

СТАЛИЙ РОЗВИТОК

SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Edited by Leonid Melnyk

A study guide



СТАЛИЙ РОЗВИТОК

За ред. д.е.н., проф. Л. Г. Мельника

Навчальний посібник



УДК 005.591.3-021.387:[502.131+330.34+316.42](075.8)

С 76

Рецензенти:

І. К. Бистряков – доктор економічних наук, професор, завідувач відділу просторового розвитку та якості життя Інституту демографії та досліджень якості життя імені Михайла Птухи, Національна академія наук України, м. Київ.

О. П. Павленко – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри публічного управління та адміністрування, Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, м. Одеса.

Т. М. Степура – доктор економічних наук, професор, професор кафедри економіки підприємства та інвестицій, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів.

*Рекомендовано до видання вченою радою
Сумського державного університету як навчальний посібник
(протокол № 4 від 11 грудня 2025 року)*

Сталий розвиток : навчальний посібник / за ред. Л. Г. Мельника.
С 76 Суми: Університетська книга, 2026. 608 с.

ISBN 978-617-521-146-5

Навчальний посібник охоплює теоретичні та практичні аспекти переходу до сталого розвитку, його екологічні, економічні, соціальні та технологічні виміри, а також реалізацію Цілей ООН. Розглянуто циркулярну економіку, сестейнізацію енергетики, адитивні технології, Інтернет речей та штучний інтелект, а також трансформацію соціальних і економічних відносин. Особлива увага приділена формуванню горизонтальних мереж виробництва, соціальної та солідарної економіки, а також сталого агровиробництва і поселень.

Посібник спрямований на підготовку фахівців, здатних поєднувати інновації, екологічну відповідальність і технологічну ефективність. Рекомендовано студентам, викладачам і всім, хто цікавиться проблемами Industry 5.0 та сталого розвитку.

УДК 005.591.3-021.387:[502.131+330.34+316.42](075.8)

ISBN 978-617-521-146-5

© Мельник Л. Г., 2026
© ПФ «Видавництво “Університетська книга”»,
2026

Зміст

Вступ	9
Тема 1. Вступ до сталого розвитку	13
Основи теорії	14
Презентаційні матеріали	26
1.1 Концепція сестейнового розвитку	27
1.2 Екологічні виміри переходу до сестейнового розвитку	37
1.3 Забезпечення сестейнового стану біосфери та суспільства	44
1.4 Принципи сестейнового розвитку	53
1.5 Цілі сестейнового розвитку ООН.....	72
1.6 Місце людини в сестейновому розвитку	77
Питання для самостійного опрацювання.....	96
Тема 2. Сучасні промислові революції (Industry 3.0, 4.0, 5.0) як шлях до сестейнового розвитку	97
Основи теорії	98
Презентаційні матеріали	107
2.1 Обумовленість сучасних промислових революцій	108
2.2 Зміст Industry 3.0	119
2.3 Сестейнізація енергетики.....	125
2.4 Матеріальне виробництво в рамках Industry 3.0	151
2.5 Зміст Industry 4.0	161
2.6 Зміст Industry 5.0	164
Питання для самостійного опрацювання.....	169
Тема 3. Цивілізаційні виміри сестейнового розвитку	170
Основи теорії	171
Презентаційні матеріали	175

3.1 Базові поняття.....	176
3.2 Тріалектичні основи забезпечення сестейнового розвитку	180
3.3 Передумови сестейнізації економіки	190
3.4 Економічний вимір.....	198
3.5 Організаційний вимір	203
Питання для самостійного опрацювання.....	214
Тема 4. Циркулярна економіка.....	215
Основи теорії	216
Презентаційні матеріали	220
4.1 Поняття про циркулярну економіку (ЦЕ)	221
4.2 Схема використання ресурсів в ЦЕ	224
4.3 Рівні циркулювання ресурсів в ЦЕ.....	227
4.4 Шерінгова модель спільного користування продукцією.....	234
4.5 Продукт – як послуга	238
4.6 Продовження терміну служби виробів.....	243
4.7 Відновлення цінності відходів	247
4.8 Дизайн як основа ЦЕ	251
4.9 Переваги та виклики ЦЕ.....	256
Питання для самостійного опрацювання.....	262
Тема 5. Сестейнізація енергетики	263
Основи теорії	264
Презентаційні матеріали	268
5.1 Складові сестейнізації енергетики	269
5.2 Напрями сестейнізації енергетики	272
5.3 Зберігання енергії.....	280
5.4 Трансформація організаційної структури енергетики.....	289
5.5 Системність сестейнізації енергетики	303
5.6 Сестейнізація енергетики в Україні	309

Питання для самостійного опрацювання..... 314

Тема 6. Кібергізація життєдіяльності людини як складова сестейнового розвитку 315

Основи теорії 316

Презентаційні матеріали 320

6.1 Реалізація Industry 4.0 як передумови сестейнізації економіки 321

6.2 Поняття про Інтернет речей 325

6.3 Індустріальний IoT..... 331

6.4 Штучний інтелект для цілей СР 341

6.5 Виклики і ризики застосування ШІ..... 347

Питання для самостійного опрацювання..... 351

Тема 7. Технологічні основи сестейнізації виробництва 352

Основи теорії 353

Презентаційні матеріали 358

7.1 Поняття про адитивне виробництво (АВ) 359

7.2 Напрями застосування АВ 365

7.3 Напрями розвитку АВ..... 374

7.4 Наслідки розвитку АВ 385

7.5 Сестейнізація матеріалів 391

Питання для самостійного опрацювання..... 404

Тема 8. Сестейнізація поселень 405

Основи теорії 406

Презентаційні матеріали 408

8.1 Роль сестейнізації поселень у забезпеченні сестейнового розвитку..... 409

8.2 Формування екопоселень 411

8.3 Напрями екологізації поселень 418

8.4 Основи сестейнізації будівництва 433

8.5 Оцінка сестейновості будівництва	439
8.6 Напрями сестейнізації будівництва.....	445
Питання для самостійного опрацювання.....	479
Тема 9. Сестейнізація агровиробництва.....	480
Основи теорії	481
Презентаційні матеріали	485
9.1 Поняття про сестейнове агровиробництво	486
9.2 Основи сестейнового агровиробництва.....	494
9.3 Біодинамічне й точне землеробство	506
9.4 Індустріальний напрям сестейнізації агровиро- бництва.....	511
9.5 М'ясо з пробірки	524
9.6 Органічне землеробство	533
9.7 Екологічна сертифікація та маркування	540
Питання для самостійного опрацювання.....	545
Тема 10. Соціальні питання забезпечення сталого розвитку	546
Основи теорії	547
Презентаційні матеріали	549
10.1 Реструктуризація соціальних відносин.....	550
10.2 Формування соціальної та солідарної економіки.....	553
10.3 Самоорганізація суспільства.....	560
10.4 Активізація колективного інтелекту.....	565
10.5 Соціальна відповідальність.....	573
10.6 Реструктуризація освітніх процесів	586
Питання для самостійного опрацювання.....	590
Практичні завдання.....	591
Висновки.....	601
Рекомендована література.....	605

Вступ

На початку XXI століття людство зіткнулося з комплексом системних викликів, які засвідчили вичерпаність традиційної моделі економічного зростання, орієнтованої переважно на індустріальне виробництво, споживання природних ресурсів і нарощування ВВП. Сучасна цивілізація переживає кризу екологічної рівноваги, соціальної справедливості та економічної стабільності. Зміна клімату, деградація екосистем, зростання енергетичної залежності, виснаження ресурсів, глобальна нерівність і демографічні диспропорції – усе це створює реальну загрозу майбутньому людства.

У відповідь на ці виклики в науковому та політичному дискурсі сформувалася нова парадигма – парадигма сталого (сестейнового) розвитку, що ґрунтується на ідеї збалансованості між економічними, соціальними та екологічними вимірами людської діяльності. Її теоретичні засади були закладені у звіті Всесвітньої комісії ООН з навколишнього середовища і розвитку «Наше спільне майбутнє» (1987), який визначив сталий розвиток як такий, що задовольняє потреби нинішнього покоління, не ставлячи під загрозу можливості майбутніх поколінь задовольняти свої потреби.

Ця концепція набула подальшого розвитку в Ріо-де-Жанейрській декларації з навколишнього середовища та розвитку (1992), Порядку денному на XXI століття, а згодом – у Порядку денному ООН до 2030 року, ухваленому Генеральною Асамблеєю ООН у 2015 році. Саме цей документ визначив 17 Цілей сталого розвитку (ЦСР), які охоплюють ключові напрями забезпечення гідного життя, економічного зростання, миру та відновлення природних систем.

Сталий розвиток – це не просто екологічна доктрина, а новий цивілізаційний проєкт, що інтегрує досягнення

науки, технологій і гуманістичних цінностей. Його сутність полягає у формуванні цілісного, системного бачення взаємозв'язку природи, економіки та суспільства.

Сучасні промислові революції – від Industry 3.0 (автоматизація) до Industry 5.0 (людиноцентрична індустрія) – стали катализатором якісних змін у виробництві, енергетиці, транспорті, управлінні й комунікації. Вони зумовили перехід від моделі масового виробництва до інтелектуально орієнтованої економіки, у якій цифрові технології, штучний інтелект, інтернет речей, адитивне виробництво та відновлювана енергетика стають базовими інструментами сталого розвитку.

У цій новій індустріальній реальності ключовою категорією стає “сестейнізація” – процес узгодження техногенного, соціального й природного середовищ шляхом застосування інноваційних технологій, екологічного дизайну, циркулярних моделей виробництва та ефективного використання ресурсів.

Сталий розвиток є багатовимірним явищем. Його реалізація потребує поєднання цивілізаційних, економічних, організаційних, соціальних та технологічних аспектів.

Цивілізаційний вимір охоплює зміну системи цінностей, культури споживання, форм управління й освіти.

