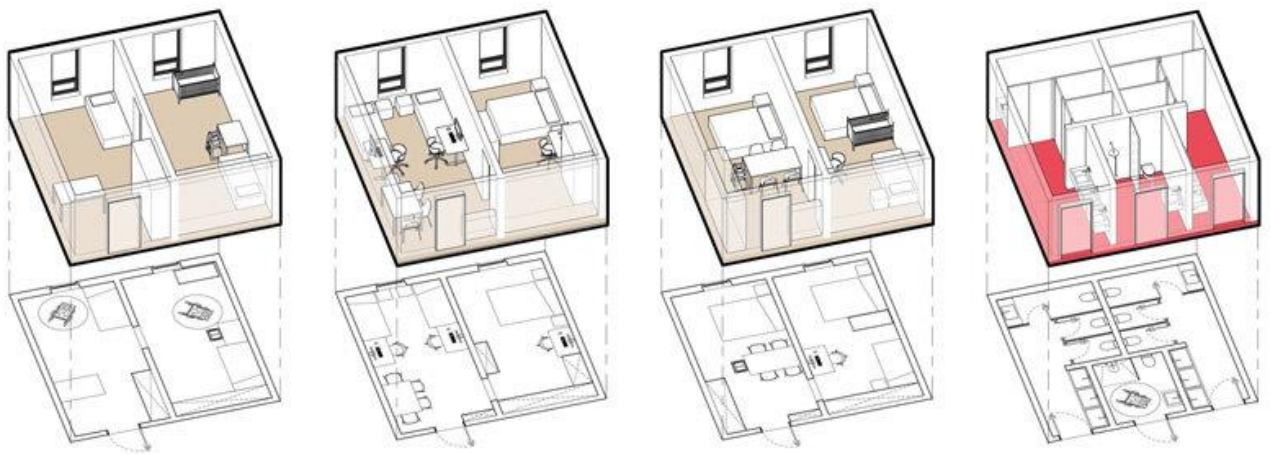
*Рік побудови: в процесі будівництва*

*Місце розташування: Львів, Україна*

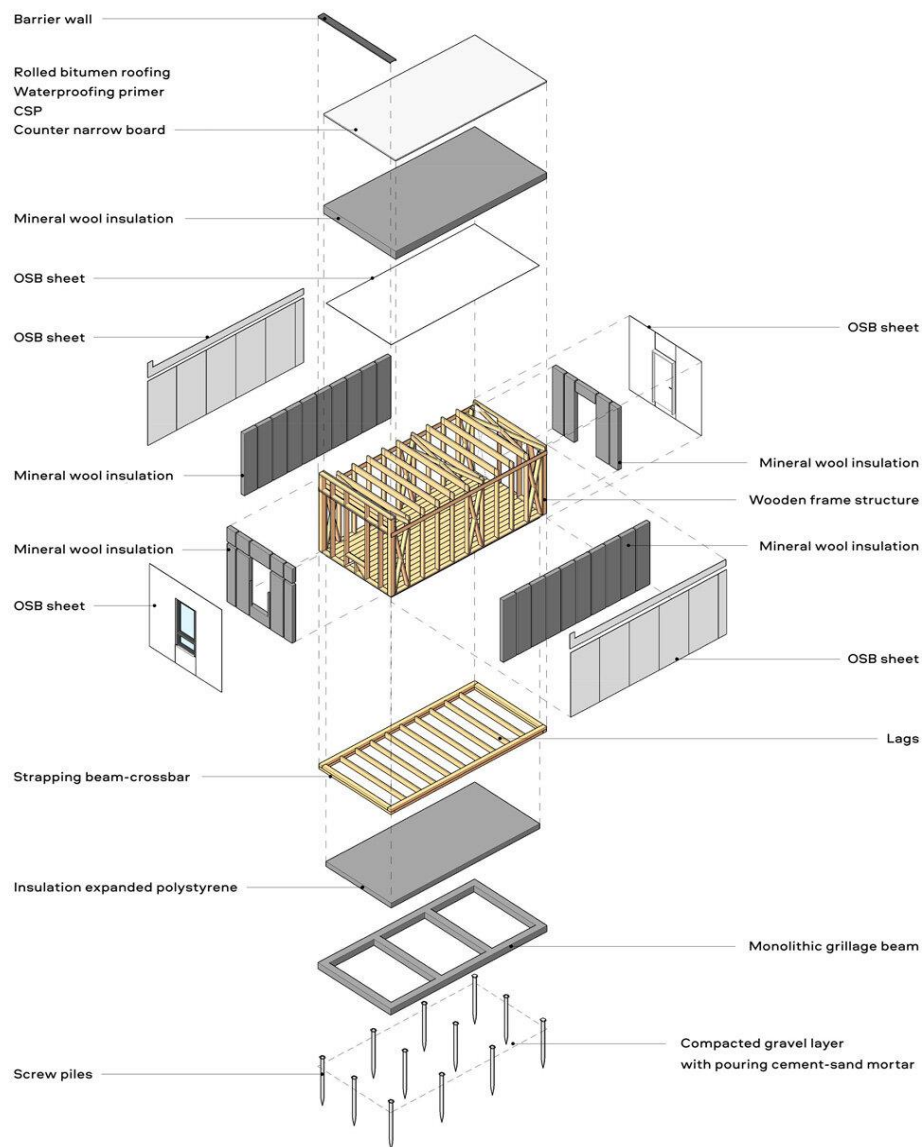


Рис.1.2.8. *Balbek bureau develops RE: UKRAINE, a modular town system for refugees, перспектива* [19].

Архітектурна студія Balbek Bureau розробила модульну систему містечка для внутрішньо переміщених осіб і біженців, що постраждали внаслідок воєнних дій. Основна ідея полягає в тому, щоб створити швидко створювані та адаптивні житлові модулі з базовою інфраструктурою, які можуть бути розгорнуті в різних місцях країни відповідно до актуальних потреб (рис. 1.2.9 а,б) [19].



a)



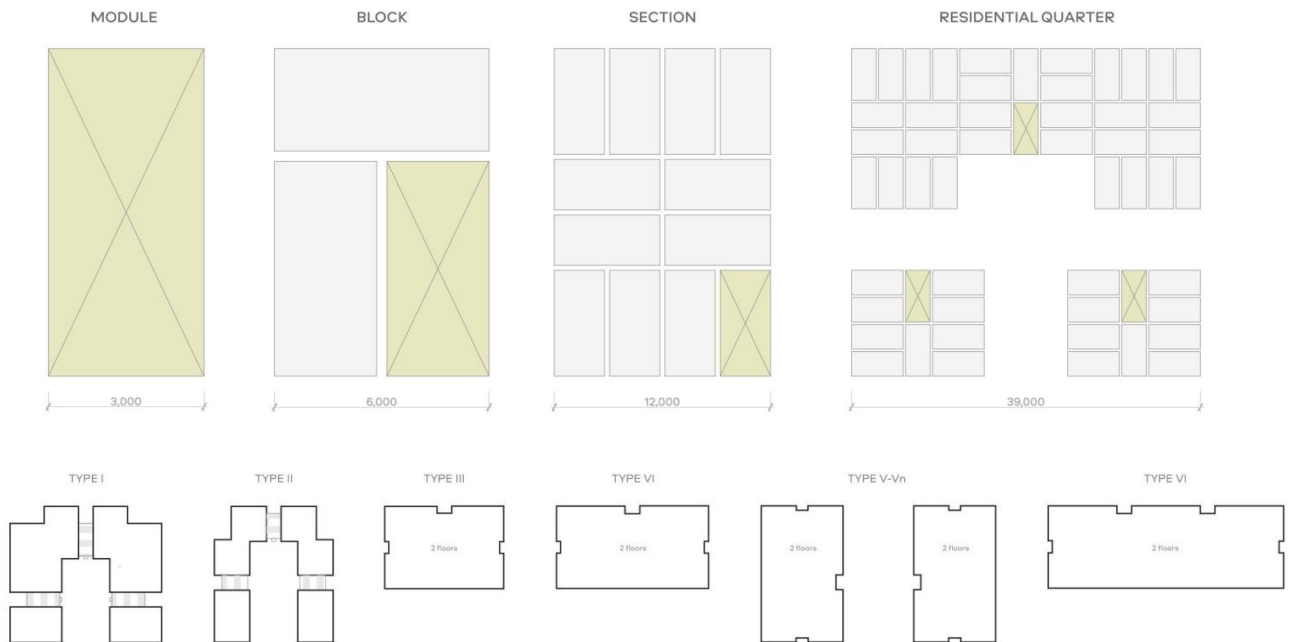
б)

Рис.1.2.9. а) *Balbek bureau develops RE: UKRAINE, a modular town system for refugees, аксонометрія* [19].

б) *Balbek bureau develops RE: UKRAINE, a modular town system for refugees, конструкція модуля* [19].

Водночас цей підхід може стати в пригоді й для розбудови робітничих поселень поблизу великих інноваційних об'єктів – зокрема біотехнологічних центрів, які передбачають залучення значної кількості спеціалістів і потребують оперативного створення додаткових житлових та громадських просторів. Модульна система дає можливість оперативно розгорнути житловий комплекс без необхідності довгого традиційного

будівництва. Це особливо актуально, якщо біотехнологічний центр потребує термінового розміщення спеціалістів з інших регіонів чи країн [19].



В)



Г)

*Рис.1.2.10. в) Balbek bureau develops RE: UKRAINE, a modular town system for refugees, схеми блоків [19].*

*г) Balbek bureau develops RE: UKRAINE, a modular town system for refugees, план поверху [19].*

Формат житлових рішень у межах біотехнічного комплексу варіюється залежно від його масштабу: від гуртожитків до сімейних квартир із вбудованими зонами відпочинку. У рамках модульної конструкції легко

інтегрувати додаткові блоки, наприклад лабораторні або офісні приміщення (рис. 1.2.10 в, г). Окрім житла, співробітникам біоцентру необхідні дитячі садочки, їдальні, спортивні майданчики та інші сервіси. Концепція «Re:Ukraine» розроблена з урахуванням комплексних потреб громади, що дозволяє масштабувати або адаптувати її рішення відповідно до конкретних вимог [19].

### **Міжнародний практичний досвід впровадження біотехнологічних центрів у міські та приміські поселення**

#### ***Albert Einstein Education and Research Center (рис. 1.2.11)***

*Рік побудови: 2022*

*Місце розташування: Сан-Паулу, Бразилія*

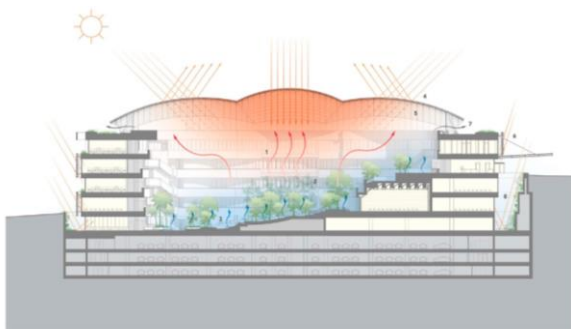
*Архітектор: Safdie Architects.*



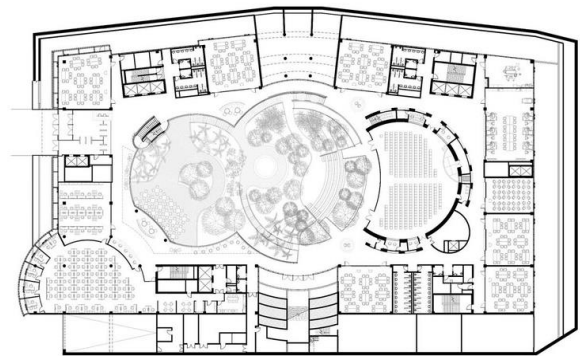
*Рис.1.2.11. Albert Einstein Education and Research Center, Сан-Паулу , Бразилія, 2022, Safdie Architects,перспектива [21].*

Центр виступає продовженням інфраструктури госпіталю Hospital Israelita Albert Einstein. Будівля поєднує медичні, науково-дослідні та освітні простори, формуючи сучасне середовище для навчання, досліджень і взаємодії студентів, викладачів і медичного персоналу.

Проект вирізняється чіткою просторовою композицією, яка забезпечує плавний перехід між існуючим кампусом і новим комплексом. Головний вхід розташований на рівні вулиці, що сприяє органічній інтеграції будівлі в міський простір (рис. 1.2.11). Усередині створено великий відкритий атриум, який слугує серцем центру, забезпечуючи візуальний зв'язок між поверхами та органічну вентиляцію й природне освітлення, наповнюючи інтер'єр денним світлом [21].



а)



б)



в)

*Рис.1.2.12. а) Albert Einstein Education and Research Center, Сан-Паулу, Бразилія, 2022, Safdie Architects, розріз [21].*

*б) Albert Einstein Education and Research Center, Сан-Паулу, Бразилія, 2022, Safdie Architects, розріз [21].*

*в) Albert Einstein Education and Research Center, Сан-Паулу, Бразилія, 2022, Safdie Architects, інтер'єр [21].*

Фасад вирізняється мінімалістичним поєднанням прозорого скла з чіткими вертикальними та горизонтальними лініями, що створює гармонійний баланс між відкритістю для відвідувачів і необхідним рівнем інтимності для науково-медичних приміщень. Для зменшення енерговитрат і водночас збереження комфортного освітлення в середині застосовано ефективні сонцезахисні системи та регульовані елементи світлопропускання (рис. 1.2.12 а, б) [21].

Інтер'єри та громадські простори оформлені з використанням натуральних матеріалів — світлого дерева й металу — а також інтегрованими зеленими зонами (рис. 1.2.12 в), що не лише підсилює естетичне враження, а й сприяє психологічному комфорту користувачів. Багаторівневі переходи та об'єми подвійної висоти додають масштабності та органічно розкривають різноманітність функцій центру [21].

***Національний інститут біотехнології Ізраїля (рис. 1.2.13)***

*Рік побудови: 2015 рік*

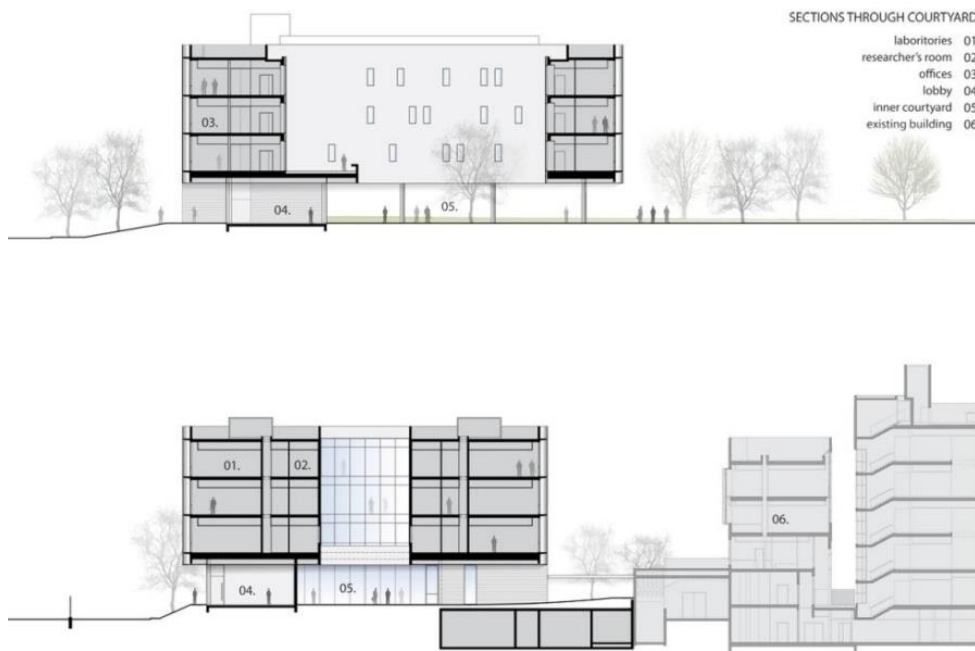
*Місце розташування: Ізраїль*

*Архітектори: Chyutin Architects*

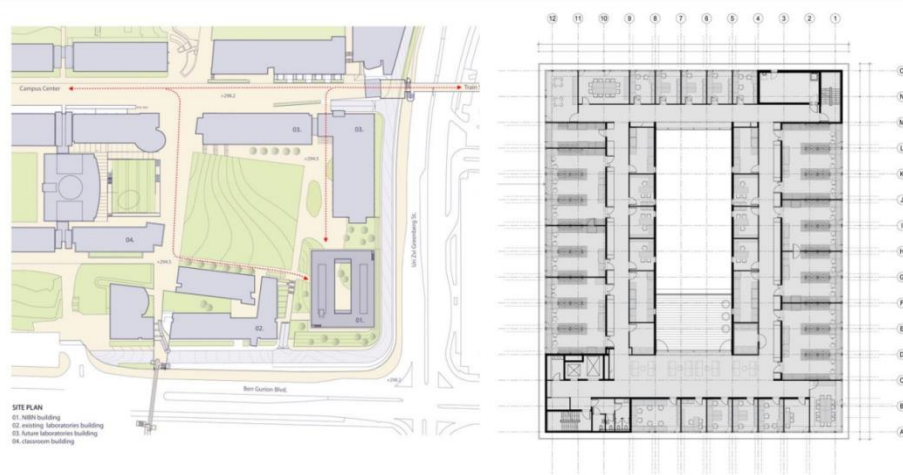
*Площа: 6000 м<sup>2</sup>*



Рис.1.2.13. *Національний інститут біотехнології, Ізраїль, 2015 рік, Архітектори: Chyutin Architects:перспектива [22].*



а)



б)

Рис.1.2.14 а) . Національний інститут біотехнології, Ізраїль, 2015 рік, Архітектори: Chyutin Architects:перспектива, розрізи [22].

б) . Національний інститут біотехнології, Ізраїль, 2015 рік, Архітектори: Chyutin Architects:перспектива, генплан, план [22].

Будівля дослідницьких лабораторій Національного інституту біотехнології в Негеві розташована в південно-західному куті кампусу Університету Бен-Гуріона та з'єднана з ним критим переходом. Споруда має чотири рівні:

перший прозорий поверх відведено під загальні громадські простори — фое, вітальню для викладачів, лекційну аудиторію, кафетерій і семінарську кімнату, тоді як три надбудовані поверхи займають лабораторії і кабінети дослідників (рис. 1.2.15). Така схема планування посилює міждисциплінарну взаємодію, сприяючи більш вільному обміну знаннями та зміцненню академічних зв'язків [22].

Інститут має чотири поверхи: три для лабораторій і кабінетів дослідників, що стоять над прозорим першим поверхом для загальних громадських функцій, таких як фое, вітальня викладачів, аудиторія, кафетерій і кімната для семінарів (рис.1.2.14 а,б,в). Це планувальне рішення дозволяє посилити взаємодію між дослідниками, тим самим покращуючи обмін знаннями та зміцнюючи академічні зв'язки між дисциплінами. Верхні поверхи організовані навколо квадратного простору, який утворює атриум під просто неба. Лабораторії та офіси розташовані на периферії будівлі, а соціальні приміщення зі скляними фасадами та допоміжні приміщення з потинькованими стінами виходять на атриум і мають вид на сад. Система подвійних фасадів служить оболонкою цієї секції, дозволяючи внутрішнім просторам отримувати належне освітлення [22].

***Центр біорізноманіття Naturalis Leiden (рис. 1.2.15)***

*Архітектори: Neutelings Riedijk Architects*

*Площа: 38000 м<sup>2</sup>*

*Рік побудови: 2019 рік.*

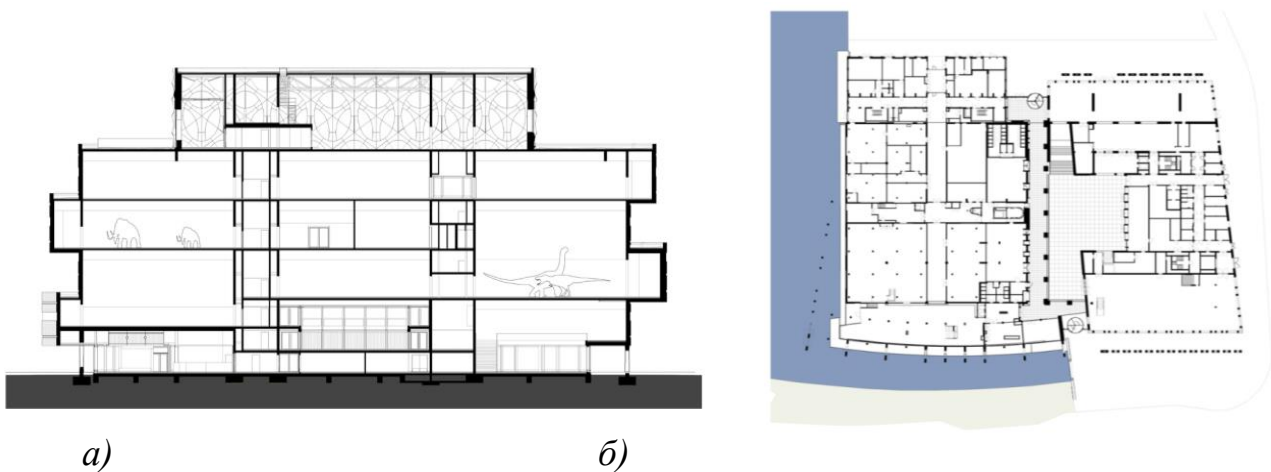
*Місце розташування: Нідерланди*



*Рис.1.2.15. Центр біорізноманіття Naturalis Leiden, Нідерланди, 2019р. Архітектори: Neutelings Riedijk Architects: перспективне зображення [23].*

Нідерландський національний центр біорізноманіття, спроектований студією Neutelings Riedijk Architects, створює інтегрований простір, де наука та громадськість співпрацюють задля розв'язання глобальних екологічних викликів: зміни клімату, втрати біорізноманіття, продовольчої безпеки та якості водних ресурсів. Заклад розрахований на понад двісті дослідників, а його центральний атриум виконує роль комунікаційного хабу, поєднуючи наявні адміністративні корпуси з новими виставковими та лабораторними приміщеннями (рис. 1.2.16 а) [23].

Конструкція атриуму — це тривимірна бетонна структура, що нагадує складну формулу молекул, оздоблену мереживом овальних, трикутних і шестикутних елементів (рис. 1.2.17 б). Фасади виставкових залів викладені горизонтальними шарами травертину, що наслідують природну геологічну структуру, а між цими кам'яними смугами розміщено декоративні фризи з білого бетону, створені за мотивами дизайну Іріс ван Герпен [23].