Економічний вимір передбачає перехід до моделі циркулярної економіки, у якій ресурси використовуються повторно, а відходи стають сировиною для нових виробничих циклів.

Соціальний вимір передбачає забезпечення рівних можливостей, гідної праці, доступу до освіти та охорони здоров'я, розвитку громад і зміцнення людського капіталу.

У цьому контексті важливе місце посідає сестейнізація енергетики, спрямована на підвищення енергоефективності,

використання відновлюваних джерел енергії, розвиток децентралізованих енергетичних систем і зниження вуглецевого сліду. Так само актуальними є напрями екологізації міст, агровиробництва, будівництва, розвиток індустріального інтернету речей, впровадження штучного інтелекту для моніторингу та оптимізації використання ресурсів.

Головною рушійною силою сталого розвитку є людина – носій інтелектуального, морального та творчого потенціалу. Сучасна концепція сталого розвитку розглядає людину не лише як споживача природних благ, а як актора трансформацій, що здатен забезпечити гармонійне співіснування із довкіллям.

У цьому сенсі сталий розвиток – це не лише стратегія державної політики, а й етика відповідальності за наслідки людської діяльності. Його реалізація потребує нової системи освіти, орієнтованої на екологічне мислення, підприємництво, інноваційність і солідарність між поколіннями.

Метою навчального посібника «Сталий розвиток» є формування у студентів системного, міждисциплінарного розуміння засад сталого розвитку як глобальної стратегії цивілізаційного поступу. Навчальний матеріал побудований із урахуванням сучасних міжнародних ініціатив, наукових досліджень та практичного досвіду впровадження принципів сталого розвитку в економіку, енергетику, промисловість, агросектор і соціальну політику.

Навчальний посібник складається з десяти тем, які послідовно розкривають основні напрями сестейнізації:

Тема 1 знайомить із концепцією сталого розвитку, його принципами та Цілями сталого розвитку ООН;

Теми 2–3 аналізують сучасні промислові революції та цивілізаційні основи переходу до сестейнової економіки;

Теми 4–7 розглядають практичні аспекти впровадження сталих технологій у виробництво, енергетику, матеріалознавство та цифрову сферу;

Теми 8–9 присвячено екологізації поселень і агровиробництва;

Тема 10 окреслює соціальні виміри сталого розвитку – від освіти до формування справедливого суспільства.

Зміст навчального посібника спрямований на розвиток у студентів системного мислення, розуміння взаємозалежності між економічними процесами та екологічними обмеженнями, а також уміння застосовувати принципи сталого розвитку у практичній діяльності – як у сфері управління, так і у виробничій, науковій чи громадській роботі.

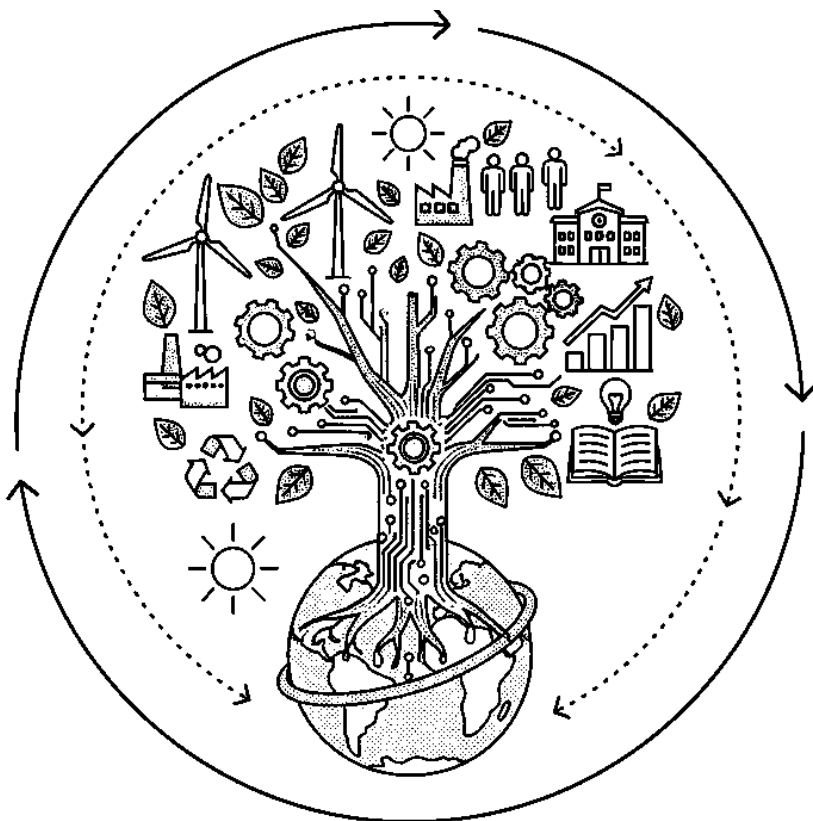
Сталий розвиток – це не лише наукова теорія, а глобальний суспільний договір, що визначає нову логіку співіснування людини, природи та технологій. Його досягнення можливе лише за умови усвідомлення взаємної відповідальності всіх учасників – від окремої особистості до держави й міжнародних організацій.

Навчальний посібник «Сталий розвиток» покликаний допомогти студентам, викладачам, управлінцям і науковцям не лише зрозуміти цю концепцію, а й побачити у ній практичний інструмент формування майбутнього, у якому економічний прогрес поєднується з турботою про людину та планету.

Авторський колектив: д.е.н., проф. Л. Г. Мельник (наук. ред.); Ю. М. Завдов’єва (ред.); д.е.н., проф. О. М. Дериколенко; д.е.н., проф. Л. Л. Калініченко; к.е.н., доц. І. Б. Дегтярєва; асп. М. В. Кириленко.

Тема 1

Вступ до сталого розвитку



Основи теорії

У 1992 році на Всесвітньому саміті з навколишнього середовища та розвитку в Ріо-де-Жанейро була прийнята концепція сестейного розвитку (sustainable development) і ухвалене визначення такого розвитку.

Сестейний розвиток – це розвиток, який відповідає потребам сьогодення, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти їх власні потреби.

В оригіналі ухвалене на Саміті визначення СР має вигляд:

Sustainable development is a development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.

Наведене визначення має надзвичайно глибокий зміст. Ключовим при його формулюванні був узятий термін *sustain*, що означає *опора* або *підтримувати*. Здавалося б, тут мова йде саме про підтримання природним потенціалом процесів функціонування й розвитку людської цивілізації. Людині треба лише дотримуватися певних екологічних правил й не переходити визначених меж впливу на екосистеми, щоб цей потенціал справно функціонував відносно довгий період часу.

На перший погляд, не досить зрозуміло, навіщо було вигадувати такий складний, незрозумілий і на той час абсолютно новий термін. Адже вже тоді, в кінці ХХ століття існувало багато прикметників, якими намагалися передати бажаний характер взаємовідносин людини й природи стосовно процесів розвитку суспільства: *рівноважний, збалансований, гармонічний, екологічний, контрольований, невичерпний, амортизований, тривалий (продовжений)* тощо. Між

іншим, і досі незрозумілий для декого термін «сталий розвиток» намагаються, умовно кажучи, доповнити, додаючи прикметник «збалансований».

Усі ці терміни, здавалося б, вичерпно могли передати специфіку вимог до екологічного контексту процесів розвитку. Втім, автори визначення навмисно уходять від подібного спрощення. Робиться нетривіальний хід, на основі нелінійної логіки. Зокрема, автори не намагаються тлумачити те, що практично вже працює в режимі самопояснення. Замість цього до й так зрозумілого змісту додається начебто новий понятійний вимір. Цей вибір побудований на відповідальності людської особистості за долю своїх нащадків.

Таким чином, визначення перетворюється, умовно кажучи, в об'ємну конструкцію, яка вибудовується з матеріальної й соціально-особистісної (інформаційної) складових. Матеріальна – обумовлює характер речовинно-енергетичних потоків суспільно-біосферного метаболізму на планеті. Соціально-особистісна складова формує необхідні соціальні (етичні) засади, що забезпечують особистісний розвиток цивілізації.

Соціальний вимір не відмінняє й не підмінняє матеріальну складову, необхідну для функціонування біосфери. У нього інше призначення. Воно визначає ключовий фактор, що підтримує конструкцію сестейнового розвитку. Таким фактором є моральна відповідальність людини, що живе в сьогоденні, за долю майбутніх поколінь і цивілізації в цілому. Без цього будь-які спроби не вийти за межі небезпечного впливу на людину залишаться лише добрими намірами.

Перехід людства до нової соціально-економічної форми є об'єктивно зумовленим процесом, викликаним необхідністю забезпечення виживання цивілізації в умовах

глобальної екологічної кризи. Безперечно, тривале існування людства можливе лише за умови збереження рівноваги між елементами біосфери планети. Такий стан суспільства, що забезпечує довготривалу екологічну рівновагу, називають *сестейновістю*.

Сестейновість (sustainability) – це впорядкований стан технічних, наукових, екологічних, економічних і соціальних ресурсів, який формується та постійно підтримується завдяки механізмам зворотного зв'язку і забезпечує динамічну збалансованість метаболічних процесів системи у часі й просторі (Hens, 2008).

Динамічна збалансованість стану системи досягається в тому випадку, коли в її метаболізмі урівноважуються між собою різні сили, процеси, явища або впливи, що діють в різних напрямках. Для досягнення стану сестейновості природних систем особливе значення має урівноваженість процесів деструкції (порушення) та відтворення (відновлення) компонентів (параметрів, властивостей, складових, зв'язків) природних екосистем.

Концепція сестейнового розвитку передбачає підтримання стабільного (динамічно збалансованого) стану цілісної триєдиної системи, що включає три основні складові: людину як біологічну істоту, біосферу та суспільство.

Це надзвичайно складне завдання, адже йдеться про досягнення балансу в межах гомеостазів – тобто підтримання параметрів у вузьких межах – трьох взаємопов'язаних систем:

- організмів людини (а фактично – мільярдів людей, що населяють планету);
- біосфери (а саме – трильйонів живих організмів, які формують екосистеми Землі);

- економіки (що включає мільйони суб'єктів, які забезпечують функціонування глобальних економічних систем).

Складність цього завдання ускладнюється ще й тим, що всі три компоненти постійно змінюються, а отже, досягнутий баланс потребує безперервного заново відтворення в кожному місці простору й у кожен момент часу.

Щоб триєдина система «людство – біосфера – економіка» залишалася цілісною та стійкою, необхідно забезпечити (а точніше – підтримувати здатність до самовідтворення) стабільність гомеостазу кожного з її компонентів. Біологічна природа людини значною мірою визначає межі умов навколишнього середовища, в яких людина фізично здатна існувати, зберігаючи власний гомеостаз. Вихід за критичні межі таких параметрів, як температура, тиск, рівень сонячної радіації чи інших життєво важливих факторів, може мати фатальні наслідки для людини. Водночас, для збереження сприятливих природних умов на планеті, біосфера повинна зберігати свій потенціал самовідтворення та стабільність, що передбачає підтримання кількісного складу екосистем і якісних характеристик їх компонентів та процесів, які в них відбуваються.

Біосфера створює необхідні умови для існування людської біологічної природи та розвитку її соціальної сутності. Вона також слугує середовищем функціонування соціально-економічної системи, виконуючи роль джерела природних ресурсів і простору для утилізації відходів. Соціально-економічна система, своєю чергою, забезпечує основні матеріальні та інформаційні потреби людини, яка нині живе в індустріалізованому суспільстві.

Можливості біосфери та її екосистем щодо підтримки життя мають певні межі – вони можуть витримати лише

обмежене навантаження без шкоди для себе. Йдеться, насамперед, про рівень екологічного тиску, який здійснює виробнича система, забезпечуючи харчування та умови для проживання населення за наявного технологічного рівня.

Якщо рівень технологій і екологічне навантаження, який припадає на одну людину (що можна виміряти, зокрема, через показники природоємності, матеріаломісткості, енергоємності чи «екологічного сліду»), залишається незмінним, то зростання чисельності населення неминуче веде до підвищення тиску на природні системи. Коли антропогенне навантаження перевищує критичний поріг, екосистеми перестають справлятися з відновленням і починають деградувати. Ці процеси вже спостерігаються як на локальному, так і на глобальному рівнях.

Одним із важливих показників, який визначає характер природокористування, є *carrying capacity* (підтримувальна здатність). В транспортній сфері, де він вперше почав використовуватися, цей термін означав *вантажопідйомність*.

По мірі того, як в свої права вступала екологія, даний термін набував нового змісту. Він почав означати «*пропускну, підтримувальну чи несучу здатність*» екосистем, їх ємність. Частіше за все під цим розумілася кількість організмів популяції, яку здатна витримати (прогодувати) певна екосистема. Фахівці-екологи технічного спрямування цим терміном почали позначати асиміляційний потенціал (*assimilation potential*) компонентів природного середовища.

Термін *assimilation* в питаннях природокористування часто вживається в розумінні процесів нейтралізації шкідливих викидів в компонентах довкілля (розчинення, розведення, знешкодження тощо). Мається на увазі, що природа за рахунок свого відтворювального потенціалу відновлює

кількісні та якісні характеристики своїх систем. В цьому контексті асиміляційний потенціал розуміється, як максимально можлива кількість відходів, яку можуть переробити екосистеми, щоб відновити свої кількісні та якісні характеристики.

Втім, якщо розглядати термін асиміляції в контексті функціонування *єдиного антиентропійного потенціалу* (ЄАП) планети, то тут, мабуть, більш доречно застосувати інше поняття в тлумаченні даного терміну. В біології асиміляція розуміється як процес, пов'язаний з засвоєнням організмом продуктів харчування. Схожим чином ЄАП засвоює внесок функціонування суспільства – як його позитивні результати з виробництва інформації та впорядкування природи планети, так і деструктивні (ентропійні) наслідки діяльності (відходи та процеси порушення екосистем). До першого, зокрема, можна віднести нові види матеріалів, комунікацій та процесів, створені сорти рослин та породи тварин тощо. До другого належать забруднення довкілля, порушення екосистем, в тому числі, збіднення їх різноманіття, руйнування енергетичної системи планети та клімату Землі.

Цілеспрямованість є ключовим елементом у забезпеченні сестейнового розвитку. Фізична стійкість взаємозв'язку між людиною, біосферою та економікою є лише базовою умовою того, що було визначено як сестейновий розвиток на Саміті в Ріо-де-Жанейро у 1992 році. Адже сестейновий розвиток включає не лише збереження фізичного існування людства, а й постійну соціальну (особистісну) трансформацію людини. Без таких змін цивілізація ризикує перетворитися на аналог мурашника (подібне утворення радянський філософ Олександр Зінов'єв, назвав «человеяником»), де збереження довкілля досягається ціною зупинки особистісного розвитку та втрати людської індивідуальності.

Якщо вірити в не випадковість появи на Землі людини, слід зробити висновок, що вона покликана виконати певну *місію* з упорядкування природи планети. Про це ми вже писали вище. З усією очевидністю проглядається ключовий вектор такого впорядкування. Це *інформатизація* потоків природного метаболізму на Землі.

Виходячи з цього, *особистість*, тобто інформаційну сутність людини, слід визнати базовим інструментом, своєрідним драйвером виконання цієї місії. Переслідуючи й задовольняючи інформаційні потреби для свого особистісного розвитку, людина й рухає процеси інформатизації природи планети.

Однак, невід'ємною умовою інформаційної діяльності особистісного начала людини є збереження її фізичної сутності, тобто людини як біологічного виду. Адже інформаційна сутність людини мешкає в матеріальному тілі біологічного організму, користуючись до того ж фізико-хімічними механізмами його метаболізму.

З урахуванням причинно-наслідкових зв'язків можна виокремити три рівні цілей. На найвищий рівень можна поставити місію – збереження людини як біологічного виду та забезпечення її прогресивного особистісного розвитку. Для реалізації цієї місії необхідні забезпечувальні цілі – підтримання умов, у яких людство здатне існувати та розвиватися. Основою для досягнення забезпечувальних цілей слугують підтримувальні цілі – охорона біосфери та локальних екосистем, що створюють необхідні умови для життя і соціального розвитку людства (рис. 1.1).

Ще раз підкреслимо, що *місія* розвитку людини має два рівні виміру, інакше кажучи, розпадається на два рівні підцілей:

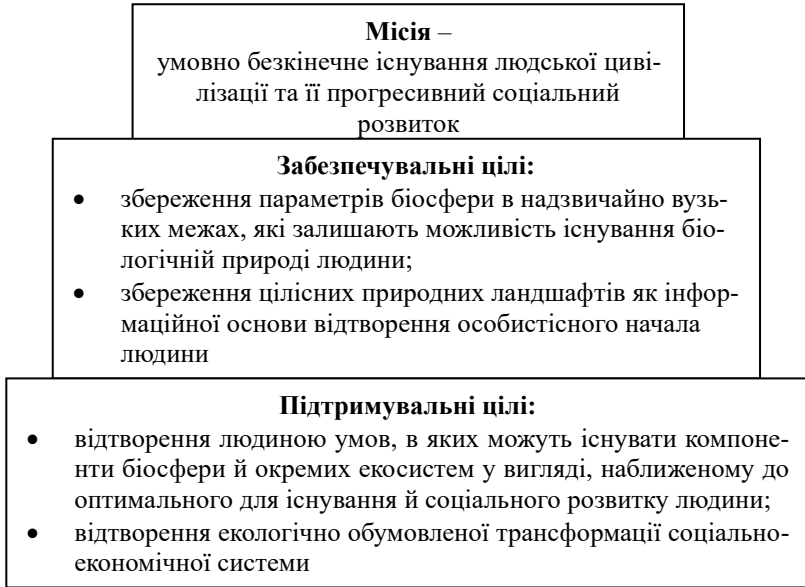


Рисунок 1.1 – Взаємозв’язок цілей сестейнового розвитку

1) необхідний – фізичне виживання людини біологічної;

2) достатній – особистісний розвиток людини соціальної. Обидва рівні надзвичайно важливі, хоча це не завжди відразу можна усвідомити.

Відповідно до цього, забезпечувальні цілі також поділяються на два рівні орієнтирів:

1) підтримання таких параметрів біосфери, які дозволяють зберегти біологічну природу людини, тобто забезпечують стабільність функціонування її організму (гомеостаз); до ключових параметрів належать кліматичні умови та фізичні характеристики довкілля (температура, електромагнітне поле, космічне випромінювання тощо), склад

атмосфери й води, а також якість ґрунтів, придатних для аграрного виробництва;

2) збереження цілісних природних ландшафтів, які необхідні особистісній природі людини для інформаційного контакту з екосистемами, що, у свою чергу, є критично важливим для формування та підтримання її особистісних рис.

Підтримувальні цілі полягають у створенні та збереженні умов, за яких біосфера й її екосистеми можуть існувати у такому вигляді та з такими властивостями, які б забезпечували як здорове та повноцінне біологічне існування людини, так і її соціальний розвиток. Саме екосистема є джерелом стабільності життєвих умов для людини як живої істоти і як особистості.

Досягнення поставлених цілей – це важливе завдання, яке має взяти на себе кожна людина. Його реалізація передбачає збереження окремих природних ландшафтів у їхньому первозданному вигляді (зокрема, частково – через створення заповідників та природних територій, що знаходяться під охороною), зменшення впливу людської діяльності на екосистеми (шляхом організації заказників і національних парків), а також обмеження втручання людини в природу шляхом запровадження та дотримання екологічних норм, стандартів і регламентування умов життя та господарювання.