*Рис.1.2.16. Центр біорізноманіття Naturalis Leiden, Нідерланди, 2019р. Архітектори: Neutelings Riedijk Architects: перспективне зображення [23].*

***Інноваційний центр Bioprocess (рис.1.2.17)***

*Архітектори: Кларк Нексен*

*Площа: 18000 м<sup>2</sup>*

*Рік побудови: 2016 рік*

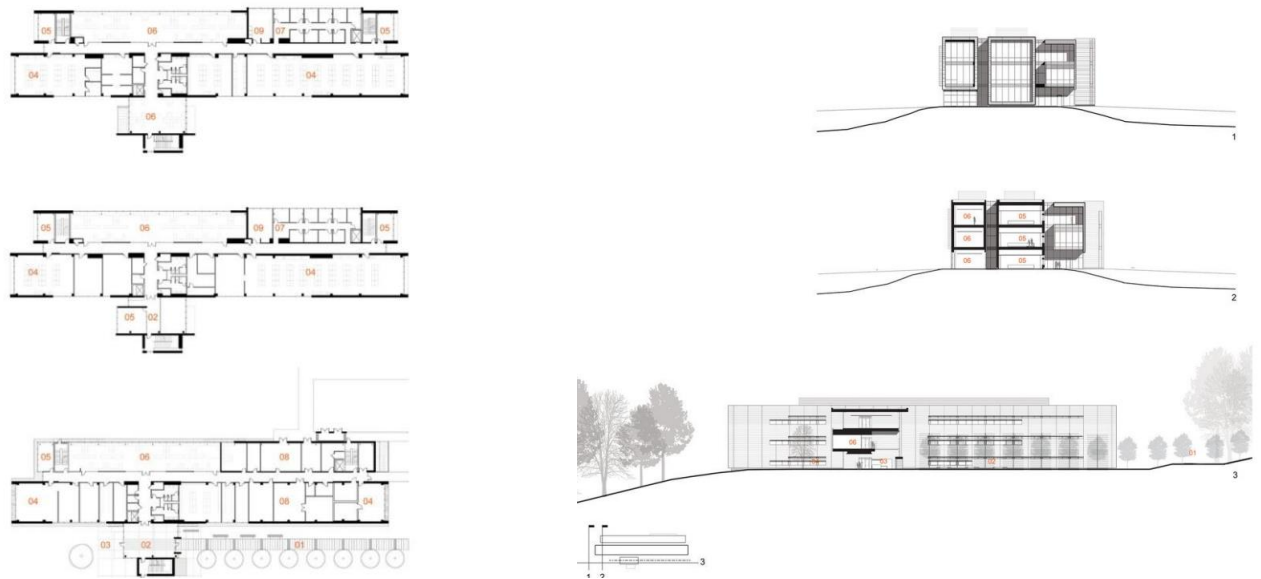
*Місце розташування: США*



*Рис.1.2.17. Інноваційний центр Bioprocess, США, 2016р. Архітектори: Neutelings Riedijk Architects: перспективне зображення [24].*

Концепція визначає дослідницьку лабораторію як «дім для команди вчених», акцентуючи увагу на створенні відчуття спільноти. Вхідне лобі організовано як динамічний простір, що заохочує співпрацю завдяки багаторівневим зонам для неформальних зустрічей (рис. 1.2.17) [24].

Центральний громадський шлях прокладено від терасової стоянки через двоповерховий вхід і вестибюль, де науковці можуть спілкуватися, а далі він плавно переходить на відкриту терасу з видом на захід (рис. 1.2.18 а, б). Стовпчики дерев уздовж алеї з лавками створюють затишні місця для спільного відпочинку та обміну ідеями, поєднуючи людей із природою й один з одним під час прогулянок (рис. 1.2.18 б) [24].



а)

б)

Рис.1.2.18. а) Інноваційний центр Bioprocess, США, 2016р. Архітектори: Neutelings Riedijk Architects: плани [24].

б) Інноваційний центр Bioprocess, США, 2016р. Архітектори: Neutelings Riedijk Architects: фасади [24].

***Renzo piano's california academy of sciences ( рис. 1.2.20)***

*Архітектори: Renzo Piano Building Workshop, Stantec Architecture*

*Рік побудови: 2008 рік*

*Місце розташування: Сан-Франциско, США*

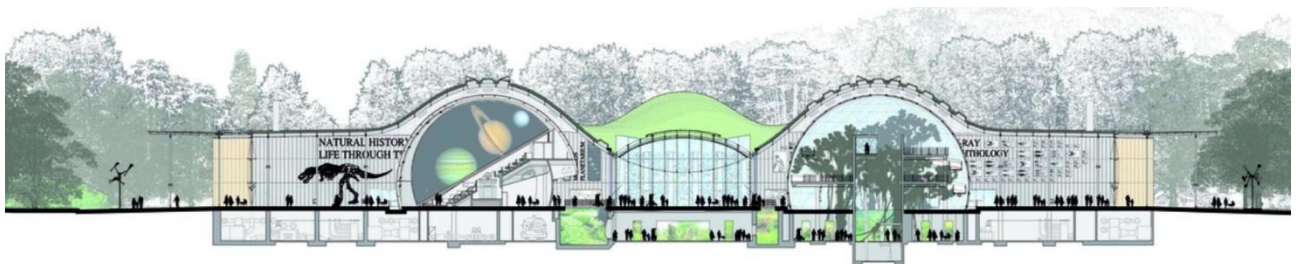
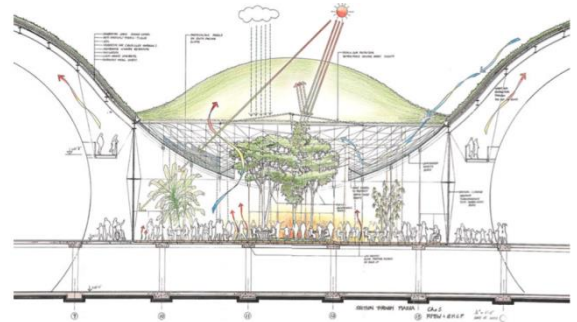
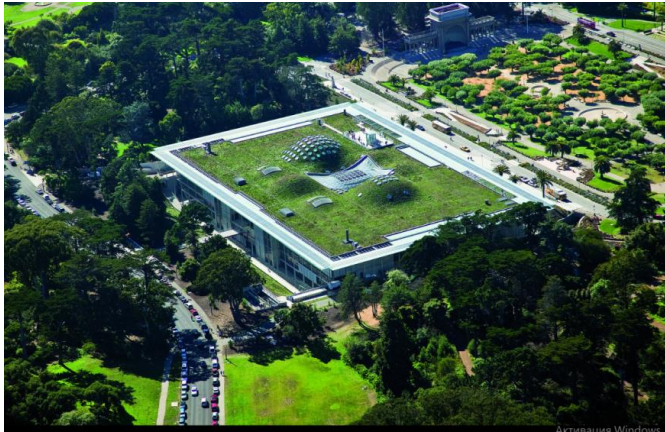


Рис.1.2.20. *Renzo piano's california academy of sciences, Сан-Франциско США, 2008 р. Архітектори: Renzo Piano Building Workshop Stantec Architecture, розріз [25].*

Каліфорнійська академія наук у Сан-Франциско (США), спроектована Ренцо Піано, розташована в парку Golden Gate. Комплекс поєднує музей природничої історії, акваріум і планетарій під єдиним «живим дахом», що

повторює контури навколишнього ландшафту (рис. 1.2.20 а, б). Головна ідея полягає в гармонійній інтеграції будівлі в природне середовище та застосуванні енергоефективних і екологічних рішень, які втілюють принцип сталого розвитку [25].



а)

б)

Рис.1.2.20. а) *Renzo piano's california academy of sciences, Сан-Франциско США, 2008 р.* Архітектори: *Renzo Piano Building Workshop Stantec Architecture,перспектива* [25].

б) *Renzo piano's california academy of sciences, Сан-Франциско США, 2008 р.* Архітектори: *Renzo Piano Building Workshop Stantec Architecture,розріз теплиці* [25].

Хвилеподібний «живий дах» Каліфорнійської академії наук виконано зі здичавілих для цього регіону рослин, що не тільки гармонійно вписується в ландшафт, а й виконує функції природного кондиціонування: зберігає стабільну температуру в приміщеннях, акумулює дощову воду та покращує мікроклімат [25].

Ландшафт даху утворюють кілька куполів різного діаметра, під якими розташовані виставкові зали й лабораторії. Для природного освітлення інтер'єру в покрівлі передбачено круглі світлові отвори — скляні «бульбашки», через які проникає м'яке сонячне проміння, створюючи комфортні умови для відвідувачів та працівників. Фасади й інтер'єри відзначаються максимальною прозорістю завдяки великій кількості скляних панелей, що відкривають панорамні види на парк і створюють відчуття

злиття з навколишнім середовищем. Центральний атриум отримує додаткове природне освітлення, а між приміщеннями акваріума, планетарію та музею відсутні глухі стіни, що забезпечує вільний рух відвідувачів [25].

В основі архітектурних рішень — принципи сталої забудови: ефективне енергоспоживання, природна вентиляція та максимальне використання денного світла. Інженерні системи знижують викиди CO<sub>2</sub> і мінімізують споживання ресурсів. Склопакети фасадів мають високі теплоізоляційні характеристики, а автоматизовані жалюзі регулюють інтенсивність сонячного потоку [25].

***New Global Hub for Biomedical Research / НОК (рис.1.2.21)***

*Архітектори: Hellmuth, Obata + Kassabaum, PC (НОК)*

*Рік побудови: концепція*

*Місце розташування: Palermo, Sicily, Italy*



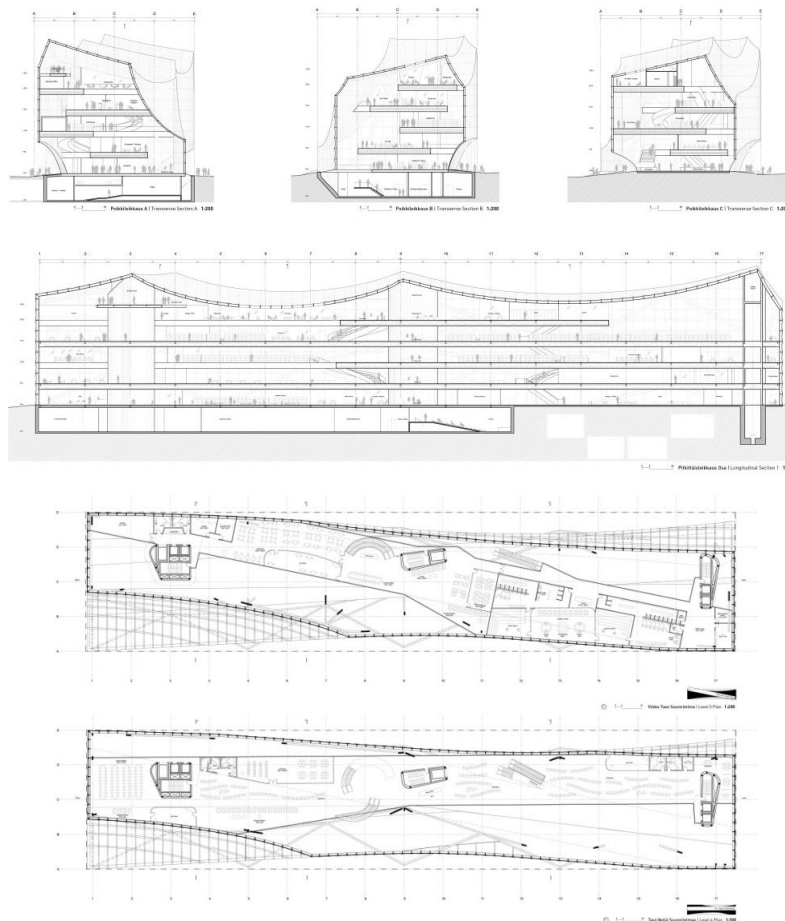
*Рис.1.2.21. New Global Hub for Biomedical Research, Палермо, Італія. Архітектори: Hellmuth, Obata + Kassabaum, PC (НОК), перспектива [26].*

В одному з основних рішень проєкту заплановано відкриті лабораторії, об'єднані спільними зонами для роботи та відпочинку. Така конфігурація сприяє неформальним контактам між науковцями, що підвищує ймовірність нових колаборацій і креативних ідей. У центрі комплексу розміщено атриум,

який об'єднує всі поверхи та водночас забезпечує природне освітлення робочих зон.

Фасад виконано в сучасному стилі з використанням прозорого скла та металу, що додає будівлі легкості й водночас відповідає високим стандартам енергоефективності. Вертикальні й горизонтальні сонцезахисні екрани контролюють інсоляцію, зберігаючи візуальний зв'язок з навколишнім середовищем [26].

Особливої уваги заслуговують відкриті тераси та «зелені» острови, які створюють комфортні умови для відпочинку та неформальних зустрічей на свіжому повітрі, а також сприяють екологічній стабільності. Інтер'єри спроектовано з можливістю швидкої трансформації та адаптації до різноманітних наукових завдань [26].



*Рис. 1.2.22. New Global Hub for Biomedical Research, Палермо, Італія. Архітектори: Hellmuth, Obata + Kassabaum, PC (НОК), розрізи, плани [26].*

### **Svalbard Science Centre / JVA (рис. 1.2.23)**

*Архітектори: Jarmund/Vigsnæs AS Architects MNAL / Einar Jarmund, Håkon Vigsnæs & Alessandra Kosberg*

*Рік побудови: 2005 р.*

*Місцезнаходження: Лонг'їрбієн, Шпіцберген*

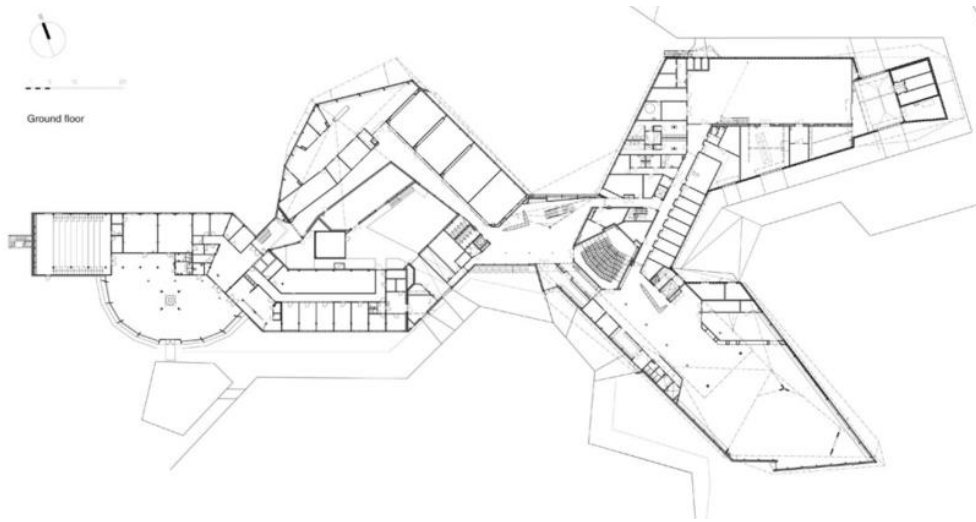


*Рис.1.2.23. Svalbard Science Centre / JVA, Лонг'їрбієн, Шпіцберген, 2005р, Архітектори: Jarmund/Vigsnæs AS Architects MNAL / Einar Jarmund, Håkon, перспектива [27].*

Svalbard Science Centre, розроблений архітектурним бюро Jarmund/Vigsnæs AS Architects (JVA), розташований у суворих арктичних умовах міста Лонг'їрбієн на Шпіцбергені. Архітектори прагнули створити споруду, здатну витримувати екстремальні температурні коливання та сильні вітри, водночас органічно вписуючись у незайманий пейзаж навколо. Виразна геометрія будівлі не лише підкреслює характерні обриси навколишніх гір, а й слугує захисним елементом проти вітрових навантажень (рис. 1.2.23) [27].

Фасади Центру виконано з високостійких металевих панелей та спеціального армованого скла, які разом створюють динамічний візуальний контраст і забезпечують довговічність конструкцій. Така комбінація

матеріалів гарантує надійний бар'єр проти кліматичних викликів Арктики, а завдяки продуманим елементам кріплення та герметизації зберігається оптимальний внутрішній мікроклімат.



*Рис.1.2.24. Svalbard Science Centre / JVA, Лонд'їрбієн, Шпіцберген, 2005р, Jarmund/Vignæs AS Architects MNAL / Einar Jarmund, Håkon, план [27].*

Комплекс складається з кількох функціональних блоків: навчальних і дослідницьких зон, музейних залів та адміністративних приміщень, що робить Центр головним науковим осередком регіону. Для забезпечення максимального природного освітлення приміщення орієнтовано таким чином, щоб мінімізувати вплив суворих арктичних умов. Внутрішні простори виконано з відкритими плануваннями та вітальними зонами для вільної комунікації й міждисциплінарної співпраці (рис. 1.2.24) [27].

Особливу увагу приділено системам опалення та енергоефективності: будівлю спроектовано з урахуванням мінімізації тепловтрат, а вентиляційні та ізоляційні рішення адаптовано до екстремальних температур. Великі віконні прорізи не лише пропускають достатньо денного світла, а й відкривають відвідувачам і науковцям неймовірні арктичні краєвиди, зберігаючи комфортний мікроклімат всередині [27].

**Ewha Womans University / Dominique Perrault Architecture ( рис. 1.2.25)**

*Архітектори: Dominique Perrault Architecture Vignæs & Alessandra Kosberg*

*Рік побудови: 2008 р.*

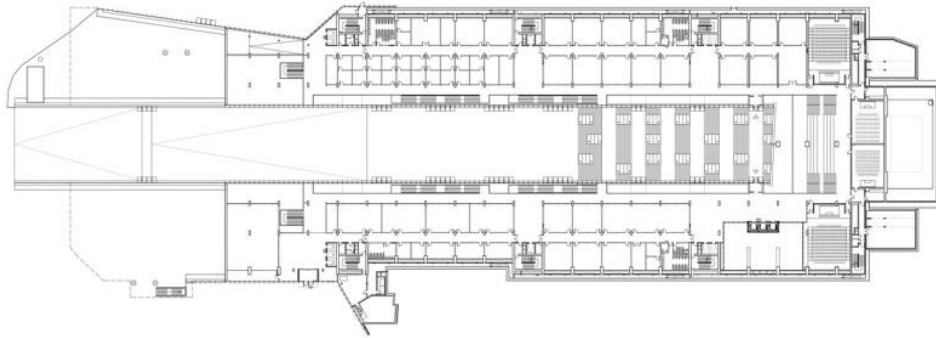
*Місце розташування: Сеул, Корея*



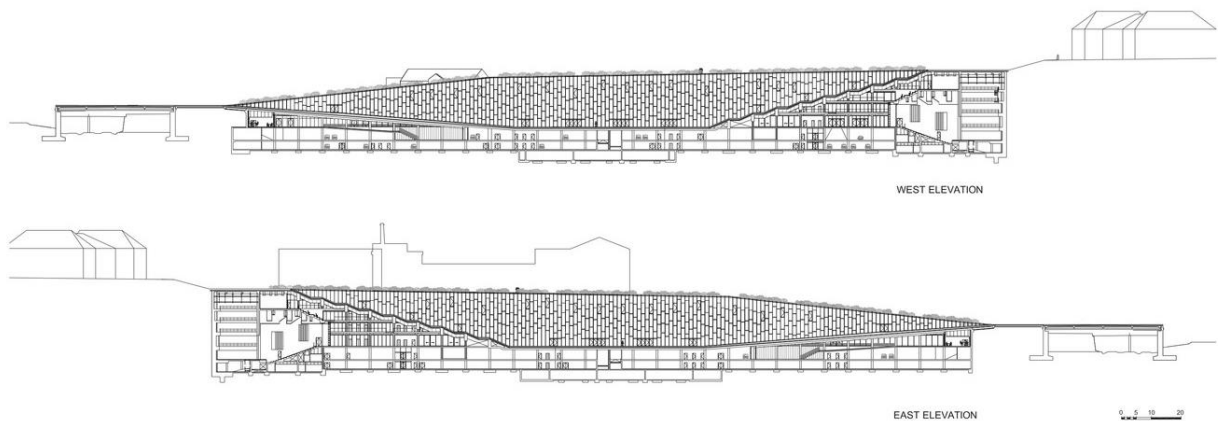
*Рис.1.2.25. Ewha Womans University, Сеул, Корея, 2008р. Архітектори: Dominique Perrault Architecture Vignæs & Alessandra Kosberg, перспективне зображення [28].*

Основна ідея полягає у вбудовуванні значної частини споруди в рельєф, формуючи своєрідну «зелену долину» між двома поступовими схилами. Верхня поверхня комплексу перетворюється на громадський простір — парк із відкритою зоною для відпочинку та проведення заходів (рис. 1.2.25). Фасади, «втоплені» в ландшафт, виконано з великої кількості скла, що забезпечує природне освітлення лекційних аудиторій, бібліотеки та інших приміщень.

Просторове планування будується навколо центральної алеї, яка перетинає «долину» й поєднує верхній та нижній рівні кампусу (рис. 1.2.26 а, б). Такий підхід створює відчуття відкритості та легкого доступу до всіх зон, а також формує продумані маршрути, що зв'язують розташовані на пагорбах будівлі в єдину логічну структуру [28].



а)



б)

*Рис.1.2.26. а) Ewha Womans University, Сеул, Корея, Dominique Perrault Architecture Vignæs & Alessandra Kosberg, 2008р, план [28].*

*б) Ewha Womans University, Сеул, Корея, Dominique Perrault Architecture Vignæs & Alessandra Kosberg, 2008р, розріз [28].*

Для забезпечення комфортного мікроклімату використано систему природної вентиляції, що дозволяє зменшити потребу в кондиціонуванні.

Окрім того, великі скляні фасади сприяють проникненню сонячного світла й допомагають економити енергію на освітленні ( рис.1.2.27 в) [28].

### **ZGC International Innovation Center ( рис. 1.2.27)**

*Архітектори: MAD Architects*

*Рік побудови: 2024 р.*

*Місце розташування: Пекін, Китай*

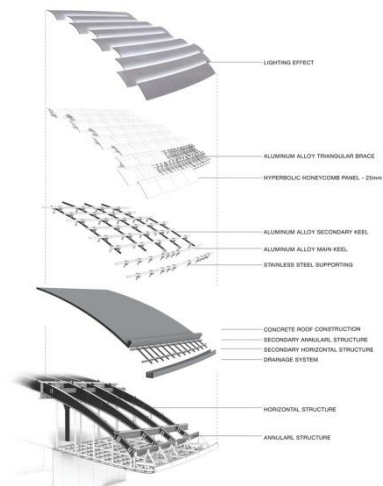


*Рис.1.2.27. ZGC International Innovation Center, Пекін, Китай, 2024 р.  
Архітектори: MAD Architects, перспектива [29].*

Центральну ідею втілено в трьох взаємопов'язаних вежах по п'ятнадцять поверхів кожна. Вежі поєднуються плавними, динамічними контурами, хоча відрізняються за висотою; їх об'єднує характерна «текуча» лінія фасадів, що надає споруді відчуття руху й створює гармонійний перехід у небо (рис. 1.2.27). Усередині комплекс поєднує всі секції через багаторівневий атриум, що піднімається на сімнадцять поверхів і наповнюється об'ємним денним світлом, формуючи єдиний простір для спільної діяльності та комунікації.



а)



б)

*Рис.1.2.28. а) ZGC International Innovation Center, Пекін, Кумай, 2024 р. Архітектори: MAD Architects, вибух-схема [29].*

*б) ZGC International Innovation Center, Пекін, Кумай, 2024 р. Архітектори: MAD Architects, конструкція [29].*

Дах будівлі перетворено на озеленену терасу з пішохідними доріжками і зонами відпочинку, де відвідувачі та працівники можуть проводити час на відкритому повітрі (рис.1.2.28 а,б). Крім того, різні рівні веж переплановано таким чином, щоб у них можна було інтегрувати «зелені» простори й тераси з рослинністю. Ці елементи не лише збагачують зовнішній вигляд комплексу, а й поліпшують мікроклімат, допомагаючи регулювати температуру в робочих зонах [29].