Втім, це лише один аспект проблеми. Інший полягає в необхідності докорінної трансформації технологічної основи сучасного виробництва. Річ у тому, що за умов зростання населення планети (як це поки що спостерігається наразі), при збереженні теперішнього рівня технологій, екологічні обмеження самі по собі не здатні захистити екосистеми від згубного техногенного тиску. Сучасні технологічні системи не мають потенціалу істотно покращити свої екологічні характеристики через високу енергоємність і

матеріаломісткість. У результаті це неминуче веде до подальшого зростання навантаження на природне середовище, якими б нормативами виробництво не обмежувати.

Технологічні системи мають постійно вдосконалюватися таким чином, щоб зі зростанням чисельності населення планети зменшувався б рівень їх відносного негативного впливу на довкілля. Це значить, що екологічні наслідки в розрахунку на одну людину повинні знижуватися випереджальними темпами. Причому процеси екологічно спрямованої трансформації виробничих систем мають відбуватися безперервно. Інакше кажучи, необхідне постійне відтворення зростання ефективності, зокрема екоефективності, функціонування соціально-економічної системи.

Підтримувальну функцію в цьому процесі відіграють Глобальні цілі сталого розвитку, затверджені на Саміті ООН у 2015 році. Ці Цілі сталого розвитку (ЦСР, або SDGs – Sustainable Development Goals) охоплюють період до 2030 року та включають 17 основних цілей і 169 відповідних завдань (Цілі, 2025) (рис. 1.2).

Усі цілі взаємопов'язані між собою. Успіх чи невдача в досягненні однієї з них впливає на реалізацію інших. Зокрема, збереження клімату впливає на стан компонентів довкілля, обумовлених в інших цілях. Успішність досягнення безпосередньо екологічних цілей впливає на успішність досягнення цілей, які можна умовно віднести до соціального чи економічного рівнів. І навпаки: від добробуту людей і успіху економіки залежить стан екосистем планети. Адже при сприятливому соціально-економічному розвитку людство отримує можливість більше уваги і коштів спрямовувати на вирішення екологічних проблем.

Умовно цілі можна поділити на три рівні: екологічний, соціальний та економічний (рис. 1.3).



Рисунок 1.2 – Глобальні цілі сестейнового розвитку ООН

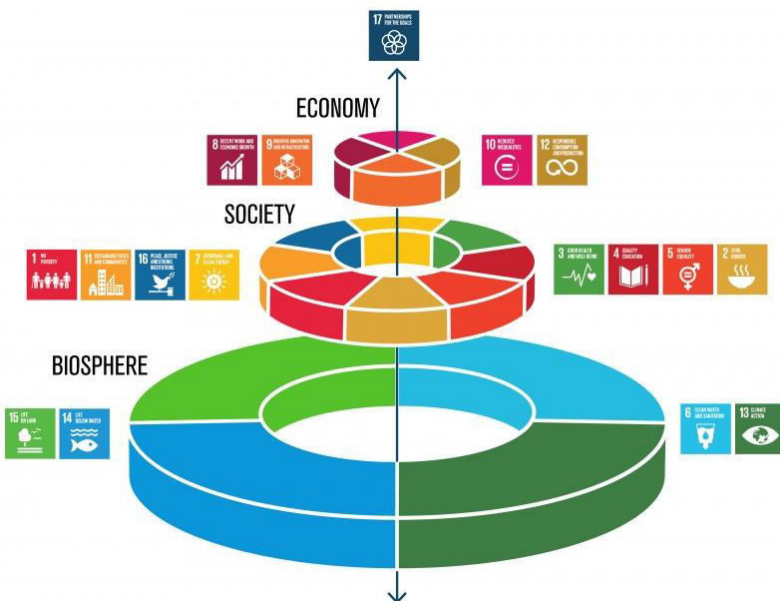


Рисунок 1.3 – Рівні глобальних цілей сестейнового розвитку (ЦСР)

Як видно з рисунку 1.3, до екологічного (біосферного) рівня умовно можна віднести цілі:

- 13 – боротьба зі зміною клімату планети;
- 14 – збереження морських екосистем;
- 15 – збереження екосистем суші;
- 6 – чиста вода та належні санітарні умови.

До соціального рівня відносять цілі:

- 1 – подолання бідності;
- 2 – викоренення голоду;
- 3 – забезпечення здорового способу життя;
- 4 – якісна освіта;
- 5 – гендерна рівність;
- 7 – забезпечення енергією;
- 11 – скорочення нерівності;
- 16 – забезпечення миру та справедливості.

До економічного рівня відносять цілі:

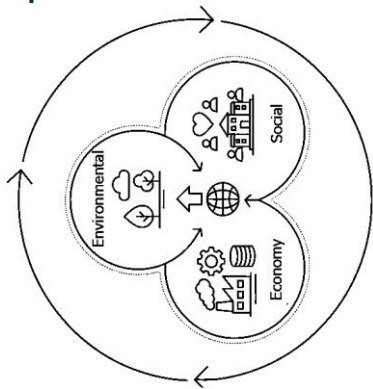
- 8 – гідна праця;
- 9 – економічне зростання та інновації;
- 10 – скорочення економічної нерівності;
- 12 – раціональні моделі споживання.

Найвищий рівень передбачає активізацію партнерства в реалізації ЦСР (ціль 17).

Презентаційні матеріали

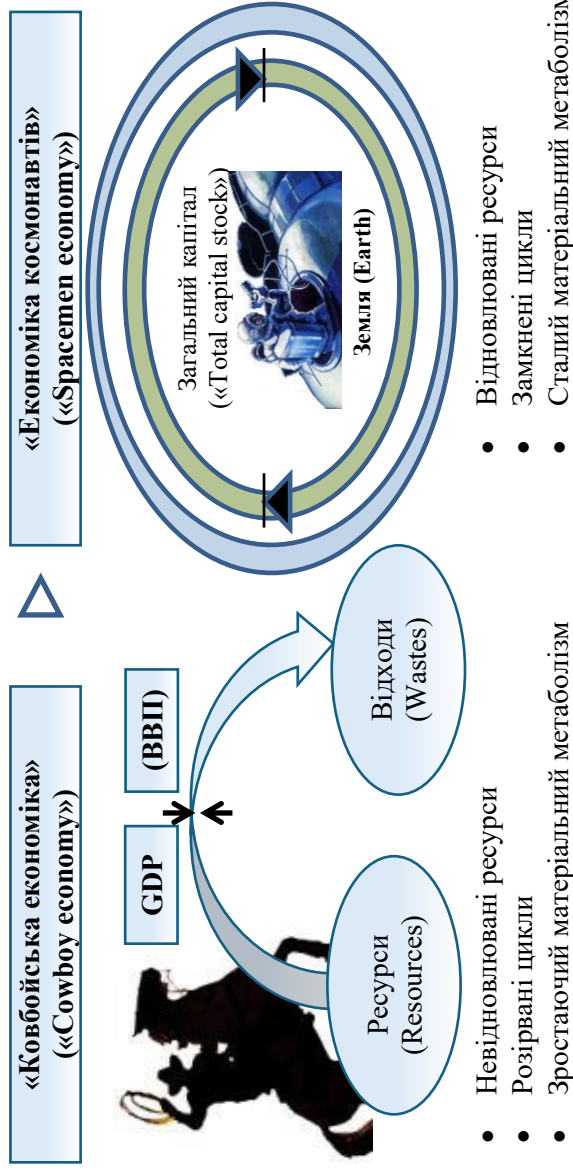
План лекції

1. Концепція сестейнового розвитку
2. Екологічні виміри переходу до сестейнового розвитку
3. Забезпечення сестейнового стану біосфери та суспільства
4. Принципи сестейнового розвитку
5. Цілі сестейнового розвитку ООН
6. Місце людини в сестейновому розвитку



1. Концепція сестейнового розвитку

Перехід до «економіки космонавтів» за К. Боулдінгом (1966)



Ключова ідея К. Боулдінга

- 1) Екологічні умови замкненого простору Землі змушують переходити до принципів «замкненої» *економіки*. Вона обмежена з точки зору як припливу (ресурсів), так і відпливу (відходів).
- 2) Основною оцінкою успіхів в такій економіці будуть *не кількісні показники* виробництва і споживання (обсяги матеріальних потоків, що переводяться з ресурсів у відходи – ВВП). Це лише *пропускна здатність*.
- 3) Провідним має стати показник якості та складності загального капіталу (total state of the human bodies and minds).

Концепція сестейнового розвитку

В 1992 році в Ріо-де-Жанейро на Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку була прийнята концепція сестейнового розвитку. В ній фактично знайшли відображення ідеї К. Боулдінга.

Визначення сестейнового розвитку

- **Сестейновим** (sustainable) слід вважати такий розвиток (development), який забезпечує задоволення потреб поколінь сьогодення, але не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби.

Прийняті документи

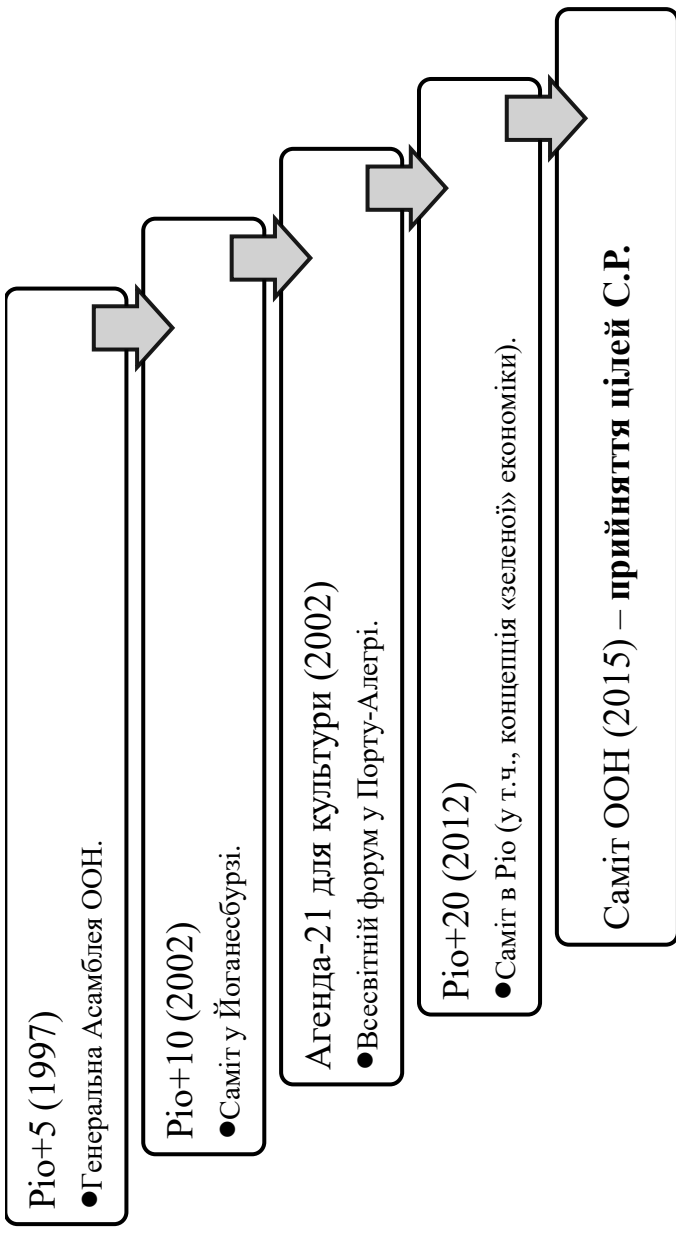
На Конференції ООН у 1992 р. була прийнята Agenda-21 (Розклад на 21 сторіччя) – програма, що включала 4 розділи:

- **Розділ 1. Соціальні та економічні аспекти** (боротьба з бідністю, укріплення здоров'я, досягнення сестейнового споживання і регулювання рішень).
- **Розділ 2. Збереження і раціональне використання ресурсів у цілях розвитку.**
- **Розділ 3. Укріплення ролі основних груп населення** (дітей та молоді, жінок, бізнесу, місцевої влади, корінних народів, фермерів).
- **Розділ 4. Засоби реалізації** (наука, передача технологій освіти, фінансові механізми, міжнародні організації).

Local Agenda-21

- **Локальний (місцевий) Розклад – 21** – перспективний план розвитку того чи іншого поселення або регіону.
- Ключовий принцип: *Думай глобально, дій локально.*
- Ключові аспекти Local Agenda-21:
 - поліпшення добробуту місцевих мешканців та стану довкілля;
 - інтеграція соціальних, економічних і екологічних цілей;
 - стратегії планування і дій;
 - моніторинг і оцінка прогресу;
 - прозорість у виконанні;
 - партнерство влади та населення;
 - постійний розвиток планування (Agenda – не документ, а процес);
 - участь населення у прийнятті рішень.

Віхи розвитку ідей сестейнового розвитку (С.Р.)



Цілі С.Р. (Sustainable Development Goals)

Прийняті в 2015 р. в Нью-Йорку на період до 2030:

- 1) Подолання бідності.
- 2) Ліквідація голоду.
- 3) Забезпечення здоров'я і благополуччя.
- 4) Забезпечення якісної освіти.
- 5) Гендерна рівність.
- 6) Чиста вода і санітарія.
- 7) Недорога і чиста енергія.
- 8) Забезпечення сестейнового економічного зростання і гідної роботи.
- 9) Створення необхідної інфраструктури.

Цілі С.Р. (Sustainable Development Goals)

- 10) Зниження нерівності в країнах.
- 11) Створення сестейнових поселень.
- 12) Забезпечення моделей сестейнового споживання і виробництва.
- 13) Запобігання зміні клімату.
- 14) Збереження морських екосистем.
- 15) Забезпечення цілісності екосистем суші.
- 16) Забезпечення миру, правосуддя та ефективних громадських інститутів.
- 17) Посилення партнерства в інтересах сестейнового розвитку

Проблеми клімату

- У 2015 році в Парижі відбувся Саміт з питань клімату.
- Представники 196 країн затвердили нову рамкову угоду ООН. Визначили норми викидів парникових газів після 2020 р.
- Базова мета – не допустити збільшення глобальної температури більше ніж на 2 °С.



2. Екологічні виміри переходу до сестейнового розвитку

«Екологічний слід» (ecological footprint)

- «Екологічний слід» характеризує розмір середньої площі планети (в глобальних гектарах), необхідної для забезпечення необхідними природними ресурсами та утилізації відходів (поглинання, захоронення, очищення) в розрахунку на мешканця.
- В 2023 екослід – 2,6 гл. га.
- Реальна ємність біопотенціалу – 1,5 га
- Перевищення – 42%.



Екологічний борг

- Стан, коли людство вичерпує умовну кількість природних ресурсів (вода, чисте повітря, ґрунти, ін.), які планета здатна відтворити за один рік.
- «День, коли це відбувається називається днем екологічного боргу»:

1986 р.	–	30.12
1993 р.	–	21.10
2003 р.	–	22.09
2017 р.	–	2.08
2019 р.	–	29.07
2020 р.	–	22.08
2024 р.	–	01.08
2025 р.	–	02.08

Екологічні пороги (за М.Ф. Реймерсом)

Для енергетичних процесів:

- поріг тригерного ефекту («спускового гачка») – 10^{-6} – 10^{-8} разів від норми;
- поріг виходу із стаціонарного стану – близько 0,1–1,5 % від норми;
- поріг деградації (деструкції) – десяти частки і одиниці відсотків від норми.

Екологічні пороги (за М.Ф. Реймерсом)

Для організмів:

- поріг малих доз – близько 10–3 разів від гострого впливу;
- поріг виходу із стаціонарного стану – близько 1 % від норми;
- поріг руйнування близько 10 % від норми.

Екологічні пороги (за М.Ф. Реймерсом)

Для популяцій:

- поріг мінімуму реакції 10^{-6} – 10^{-8}
- поріг виходу із стаціонарного стану (коливань) – 7–18%, у середньому 10% від норми;
- поріг поступової, але неухильної деструкції – близько 70% від середнього приросту (самовідновлення);
- поріг катастрофічного саморозширення або самозвуження – 10^5 – 10^6 , надзвичайно рідко 10^7 – 10^8 разів порівняно із середнім числом особин в популяції.

Небезпека для енергетичної системи Землі

- На думку Н. Ф. Реймерса, ще в 1980 р. Земля наблизилась до межі виходу зі стаціонарного стану – 0,1–1,5% від норми.
- З того часу становище лише погіршилося.

3. Забезпечення сестейнового стану біосфери та суспільства



Поняття сестейновості

Сестейновість

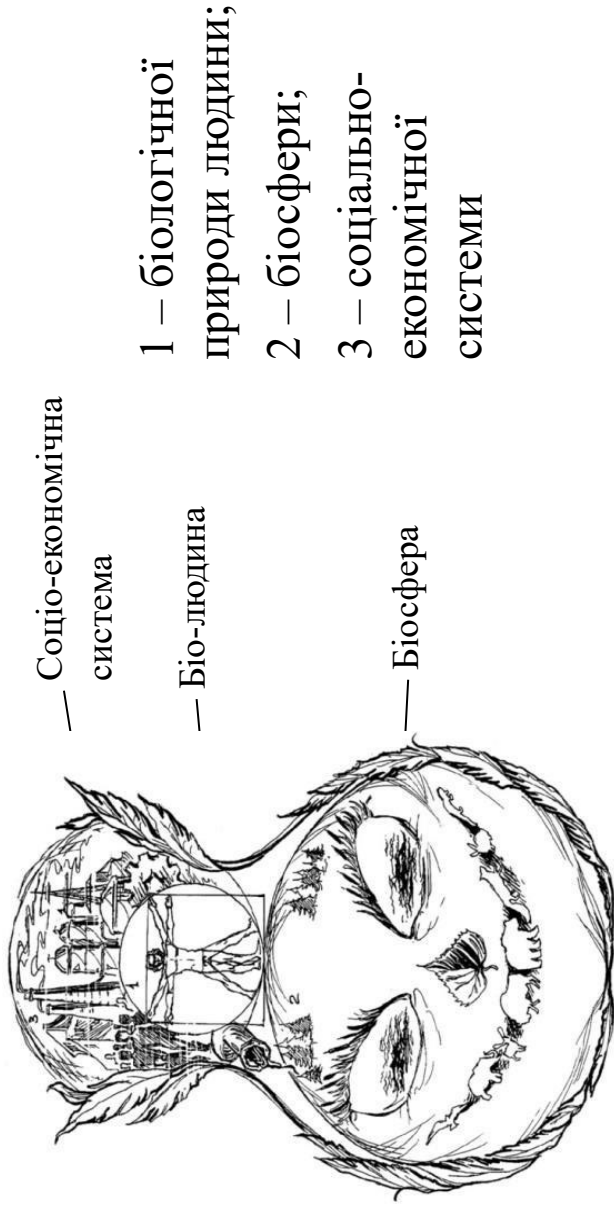
- це стан упорядкованості природних, технічних, економічних та соціальних ресурсів, який досягається і постійно підтримується на основі дії зворотних зв'язків і при якому система здатна забезпечувати динамічну урівноваженість процесів свого метаболізму в часі і просторі.