### ***Taiyuan Botanical Garden (рис. 1.2.29)***

*Архітектори: Delugan Meissl Associated Architects*

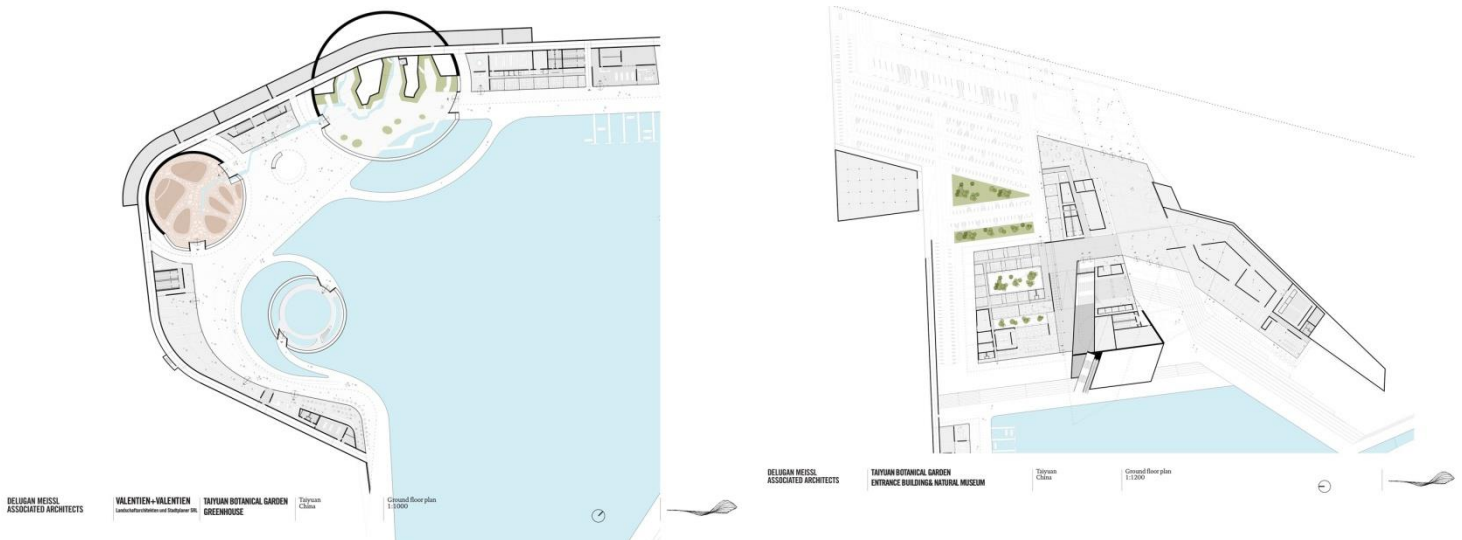
*Рік побудови: 2021 р.*

*Місце розташування: Тайвань*



*Рис.1.2.29. Taiyuan Botanical Garden, Тайвань, 2021р, Delugan Meissl Associated Architects, перспектива [30].*

Новий ботанічний сад у Тайюані, розроблений бюро Delugan Meissl Associated Architects, поєднує архітектурну сміливість із природним ландшафтом (рис. 1.2.29). Комплекс складається з трьох величезних павільйонів-теплиць, кожен із яких має власну тематичну концепцію та мікроклімат, що відтворює умови для різних груп рослин. Плавні контури й органічні вигини дахів перегукуються з навколишніми пагорбами, а масштабні скляні фасади, виконані з легких прозорих матеріалів, забезпечують максимальне проникнення сонячного світла. Складна металева конструкція каркасів гарантує необхідну міцність та стійкість, створюючи враження, ніби кожен павільйон виростає безпосередньо з землі [30].



*Рис.1.2.30. Taiyuan Botanical Garden, Тайвань, 2021 р. Delugan Meissl Associated Architects, фрагменти планування комплексу [30].*

Проектувальники передбачили органічне вплетення саду в міський контекст: відкриті доріжки, озеленені тераси та мости забезпечують зручну навігацію для відвідувачів і підкреслюють зв'язок внутрішніх просторів із зовнішнім середовищем (рис.1.2.30). Водночас розвинена система вентиляції й контролю температури допомагає підтримувати комфортний клімат для найрізноманітніших рослин і сприяє енергоефективності комплексу [30].

### **New Korea Hydro & Nuclear Power Headquarters (рис.1.2.31)**

*Архітектори: H Architecture*

*Рік побудови: 2014*

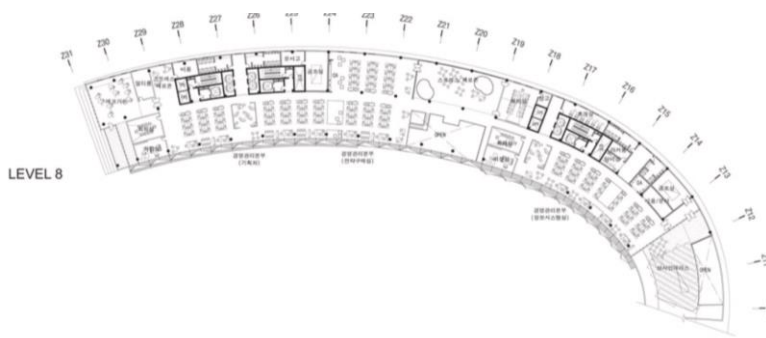
*Місце розташування: Gyeongju, Південна Корея*

У проєкті головного офісу Korea Hydro & Nuclear Power архітектори об'єднали принципи екологічного дизайну з культурними особливостями місцевості (рис.1.2.31). Комплекс організований як серія пов'язаних між собою будівель, об'єднаних пішохідними маршрутами та зеленими дахами, які формують об'єм, що переходить у ландшафт [39].



*Рис.1.2.31. New Korea Hydro & Nuclear Power Headquarters, Gyeongju, Південна Корея, 2014р. перспектива [39].*

Основний акцент зроблено на оптимальне використання денного світла та природну вентиляцію. Внутрішній двір діє як рекреаційний простір і одночасно покращує мікроклімат. Проєкт є прикладом синтезу високотехнологічної корпоративної архітектури та сталих принципів планування [38].



*Рис.1.2.32. New Korea Hydro & Nuclear Power Headquarters, Gyeongju, Південна Корея, 2014р. план [39].*

### **New Urban Campus for Bocconi University (рис.1.2.33)**

*Архітектори: SANAA (Kazuyo Sejima + Ryue Nishizawa)*

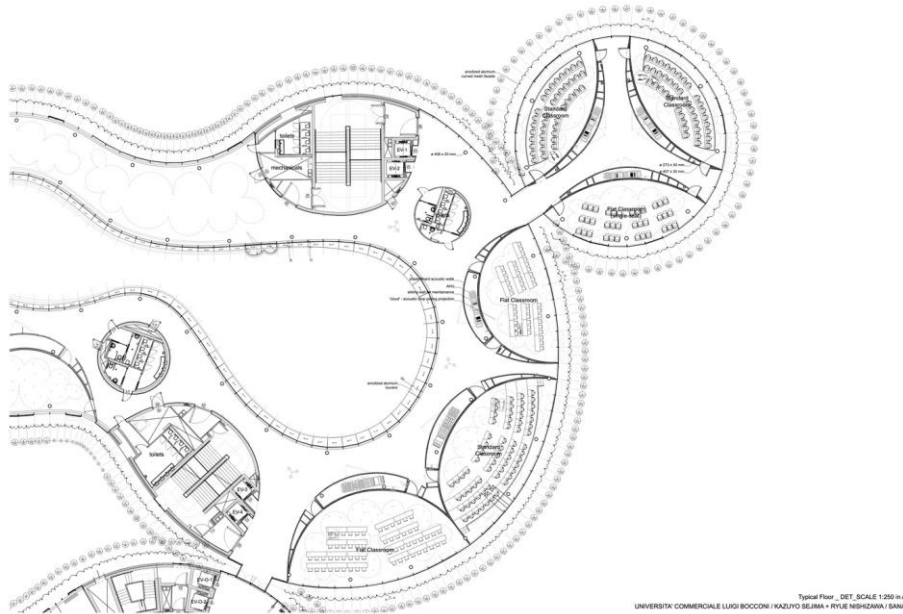
*Рік побудови: 2020*

*Місце розташування: Мілан, Італія*

Новий кампус Університету Бокконі демонструє ідею відкритого міського простору, що інтегрується у навколишнє середовище. Головний принцип — прозорість і візуальна доступність: фасади виконані зі скла з м'якими вигнутими формами, які забезпечують світлопроникність і плавний перехід між внутрішніми та зовнішніми просторами (рис.1.2.33). Просторову структуру організовано як систему напіввідкритих атриумів і внутрішніх дворів, що сприяє створенню мікроклімату та заохочує соціальну взаємодію студентів і дослідників. Використання природної вентиляції та енергоефективних систем стало основою для сталого функціонування кампусу [40].



*Рис.1.2.33. New Urban Campus for Bocconi University, Мілан, Італія, 2020 р.перспектива [40].*



*Рис.1.2.34. New Urban Campus for Bocconi University, Мілан, Італія, 2020 р.фрагмент плану [40].*

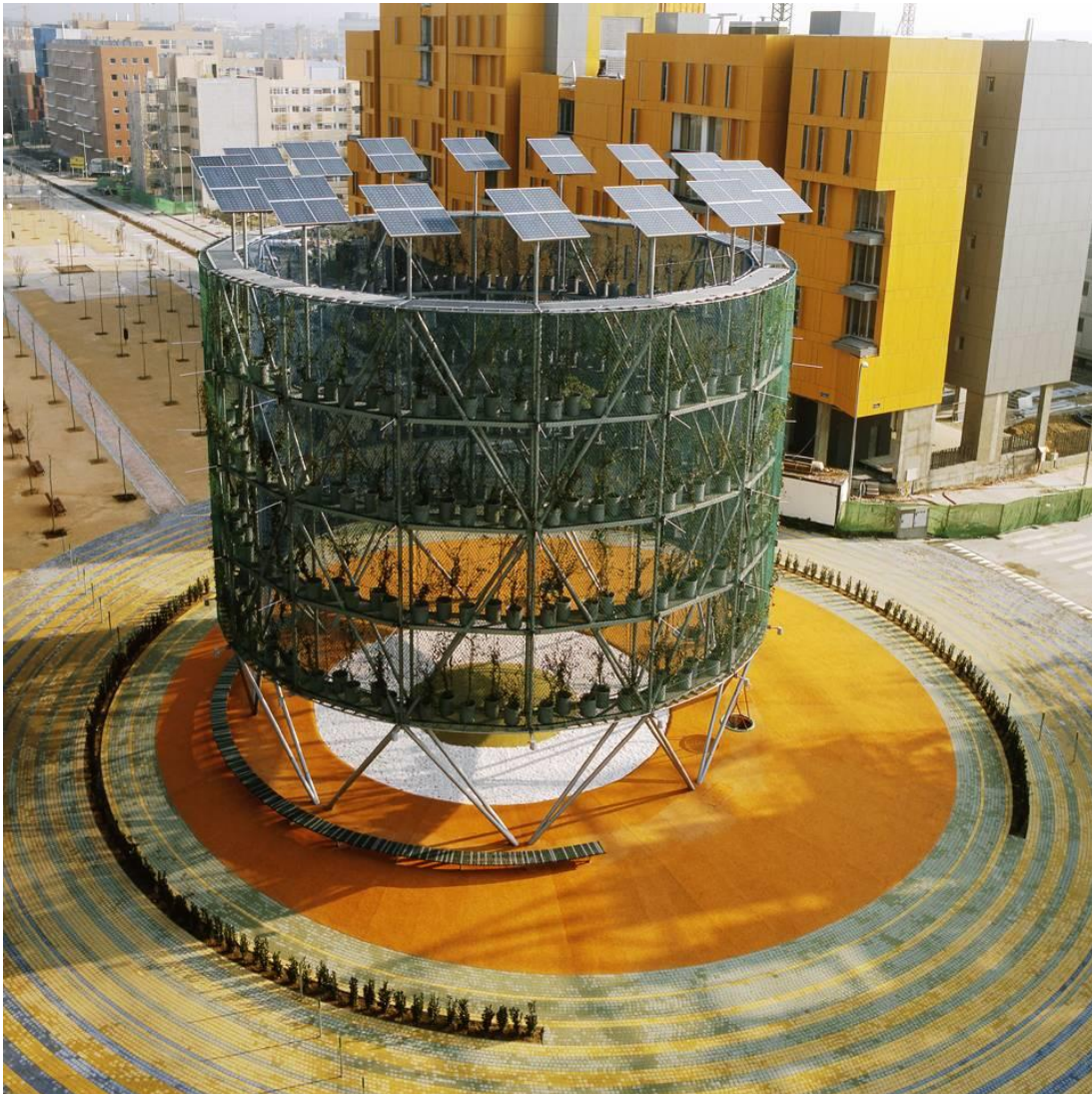
### **Eco-Boulevard / Ecosistema Urbano (рис.1.2.35)**

*Архітектори: Ecosistema Urbano*

*Рік реалізації: 2008*

*Місце розташування: Мадрид, Іспанія*

Eco-Boulevard — експериментальний публічний простір, розроблений для району Vallecas як модель сталого урбанізму. Центральним елементом проєкту стали так звані «біокліматичні конструкції» — легкі павільйони, що використовують сонячну енергію, природну вентиляцію та водяне охолодження для створення комфортного мікроклімату у відкритому міському середовищі (рис.1.2.35). Павільйони працюють як своєрідні «штучні дерева», що очищують повітря та знижують температуру. Проєкт демонструє, як за допомогою простих екологічних технологій можна покращити якість життя в умовах щільної урбанізації [41].



*Рис.1.2.35. Eco-Boulevard, Vallecas, Мадрид, Іспанія, 2008 р. [41].*

### **Thammasat University Rooftop Farm (рис.1.2.36)**

*Архітектору: Landprocess (Kotchakorn Voraakhom)*

*Рік реалізації: 2019*

*Місцезоташування: Бангкок, Таїланд*

Цей проєкт є найбільшою органічною фермою на даху в Азії — її площа становить понад 22 000 м<sup>2</sup>. Архітектурне рішення базується на традиційних принципах рисових терас, адаптованих до міського середовища. Покрівля виконує функції фільтрації дощової води, утримання ґрунту та

вирощування культур без застосування пестицидів (рис.1.2.36). Система включає резервуари для збору дощової води та сонячні панелі для енергозабезпечення. Це приклад інтеграції аграрної екосистеми у міську інфраструктуру з одночасною просвітницькою функцією — на території ферми проводять навчання та екологічні події [42].



*Рис.1.2.36. Thammasat University Rooftop Farm, Бангкок, Таїланд, зелені покрівлі 2019 р . [42].*

### **1.3 Умови та фактори архітектурно-планувальної організації поселення з місцеутворюючим центром біотехнології.**

Поселення з місцеутворюючим центром біотехнології – новий тип населеного пункту, який поєднує житлові, науково-дослідні та екологічні функції. Його основою є біотехнологічний центр, що формує інноваційне середовище, орієнтоване на відновлення довкілля, розвиток біологічних наук та сталих технологій. Подібний підхід відображає сучасні тенденції у плануванні дослідницьких кампусів та наукових містечок, таких як Naturalis

Biodiversity Center (Лейден, Нідерланди), що інтегрує лабораторії та експозиційні зони в єдиний простір, організований довкола природоорієнтованої архітектури [23].

Аналіз міжнародного досвіду показує, що поселення подібного типу повинні мати гнучку модульну структуру, що дозволяє швидко масштабувати житлові та дослідницькі зони (як у проєкті RE: Ukraine від Balbek Bureau, орієнтованому на модульність житлового простору) [19]; ефективне зонування, що враховує функціональні потреби дослідників, екологічні обмеження та логістику міста (New Global Hub for Biomedical Research, НОК) [25]; інтеграцію природних процесів у містобудівну систему, що сприяє збереженню екосистем та підвищенню якості середовища (California Academy of Sciences, Renzo Piano) [24].

*Економічні умови* залишаються ключовою перепорою на шляху освоєння підземного простору (рис.1.3.1). Оскільки будівництво та експлуатація підземних споруд є досить витратними, вони здебільшого стають доступними лише для тих держав і міст, що мають достатні фінансові ресурси. Дослідження багатьох науковців свідчать про значний вплив економічного зростання на формування підземної інфраструктури. Крім того, виявлено залежність між використанням підземного простору та річним доходом на душу населення [32]. При порівнянні економічної ефективності наземних і підземних споруд слід враховувати можливе зменшення витрат на окремі конструктивні та тепло гідроізоляційні матеріали, яке спостерігається під час зведення підземних будівель. Важливим залишається й питання грошової оцінки землі [33]. Архітектурно-планувальна організація відіграє ключову роль у забезпеченні ефективної роботи біотехнологічного центру та його взаємодії із середовищем [6].

Вдале планування сприяє:

- науковому розвитку, створення інноваційного простору для міждисциплінарних досліджень у галузі біотехнологій, сталого землеробства та відновлення екосистем (Biotechnology Research Institute,

Буенос-Айрес) [30].

- Забезпечення адаптивності лабораторних приміщень та можливості швидкої модернізації наукової інфраструктури (Albert Einstein Education and Research Center) [21].

- Екологічному відновленню. Проектування поселень з використанням природних матеріалів, локальних екосистем і відновлюваної енергетики, що мінімізує негативний вплив на довкілля (Svalbard Science Centre, Норвегія) [26].

- Використання технологій природної вентиляції, зелених дахів та пасивного будівництва для енергоефективності та стійкості архітектури (California Academy of Sciences) [24].

- Соціальній інтеграції. Організація спільних просторів для комунікації та співпраці між вченими, студентами та мешканцями (Zaha Hadid Science Center, Сінгапур) [31].

- Формування комфортного житлового середовища з акцентом на громадські зони та можливості самозабезпечення (RE: Ukraine, Balbek Bureau) [19].

Таким чином, ефективне архітектурне планування дозволяє створити простір, що сприяє не лише науковому прогресу, а й соціальній згуртованості та екологічному балансу. Метою цього розділу є визначення ключових умов та факторів, що впливають на архітектурно-планувальну організацію поселення з біотехнологічним центром. На основі аналізу міжнародного досвіду та досліджених джерел буде сформульовано основні принципи проектування таких поселень.

Основні задачі дослідження:

- Визначити ключові фактори, що впливають на просторову організацію поселень з дослідницьким центром.

- Дослідити екологічні та кліматичні умови, що формують архітектурні рішення.

- Проаналізувати приклади міжнародного досвіду та їх адаптацію до

умов України.

- Визначити оптимальні функціональні та технологічні рішення, що сприятимуть розвитку поселень біотехнологічного спрямування.

#### *Фактори архітектурно-планувальної організації*

Архітектурно-планувальна організація поселення з біотехнологічним центром повинна забезпечити ефективне функціонування дослідницьких, житлових і рекреаційних зон, сприяти екологічному відновленню територій та забезпечувати соціальну інтеграцію мешканців. Визначальні фактори включають просторову структуру, екологічні особливості, соціальну взаємодію та технологічні інновації (рис.1.3.1).

*Технологічні фактори* визначають архітектурно-планувальну та об'ємно-просторову структуру комплексу, функціональне зонування та взаємозв'язки. Окремі групи функціональних приміщень та види діяльності, що передбачені під землею та на поверхні, визначають склад приміщень та їх параметри [34,6].

Для ефективного функціонування поселення необхідно передбачити збалансовану просторову структуру, яка буде враховувати як наукові потреби, так і комфортне життя мешканців. Компактність, модульність та адаптивність. Успішним прикладом модульного підходу є проєкт RE: Ukraine від *Balbek Bureau*, який передбачає створення швидкосторуджуваних та адаптивних поселень. Такий підхід дозволяє легко масштабувати житлові та робочі простори залежно від потреб спільноти. Інтеграція дослідницьких, житлових та рекреаційних зон. Вдалий приклад такого підходу – *Naturalis Biodiversity Center* (Лейден, Нідерланди), де наукові лабораторії, експозиційні зони та природні території формують єдиний простір, що сприяє дослідженням та відпочинку одночасно [23]. Також цей принцип був реалізований у *Zaha Hadid Science Center* (Сінгапур), де створено комплексну екосистему для досліджень та освітньої діяльності [31].

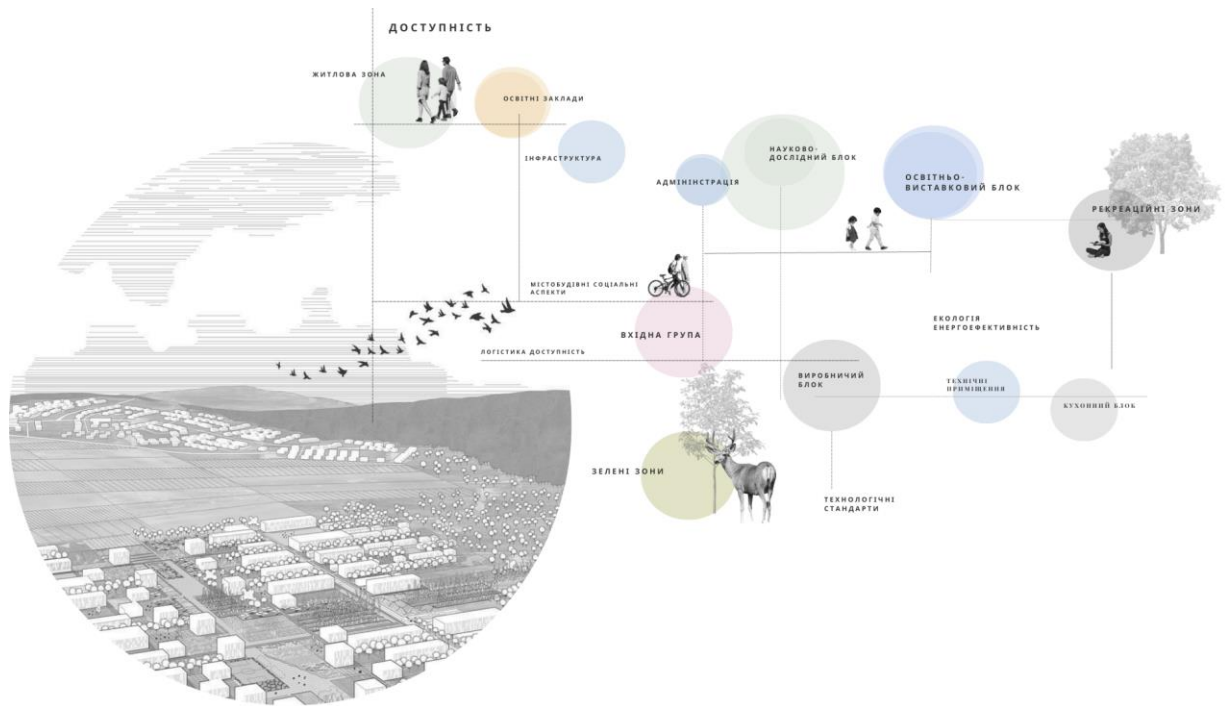


Рис.1.3.1. Концептуальна схема функціонального зонування та доступності (рисунок автора).

*Житлові зони.* Якість життя дослідників та мешканців є важливим аспектом при формуванні поселення. Малоповерхова забудова, модульні будинки, мобільні конструкції. У RE: Ukraine від *Balbek Bureau* використовуються швидкокомтовані модульні житлові будинки, які можна переміщати та адаптувати залежно від змін потреб мешканців [19]. Аналогічний підхід реалізований у *Biotechnology Research Institute* (Буенос-Айрес, Аргентина), де житлові приміщення адаптовані до потреб науковців та дослідників [30].

*Використання природних матеріалів та енергоефективних технологій.* Яскравий приклад – *California Academy of Sciences (Renzo Piano)*, де в архітектурному вирішенні застосовано зелений дах, природну вентиляцію та місцеві будівельні матеріали для мінімізації впливу на довкілля [24]. У *ZGC International Innovation Center* (Пекін, Китай) застосовано сонячні панелі та системи відновлюваної енергії для забезпечення енергоефективності комплексу [28].

*Соціальна інфраструктура:* спільні простори, освіта, медицина. Важливий аспект – наявність освітніх, медичних та соціальних центрів. У

Albert Einstein Education and Research Center (Сан-Паулу, Бразилія) архітектори приділили особливу увагу гнучкому освітньому простору, що адаптується до потреб студентів та дослідників [21]. Проєкт RE: Ukraine також передбачає інтеграцію громадських просторів для соціальної взаємодії мешканців [19].

Функціонально-просторові взаємозв'язки. Важливим фактором є інтеграція біотехнологічного центру з іншими зонами поселення. Взаємодія між біотехнологічним центром, житловою інфраструктурою та рекреаційними зонами. У New Global Hub for Biomedical Research (НОК) передбачено розташування лабораторій у безпосередній близькості до житлових кварталів, що сприяє мобільності дослідників та ефективності роботи [25]. У Zaha Hadid Science Center (Сінгапур) важливою частиною планування стало створення інтегрованих зон для наукових досліджень, навчання та відпочинку [31].

#### *До групи містобудівних*

*Створення "зелених коридорів" та біоінженерних зон для відновлення природи.* Прикладом є Naturalis Biodiversity Center (Лейден, Нідерланди), де наукові лабораторії поєднуються з експозиційними залами та природними зонами, що сприяє збереженню біорізноманіття [23]. У California Academy of Sciences застосовано природні стратегії озеленення та екологічного будівництва, які можуть бути адаптовані для поселень біотехнологічного спрямування [24].

Формування поселення з біотехнологічним центром потребує комплексного підходу, що поєднує: адаптивну модульну забудову, що дозволяє змінювати конфігурацію поселення відповідно до потреб; ефективне зонування, що забезпечує взаємозв'язок дослідницьких, житлових та рекреаційних зон; екологічно орієнтовані рішення, що сприяють збереженню довкілля та енергоефективності; просторову інтеграцію, яка забезпечує зручне сполучення між робочими, житловими та соціальними зонами. Досліджені проєкти, такі як Naturalis Biodiversity Center, RE: Ukraine,

New Global Hub for Biomedical Research та California Academy of Sciences, демонструють найкращі практики архітектурно-планувального проектування, які можуть бути адаптовані для створення сучасного поселення, орієнтованого на дослідження та відновлення довкілля.

#### *Екологічні та кліматичні фактори*

Екологічні та кліматичні фактори відіграють ключову роль у формуванні архітектурно-планувальних рішень поселення з місцеутворюючим центром біотехнології. Врахування кліматичних умов, природного середовища та відновлюваних ресурсів сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля, підвищенню стійкості поселення та його інтеграції в навколишній ландшафт. Досвід міжнародних проектів показує ефективні методи використання природних процесів для створення комфортного середовища.

*Групи природо-кліматичних чинників* визначається характеристиками температури і вологості. Під землею температура зазвичай має постійну величину і в основних лабораторіях тримається під контролем за допомогою системи вентиляції кондиціонування повітря. Вологість вхідного повітря змінюється залежно від сезону 107 [35]. Наприклад, в лабораторії Канфранк, Іспанія, варіація становить від 50% взимку до 80-90% влітку. В лабораторії також відбувається моніторинг і інших природо-кліматичних параметрів за допомогою системи моніторингу на основі оптичних волокон [36].

*Інтеграція природних процесів в архітектурне середовище. Зелений дах як засіб екологічної інтеграції.* Зелені дахи відіграють важливу роль у регулюванні мікроклімату, зменшенні теплових навантажень та покращенні енергоефективності будівель. Один із найкращих прикладів інтеграції зеленого даху – California Academy of Sciences (Сан-Франциско, США), спроектований *Renzo Piano Building Workshop*. Покрівля академії складається з хвилястого зеленого даху площею 2,5 акра, засадженого місцевими рослинами. Це рішення сприяє утриманню дощової води, зниженню теплового ефекту міста та природному охолодженню будівлі, зменшуючи потребу в кондиціонуванні повітря [24]. Використання аналогічної стратегії в

поселенні дозволить покращити мікроклімат та сприятиме біорізноманіттю, зменшуючи навантаження на навколишнє середовище.

*Біокліматичне планування для зменшення енергоспоживання.*

Біокліматична архітектура використовує природні чинники для створення комфортного середовища без надмірного використання енергоресурсів. Svalbard Science Centre (Норвегія) є прикладом будівлі, що враховує екстремальні кліматичні умови Арктики. Завдяки добре ізольованим фасадам, застосуванню теплових насосів та природної вентиляції, будівля зменшує втрати тепла та енергоспоживання. Це підходить для поселення, що розташоване у регіоні з холодним або помірним кліматом [24]. Біокліматичний підхід до планування поселення може включати розташування будівель таким чином, щоб вони отримували максимальну кількість сонячного світла в зимовий період та мінімізували перегрів влітку.

*Адаптація до кліматичних умов.*

*Планування житла та інфраструктури з урахуванням вітрових і температурних факторів.* Розташування будівель у поселеннях має враховувати напрямки вітру, рівень сонячної інсоляції та природні перешкоди для створення сприятливого мікроклімату. У Svalbard Science Centre (Норвегія) архітектори застосували спеціальні аеродинамічні рішення, що дозволяють зменшити вітрове навантаження та накопичення снігу навколо будівлі. Це стало можливим завдяки використанню комп'ютерного моделювання повітряних потоків [26]. Подібні рішення можуть бути використані в поселенні для розташування житлових і наукових корпусів, що дозволить мінімізувати вплив екстремальних кліматичних факторів.

*Енергоефективність та використання відновлюваних джерел енергії.*

Використання сонячної енергії та природної вентиляції. Впровадження технологій відновлюваної енергетики є важливим кроком до екологічної сталості поселення. Zaha Hadid Science Center (Сінгапур) використовує активні та пасивні методи регулювання температури. Великі скляні фасади з багатошаровими світловими фільтрами дозволяють отримувати достатньо

природного світла, зменшуючи споживання електроенергії. Також використання природної вентиляції та продумане зонування дозволяють ефективно охолоджувати внутрішні простори без зайвого навантаження на кондиціонери [31]. Застосування подібних технологій у поселенні допоможе знизити витрати енергії та підвищити комфорт мешканців.

*Геотермальні системи для забезпечення енергетичних потреб.* Використання геотермальної енергії дозволяє стабілізувати енергопостачання поселення незалежно від зовнішніх факторів. У New Global Hub for Biomedical Research (НОК) застосовані геотермальні насоси, які використовують стабільну температуру ґрунту для опалення та охолодження будівель. Це рішення дозволяє знизити енергоспоживання та зменшити викиди CO<sub>2</sub> [25]. Подібний підхід може бути адаптований до поселення з біотехнологічним центром для створення сталого енергетичного середовища, особливо в районах з різкими температурними змінами.

Розгляд екологічних та кліматичних факторів у плануванні поселення є важливим для забезпечення його сталого розвитку та мінімального впливу на довкілля. Інтеграція природних процесів дозволяє покращити мікроклімат, зменшити теплові навантаження та зберігати біорізноманіття. Адаптація до кліматичних умов включає використання підземних рішень, оптимальне розташування будівель та аеродинамічне планування. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії сприяють зниженню залежності від зовнішніх енергоресурсів та підвищують автономність поселення.

#### *Соціальні та функціональні аспекти*

Поселення з місцеутворюючим центром біотехнології має не лише забезпечувати ефективне функціонування наукових установ, а й сприяти розвитку громади, соціальній взаємодії та комфортному життю мешканців. Організація простору повинна бути адаптивною до потреб різних груп користувачів, підтримувати соціальну інтеграцію та забезпечувати зручну мобільність [25].

*Організація простору для взаємодії мешканців.* Створення відкритих

громадських просторів та багатофункціональних приміщень сприяє інтеграції мешканців і розвитку наукової співпраці.

*Гнучкі простори для співпраці та навчання.* Albert Einstein Education and Research Center (Сан-Паулу, Бразилія) пропонує адаптивні простори для навчання, де використані мобільні перегородки та гнучкі меблі. Це дозволяє трансформувати аудиторії під різні типи занять, що є актуальним для поселень, орієнтованих на біотехнологічні дослідження та навчальні програми [21]. Biotechnology Research Institute (Буенос-Айрес, Аргентина) також передбачає зонування з відкритими лабораторними приміщеннями, що сприяє командній роботі та швидкому обміну знаннями [30]. Гнучке планування освітніх та дослідницьких просторів у поселенні допоможе створити середовище, де навчання та наукова діяльність будуть тісно взаємопов'язані.

*Модульність освітніх і дослідницьких просторів.* Проєкт RE: Ukraine (Balbek Bureau) демонструє принципи модульної забудови, що дозволяють швидко адаптувати простір під нові функціональні потреби. Наприклад, громадські приміщення можуть трансформуватися під освітні або лабораторні цілі [19]. ZGC International Innovation Center (Пекін, Китай) поєднує офісні, освітні та громадські простори, що сприяє багатофункціональному використанню будівель та інтеграції між секторами науки, бізнесу та освіти [28].

Модульний підхід у поселенні дозволить ефективно розподіляти простір та швидко адаптувати його до змінних потреб громади.

#### Соціальна інтеграція та створення громади

Ефективна організація поселення передбачає створення просторів для соціальної взаємодії, що сприятиме формуванню спільноти та залученню мешканців до активного життя.

Важливість комфортних громадських просторів. RE: Ukraine передбачає наявність спільних площ, внутрішніх дворів та зон для відпочинку, що підтримують соціальну взаємодію та дозволяють створити відчуття дому

навіть у тимчасовому житлі [19]. Naturalis Biodiversity Center (Лейден, Нідерланди) інтегрує освітні, дослідницькі та рекреаційні простори в єдиний комплекс, що сприяє залученню громади до наукової діяльності [23].

Створення відкритих площ, майданчиків для відпочинку, громадських кафе та коворкінгів дозволить мешканцям поселення почуватися комфортно та мати можливість для неформального спілкування.

Дизайн, орієнтований на суспільні потреби та адаптивність поселення. Svalbard Science Centre (Норвегія) адаптований до екстремальних умов та включає комфортні зони для роботи та проживання, це важливо для поселень, розташованих у віддалених або кліматично нестабільних районах [26].

New Global Hub for Biomedical Research (НОК) інтегрує освітні та соціальні простори, створюючи атмосферу співпраці між дослідниками та місцевими мешканцями [25]. Поселення повинно бути адаптивним, щоб відповідати змінам демографічного складу, розвитку науки та технологій, забезпечуючи довготривалу стійкість проекту.

Транспортна доступність та мобільність. Ефективна транспортна інфраструктура сприяє доступності поселення, його екологічній стійкості та комфорту мешканців. Проектування пішохідних та велодоріжок, громадського транспорту. California Academy of Sciences (Сан-Франциско, США) інтегрує безпечні пішохідні зони та транспортні вузли, що дозволяє зменшити використання автомобілів та сприяє сталому пересуванню [24]. Zaha Hadid Science Center (Сінгапур) передбачає розвинену інфраструктуру громадського транспорту, що полегшує мобільність між дослідницькими корпусами та житловими зонами [31]. У поселенні необхідно передбачити велодоріжки, розвинену мережу громадського транспорту, систему прокату електротранспорту для забезпечення сталої мобільності.

Використання безпілотного транспорту та автоматизованих систем пересування. ZGC International Innovation Center (Пекін, Китай) передбачає інтелектуальну систему транспорту, включаючи автономні шатли та

автоматизовані логістичні системи [28]. У дослідженні Think Deep зазначається, що розвиток підземної транспортної інфраструктури дозволяє оптимізувати пересування, зменшити навантаження на поверхневі простори та знизити рівень шумового забруднення [7]. Інтеграція автоматизованих транспортних систем у поселення дозволить підвищити ефективність пересування мешканців, зменшити рівень викидів CO<sub>2</sub> та створити екологічно чистий та зручний транспортний простір.

Гнучке зонування та модульний підхід забезпечують адаптивність освітніх, наукових і соціальних просторів до змінних потреб мешканців. Розвиток громадських просторів сприяє створенню сильної соціальної спільноти та забезпечує комфортне життя. Транспортна доступність та мобільність є ключовими для екологічно стійкого поселення, що передбачає пішохідну доступність, велоінфраструктуру та автоматизовані транспортні системи. Поселення має бути відкритим, адаптивним та інтегрованим у природне та соціальне середовище, що сприятиме розвитку науки, технологій та комфортного життя мешканців. Сучасні поселення, орієнтовані на наукові дослідження та біотехнологічний розвиток, повинні не лише відповідати екологічним стандартам, але й забезпечувати інноваційні рішення в архітектурі, технологіях та управлінні ресурсами. Інтеграція цифрових технологій, роботизованих систем, адаптивної архітектури та новітніх екологічних рішень дозволяє підвищити ефективність функціонування поселення та забезпечити його сталий розвиток [23].

#### *Біотехнологічний центр як ядро поселення*

Інтеграція біолабораторій, науково-дослідних зон та виробничих площ Біотехнологічний центр відіграє ключову роль у формуванні поселення, забезпечуючи наукову діяльність, навчання та розробку інноваційних екологічних рішень. Його просторова організація має передбачати:

- Чітке зонування, що відокремлює дослідницькі лабораторії, виробничі майданчики та освітні простори.
- Гнучку модульну систему, яка дозволяє швидко адаптувати простір до

нових потреб дослідників.

- Оптимальну інтеграцію житлових приміщень та громадських просторів для забезпечення комфорту мешканців. Приклад: New Global Hub for Biomedical Research (НОК). Проєкт передбачає інтерактивне середовище, де науковці, студенти та підприємці можуть працювати спільно.
- Гнучке планування лабораторій дозволяє швидко адаптувати їх до змінних потреб досліджень.
- Розширене використання цифрових технологій для моніторингу лабораторних процесів та контролю екологічних показників [25].

Такі рішення можуть бути адаптовані для поселення з біотехнологічним центром, що дозволить ефективно розподілити наукову, житлову та виробничу діяльність.

Використання роботизованих та цифрових систем управління процесами Інноваційні технології автоматизації та штучного інтелекту відіграють важливу роль у функціонуванні наукових містечок. Інтелектуальні системи управління будівлями (BMS) дозволяють контролювати енергоспоживання, мікроклімат та безпеку приміщень. Роботизовані лабораторні системи можуть прискорити виконання досліджень та зменшити ризик людських помилок. Цифрове управління ресурсами допомагає оптимізувати використання води, електроенергії та тепла, що знижує витрати на утримання поселення. Приклад: ZGC International Innovation Center (MAD Architects, Пекін)

Використання інтернету речей (IoT) та роботизованих систем для автоматизації робочих процесів у дослідницьких лабораторіях.

Інноваційні фасадні рішення із динамічними системами вентиляції, що адаптуються до погодних умов [28].

Автоматизовані системи можуть значно підвищити ефективність роботи біотехнологічного центру, забезпечуючи контрольоване середовище для наукових експериментів.

### *Адаптивна архітектура та гнучкі простори*

Створення мобільних дослідницьких майданчиків. Однією з ключових особливостей поселення має бути гнучкість простору. Це означає, що: Лабораторні та навчальні приміщення повинні мати модульну структуру, що дозволить змінювати їх призначення відповідно до потреб. Дослідницькі центри можуть бути мобільними, тобто мати можливість тимчасового розгортання на експериментальних територіях. Приклад: RE: Ukraine (Balbek Bureau)

Проект містить концепцію модульного будівництва, яке можна адаптувати під різні функції. Структури будівель можна швидко демонтувати та перевезти у нову локацію. Це рішення підходить для мобільних біотехнологічних лабораторій, що можуть змінювати місце розташування в залежності від специфіки досліджень [19]. Застосування модульних систем для лабораторій та житлових приміщень.

Модульний підхід до забудови дозволяє:

- Скоротити час будівництва поселення.
- Використовувати індустріально виготовлені блоки, які можна швидко зібрати на місці.
- Ефективно планувати розширення поселення в майбутньому.

Приклад: Biotechnology Research Institute (Буенос-Айрес). Лабораторні та офісні приміщення реалізовані у формі модульних блоків, що дозволяє змінювати їхню конфігурацію залежно від наукових потреб [30]. У поселенні з біотехнологічним центром такий підхід дозволить швидко масштабувати дослідницьку та житлову інфраструктуру відповідно до зростаючих вимог спільноти.

*Експериментальні екологічні рішення.* Вертикальні ферми та інтеграція агропромислових комплексів. Сучасні технології дозволяють ефективно використовувати міський простір для вирощування продуктів харчування, що важливо для поселень, орієнтованих на автономне забезпечення продовольством. Вертикальні ферми дозволяють значно зменшити площу,

необхідну для сільського господарства. Аеропонні та гідропонні технології дозволяють вирощувати культури без ґрунту, що мінімізує споживання води. Приклад: Naturalis Biodiversity Center (Нідерланди). Використання інтегрованих агротехнологій у межах дослідницького кампусу для вивчення процесів сталого вирощування рослин. Дослідження екологічних технологій, що можуть бути адаптовані для сільськогосподарських потреб [23]. Вертикальні ферми можуть бути інтегровані у поселення для забезпечення локального виробництва продуктів та зменшення впливу на довкілля.

Водоочисні системи та циркуляційні екосистеми. Автономність поселення залежить від ефективного управління водними ресурсами. Створення біологічних очисних систем, що використовують природні мікроорганізми для фільтрації стічних вод.

Використання дощової води для іригації. Створення замкнених екологічних циклів для зменшення залежності від централізованих водопостачальних систем. Ці рішення дозволять створити екологічно стійке поселення, що мінімізуватиме використання природних ресурсів та сприятиме відновленню довкілля.

Цифровізація та роботизація значно покращують ефективність біотехнологічних досліджень. Модульні та адаптивні системи дозволяють гнучко змінювати планування поселення. Експериментальні аграрні та екологічні технології підвищують автономність поселення та зменшують вплив на природу. Ці рішення можуть бути використані для створення стійкого, розумного та екологічно нейтрального поселення майбутнього [23].

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ I**

Розглянувши різноманітні підходи до архітектурно-планувальної організації поселень із місцеутворюючими біотехнологічними центрами, можна зробити висновок, що ефективна інтеграція таких об'єктів у міське середовище сприяє розвитку сталих міст та інноваційних дослідницьких кластерів. Досвід міжнародних та вітчизняних проєктів демонструє, що

сучасні біотехнологічні комплекси поєднують наукові, освітні, виробничі та рекреаційні функції, формуючи багатофункціональні простори. Вони сприяють інтеграції науки в повсякденне життя міста, залучаючи науковців, підприємців і місцевих мешканців до створення інноваційних рішень.

Особливу увагу приділено екологічним аспектам, зокрема використанню принципів біокліматичного дизайну, впровадженню систем енергозбереження та адаптації до кліматичних умов. Збереження відкритих зелених зон і впровадження вертикального озеленення сприяє підвищенню якості життя мешканців і підтримці міської екосистеми. Архітектурно-планувальна структура поселень із біотехнологічними центрами базується на принципах модульності та адаптивності. Це дозволяє швидко масштабувати дослідницькі, житлові та соціальні зони відповідно до актуальних потреб громади.

Ключовими чинниками, що впливають на ефективність поселень, є:

1. Гармонійна інтеграція в міську структуру та екосистему.
2. Використання передових екологічних і біотехнологічних рішень.
3. Гнучка архітектурно-просторова організація, що дозволяє адаптацію до технологічних і соціальних змін.
4. Забезпечення доступності транспорту та комунікаційної інфраструктури.
5. Соціальна інтеграція, що сприяє взаємодії науковців, підприємців і мешканців.

Таким чином, біотехнологічні центри стають важливим елементом сучасного містобудування, сприяючи розвитку високотехнологічних кластерів, формуванню екологічно сталого середовища та підвищенню якості життя.

## **РОЗДІЛ II. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКОПОСЕЛЕНЬ**

### **2.1 Класифікація архітектурно-планувальних рішень екопоселень за структурною взаємодією з центром біотехнологій**

Сучасні екопоселення поєднують житлові й природні ландшафти з науково-виробничими компонентами, а біоцентр у такій системі виступає

серцем, яке задає ритм розвитку всієї громади. Основна увага приділяється просторовим моделям, що забезпечують гармонійне поєднання зон відпочинку, житла та дослідних лабораторій, а також створюють умови для їхньої взаємодії й сталого розвитку. Перший тип — функціональна інтеграція — передбачає нерозривне переплетення житлових, рекреаційних та науково-виробничих функцій у єдиному кластері. У цьому випадку біотехнологічний центр не стоїть окремо, а інтегрується в структуру поселення, формуючи мережу взаємозалежних просторових елементів [43,44].

Особливо поширеними є агровиробничі екопоселення, де основна діяльність зосереджена на органічному землеробстві й переробці біовідходів. Лабораторії на місці забезпечують контроль якості врожаю, розробку біодобрив і замкнені системи переробки органічних решток, а житлові кластери розташовуються поруч із сільськогосподарськими ділянками та науково-виробничими корпусами (рис.2.1.1) [43,44].



*Рис.2.1.1. Класифікація поселень за типом взаємодії з біотехнологічним центром (рисунок автора).*

Наукова необхідність таких поселень обумовлена новими соціальними запитами на здорове та безпечне середовище, адміністративними реформами й децентралізацією, які вимагають методик планування нових типів громад. Розвиток агротуризму й рекреації відповідно до екологічних стандартів сприяє формуванню привабливого сільського простору, тоді як промислові потреби невеликих громад стимулюють модернізацію аграрної галузі в об'єднаних територіальних громадах. Така комплексна методика

дослідження дозволяє динамічно поєднати соціальні, економічні й екологічні завдання в архітектурно-планувальному проєкті, спрямованому на сталі майбутні сільських поселень [43,44].