Триєдине завдання підтримання сестейності

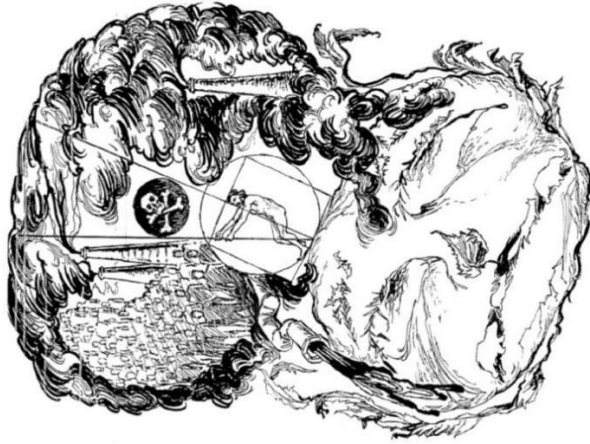
Завдання включає балансування трьох базових відкритих стаціонарних систем:

- *організму людини* (а фактично – мільярдів людей, що живуть на Землі);
- *біосфери* (а фактично – трильйонів особин, що утворюють екосистеми планети);
- *економіки* (а фактично – сотень мільйонів економічних суб'єктів, які забезпечують функціонування економічних систем світу).

Умовна схема взаємозв'язків між процесами підтримання трьох ключових систем



Умовна схема взаємозв'язків між процесами підтримання трьох ключових систем



Умовна ілюстрація зміни взаємозв'язків між процесами підтримання трьох ключових систем планети при перевищенні критичного рівня екологічного навантаження, яке обумовлене зростанням кількості населення та недовисконалим екологічним рівнем технології.

Шляхи розв'язання проблеми забезпечення сес- тейнового розвитку

- 1) або зупинити зростання населення планети, стабілізу-
вавши його в межах, які здатна забезпечити життєвими ре-
сурсами біосфера планети;
- 2) або навчитися так якісно трансформувати виробничий
комплекс (а заодно і потреби населення), щоб питоме еко-
логічне навантаження (в розрахунку на одного мешканця),
яке діє на природу планети, знижувалося хоча б з такою са-
мою швидкістю (краще – швидше), з якою зростає насе-
лення Землі.

Взаємозв'язок цілей сестейнового розвитку

Генеральна мета –

умовно безкінечне існування людської цивілізації та її прогресивний соціальний розвиток

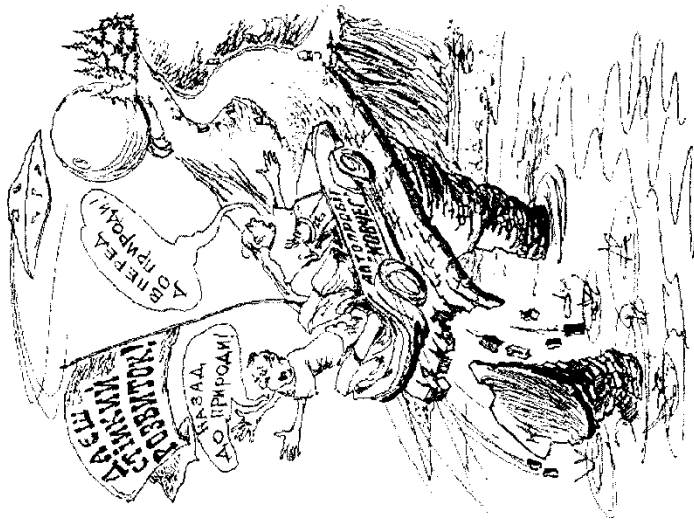
Забезпечувальні цілі:

- збереження параметрів біосфери в надзвичайно вузьких межах, які залишають можливість існування біологічній природі людини;
- збереження цілісних природних ландшафтів як інформаційної основи відтворення особистісної природи людини

Підтримувальні цілі:

- відтворення людиною умов, в яких можуть існувати компоненти біосфери і окремих екосистем у вигляді, наближеному до існуючого;
- відтворення екологічно обумовленої трансформації соціально-економічної системи

Динамічний характер стійкого розвитку



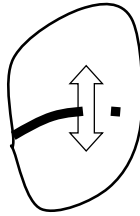
Термитник





4. Принципи сестейнового розвитку

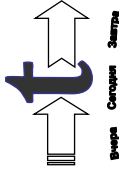
Групи принципів реалізації сестейнового розвитку



Організація у просторі

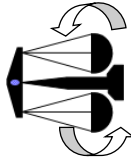
Принципи «*екологічної республіки*» пов'язують:

- 1) жорсткий контроль та обмеження;
- 2) свободу саморозвитку



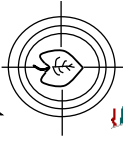
Організація у часі

Принципи «*триєдності часів*», або *екологічної наступності поколінь*, забезпечують єдність поточних, тактичних і стратегічних цілей суспільного розвитку



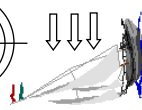
Забезпечення стійкості

Принципи «*екологічної стійкості*» передбачають стійкість трьох систем: природної, виробничої та соціально - економічної



Постановка цілей

Принципи «*екологічної мети*» передбачають екологічну спрямованість соціально-економічного розвитку



Мотивація

Принципи «*екологічної мотивації*» обумовлюють відтворення мотивів соціально-економічного розвитку та екологізації економіки

П'ять ключових умов для сталого розвитку соціально-економічної системи

- 1) організація в просторі поєднує:
 - жорсткий контроль та обмеження;
 - свободу саморозвитку суб'єктів;
- 2) організація в часі забезпечує єдність поточних, тактичних і стратегічних цілей суспільного розвитку;
- 3) забезпечення стійкості, або рівноваги, окремих елементів передбачає урівноваження трьох систем: природної, гуманітарної і соціально-економічної;
- 4) спрямованість розвитку – передбачає екологічно орієнтовані цілі соціально-економічного розвитку;
- 5) наявність рушійної сили обумовлює відтворення мотивів соціально-економічного розвитку і екологізації економіки.

Принципи екологічної організації в просторі

Назва принципу	Зміст
Екологічної конституційності	Для організації та координації екологічно спрямованої діяльності у взаємодії між соціальними суб'єктами необхідно створити законодавчі та виконавчі органи, єдині правила поведінки і відповідну нормативну базу (стандарту).
Єдності інформаційного інструментарію	Під час спільної діяльності (обмін фахівцями, інформацією, товарами та послугами) між сусідніми суб'єктами (країнами, регіонами, містами) повинна забезпечуватися уніфікація екологічних понять, термінів і стандартів.

Принципи екологічної організації в просторі

Назва принципу	Зміст
“Спільної ковдри”	Коллективна та індивідуальна діяльність економічних суб’єктів (країн, регіонів) повинна включати механізми збереження природних об’єктів і ресурсів, які перебувають у спільному користуванні.
Неекспортування екологічних проблем	Вирішення екологічних проблем має відбуватися у межах території відповідного економічного суб’єкта. Якщо це не можливо, необхідно узгодження з відповідними суміжними суб’єктами; при подальших складнощах, питання має передаватися на вищій організаційний рівень.

Принципи екологічної організації в просторі

Назва принципу	Зміст
Екологічної інклюзивності	У процесах матеріально-енергетичного обміну (включно з торговельними операціями) економічні суб'єкти (підприємства, території) зобов'язані компенсувати не лише виробничі витрати, а й екологічні збитки, додаткові витрати та упущену вигоду.
Екологічної індивідуальності суб'єктів	Відносини між суб'єктами (наприклад, на основі існуючих угод) повинні гарантувати збереження унікальних особливостей місцевих екосистем кожного суб'єкта.

Принципи екологічної організації в просторі

Назва принципу	Зміст
Добровільності	Участь суб'єктів у будь-яких екологічних угодах чи договорах здійснюється виключно на добровільній основі.
Екологічної доброчесності	Суб'єкти не повинні використовувати екологічні аргументи для досягнення політичних, економічних чи інших неекологічних цілей.
Лібералізація торгівлі	Уряди не повинні штучно обмежувати розвиток зовнішньоекономічних зв'язків своїх країн, якщо це не загрожує національним інтересам, включно із соціальними та екологічними аспектами.

Принципи організації в часі

Умовна назва принципу	Зміст
Екологічної "цибулини"	<p>Обов'язковою умовою є збереження можливості розвитку для поколінь у віддаленому майбутньому. Наступним пріоритетом є забезпечення незбіднення екологічного потенціалу для поколінь найближчого майбутнього. У межах цих вимог сучасні покоління повинні шукати баланс між своїми поточними і тактичними інтересами.</p>
Ненакопичення екологічних проблем	<p>Забороноюється залишати наступним поколінням невирішені екологічні проблеми, такі як накопичення радіоактивних відходів, виснаження ґрунтів, забруднення водою токсичними речовинами, утворення невідновлюваних відходів тощо.</p>

Принципи організації в часі

Умовна назва принципу	Зміст
Екологічних резервів	Рекомендується створення захищених запасів природних ресурсів або спеціальних страхових екологічних фондів для майбутніх поколінь, щоб мати резерви на випадок непередбачених катастроф у межах окремих спільнот, країн чи регіонів.
Обмеженість екологічних повноважень	Представники будь-якого покоління не мають права ухвалювати рішення про використання природних ресурсів або зміни навколишнього середовища, якщо наслідки цих рішень виходять за межі терміну їх активної діяльності.

Принципи організації в часі

Умовна назва принципу	Зміст
Транзиту інформації	Необхідно гарантувати безперервну передачу екологічної та соціальної інформації транзитом – від минулих поколінь через теперішнє наступним.
Прогнозування наслідків	Перед прийняттям будь-яких економічних чи соціальних рішень слід проводити оцінку їх потенційних соціальних, екологічних та економічних наслідків.
Превентивність шкоди	Всі можливі негативні наслідки, які можна передбачити, потрібно запобігати або мінімізувати ще на етапі планування, дотримуючись правила: «попередити легше й дешевше, ніж виправляти».

Принципи екологічної стійкості

Умовна назва принципу	Зміст
<i>Принципи неперевищення екологічних порогів</i>	
Нормування екологічних навантажень	Важливим елементом управління природокористуванням мають стати екологічні стандарти, які обмежують вплив на природні системи відповідно до їхньої здатності до відновлення (несуча здатність екосистеми).
Урахування реакції природи	Навантаження на екосистеми повинно дозуватися з урахуванням реакції природних систем на такі впливи.
“Вузької ланки”	При впливі на кілька компонентів екосистеми (наприклад, біологічних видів) межа допустимого навантаження визначається найвразливішим елементом.