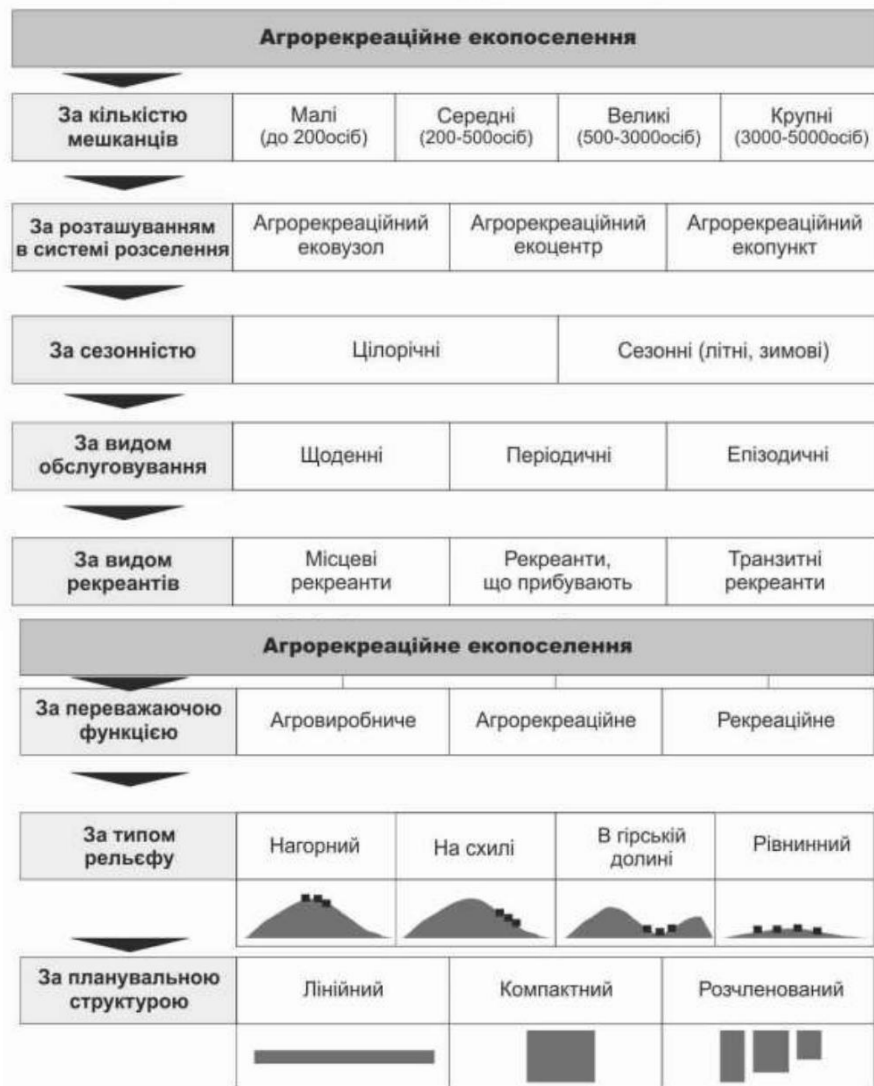


Рис.2.1.2. а) Агрорекреаційні поселення за соціально-економічними передумовами, б) класифікація агрорекреаційних екопоселень за природно-кліматичними передумовами [43].

Рекреаційні екопоселення ставлять у центрі своєї концепції збереження та відновлення природного середовища, тому біотехнологічний центр у них виконує функцію лабораторії з екологічного моніторингу, фітотерапії та очищення води й повітря. Принципова модульна або павільйонна структура забудови дозволяє вбудуватися в рельєф без надмірного втручання в ландшафт, створюючи максимальну адаптацію до місцевих природних умов.

Частково питання просторового устрою агрорекреаційних сіл досліджували Анціаурі В. Н., Гризлюк В. Ю. і Ярошенко О. Я., аналізуючи поселення Грузії та Карпат; найглибше ж методику формування таких громад розробив В. О. Кодін у своїй дисертації, де він виокремив основні закономірності планування лісостепових агрорекреаційних територій і соціально-економічні чинники їхнього розвитку [43].

Гібридні моделі поєднують агровиробничі та рекреаційні функції з науково-дослідною й освітньою діяльністю, розміщуючи біотехнологічні кластери як у середині, так і на периферії житлових кварталів. Спільна інфраструктура – транспортні шляхи, енергосистеми, водопостачання – забезпечує децентралізовану, але взаємопов’язану структуру, в якій кожна зона функціонує в рамках єдиної екосистеми [43, 44].

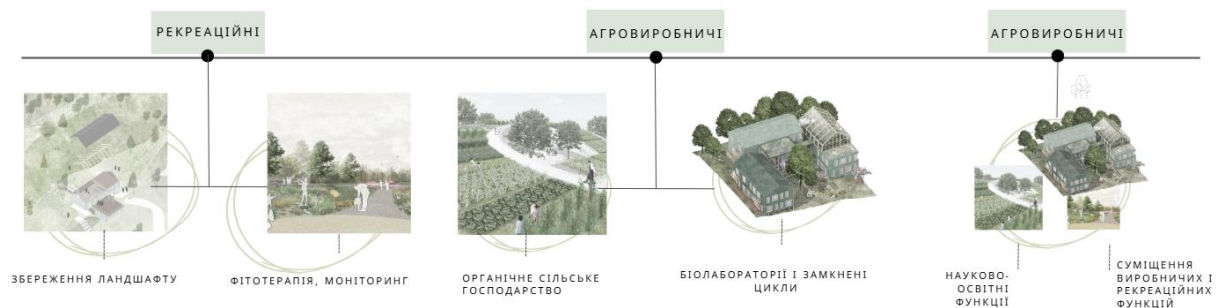


Рис.2.1.3. Класифікація екопоселень (рисунок автора).

Серед базових просторово-організаційних схем особливо виокремлюється концентрична (ядерна) модель. У ній біотехнологічний кластер із лабораторіями, біореакторами та генетичними сховищами утворює центральне ядро, навколо якого у першому поясі розташовують житлові квартали з енергоефективними будинками, обладнаними біоелектричними установками (зокрема на рослинно-мікробних паливних елементах). Другий пояс відведено агровиробничим територіям із вертикальними фермами, біогазовими станціями й системами замкненого циклу переробки відходів, а третій пояс утворює рекреаційну зону з елементами фіторе mediaції для природного очищення ґрунтів і води (рис. 2.1.2). Така компактна структура центрального розміщення забезпечує високу ефективність використання

ресурсів і мінімізує витрати на логістику між житловими, виробничими та відпочинковими зонами [45].

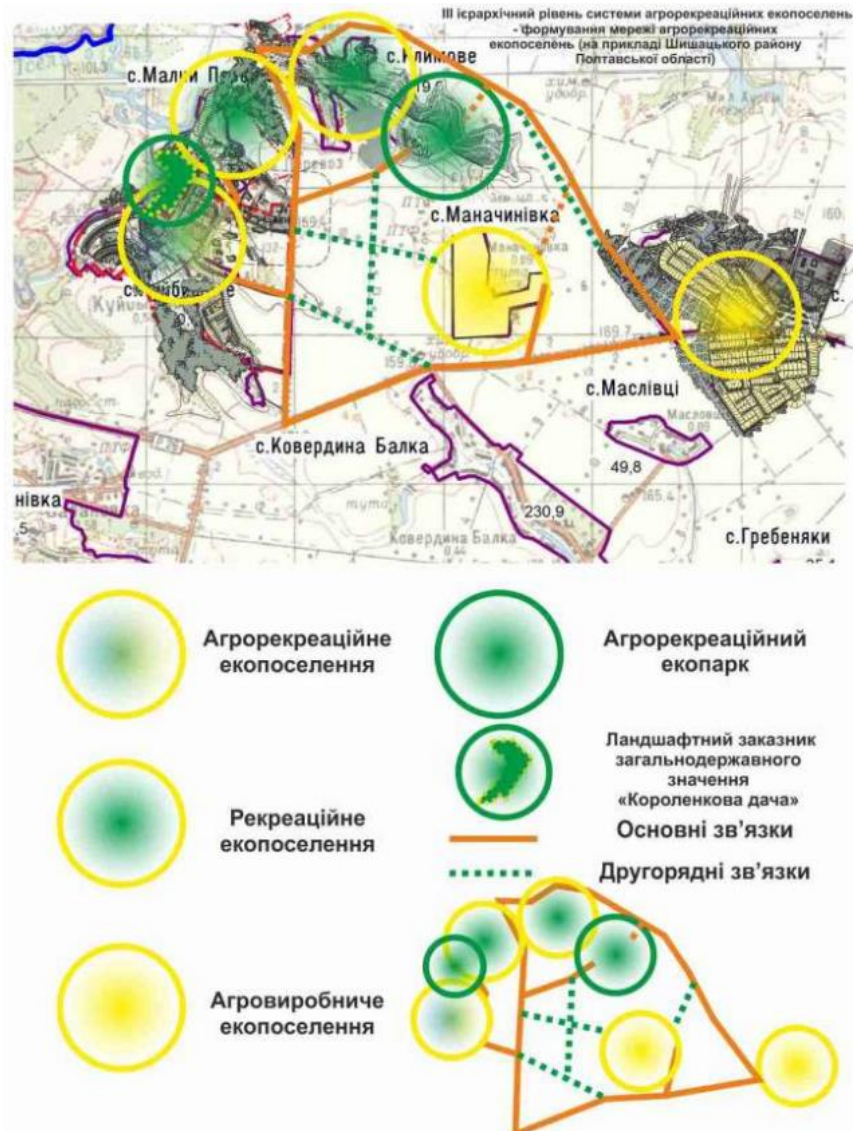
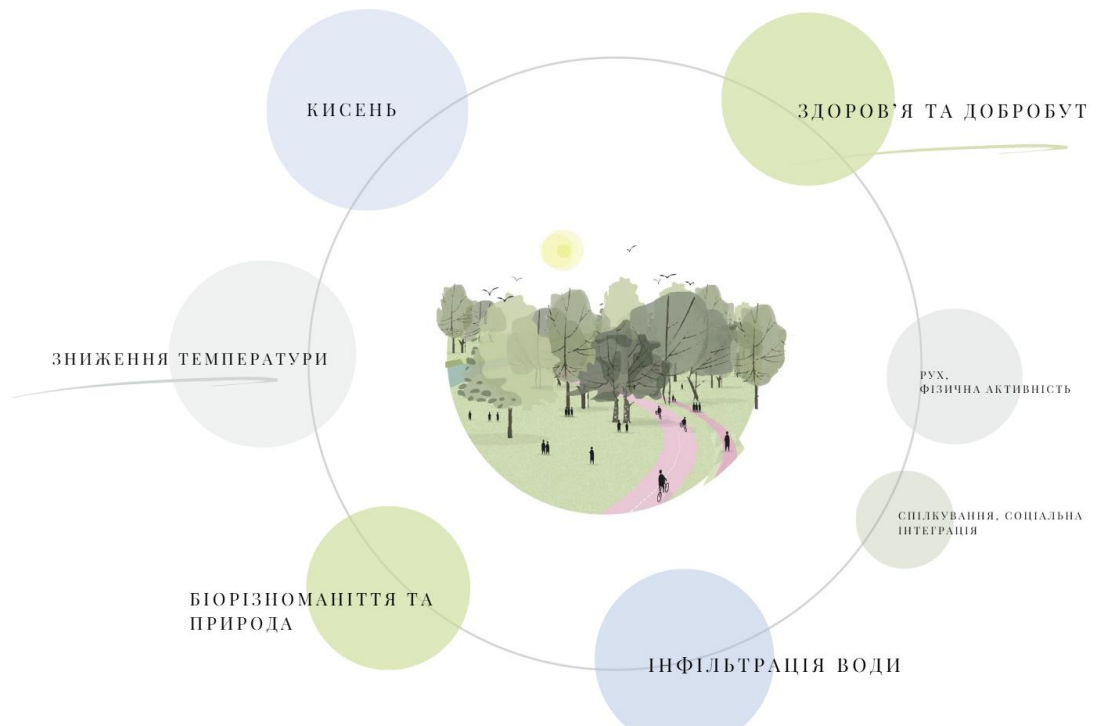


Рис. 2.1.4. Формування мережі агорекреаційних екопоселень (на прикладі Шишацького району Полтавської області) [43].

## 2.2. Модель архітектурно-планувальної організації екопоселення з біотехнологічним центром

Сучасна концепція сталого розвитку отримує практичне втілення в екопоселеннях нового покоління, які спираються на екологічно збалансовану та функціонально інтегровану структуру з біотехнологічним центром як ядром. Такі поселення не лише задовольняють базові потреби мешканців у

житлі, продуктах харчування та енергії, а й стають платформою для наукових досліджень, соціальної взаємодії й раціонального землекористування.



*Рис. 2.2.1. Екологічні переваги озелених просторів у межах поселення (рисунок автора).*

Формування екопоселення відбувається на основі чіткого просторового зонування, яке забезпечує гармонійну взаємодію житлової, агровиробничої та рекреаційної зон із біотехнологічним кластером. У житловій частині розміщують енергоефективні будинки з пасивними й активними сонячними системами, тепловими насосами та рекуперацією тепла. Управління водними ресурсами передбачає збір і очищення дощової води, вторинне використання «сірої» води для побутових потреб і штучні водойми для покращення мікроклімату (рис. 2.2.1). Підтримка біорізноманіття здійснюється через вертикальні сади, зелені дахи та екокоридори, що формують екологічно стійке середовище й сприяють відновленню локальної флори [45,50].

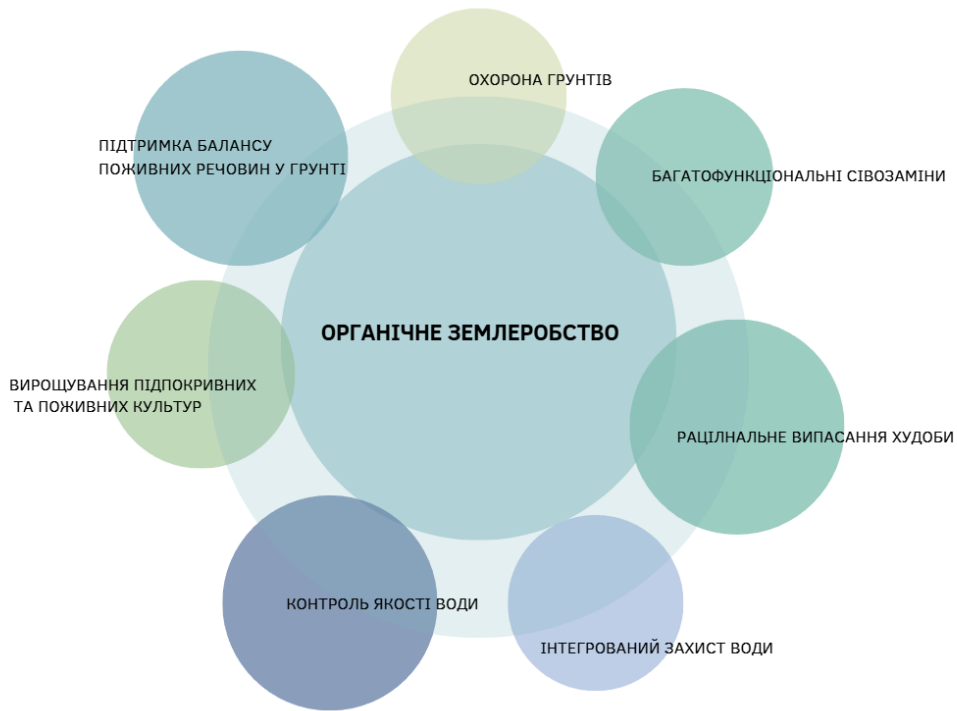
## HOUSING TYPOLOGIES



*Рис. 2.2.2. Варіанти розташування теплиць в житловому будинку Концепція енергоефективних будинків автономного екопоселення ReGen Villages у Голландії [47].*

Агровиробнича зона екопоселення є його продовольчою опорою і будується на принципах органічного землеробства з мінімальним застосуванням синтетичних добрив і пестицидів, що дозволяє підтримувати здоров'я ґрунту та біорізноманіття. Важливою складовою цього підходу є ретельне планування сівоzmіни: культури чергуються так, щоб уникнути виснаження ґрунту, знизити ризик поширення шкідників і хвороб та покращити структуру ґрунту, наприклад шляхом поєднання бобових із зерновими культурами [50] (рис2.2.2).

Органічне добриво виробляється на місці: рослинні рештки, гній і харчові відходи переробляються на компост, який збагачує ґрунт гумусом і необхідними поживними речовинами. Особливу увагу приділяють компостуванню — використанню дощових черв'яків для виробництва цінного біогумусу [50].



*Рис.2.2.3. Принципи органічного землеробства (рисунок автора).*

Екологічний підхід до агровиробництва в екопоселенні передбачає мінімізацію хімічних засобів через застосування біопрепаратів та агроекосистемних практик. Зокрема, для захисту рослин використовують біоінсектициди на основі природних ворогів шкідників (наприклад, *Bacillus thuringiensis*), біофунгіциди зі штамів грибів або бактерій, що пригнічують патогени, а також біостимулятори з гуміновими речовинами, амінокислотами та мікроелементами для посилення стресостійкості рослин і кращого засвоєння поживних речовин. Додатково залучають ентомофагів — корисних комах-хижаків або паразитів, а також висаджують рослини-компаньйони, які відлякують шкідників або приваблюють їхніх ворогів. Агротехнічні заходи — сівозміна, мульчування, своєчасне видалення бур'янів та правильний обробіток ґрунту — завершують комплексну стратегію захисту рослин, що базується на природних механізмах регулювання популяцій і гарантує екологічну безпеку виробництва [50].

Для розширення агровиробничого потенціалу застосовують тепличні комплекси з контрольованим мікрокліматом, які забезпечують цілорічне



отримує всі необхідні елементи з живильного водного розчину. Такий підхід дає змогу істотно зменшити витрати води (до 90% у порівнянні з традиційним землеробством), уникнути проблем з бур'янами та ґрунтовими хворобами, а також досягти високої продуктивності на обмежених площах. Ще більш ефективною є аеропоніка — удосконалений варіант гідропоніки, при якому коріння рослин розміщується у повітрі та періодично обприскується аерозольною формою поживного розчину. Така система забезпечує виняткову аерацію коренів, підвищує швидкість росту рослин і дозволяє здійснювати точне дозування поживних речовин (рис.2.2.4).

Ключовим елементом ефективного функціонування таких тепличних систем є автоматизація процесів. Завдяки сучасним сенсорам і комп'ютеризованим системам управління здійснюється моніторинг і регулювання параметрів мікроклімату — температури, вологості, освітлення, рівня CO<sub>2</sub> та концентрації поживних речовин. Інтелектуальні платформи аналізують дані про стан рослин і середовища, дозволяючи оперативно коригувати умови вирощування. Це не лише оптимізує використання ресурсів, але й мінімізує людський фактор, підвищує врожайність та екологічну безпеку продукції [50].

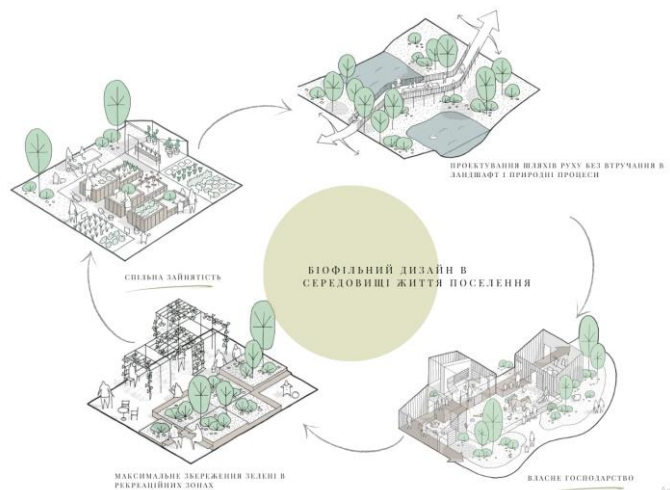


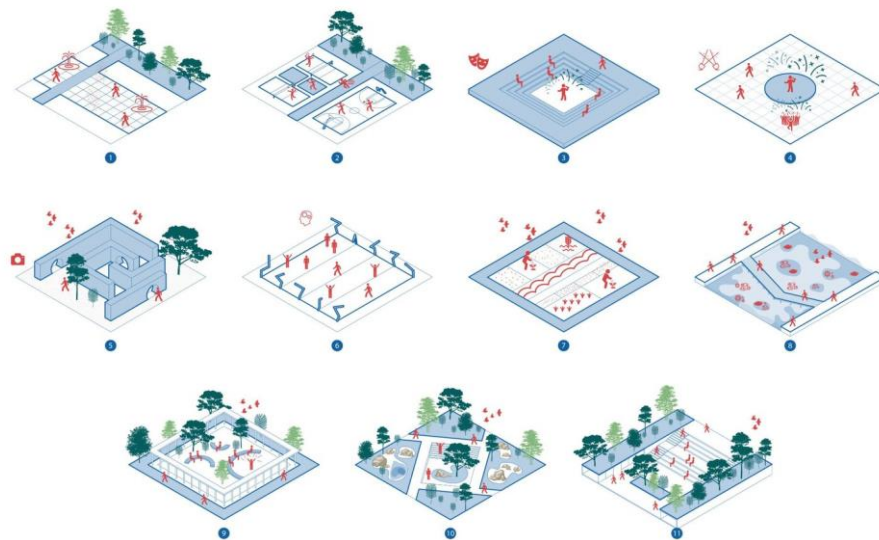
Рис. 2.2.5. Біофільний дизайн як основа сталого середовища проживання (рисунок автора).

Інтеграція теплиць з контрольованим мікрокліматом, гідропонних і аеропонних систем у структуру екопоселення дозволяє досягти високого

рівня продовольчої самодостатності, скоротити екологічний слід агровиробництва та впровадити інноваційні агротехнології у повсякденну практику громади [46,50]. Такий підхід є особливо актуальним у контексті сталого розвитку та адаптації до змін клімату, адже дозволяє сформувати нову модель сільського господарства — ефективну, екологічно безпечну та соціально орієнтовану (рис.2.2.5).

У рекреаційній зоні зберігаються та відновлюються природні ландшафти, створюються нові біотопи, квіткові луки, водойми. Екологічні стежки та зони відпочинку передбачають мінімальне втручання у середовище — використовуються природні матеріали, облаштовуються місця для спостереження за флорою і фауною. Очищення води забезпечують фіто фільтраційні системи, які працюють на основі місцевих рослин.

Таким чином, реалізація подібного проєкту є прикладом комплексного підходу до створення збалансованого середовища для життя людини та збереження природних ресурсів [46,50].



*Рис. 2.2.6. Схеми інтеграції природних ландшафтів в рекреаційні зони поселення [49].*

*Центральне місце біотехнологічного центру в структурі екопоселення*

У структурі сучасного екопоселення особлива роль належить біотехнологічному центру, який виконує функції не лише наукового й виробничого осередку, а й виступає серцем усієї екосистеми. Це не просто об'єкт — це середовище, в якому формуються ідеї, приймаються рішення та народжуються інновації (рис. 2.2.6). На відміну від звичних містобудівних моделей, де центральна зона найчастіше пов'язана з адміністрацією чи торгівлею, в екопоселенні вона стає точкою екологічного балансу, ресурсного самозабезпечення та технологічного розвитку громади.