Принципи екологічної стійкості

Умовна назва принципу	Зміст
Загального ефекту	<p><i>Принципи неперевищення екологічних порогів</i></p> <p>Межі допустимого впливу на екосистеми пот-рібно встановлювати з урахуванням загально-ного впливу всіх факторів, що руйнують до-вкілля, враховуючи й дію синергетичних ефек-тів.</p>
Природних інди-каторів	<p>Окрім фізичних і хімічних параметрів для ко-нтролю екологічного стану необхідно врахо-вувати реакцію живих організмів як індикато-рів довкілля.</p>

Принципи екологічної стійкості

Умовна назва принципу	Зміст
<i>Принципи єдності природокористування і природовідтворення</i>	Кожен суб'єкт економічної діяльності має максимально відновлювати кількісні та якісні характеристики навколишнього середовища, які він порушив.
“Замкненого ланцюга”	Окремі етапи виробництва і споживання мають бути інтегровані у замкнену циркуляційну систему.
Взаємодії з природою	Матеріально-енергетичні та інформаційні взаємозв'язки економічної системи з природою мають відповідати законамірностям протікання природних процесів.
“Цілей – засобів”	Екологічні інтереси мають визначати цілі розвитку, а економічні – вибір засобів їх досягнення.

Принципи екологічної стійкості

Умовна назва принципу	Зміст
Економізації екологічних чинників	<i>Принципи єдності економічних і екологічних цілей</i> Вплив економічної діяльності на довкілля має оцінюватися не лише в натуральних показниках, а й у вартісному виразі, наскільки це можливо.
Екологізації економічних чинників	Основні економічні індикатори та оцінки суспільства повинні враховувати екологічні аспекти.
Економічної відповідальності за екологічні ефекти	Витрати, спричинені негативним екологічним впливом, мають покриватися тим, хто несе відповідальність за ці наслідки – державою, підприємством чи споживачем, залежно від соціальних умов. Можливі варіанти поєднання відповідальності: «забруднювач сплачує», «споживач сплачує», «все суспільство сплачує».

Принципи екологічної стійкості

Умовна назва принципу	Зміст
<i>Принципи єдності економічних і екологічних цілей</i>	
Інтерналізації екстерналій	Екологічно-економічні наслідки діяльності підприємств мають бути враховані через систему економічних важелів, щоб спонукати підприємство враховувати ці фактори у своїх інтересах.
Ефективної екології	Відтворювальні процеси в економіці повинні сприяти поступовій заміні менш екологічно ефективних факторів на більш досконалі.
“Цілей – засобів”	Екологічні інтереси мають визначати цілі розвитку, а економічні – вибір засобів їх досягнення.

Принципи екологічних цілей

Умовна назва принципу	Зміст
”Економіки космонавтів”	Передбачає переорієнтацію національних економік від прагнення кількісного зростанням (наприклад, ВВП) до досягнення якісних показників добробуту, сталості довілля, справедливості та здоров'я населення. Актуальний у контексті концепції “економіки добробуту” та “економіки меж зростання”.
Життєблагодатного комплексу	Наголошує на потребі переходу від вузько-матеріального виробництва до створення цілісних систем добробуту – з урахуванням фізичного, психосоціального, культурного та екологічного благополуччя.
Гуманізації середовища	Людське середовище повинно формуватись не лише виходячи з економічної доцільності, а з урахуванням потреб у здоровому довкіллі, естетичній гармонії, екологічній безпеці та соціальній інклюзії.

Принципи екологічних цілей

Умовна назва принципу	Зміст
Демократизація вибору	Пріоритети у сфері розвитку мають визначатися знизу – через участь місцевих громад, з урахуванням культурного контексту, екологічних ризиків та економічних можливостей регіону. Це відповідає принципу участі громадянськості в ухваленні рішень, закріпленому в Орхуській конвенції.
Інформатизація споживання	Стратегія споживання має фокусуватися на мінімізації матеріально-енергетичних витрат (особливо в розвинених країнах) і на розвитку нематеріального споживання – освіти, культури, цифрових та “зелених” продуктів.
”Відступаючого об’єкту”	Цілі сталого розвитку не є фіксованими: у відповідь на зміну технологій, кліматичних умов і соціальних викликів цілі мають адаптуватися, уточнюватися та переглядатися в дусі довгострокової відповідальності за принципом: план сталого розвитку – це не документ, а процес.

Принципи екологічної мотивації

Умовна назва принципу	Зміст
Самоорганізації і саморозвитку	<p><i>Принципи імпульсів розвитку</i></p> <p>Ієрархічна організація суспільства має будуватися на відносно автономних (з достатньою свободою прийняття і реалізації рішень) структурах (комунах, муніципалітетах, товариствах), які самоуправляються і самофінансуються.</p>
Суспільного різноманіття	<p>У суспільстві має існувати різниця потенціалів системи – соціальне та екологічне різноманіття (характеристики культурного, мовного, релігійного, технічного розвитку, природних умов).</p>
Пріоритетності позитивної мотивації	<p>В суспільстві має підтримуватися баланс позитивної (стимулюючої) та негативної (обмежуючої) мотивації при пріоритеті позитивної мотивації.</p>

Принципи екологічної мотивації

Умовна назва принципу	Зміст
”Знаги – хотіти – вміти”	Необхідне постійне відтворення в суспільстві трьох взаємозв’язаних підсистем: інформаційного збудження, мотиваційного впливу і технічної реалізації.
Екологізації інструментів мотивації	Існуючі в економіці мотиваційні інструменти мають бути скореговані для цілей екологізації економіки.
Спрямованості в майбутнє	Дієві мотиваційні інструменти мають бути спрямовані не стільки на виправлення скоєних екологічних помилок, скільки на їх попередження в майбутньому.

ГЛОБАЛЬНІ ЦІЛІ
Сталого Розвитку



5. Цілі сестейного розвитку ООН

Прийняття ЦСР

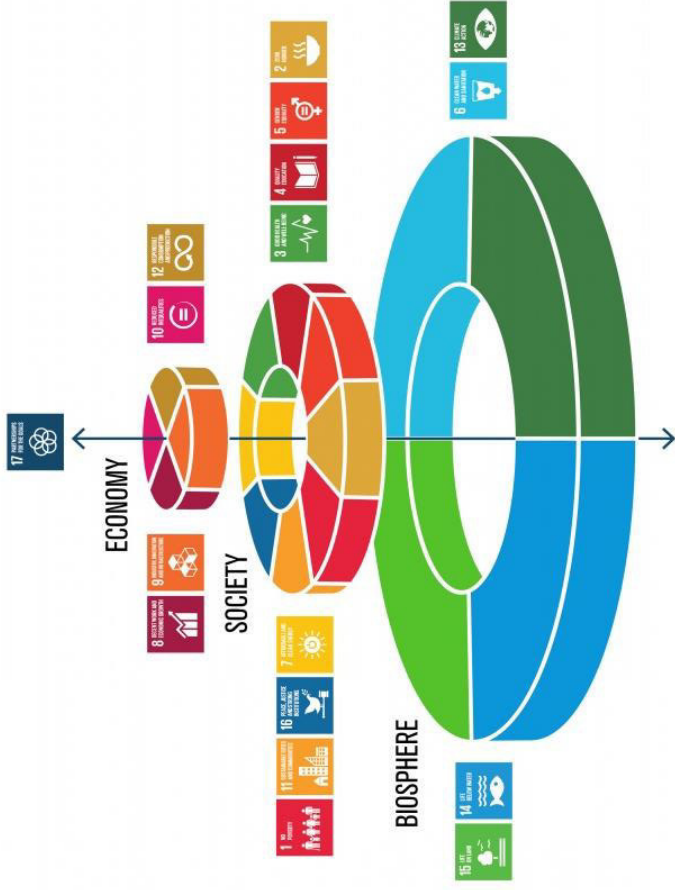
- У 2015 році ООН прийняла 17 Цілей сталого розвитку (ЦСР), які є частиною Порядку денного сталого розвитку на період до 2030 року (Sustainable Development Goals – SDGs).



ГЛОБАЛЬНІ
ЦІЛІ СТАЛОГО
РОЗВИТКУ



Рівні глобальних цілей сестейнового розвитку

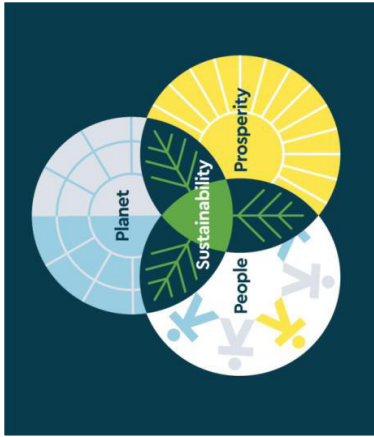


Зміст цілей сталого розвитку

1. Подолання бідності.
2. Подолання голоду.
3. Міцне здоров'я і благополуччя.
4. Якісна освіта.
5. Гендерна рівність.
6. Чиста вода та санітарія.
7. Доступна та чиста енергія.
8. Гідна праця та економічне зростання.

Зміст цілей сталого розвитку

9. Індустріалізація, інновації та інфраструктура.
10. Зменшення нерівності.
11. Сталий розвиток міст і громад.
12. Відповідальне споживання та виробництво.
13. Боротьба зі зміною клімату.
14. Збереження морських екосистем.
15. Збереження екосистем суші.
16. Мир, справедливість та сильні інститути.
17. Партнерство заради сталого розвитку.