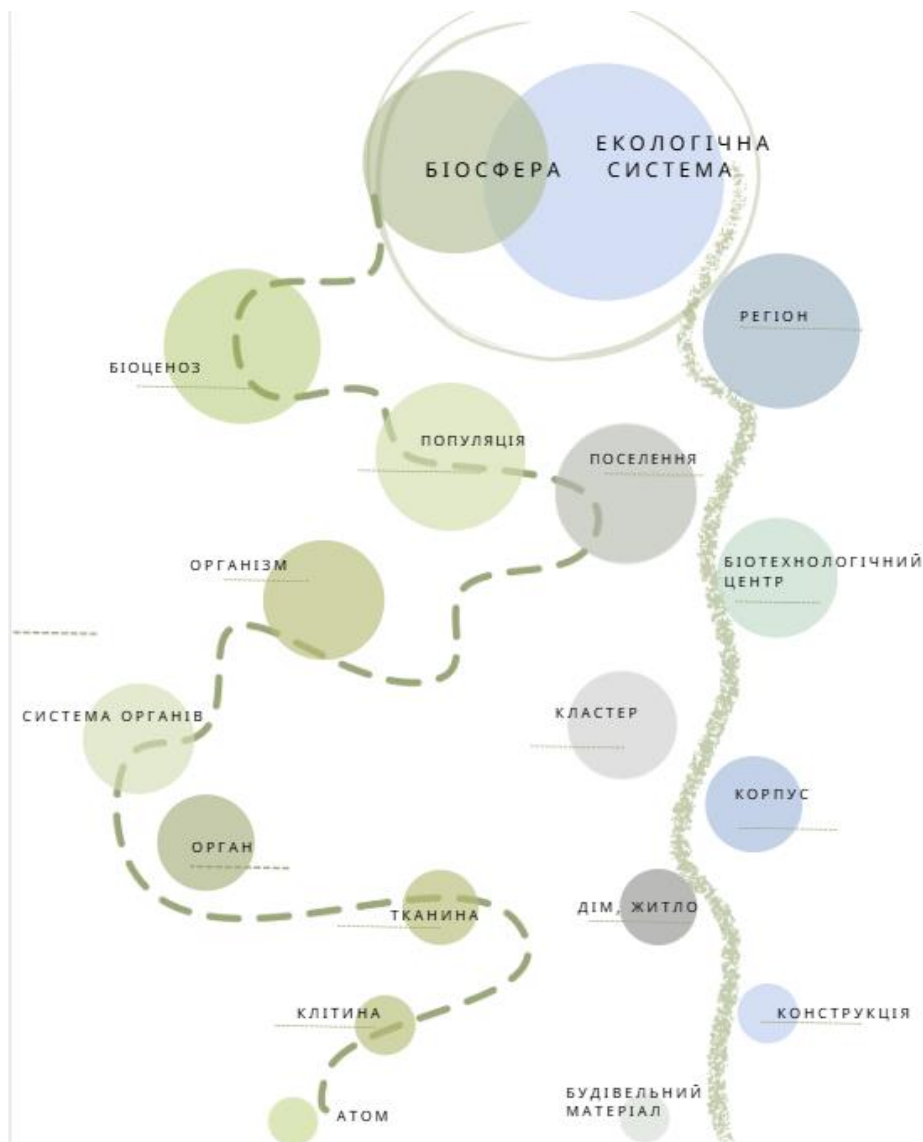


Рис. 2.2.7. Багаторівнева структура екологічної системи поселення (рисунок автора).

### *Функціональне наповнення*

Біоцентр охоплює ключові напрями досліджень у сферах біології, агроекології, ґрунтознавства й мікробіології. Тут працюють над створенням біопрепаратів нового покоління, екологічно чистих добрив, ефективних засобів захисту рослин та мікробних стимуляторів росту. Водночас, центр відкритий до громади — проводить навчальні курси, майстер-класи, демонстраційні досліди та лабораторні практикуми. Значущим є і те, що тут здійснюється моніторинг стану довкілля: збір даних із сенсорів, лабораторний аналіз, екосистемне моделювання. Це дозволяє точно керувати ресурсними потоками — від переробки органіки до генерації біоенергії. [48,49,50].

### *Просторова організація*

Архітектура центру орієнтована на ефективність і доступність. Він має зручне розташування, забезпечене комунікаціями з усіма функціональними зонами поселення. Його структура включає:

Лабораторний корпус з обладнанням для аналізу ґрунту, води, рослинних та мікробіологічних зразків;

Міні-виробництва, де виготовляють добрива, біопрепарати, генерують енергію з органічних решток;

Приміщення для адміністрації, освіти та комунікації — кабінети, конференц-зали, навчальні аудиторії;

Зовнішні експериментальні майданчики — ділянки для дослідів, модульні теплиці, штучні водойми з фіто очищенням;

Біореактори замкненого циклу, де кожен елемент — частина екологічного ланцюга: вода → поживні речовини → урожай → органіка → біогаз → тепло та енергія [46,50].

### *Соціальна й логістична функція*

Центр органічно вписується в інфраструктуру поселення, будучи відкритим для мешканців, відвідувачів і партнерів. Його діяльність підтримує тісний зв'язок з університетами, дослідницькими установами, громадськими

ініціативами. Водночас він створює нові робочі місця, дає поштовх розвитку малого бізнесу, а також сприяє зростанню рівня екологічної свідомості у громаді. Це — не ізольована структура, а живий організм, що інтегрує науку й повсякденне життя [46,50].

#### *Системна інтеграція*

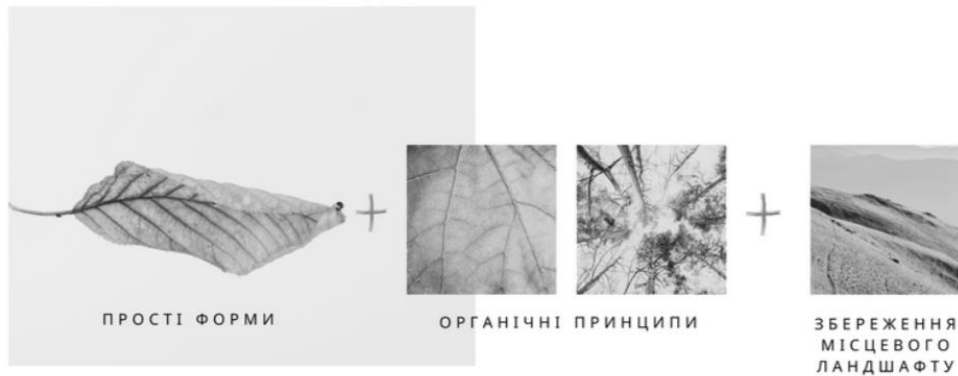
Біоцентр задає напрямок розвитку всього екопоселення. Його технології впливають на житлову, виробничу, рекреаційну сфери. Він координує обмін ресурсами між ними, мінімізуючи втрати та підвищуючи ефективність взаємодії з природою. По суті, це — розумовий центр поселення, його інтелектуальний і стратегічний двигун. Саме завдяки таким проектам громади можуть досягти справжньої сталості — не лише як концепції, а як реального способу життя [48,49].

### **2.3. Принципи інтеграції біотехнологічного центру в сучасне екопоселення**

#### *Біотехнологічний центр як просторове та функціональне ядро екопоселення*

Біотехнологічний центр повинен бути невід'ємною частиною архітектурно-планувальної структури поселення, активно впливати на формування зонування території, логістику ресурсів та організацію життєвого середовища. Він виконує мультифункціональну роль, об'єднуючи агровиробництво, дослідницьку діяльність, перероблення органічних відходів, контроль якості середовища та виробництво біопрепаратів (рис2.3.1). У сільськогосподарському секторі біотехнологічний центр забезпечує вирощування органічної продукції, контроль за використанням біодобрив, функціонування замкнених технологічних циклів, включаючи переробку відходів у біогаз, біогумус, компост. Він також служить еколабораторією, де здійснюється моніторинг стану ґрунтів, води, повітря та впроваджуються фітотехнології очищення середовища, що особливо важливо для екопоселень з рекреаційною або природоохоронною функцією [48,49,50].

Функціональна інтеграція передбачає використання спільної інфраструктури — енергетичних, транспортних, водопостачальних та інформаційних систем. Таким чином формується єдина екоінфраструктурна мережа, в якій центр не є ізольованим, а навпаки — є центральною ланкою для забезпечення екологічного балансу всієї території.



*Рис. 2.3.1. Принципи біофільного дизайну (рисунок автора).*

*Можливі просторові моделі організації біоцентру:*

Концентрична схема, в якій біотехнологічний центр займає центральне положення, забезпечуючи рівновіддаленість житлових, виробничих та рекреаційних зон, оптимальну логістику ресурсів та ефективний контроль за екологічними параметрами.

Лінійна схема, що передбачає розміщення центру вздовж природних або інфраструктурних коридорів (водойм, доріг), що знижує антропогенне навантаження, дозволяє гнучко управляти потоками ресурсів та формує природоорієнтовану структуру.

Дисперсна (модульна) схема, де елементи центру інтегруються в різні функціональні зони. Це дає змогу адаптувати поселення до складного рельєфу, забезпечити енергетичну децентралізацію та розподіл екосервісів по території [48,49,50].

У будь-якому з варіантів просторового вирішення біоцентр виконує роль стратегічного ядра, що визначає характер взаємодії людини і природи в межах поселення.

### *Соціально-економічні передумови та комфортність*

Інтеграція центру біотехнологій в екопоселення має базуватися на врахуванні соціально-економічних потреб мешканців та забезпеченні високого рівня комфорту. Створення сприятливого середовища проживання включає:

Соціальна інфраструктура — будівництво об'єктів освіти, охорони здоров'я, культури та спорту, що задовольняють базові потреби мешканців і сприяють розвитку громади;

Транспортна інфраструктура — розвиток зручних та екологічно чистих транспортних рішень, таких як велосипедні доріжки, пішохідні зони та громадський транспорт, що знижує залежність від автомобілів і сприяє зменшенню викидів [48,49,50].

Інженерна інфраструктура — впровадження систем енергоефективного водопостачання, каналізації та енергозабезпечення, що використовують відновлювані джерела енергії та сприяють збереженню природних ресурсів.

Забезпечення високої якості життя в екопоселенні сприяє залученню нових мешканців, розвитку місцевої економіки та формуванню стійкої громади, орієнтованої на екологічні цінності та сталий розвиток [50].

### *Екологічна освіта та громадська участь*

Формування екологічної свідомості серед мешканців є невід'ємною складовою успішного функціонування екопоселення з біотехнологічним центром. Одним із ключових завдань у цьому процесі є впровадження системи екологічної освіти та залучення громади до активної участі в екологічних і наукових ініціативах (рис.2.3.2). Освітні програми, що реалізуються на базі центру, включають проведення семінарів, тренінгів і майстер-класів, присвячених питанням екології, сталого розвитку, біоземлеробства, поводження з ресурсами та застосування біотехнологій у повсякденному житті [48,49,50].



*Рис. 2.3.2. Принципи біофільного дизайну для інтеграції біотехнологічного центру (рисунок автора).*

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ II

У другому розділі розглянуто принципи класифікації та архітектурно-планувальної організації екопоселень із біотехнологічним центром як ключовим елементом просторової структури. Підкреслено, що біоцентр не лише забезпечує технологічну, аграрну та наукову інтеграцію, але й виступає інтелектуальним осередком сталого розвитку громади. Було проаналізовано різні типи екопоселень — агровиробничі, рекреаційні, гібридні — та відповідні їм архітектурно-планувальні моделі (концентричну, лінійну, дисперсну), кожна з яких має унікальні переваги для адаптації до соціально-природного контексту.

Визначено, що ефективна інтеграція біоцентру в просторову тканину екопоселення сприяє екологічній рівновазі, соціально-економічній стійкості, формуванню екосвідомості населення та забезпеченню високої якості життя. Таким чином, архітектурно-планувальна модель екопоселення з біотехнологічним ядром є перспективним напрямом у розвитку екологічно орієнтованої урбанізації.

## РОЗДІЛ III. ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ЦЕНТРУ

### 3.1. Природно-історичне та планувальне обґрунтування розміщення біотехнологічного центру в структурі екопоселення

Розміщення екопоселення з біотехнологічним центром на території Волинської області зумовлене поєднанням природних, історичних і соціально-економічних чинників. Район між селищем міського типу Цумань і селом Карпилівка в межах Ківерцівського району має унікальні географічні та екологічні характеристики, які створюють сприятливі передумови для інтеграції сучасних підходів до містобудування із застосуванням біотехнологій.

Загальна площа проєктованої території становить близько 60 гектарів, охоплюючи кілька кадастрових ділянок, частина з яких має спеціалізоване цільове призначення — зокрема, землі водного фонду, державної власності, а також землі природно-заповідного фонду (рис. 3.1.1). Особливо важливим є розташування Ківерцівського національного природного парку загальнодержавного значення «Цуманська пуща», що формує контекст високої екологічної цінності проєктної зони та слугує природною основою для створення екопоселення з екологічно орієнтованою інфраструктурою.

На ділянці переважають дерново-підзолисті піщані ґрунти, що забезпечує можливість використання традиційних будівельних технологій без потреби у складних інженерних рішеннях для влаштування фундаментів. Це дозволяє мінімізувати вплив на природний рельєф і зменшити витрати на будівництво, одночасно зберігаючи природні особливості місцевості.

Таким чином, обрана територія поєднує в собі стратегічну екологічну значущість, архітектурну адаптивність та потенціал для створення сталого середовища з активною інтеграцією біотехнологій у просторову структуру поселення.

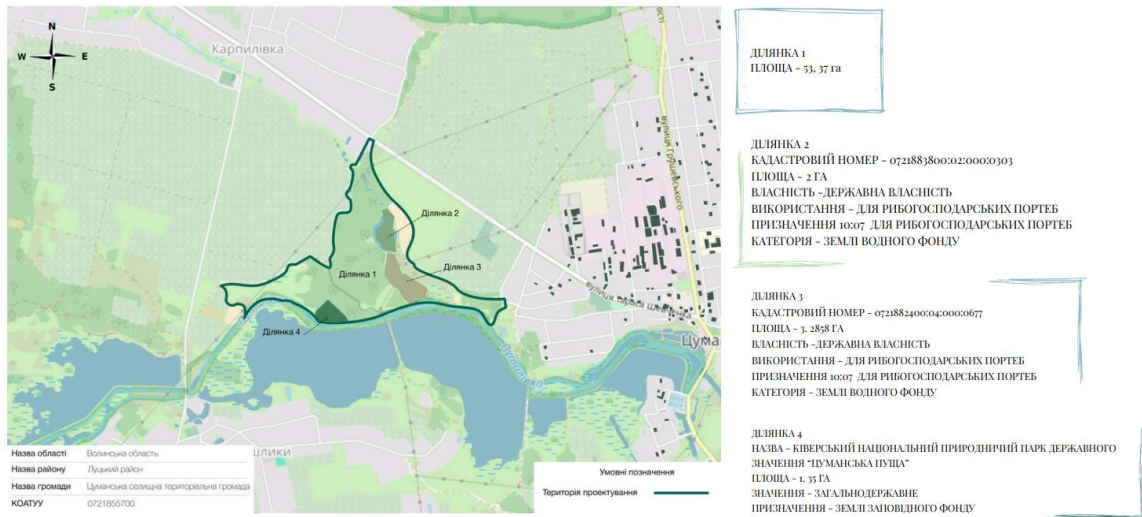


Рис. 3.1.1. Аналіз ділянки проектування екопоселення з біотехнологічним центром (рисунок автора).

Рельєф території має природний ухил у напрямку з півночі на південь із перепадом висот до 4 метрів, що значно полегшує організацію водовідведення та розміщення інженерної інфраструктури. Така особливість дозволяє ефективно інтегрувати природні процеси в технічні рішення, зберігаючи при цьому екологічну рівновагу.

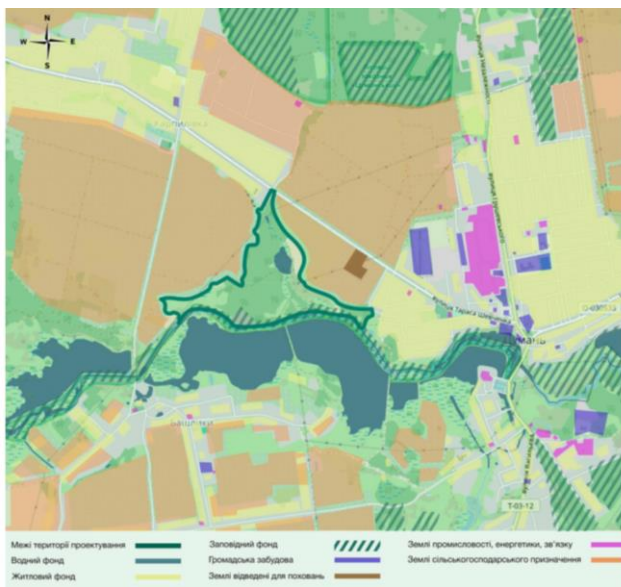
Історичний аналіз свідчить про давнє використання цієї території для лісогосподарських і сільськогосподарських потреб. Упродовж ХХ століття регіон активно використовувався для заготівлі деревини, збору лікарських рослин і ведення натурального господарства. Збереження традицій гармонійного співіснування людини з природним середовищем стало ключовою передумовою для формування концепції нового екопоселення.

Військові дії, що охопили частину України у ХХІ столітті, поставили перед екосистемами нові виклики, загостривши питання деградації довкілля та порушення сталого розвитку територій. У цих умовах виникла гостра потреба не лише в охороні, а й у відновленні природного середовища.

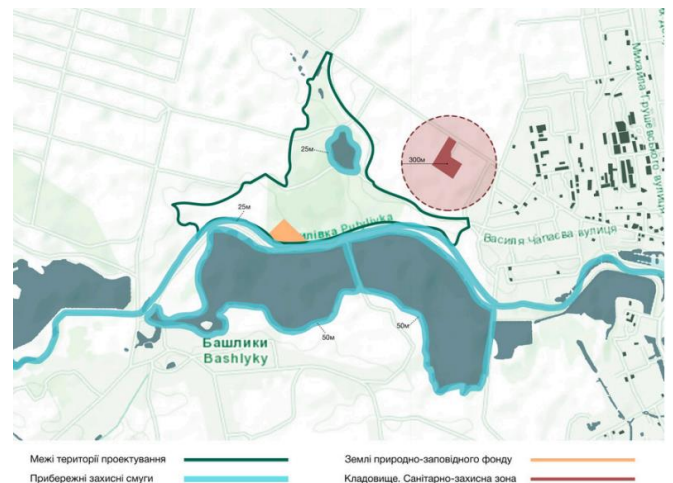
Біотехнологічний центр, передбачений як системоутворююча структура поселення, виконує роль не тільки науково-дослідного, а й практичного осередку. Його діяльність зосереджена на розробці та впровадженні технологій екологічного відновлення, агробіотехнологій,

збереження генетичного ресурсу (генетичні банки), а також реалізації освітніх і просвітницьких програм, присвячених питанням сталого розвитку, біоремедіації та адаптації до змін клімату.

У структурі екопоселення цей центр є не лише інноваційним елементом, а й символом переходу до нової моделі співіснування з природою — на основі наукового знання, поваги до ландшафту та соціальної відповідальності.



а)



б)

Рис. 3.1.2. а) Схема функціонального зонування ситуаційного плану б) схема віддаленості заборони (рисунок автора).

Розташування біотехнологічного центру саме в цій місцевості набуває стратегічного значення завдяки унікальному поєднанню природних, соціально-економічних і містобудівних чинників.

По-перше, ландшафт із чергуванням лісових масивів, луків та водно-болотних угідь формує природні лабораторії — екотипи, у яких можна відтворювати або безпосередньо спостерігати процеси, характерні для різних біоценозів. Це істотно скорочує час і витрати на моделювання середовища та підвищує екологічну достовірність експериментальних даних, що особливо важливо для досліджень у галузі відновлювальної біотехнології, біоремедіації та екологічного моніторингу (рис. 3.1.2.а, б).

По-друге, близькість водних ресурсів — річок, озер і підземних водоносних горизонтів — сприяє створенню замкнених циклів водокористування, необхідних для біореакторів і лабораторій живих культур. Водночас, наявність природних гідросистем відкриває перспективи для досліджень з аквапоніки, культивування водоростей як джерела біопалива та очищення стічних вод біологічними методами. Лісові угіддя забезпечують не лише зелені коридори для рекреації та зниження ефекту "теплових островів", а й цінний генетичний матеріал для біопроспектингу, що дає змогу розвивати фармакологічні та агробіотехнологічні напрями.

Слабка урбанізованість території зменшує антропогенний тиск і ризики забруднення, що критично важливо для точності польових експериментів і довготривалого екологічного моніторингу на контрольних ділянках. Невисока щільність забудови дає змогу органічно інтегрувати комплекс у природне середовище за принципами біокліматичної архітектури: використання земляних валів як теплових буферів, орієнтація лабораторних корпусів за сторонами світу для максимального залучення пасивних сонячних надходжень, створення багаторівневих зелених дахів, що формують безперервний ландшафтний каркас. Такий підхід знижує енергоспоживання, сприяє збереженню місцевої флори і фауни та водночас демонструє публіці зразки передової «зеленої» інженерії.

Обрана локація також має вигідне логістичне положення: вона розташована на оптимальній відстані до міських наукових та освітніх осередків, що забезпечує швидкий обмін знаннями, кадрами та результатами досліджень. Водночас її віддаленість від головних транспортних коридорів мінімізує вібраційні й шумові впливи на чутливе лабораторне обладнання. Це створює передумови для формування повноцінного науково-освітнього кластера з гнучкою моделлю роботи: дослідники можуть одразу реалізовувати свої теоретичні розробки у практичних польових умовах, а підприємства — ефективно тестувати й комерціалізувати інновації.

Проект також передбачає впровадження технологій замкненого циклу: очищення стічних вод, повторне використання ресурсів, локальне виробництво енергії з відновлюваних джерел. Біотехнологічний центр у цьому контексті виступає не лише науковою установою, а й ядром сталого розвитку громади. Можна впевнено стверджувати, що формування екопоселення з центром біотехнологій на цій території не лише відповідає сучасним екологічним викликам, але й пропонує модель майбутнього для інших регіонів України. Раціональне використання природних ресурсів у поєднанні з науковим підходом створює підґрунтя для гармонійного співіснування людини і природи у ХХІ столітті.

Питання територіального планування є ключовим чинником при розміщенні об'єктів із підвищеним екологічним і соціальним значенням. У цьому контексті біотехнологічний центр стає не лише дослідницьким осередком, а й важливим елементом архітектурної ідентичності території. Його присутність впливає на щільність забудови, ієрархію функціональних зон, структуру дорожньо-транспортної мережі та загальне ландшафтне вирішення простору. Слід зазначити, що розміщення центру в зоні з високим ландшафтним і біорізноманітним потенціалом вимагає впровадження інноваційних підходів до проектування. Це включає використання екологічно чистих матеріалів, організацію зеленої інфраструктури, біокліматичне проектування, вертикальне озеленення, системи збору дощової води, енергоефективні технології. Значну роль у формуванні концепції поселення з біотехнологічним центром відіграє громадська участь. Планується залучення місцевої громади до процесу проектування, створення консультативних рад, відкритих лабораторій та навчальних центрів. Це сприятиме підвищенню рівня екологічної свідомості населення, залученню молоді до науки та сталому розвитку регіону.

Оскільки територія проектування межує із заповідним фондом, особливу увагу приділено аналізу чинного природоохоронного законодавства. Дотримання норм збереження природних ареалів, водоохоронних смуг і

обмежень щодо інтенсивності забудови є визначальними чинниками при формуванні містобудівної концепції (рис. 3.1.3).

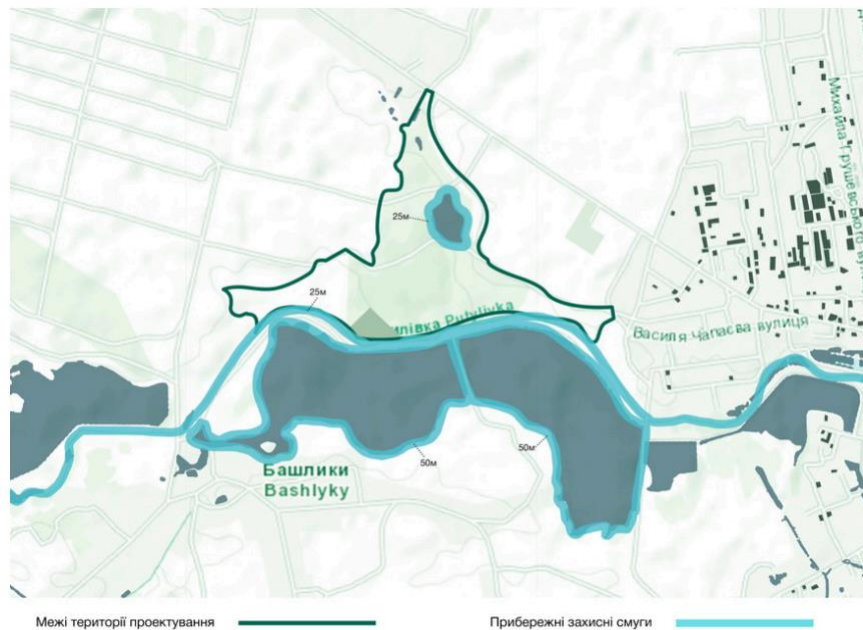


Рис. 3.1.3. Схема водоохоронних зон (рисунок автора).

Стратегія просторового розвитку екопоселення передбачає формування кластерів із різними напрямками діяльності: агробіотехнології, аквакультура, лабораторні дослідження, освітньо-експозиційні простори. Усі елементи повинні бути з'єднані єдиною транспортною та пішохідною інфраструктурою з урахуванням потреб маломобільних груп населення, що сприятиме інклюзивності та доступності середовища.

Велику рекреаційну цінність становить ландшафт навколо центру. Генеральним планом передбачено кільцеву екологічну стежку вздовж русла річки та озер, що надає території унікального характеру та підвищує її привабливість. Для забезпечення різноманіття функцій рекреаційного простору запроєктовано кілька тематичних зон: тихі ділянки для лісо терапії, квіткові поляни з інтерактивною «генетичною» колекцією місцевих медоносних рослин. Уздовж маршруту розміщено освітні стенди, зони відпочинку з лавами та навісами. Додатково буде створено відкритий амфітеатр для наукових лекцій і фестивалів «зеленої» інновації, а також прогулянкові доріжки, що надаватимуть доступ до спостережень за водними екосистемами. Ці елементи формують сприятливу атмосферу для навчання,

відпочинку та міждисциплінарної співпраці, одночасно зміцнюючи здоров'я мешканців і відвідувачів та підвищуючи загальний екологічний добробут території.

Покрівлі біотехнологічного центру засаджено зеленими терасами, за аналогією з рисовими полями азійських дахових ферм. Тут утворено каскадні платформи: на верхніх рівнях висаджено посухостійкі лучні трави та медоносні квіти, а на нижніх — експериментальні грядки з лікарськими й енергетичними культурами. Уздовж усіх ярусів прокладено серпантинні пішохідні доріжки з натуральної деревини та перфорованих металевих ґрат. Вони не лише поєднують зони відпочинку з оглядовими майданчиками, а й виконують роль обслуговчих трас для догляду за рослинами.

Під рослинним шаром розміщено дренажну систему з резервуарними лотками: дощова вода затримується в ґрунтовому субстраті, а надлишок відводиться у підземні цистерни, звідки її повертають для поливу вертикальних ферм усередині атриуму. Така система знижує пікові зливові стоки, охолоджує покрівлю влітку та підвищує теплову інерцію взимку, що скорочує витрати енергії на кліматичне регулювання.



ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН ДІЛЯНКИ М. 1: 500

- 1 - ЗАЇЗД
- 2 - ГОЛОВНИЙ ВХІД
- 3 - САДИ
- 4 - ТЕПЛИЦІ

- 5 - ГОСПОДАРЧА ДІЛЯНКА
- 6 - СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ
- 7 - ЗОНА ЗАГАЛЬНИХ ЗБОРІВ
- 8 - РЕКРЕАЦІЯ

- 9 - ПІШОХІДНІПРОГУЛЯНКОВІ ШЛЯХИ
- 10 - ЗЕЛЕНА ПОКРІВЛЯ

Рис.3.1.4. Генеральний план ділянки

Маршрут крізь «сад на даху» стає невід'ємною частиною екскурсійної програми. Студенти та відвідувачі можуть спостерігати за дослідами з біоремедіації, випробуванням нових сортів рослин або роботою бджіл-запилювачів. Панорамні оглядові майданчики відкривають краєвиди на лісові масиви «Цуманської пущі». Таким чином, зелені покрівлі не лише розширюють біоактивну площу центру, а й створюють рекреаційний простір, у якому поєднуються наука, просвіта й відпочинок, підкреслюючи принцип симбіозу архітектури з природним середовищем.

Таким чином, територіальний контекст проектування біотехнологічного центру у Волинській області відкриває широкі можливості для створення унікального архітектурного середовища. В основі цього проекту лежить ідея гармонійного співіснування природи і суспільства, що реалізується через архітектурні, ландшафтні та інженерні рішення.

Реалізація подібного проекту може стати прикладом для інших регіонів України, які прагнуть до екологічної модернізації. У майбутньому такі моделі можуть бути включені до державних програм відновлення територій, що постраждали від бойових дій або зазнали екологічного виснаження. Ключовою умовою сталості екопоселення є створення замкнених циклів енергії, води та біомаси. Залучення біотехнологій дозволяє інтегрувати відходи життєдіяльності в процеси виробництва ресурсів, створюючи, таким чином, самодостатню екосистему архітектурного середовища нового покоління.

### **3.2. Об'ємно-планувальне рішення біотехнологічного центру**

#### *Архітектурно-просторове вирішення біотехнологічного центру*

Об'єм біотехнологічного центру сформовано як багат шаровий «ландшафт-подіум», у який вписано вертикальні акценти та павільйони. Така архітектурна композиція відображає ідею симбіозу з природним середовищем і відповідає філософії біофільного дизайну.

Основна частина комплексу — це три та чотириповерхові стрічкоподібні корпуси, які хвилею формують кільця внутрішніх двориків. Їх покрівля

каскадом спускається до рельєфу, утворюючи експлуатовані тераси-сади; кожен ярус читається як окремий «зріз» місцевості, завдяки чому будівля здається природним продовженням ландшафту. Довгі горизонтальні лінії підкреслюють плавність форм, а заокруглені кутові відгалуження перетворюються на зелені пандуси, які ведуть пішоходів на дах, створюючи безперервний ландшафтний маршрут.

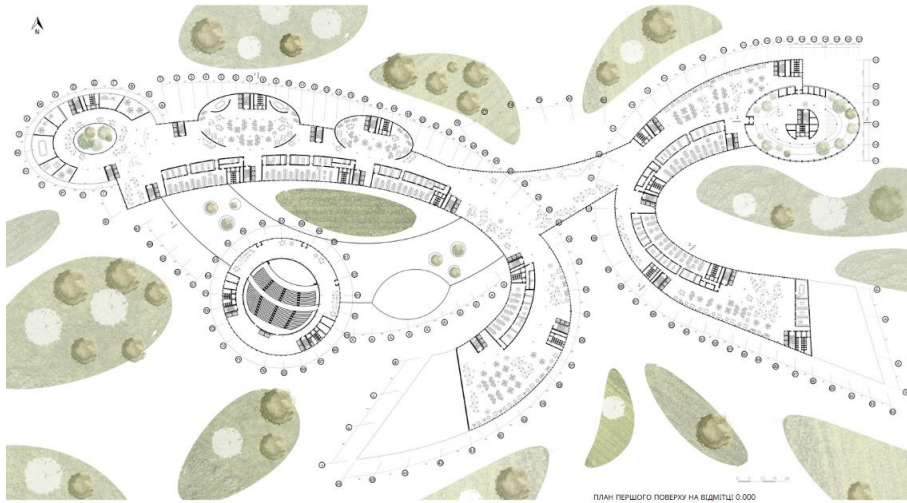
З основи комплексу підіймаються три циліндричні вежі різного діаметра та висоти, які задають ритмічну структуру об'єму. Дві з них розміщують лабораторії та простори для комп'ютерних досліджень, а третя вежа виконує функцію вертикальної ферми. Поєднання плавного стрічкового об'єму з акцентами простих геометричних тіл формує виразний архітектурний образ, у якому відчувається як інтеграція з природним середовищем, так і чітке функціональне зонування (рис. 3.2.1).



АКСОНОМЕТРІЯ

*Рис.3.2.1. Загальна композиція будівлі (рисунок автора).*

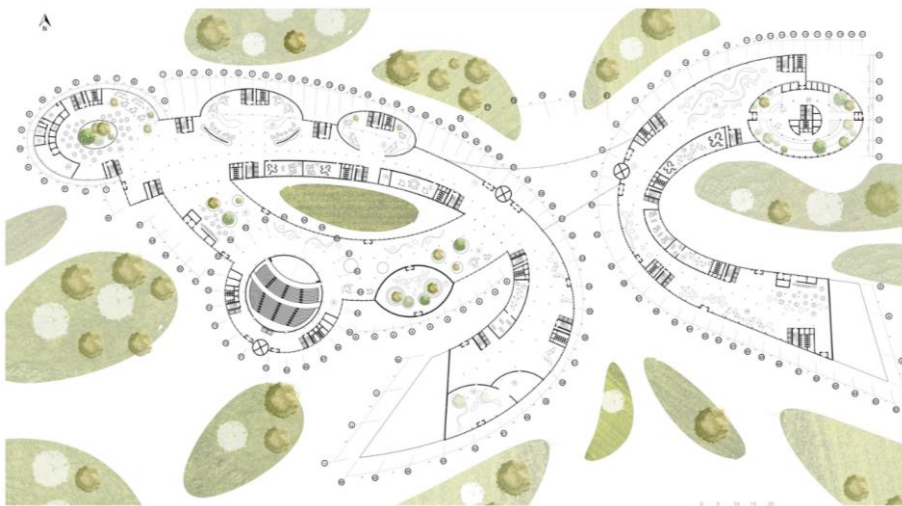
Перший поверх орієнтовано на відвідувачів і максимально відкрито для публіки. Вхідна група з широким навісом переходить у просторе фое, де розміщено рекреаційні зони, виставкові зали, інтерактивну медіа-стіну з демонстрацією актуальних досліджень, а також зону швидкої навігації. Ліве крило займає публічне кафе з відкритою кухнею та терасою, орієнтованою на внутрішній біопарк. Праве крило — серія гнучких виставкових та освітніх просторів, які ведуть до великої конференц-зали на 300 осіб (рис. 3.2.2).



*Рис.3.2.2. План першого поверху (рисунок автора).*

У периметрі сталеобату передбачено кільцевий прогулянковий маршрут із біофільтр-садами та інтерактивними демонстраційними елементами вертикального озеленення. Таким чином, відвідувачі з перших кроків занурюються у середовище «живих технологій».

Другий і третій поверхи формують «наукове кільце» для штатних працівників центру. Лабораторні блоки згруповано за принципом «чисте ядро — гнучкий пояс»: у внутрішньому кільці розташовані високостерильні лабораторії, а у зовнішньому — ІТ-хаби, аналітичні модулі, коворкінги та семінарські кімнати для створення прототипів. Модульна структура корпусів дозволяє швидко перепрофілювання приміщень без змін у несучих конструкціях (рис. 3.2.3).



*Рис.3.2.3. План типового поверху (рисунок автора).*

Вертикальна логістика (ліфти та сходи) винесена в окремі інженерні шахти, що мінімізує перетин маршрутів відвідувачів і дослідників, підвищуючи безпеку та ергономіку простору. Циліндричні вежі мають чітку функціональну спеціалізацію. Дві з них віддані під високотехнологічні лабораторії та супутні ІТ-простори для обробки даних і моніторингу досліджень у реальному часі. Третя, обрамлена зеленуватою ребристою оболонкою, функціонує як вертикальна ферма. До неї передбачено контрольований доступ для дослідників, які можуть безпосередньо спостерігати за рослинами, відбирати зразки, налаштовувати агротехнологічне обладнання (рис. 3.2.4).

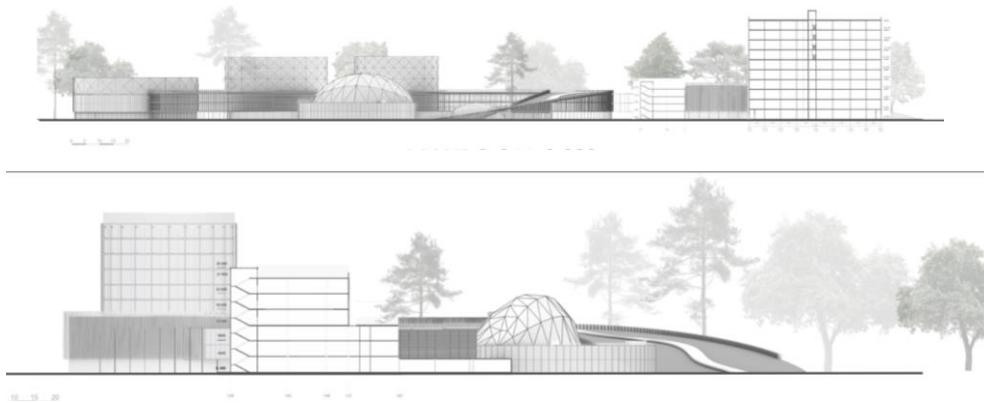


Рис.3.2.4. Розрізи (рисунок автора).

Таким чином, кожна вежа не лише виокремлює свою функцію, а й разом із корпусами формує цілісну науково-аграрну систему біотехнологічного центру, яка демонструє сучасні підходи до поєднання інноваційної архітектури, екології та науки.

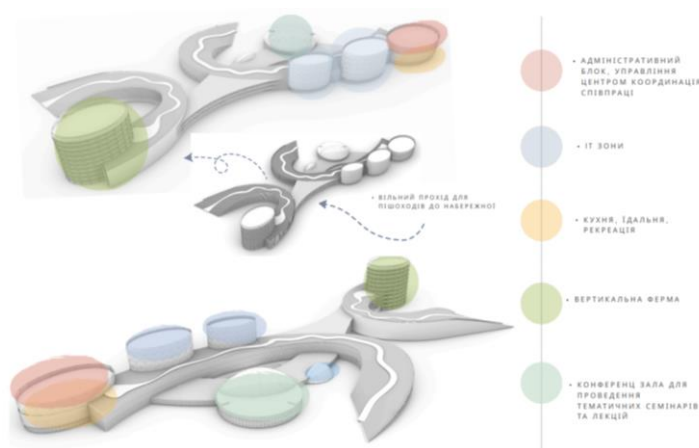


Рис.3.2.5. Схема розташування блоків центру

### 3. 3. Комплексна зелена стратегія будівлі й ландшафту біотехнологічного центру

Комплексна зелена стратегія будівлі й прилеглого ландшафту біотехнологічного центру вибудовується як безперервна «жива» система, у якій архітектура, агротехнології та природний каркас діють узгоджено. На рівні території формується триконтурна інфраструктура: перший пояс — це генеральний план центру, який поєднує зелені насадження і наукові майданчики. Уздовж периметра збережено острівки місцевої рослинності луків та лісів, закладено квітучі смуги-коридори та створено «готелі» для запилювачів, тож бджоли, джмелі й інші комахи можуть вільно переміщатися й харчуватися, не перериваючи природних маршрутів. Передбачено мікролуки з автохтонними травами й інтегровані гніздові ніші у підпірних стінках, що підтримують біорізноманіття й слугують «живими лабораторіями» для екологічного моніторингу. Другий пояс — це експлуатовані каскадні тераси, що сходинками огортають корпус і утворюють городи, сади та рекреаційні галереї. Третій, вертикальний контур розгортається на фасаді однієї з веж, де гідро- та аеропонні модулі з LED-освітленням працюють як дослідна ферма й одночасно як сонцезахисна оболонка. Подвійне засклення ферми створює тепловий «термос»: у прохолодний період воно акумулює сонячне тепло, а влітку слугує буфером проти перегріву.

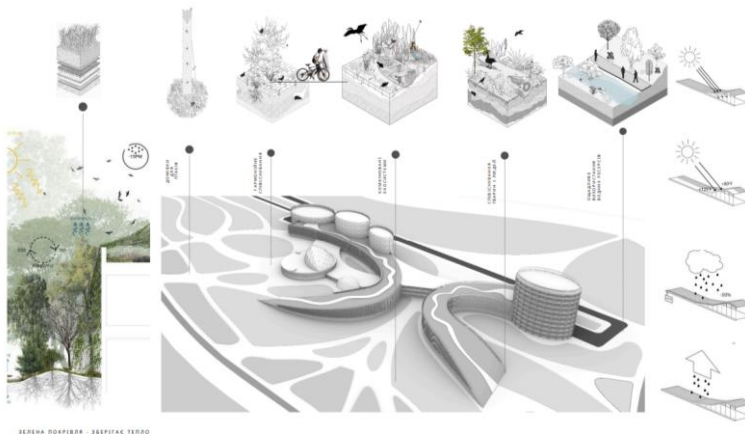


Рис.3.3.1. Схема зеленої стратегії (рисунок автора).

Плaskі дахи корпусів переходять у каскадні тераси-сади з посадками кущів, злакових трав та ароматичних прянощів. Грунтовий шар завтовшки 25–40 см утримує достатньо вологи для кореневих систем кущів і забезпечує хорошу теплоізоляцію перекриттів. Дощові води, що затримуються в субстраті, стікають у підпокрівельні лотки, проходять крізь дрібний гравійний фільтр і спрямовуються до підземних резервуарів; звідти їх знову подають на зрошення вертикальної ферми й терас. Завдяки такому циклу до 70 % опадів залишається в системі, зменшуючи навантаження на зливову каналізацію й потребу в мережевій воді. Біологічний аспект не менш важливий: низькорослі кущі, злаки та ароматичні трави створюють кормову і захисну базу для запилювачів, продовжуючи мережу квітучих коридорів збережених у генеральному плані. Таким чином дах стає ще одним «поверхом життя», що підтримує різноманіття комах, а також слугує досліdним майданчиком для вивчення взаємодії рослин із мінливим міським кліматом. Рослини виконують не лише декоративну, а й кліматичну функцію: вони затінують стелі лабораторій, знижують температуру поверхні даху влітку й утримують тепло взимку. Разом із вежою-фермою ці тераси створюють замкнену екосистему, у якій вода, тепло, енергія безперервно циркулюють між рослинами, лабораторіями та публічними просторами, роблячи «зелене» наповнення центру зрозумілим і доступним для кожного.



Рис.3.3.2. Етапи становлення зеленої стратегії (рисунок автора).

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ III

У даному розділі можна узагальнити архітектурно-планувальні та функціональні рішення, закладені в основу проектування біотехнологічного центру у структурі екопоселення на Волині, демонструючи їх відповідність сучасним екологічним, містобудівним та біоінженерним підходам.

Проектне рішення підтверджує положення, викладені у теоретичній частині дослідження, та вписується в класифікаційну категорію об'єктів комплексної екологічної інфраструктури, що поєднують науково-дослідну, аграрно-технологічну та просвітницьку функції. Об'єкт спроектовано відповідно до принципів сталого розвитку, біокліматичної архітектури, природоорієнтованого планування й системного моделювання замкнених ресурсних циклів. Використані методи: функціонально-просторове зонування, біофільний дизайн, принцип модульності, ієрархічна структура логістики, принципи рекуперації та агроінженерного ландшафту.

Біотехнологічний центр у запропонованій моделі — це не просто будівля, а цілісний екоінженерний організм, який адаптується до місцевого рельєфу, зберігає біотопи та водні структури, створює екокоридори для запилювачів. Генеральний план гарантує низький рівень втручання в екосистему та водночас забезпечує платформу для довготривалого моніторингу довкілля.

Архітектурна концепція поєднує каскадну систему зелених терас, вертикальну ферму, експлуатовані дахи, що утворюють тривимірний аграрно-дослідний ландшафт. Тут інтегруються: вирощування продукції, селекційні експерименти, публічні освітні програми. Інженерні рішення ґрунтуються на замкнених енергетичних і водних циклах: дощова вода збирається з покрівель, спрямовується на полив, а тепло з лабораторій і теплиць повторно використовується. Біовідходи компостуються або перетворюються на біогаз, що створює локальну кругову економіку.

З соціальної точки зору центр виконує функцію відкритого наукового простору: прозорі лабораторії, медіафасади, терасові амфітеатри й освітні

виставки сприяють популяризації науки та екотехнологій серед широкої аудиторії. Центр формує нову культурну точку тяжіння регіону, активізуючи екотуризм та розвиток освітньо-громадських ініціатив. З погляду містобудівної стійкості, вертикальна композиція з трьох диференційованих веж мінімізує забудову на ґрунті, зберігаючи зелений фонд, а модульна структура дозволяє масштабування комплексу без перерв у роботі. Всі ці складові — від архітектурної мови до цифрового управління ресурсами — формують демонстраційний полігон, який може бути реплікований у рамках національної програми післявоєнної відбудови України.

Таким чином, проєкт не лише відповідає критеріям енерго- та ресурсоефективності, а й задає новий стандарт синергії між наукою, архітектурою та природою, підсилюючи екологічну, економічну та соціальну стійкість територій.

## РОЗДІЛ IV. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

### 1. Загальні положення

Біотехнологічний центр, що виконує роль містоутворюючого ядра в структурі екопоселення, проєктувався не лише як інноваційний простір для досліджень у сфері сталого розвитку, агробіотехнологій та екологічної освіти, а й як об'єкт підвищеної соціальної відповідальності, спроможний забезпечити життєдіяльність населення в умовах надзвичайних ситуацій. У зв'язку з військовими ризиками, екологічними викликами та техногенними загрозами в сучасних українських реаліях, проєктна модель передбачає всебічну інтеграцію систем цивільного захисту у просторово-функціональну структуру комплексу [1].

Організація укриттів, систем оповіщення, планів евакуації, інженерних комунікацій, а також процедур реагування на НС закладена в основу архітектурного і містобудівного рішення. Це дозволяє гарантувати безпеку персоналу, відвідувачів, студентів, мешканців поселення та зберегти критичну інфраструктуру у разі руйнівних впливів природного, техногенного або воєнного характеру.

При розробці проєкту дотримано вимог:

- державних будівельних норм України, зокрема ДБН В.2.2-5:2023 щодо укриттів [3];
- Закону України «Про цивільний захист» [1];
- Закону України «Про правовий режим воєнного стану» [2];
- а також низки галузевих ДСТУ, міжнародних інструкцій та методичних рекомендацій.

Таким чином, біотехнологічний центр є не лише платформою для інноваційної діяльності, а й структурою, здатною виконувати функції осередку підтримки життєзабезпечення населення в умовах надзвичайних ситуацій, що підвищує стійкість поселення та задає нові стандарти безпечного містобудування.

Проектована ділянка розміщена в унікальному з точки зору природного потенціалу регіоні — в зоні між селищем міського типу Цумань і селом Карпилівка, в адміністративних межах Ківерцівського району Волинської області. Цей район вирізняється високим рівнем лісистості, наявністю природно-заповідного фонду, багатством флори і фауни, а також перспективністю для створення екологічно орієнтованих поселень. Водночас природні й антропогенні чинники формують комплекс потенційних загроз, які необхідно враховувати на етапі проектування системи цивільного захисту [2].

*До основних потенційних загроз у межах даної території належать:*

Пожежна небезпека в екосистемах. Висока концентрація хвойних та змішаних лісів створює умови для виникнення лісових пожеж, особливо в посушливі сезони. Наявність сухої трави, залишків деревини та слабкий контроль за нелегальним палінням сухостою підвищують ризики загорянь, які можуть набути значних масштабів та ускладнити евакуацію населення [4].

*Проблеми з енергопостачанням.* Район розташований на значній відстані від великих енергетичних вузлів, тому ймовірними є перебої у подачі електроенергії, особливо в умовах надзвичайної ситуації чи збройного конфлікту. Пошкодження ліній електропередач або трансформаторних підстанцій можуть призвести до тривалого знеструмлення об'єкта. Можливі технологічні аварії. Хоча поряд відсутні великі промислові підприємства, існує ризик витоку паливно-мастильних матеріалів, аварій на локальних виробничих об'єктах або транспортних магістралях (зокрема при перевезенні небезпечних речовин автотранспортом) [1].

*Загрози збройного характеру.* Враховуючи війну в Україні, не можна виключати можливості ураження території вибуховими пристроями, обстрілів або прольоту дронів. Навіть у віддалених районах потенційно можуть виникати загрози для життя та здоров'я мешканців. Особливу увагу

слід приділити сценаріям, пов'язаним з вторгненням або тимчасовим перебуванням цивільного населення в укриттях.

*Соціальні фактори ризику.* У критичних ситуаціях можливі деструктивні прояви серед населення — паніка, масове переміщення осіб, порушення громадського порядку. Тому слід враховувати необхідність соціальної адаптації, підтримки інформованості та забезпечення правопорядку [1].

Усі вказані фактори прямо впливають на архітектурно-планувальні рішення біотехнологічного центру, визначаючи не лише потребу в фізичному захисті, а й у створенні системи, здатної забезпечити автономну життєдіяльність у кризових умовах. Проектування має враховувати складну структуру загроз та багаторівневу модель реагування на них, що охоплює попередження, оперативну реакцію та відновлення [5].

### *3. Конструктивні рішення укриття*

Проектом біотехнологічного центру передбачено влаштування повноцінного укриття, розміщеного у підвальному поверсі головної будівлі дослідницького корпусу. Це укриття відповідає категорії ПРУ-2, що означає його здатність забезпечити тимчасове перебування населення в умовах впливу небезпечних факторів — вибухових хвиль, радіаційного забруднення, токсичних речовин у повітрі [3, 6].

Зовнішні несівні конструкції виконані з монолітного залізобетону товщиною 400 мм, що забезпечує належну протиударну та герметичну здатність. Перекриття має товщину 300 мм і розраховане на захист від уламкових уражень і сейсмічного впливу. Стать укриття гідроізольована кількома шарами рулонної гідроізоляції та оброблена антисептичними засобами для запобігання утворенню плісняви в умовах підвищеної вологості [6].

#### *4. Система оповіщення та реагування*

З метою своєчасного реагування на надзвичайні події в межах комплексу впроваджено автоматизовану багаторівневу систему оповіщення. Вона складається з центрального блоку управління, розташованого в диспетчерській центрі, та розгалуженої мережі виконавчих елементів, що охоплює всі зони перебування персоналу й відвідувачів [7].

Система включає візуальні та акустичні засоби інформування: електронні табло з прокручуванням текстом, багатотональні сирени, мовні оповіщення через внутрішню трансляційну мережу. Інформація дублюється за допомогою мобільних повідомлень через спеціальний застосунок, встановлений на телефони працівників та доступний для завантаження відвідувачами [8].

#### *5. План евакуації та зовнішні маршрути*

У рамках загальної стратегії безпеки, яка реалізується у проєкті біотехнологічного центру, особливу увагу приділено моделюванню ефективної системи евакуації. Враховано внутрішню структуру будівлі, функціональне призначення окремих зон, прогнозовану чисельність користувачів на кожному рівні та особливості потенційних надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути в регіоні. Побудова евакуаційної логіки здійснювалася згідно з актуальними державними стандартами щодо безпечного виведення людей із будівель (зокрема, з використанням методичних положень ДСТУ ISO 23601:2020) [9].

#### *6. Енергонезалежність та інженерні системи*

Надійне функціонування укриття в умовах порушення централізованого постачання ресурсів забезпечується впровадженням комплексу автономних систем, що дозволяють об'єкту працювати незалежно від зовнішніх мереж упродовж щонайменше трьох діб [10]. Центральним джерелом енергії є дизельна електростанція, розрахована на потужність до 35 кВт. Вона

встановлена в окремому технічному відсіку з дотриманням протипожежних норм, вентиляційного обміну та шумоізоляції [11].

#### *7. Доступність для маломобільних груп населення*

Проект укриття враховує принципи інклюзивності та адаптації до потреб осіб з обмеженою мобільністю. Всі основні елементи доступу — пандуси, дверні прорізи, проходи — мають необхідні геометричні параметри згідно з актуальними нормами, включно з ДБН В.2.2-40:2018 [12].

#### *8. Психологічна підтримка та інформування*

Укриття оснащено приміщенням, призначеним для психоемоційного відновлення та стабілізації морального стану осіб, які перебувають у стресі через зовнішні події. Функціонування психологічної зони супроводжується участю фахівців-психологів, які можуть працювати очно або надавати консультації через відеозв'язок [13].

#### *9. Цифрове управління безпекою*

Інтелектуальні цифрові системи забезпечують високий рівень контролю за станом безпеки в реальному часі. Для користувачів системи, робітників центру, створено мобільний застосунок, який дозволяє отримувати оперативну інформацію, повідомлення тривоги, інструкції щодо евакуації [14].

#### *Висновки*

Розробка системи цивільного захисту в межах біотехнологічного центру екопоселення є складовою частиною цілісного підходу до безпеки середовища життєдіяльності. У межах проекту передбачено низку технічних, організаційних та інженерних рішень, які відповідають сучасним вимогам

нормативних документів у сфері надзвичайних ситуацій та інклюзивної архітектури.

Зокрема:

- передбачено функціональне протирадіаційне укриття категорії ПРУ-2, розраховане на перебування осіб в умовах техногенної чи воєнної небезпеки [2].
- впроваджено автономні системи енергозабезпечення, водопостачання, вентиляції та каналізації, що гарантують безперервну роботу укриття в автономному режимі [2].
- реалізовано багаторівневу систему оповіщення з урахуванням потреб осіб з інвалідністю та іноземних відвідувачів;
- спроектовано чітку систему евакуації з безпечними маршрутами та зовнішніми зонами збору;
- інтегровано засоби цифрового моніторингу безпеки та управління кризовими подіями;
- створено психологічну зону підтримки з можливістю дистанційної допомоги;
- забезпечено відповідність нормам інклюзивності відповідно до ДБН В.2.2-40:2018 [1].

Таким чином, система цивільного захисту в структурі біотехнологічного центру виконує не лише базову функцію укриття, а й інтегрується в загальну інфраструктуру сталого розвитку та формування безпечного, адаптивного середовища для мешканців і персоналу. Вона створює модель, придатну до масштабування та впровадження в інших проєктах архітектурного планування нового покоління [2].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про цивільний захист» №1859-IV
2. Закон України «Про правовий режим воєнного стану» №389-VIII
3. ДБН В.2.2-5:2023 «Будинки і споруди. Укриття цивільного захисту»
4. ДБН В.1.1-7:2016
5. ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель»
6. ДСТУ ISO 23601:2020 «Плани евакуації»
7. ДСТУ EN 1838:2017 «Аварійне освітлення»
8. Постанова КМУ №733 від 26.07.2018
9. Наказ МВС №579 від 05.08.2020
10. Наукові дослідження з проектування захисних споруд
11. Практичні рекомендації міжнародного Червоного Хреста (IFRC)
12. Розробки Інституту цивільного захисту України
13. Методичні вказівки з організації психологічної допомоги (МОН, МОЗ)
14. Посібник з цифрової безпеки для критичної інфраструктури  
(USAID, 2022)

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У першому розділі окреслено фундаментальні теоретичні засади, які лягли в основу проєктування біотехнологічного центру як місцеутворюючого елементу екопоселення. Проведено аналіз сучасних тенденцій у сфері екологічного архітектурного проєктування, зокрема з урахуванням впливу кліматичних викликів, енергетичної кризи та зростання значення наукових установ у просторовому розвитку громад. Розглянуто передові концепції природоорієнтованої забудови, які забезпечують зменшення антропогенного навантаження, та підкреслено роль біотехнологій у моделюванні стійких середовищ. Таким чином, закладено теоретичне підґрунтя, яке підтверджує актуальність створення мультифункціонального біоцентру нового покоління.

Другий розділ зосереджено на просторовому та функціональному аналізі типологій екопоселень із біотехнологічною складовою. Обґрунтовано варіанти планувальних структур – концентричну, лінійну, дисперсну – з урахуванням різних сценаріїв природного, рельєфного та соціального контексту. Акцент зроблено на принципах зонування, які забезпечують ефективне поєднання житлових, дослідницьких, рекреаційних та технічних функцій. Важливим здобутком стало структурування типових моделей розміщення біоцентрів у малій та середній сільській агломерації, що відкриває перспективи їхньої адаптації в регіонах України, особливо в умовах післявоєнного відновлення інфраструктури.

У третьому розділі реалізовано прикладне втілення ідей сталого розвитку у просторовій структурі, архітектурній композиції та інженерних рішеннях проєкту. Детально опрацьовано морфологію біотехнологічного центру, який об'єднує наукові лабораторії, виробничі ділянки, рекреаційні простори та публічні зони. Зокрема, важливим є використання багаторівневої зеленої покрівлі, інтегрованих вертикальних ферм, автономних систем енерго- та водозабезпечення, що забезпечує повний ресурсний цикл. Рельєфно-просторове рішення об'єкта органічно вписане в природне

середовище, що демонструє потенціал синтезу архітектури й ландшафту, з урахуванням кліматичних умов Волинської області. Проєкт демонструє зразок інноваційного центру, відкритого до громади, з розвиненою просвітницькою та науково-популярною складовою.

Розділ цивільного захисту підтверджує, що запропоноване проєктне рішення відповідає всім вимогам до безпечної експлуатації об'єктів критичної та наукової інфраструктури. Укриття ПРУ-2, розташоване у підвальному рівні комплексу, здатне витримувати вплив вибухових хвиль, токсичних речовин і радіаційного забруднення. Передбачено повну автономію інженерних систем на 72 години: генерація електроенергії, запаси питної води, вентиляція з фільтрацією повітря, каналізація, тепло акумуляція. Встановлена сучасна система цифрового контролю та сповіщення, інтегрована з мобільними застосунками. Проєкт враховує потреби маломобільних груп населення, передбачає психологічну підтримку, забезпечення індивідуальними засобами захисту та евакуаційними рішеннями з урахуванням інклюзивності. Висновок підтверджує здатність об'єкта не лише виконувати свою функцію під час кризових ситуацій, а й гарантувати високий рівень соціальної, фізичної та психологічної безпеки.

Комплексний аналіз чотирьох розділів демонструє, що біотехнологічний центр в структурі екопоселення є вдалим прикладом інтеграції науково-дослідного, екологічного та соціального підходів до архітектурного проєктування. Його структура забезпечує багаторівневу сталість: від інфраструктурної самодостатності до адаптивного зонування та багатофункціонального використання. Центр виступає ядром не лише інноваційного, а й обороноздатного потенціалу громади. Застосовані методи планування, використання ресурсів, інклюзивні рішення, цифрові технології управління та функції просвіти свідчать про можливість масштабування запропонованої моделі на рівень регіональної або національної програми сталого розвитку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Смирнова Н. В. та ін. Містобудівні аспекти розвитку інноваційних територій: монографія. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017.
2. Зінов'єва О. С. Сталий розвиток сучасного міста та сталість територіальної громади / О. С. Зінов'єва // Регіональна політика : історія, політико-правові засади, архітектура, урбаністика : зб. наук. праць : в 2 ч. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; редкол. : П. М. Куліков (голова) [та ін.]. – Київ ; Тернопіль : Бескиди, 2018. - Вип. 4, ч. 2 : Четверта міжнародна наук.-практ. конф., Київ, 23 листопада 2018 р. - С. 106 - 108. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/987654321/7805>.
3. Зінов'єва О. С. Сталий розвиток міста як відповідь на виклики пандемії / О. С. Зінов'єва // Просторове планування: Містопланування, архітектура, політичні та соціокультурні засади : зб. наук. праць / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; гол. ред. П. М. Куліков. - Київ : КНУБА, 2020. - Вип. 1, ч.1. - С. 100 - 105. - Бібліогр. : 3 назви. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/987654321/7075>
4. Bulakh I., Merylova I. Sustainable Hospital Architecture - Potential of Underground Spaces. Civil Engineering and Architecture. 2020. Vol. 8, no. 5. P. 1127–1135. URL: <https://doi.org/10.13189/cea.2020.080539>
5. Bulakh I. The Architecture of Medical and Health Research Buildings and Complexes as The Basis of Sustainable Development. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1275, no. 1. P. 012042. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1275/1/012042>
6. Сало В.В. Типологічні особливості архітектурно-планувальної організації підземних науково-дослідних комплексів в Україні. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Київ : КНУБА, 2024. 254 с. URL: [https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/04/dysertacziya\\_salo-v-v.pdf](https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/04/dysertacziya_salo-v-v.pdf)
7. Admiraal H., Cornaro A. Underground Spaces Unveiled: Planning and Creating the Cities of the Future. I C E Publishing, 2018. 232 p.

8. Labs K. B. The architectural use of underground space: Issues & applications. [Mechanicsville, Pa.] : Undercurrent, 1979. 149 p.
9. Reynolds, E., Reynolds, P. "Planning for underground spaces "NY-LON" underground." Think Deep: Planning, Development and Use of Underground Space in Cities; Admiraal, H., Shipra, N.S. ISOCARP, 2015. 34-54 p
10. Solotvina Underground Laboratory [Електронний ресурс] Режим доступу: [http://lpd.kinr.kiev.ua/LPD\\_SUL.htm](http://lpd.kinr.kiev.ua/LPD_SUL.htm)
11. 106 .X. Wang et al. Factors influencing the development potential of urban underground space: Structural equation model approach / Tunnelling and Underground Space Technology. 2013. Vol. 38. P. 235–243. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2013.06.005>
12. 147 Панкратова Н.Д., Гайко Г.І., Савченко І.О. Розвиток підземної урбаністики як системи альтернативних проектних конфігурацій. – К.: Наукова думка, 2020. – 216 с.
13. Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Головн. ред. М.М. Осетрін. – К., КНУБА, 2017. – Вип. 64. – 582 с.
14. Інноваційний парк 'UNIT.City' [Електронний ресурс]. URL: <https://kotsiuba.com/project/unit-city-innovation-park>
15. Інноваційний парк 'UNIT.City' [Електронний ресурс]. URL: <https://unit.city/>
16. LvivTech.City [Електронний ресурс]. URL: <https://lvivbud.com/project/gromadski/lviv-tech-city/>
17. LvivTech.City [Електронний ресурс] URL: <https://www.lviv-tech.city/office/>
18. Innovation District IT Park [Електронний ресурс]. URL: <https://focusonbusiness.eu/en/news/innovation-district-it-park-from-consuming-to-creating-infrastructure-in-lviv/2213>
19. Balbek bureau develops RE: UKRAINE, a modular town system for refugees [Електронний ресурс] URL: <https://www.designboom.com/architecture/balbek-bureau-re-ukraine-modular-town-system-refugees-03-30-2022/>

20. [Электронный ресурс]URL: <https://nubip.edu.ua/node/104243>
21. Albert Einstein Education and Research Center / Safdie Architects [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/985917/albert-einstein-education-and-research-center-safdie-architects?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/985917/albert-einstein-education-and-research-center-safdie-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab)
22. National Institute for Biotechnology [Электронный ресурс]URL: <https://www.archdaily.com/784310/national-institute-for-biotechnology-chyutin-architects>
23. Naturalis Biodiversity Center Leiden / Neutelings Riedijk Architects. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/924031/naturalis-biodiversity-center-leiden-neutelings-riedijk-architecten?ad\\_source=myad\\_bookmarks&ad\\_medium=bookmark-open](https://www.archdaily.com/924031/naturalis-biodiversity-center-leiden-neutelings-riedijk-architecten?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open)
24. Bioprocess Center [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/879329/bioprocess-innovation-center-clark-nexsen>
25. Renzo piano's california academy of sciences . [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano?ad_source=search&ad_medium=projects_tab)
26. New Global Hub for Biomedical Research / НОК [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/300385/new-global-hub-for-biomedical-research-hok?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/300385/new-global-hub-for-biomedical-research-hok?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all)
27. Svalbard Science Centre / JVA [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/3506/svalbard-science-centre-jva?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/3506/svalbard-science-centre-jva?ad_medium=gallery)
28. Ewha Womans University / Dominique Perrault Architecture [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/227874/ewha-womans-university-dominique-perrault-architecture?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/227874/ewha-womans-university-dominique-perrault-architecture?ad_medium=gallery)
29. ZGC International Innovation Center [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/1017726/zgc-international-innovation-center-mad-architects>

30. Taiyuan Botanical Garden [Електронний ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/962872/taiyuan-botanical-garden-delugan-meissl-associated-architects?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/962872/taiyuan-botanical-garden-delugan-meissl-associated-architects?ad_medium=gallery)
31. Zaha Hadid's Science Center Breaks Ground in Singapore [Електронний ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/1009307/zaha-hadids-science-center-breaks-ground-in-singapore?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/1009307/zaha-hadids-science-center-breaks-ground-in-singapore?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all)
32. X. Wang et al. Factors influencing the development potential of urban underground space: Structural equation model approach / Tunnelling and Underground Space Technology. 2013. Vol. 38. P. 235–243. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2013.06.005>
33. Панкратова Н.Д., Гайко Г.І., Савченко І.О. Розвиток підземної урбаністики як системи альтернативних проектних конфігурацій. – К.: Наукова думка, 2020. – 216 с
34. Пустовойтенко, В. П. "Обґрунтування гірничотехнічних передумов підземного будівництва з урахуванням гірничо-геологічних умов." Збірник наукових праць Національного гірничого університету 34 (1) (2010): 12-22.
35. Сало, Валерія. "ВПЛИВ ЧИННИКІВ НА АРХІТЕКТУРНО-СЕРЕДОВИЩНУ ОРГАНІЗАЦІЮ ПІДЗЕМНИХ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ КОМПЛЕКСІВ." Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування 65 (2023): 251-259
36. Bettini A. New underground laboratories: Europe, Asia and the Americas. Physics of the Dark Universe. 2014. Vol. 4. P. 36–40. URL: <https://doi.org/10.1016/j.dark.2014.05.006>
37. Stones, Peter, and Tan Yoong Heng. "Underground space development key planning factors." Procedia Engineering 165 (2016): 343-354 DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.709
38. Khaustova V. Ye., Holovko L. S., Nifatova O. M. Implementation of the Convergent Model of Innovations in Ukraine: Problems and Prospects //

- Problems of Economy. – 2015. – №1. – С. 37–42. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.problecon.com/export\\_pdf/problems-of-economy-2015-1\\_0-pages-37\\_42.pdf](https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2015-1_0-pages-37_42.pdf)
39. New Korea Hydro & Nuclear Power Headquarters [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.archdaily.com/246768/new-korea-hydro-nuclear-power-headquarters-h-architecture?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/246768/new-korea-hydro-nuclear-power-headquarters-h-architecture?ad_medium=gallery) ...
40. New Urban Campus Bocconi [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.archdaily.com/975778/new-urban-campus-for-bocconi-university-sanaa?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/975778/new-urban-campus-for-bocconi-university-sanaa?ad_medium=gallery) ...
41. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecosistemaurbano.com/eco-boulevard/> ...
42. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.archdaily.com/catalog/us/products/32553/roofing-solutions-holcim?ad\\_source=neufert&ad\\_medium=company\\_landing\\_page&ad\\_name=company\\_product](https://www.archdaily.com/catalog/us/products/32553/roofing-solutions-holcim?ad_source=neufert&ad_medium=company_landing_page&ad_name=company_product)
43. Муха О. М. Архітектурно-планувальна організація еко-поселень : дис. ... канд. архітектури. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 163 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://radaarch.kname.edu.ua/images/sampledData/Mukha/Dis\\_Mukha\\_1-45.pdf](https://radaarch.kname.edu.ua/images/sampledData/Mukha/Dis_Mukha_1-45.pdf).
44. Муха Т. О., Шулик В. В. Сучасний стан організації екологічних та агрорекреаційних поселень та перспективи їх розвитку // *World Science*. – 2018. – №8(36), Vol.1. – С. 34–39. – DOI: 10.31435/rsglobal\_ws/30082018/6051.
45. Проектування територіальних комплексів : навч. посіб. / [уклад. Г. О. Зінь, С. Ю. Бортнік, О. В. Колесник та ін.] ; за ред. С. Ю. Бортніка. – Запоріжжя : ЗНУ, 2020. – 147 с. – Режим доступу: [https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/504743/mod\\_resource/content/1/EMS\\_NP\\_CH1\\_PTK\\_KBDM.pdf](https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/504743/mod_resource/content/1/EMS_NP_CH1_PTK_KBDM.pdf).
46. Агроєкологія та пермакультура : навч. посіб. / [О. Г. Залога, В. І. Мартинюк, О. С. Іщенко та ін.] ; за ред. О. Г. Залоги. – Умань : Видавець

«Сочінський М. М.», 2024. – 186 с. – Режим доступу: [https://ibmt.uu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/02/pidruchnyk\\_agroekologiya\\_permakultura\\_elektronnyj1.pdf](https://ibmt.uu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/02/pidruchnyk_agroekologiya_permakultura_elektronnyj1.pdf)

47. Унікальне автономне екопоселення ReGen Villages протестують у Голландії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecotechnica.com.ua/uk/arkhitektura/unikalnoe-avtonomnoe-ekoposelenie-regen-villages-protestiruyut-v-gollandii>

48. The Naturhus Concept [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.greenouseliving.se/naturhus>

49. Concept [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://landandcc.com/land-dongguan/oufum663szz2zbh5g07uz9ilwkf0aq>

50. Проектування територіальних комплексів : навч. посіб. / [уклад. Г. О. Зінь, С. Ю. Бортнік, О. В. Колесник та ін.] ; за ред. С. Ю. Бортніка. – Запоріжжя : ЗНУ, 2020. – 147 с. – Режим доступу: [https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/504743/mod\\_resource/content/1/EMS\\_NP\\_CH1\\_PTK\\_KBDM.pdf](https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/504743/mod_resource/content/1/EMS_NP_CH1_PTK_KBDM.pdf).

## ДОДАТКИ

## Додаток 1