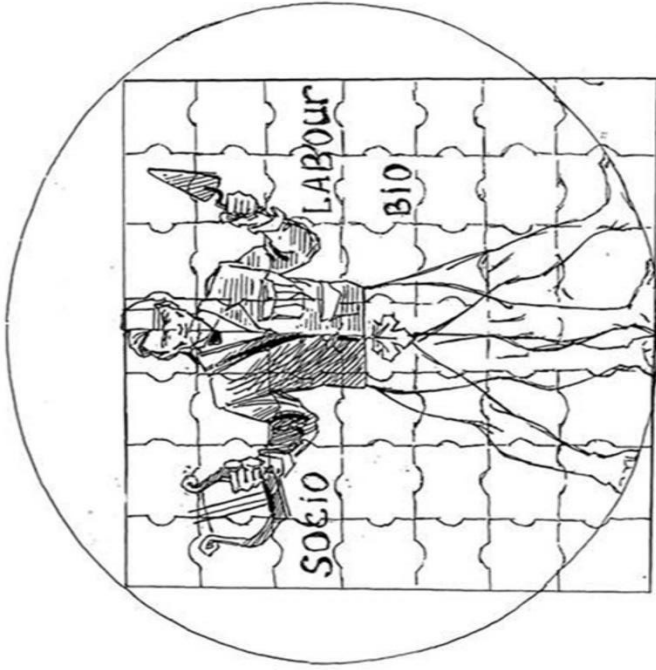


6. Місце людини в сестейновому розвитку

Економічні функції людини

- ✓ проєктувальник
- ✓ виробник
- ✓ організатор
- ✓ комунікатор
- ✓ споживач

Триєдина сутність людини



Порівняння установок-прагнень трудо-людини і соціо-людини

Людина «трудо»	Людина «соціо»
До кінцевого	До нескінченного (в обмеженому)
До дискретності До аналізу	До цілісності До синтезу
До спрощення	До ускладнення
До стандартизації (уніфікації)	До оригінальності (неповторності)
До корисності окремих компонентів природи	До цінності цілісних природних систем
До однозначності	До багатозначності
До спеціалізації	До універсальності
До однофункціональності	До багатфункціональності

Трансформація (преображення) людини

- Економіка відтворення особистості
- Від споживання матеріальних благ до споживання інформаційних послуг
- Від споживання інформаційних послуг до конструювання особистості
- Відтворення мережевої людини

Зелений двір Японії



Кольорові коропи в фонтанах Японії



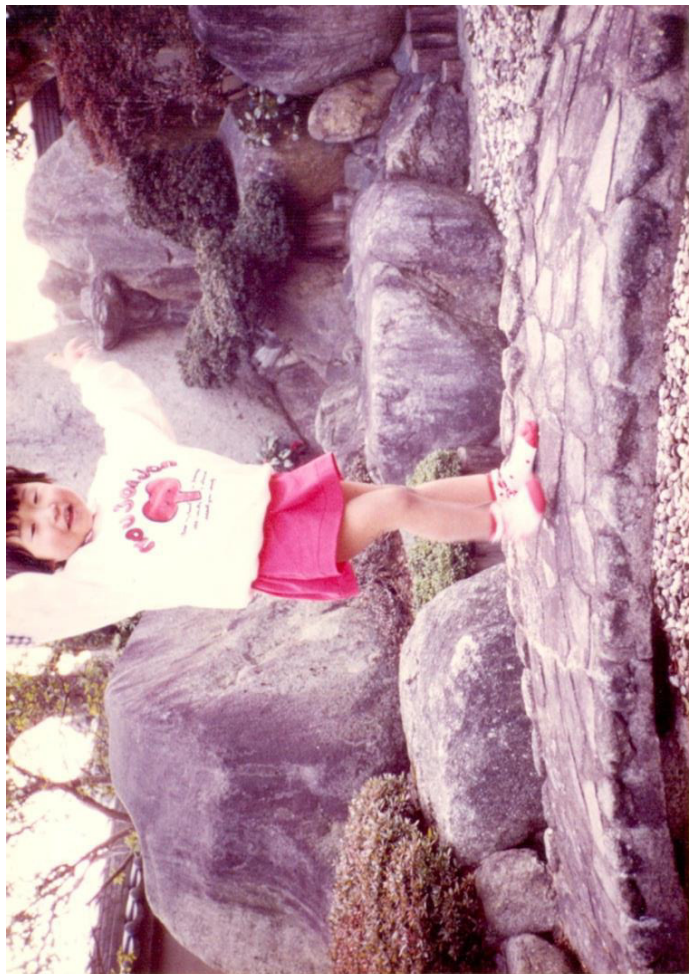
Японский «Зеленый дворик»



Японский «Зеленый дворик»



Японский «Зеленый дворик»



Річка, що бігає по колу (насоси повертають воду до її витоків)



«Зелені стандарти» в будівництві Японії



Квіти і дерева в квітниках (Японія)



Японія. Котлован для складування відходів



Гана. Звичайний житловий масив на березі океану



Гана. Берег океану



Неплюєвське Братство



Неплюєвське Братство



Напрями сучасного розвитку

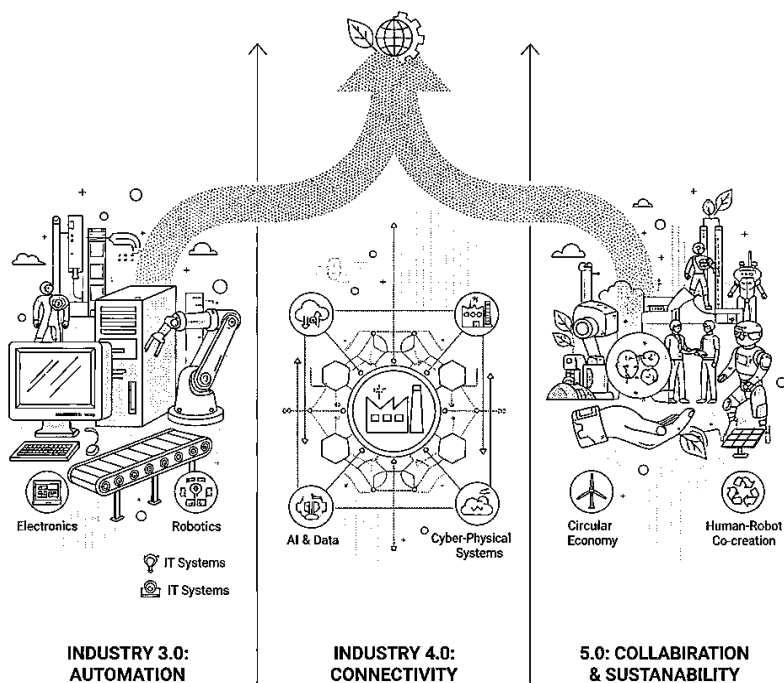
- Від праці до творчої діяльності
- Від урбаністських поселень до життєблагодатних комплексів
- Від стандартного до унікального
- До безкінечного в обмеженому

Питання для самостійного опрацювання

1. Які передумови зумовили появу концепції сталого (sustainable) розвитку на Саміті в Ріо-де-Жанейро 1992 року?
2. Розкрийте сутність визначення сталого розвитку, поданого у «Порядку денному на XXI століття» (Agenda 21). Чому в ньому акцент зроблено на міжпоколінній відповідальності?
3. У чому полягає філософський зміст терміна «sustain»? Як значення цього слова впливає на тлумачення поняття сталого розвитку?
4. Порівняйте поняття «сталий розвиток», «збалансований розвиток» і «гармонійний розвиток». Чому автори концепції вважали недоцільним обмежуватися лише екологічними термінами?
5. Поясніть взаємозв'язок між матеріальною та соціально-особистісною складовими сталого розвитку.
6. Як механізми зворотного зв'язку забезпечують динамічну збалансованість системи «людина – біосфера – економіка»?
7. Яке значення мають поняття «підтримувальна здатність» (carrying capacity) та «асиміляційний потенціал» для оцінки стану екосистем?
8. Розкрийте сутність триєдиної системи «людство – біосфера – економіка». Які основні гомеостатичні параметри повинні підтримуватися, щоб забезпечити її стабільність?
9. Як співвідносяться між собою місія, забезпечувальні та підтримувальні цілі сталого розвитку?
10. Яким чином 17 Цілей сталого розвитку ООН (2015–2030) конкретизують концепцію сестейного розвитку?

Тема 2

Сучасні промислові революції (Industry 3.0, 4.0, 5.0) як шлях до сестейнового розвитку



Основи теорії

Будь-яка революція вносить радикальні зміни в суспільство. Третя, Четверта і П'ята промислові революції (Т.п.р., Ч.п.р., П.п.р.), в які зараз входить людство, обіцяють стати основою фазового переходу, що змінює всі сфери існування людської цивілізації, включаючи засоби виробництва, економічні відносини, стиль життя, базові потреби і заняття, а також багато інших атрибутів життя. У ряді публікацій (Rifkin, 2013; Rifkin, 2015; Schwab et al., 2018; Shahan, 2016) розглядаються окремі аспекти трансформаційних процесів в ході Т.п.р. і Ч.п.р. Не претендуючи на повномасштабне дослідження порушеної теми, розглянемо лише питання формування соціально-економічних трендів в прийдешній перехідний період.

Економіка і бізнес є тими двома ключовими сферами суспільства, які забезпечують реалізацію процесів виробництва і споживання продукції. Тому вони повною мірою залежать від базових технологій виробництва матеріальних ресурсів і енергії.

Т.п.р. виникла як реакція виробничої системи на екологічні проблеми, які не в змозі вирішити існуюча соціально-економічна формація. Мабуть, неможливо дати просте визначення Т.п.р. як будь-якому складному, багатовимірному явищу. З урахуванням цього Т.п.р. може бути визначена через формулювання її базових відмінних рис.

Третя промислова революція – це явище радикальної якісної трансформації соціально-економічних систем, що характеризується такими процесами: переходом на відновлювані джерела енергії та сировини, масовим впровадженням адитивних технологій і мережевих виробничих систем,

цифровою основою фіксації і передачі інформації, формуванням горизонтальних виробничо-споживчих структур і відповідних їм солідарних форм економічних відносин.

Четверта промислова революція – це явище впровадження кіберфізичних систем в процеси виробництва та споживання продукції, при якому виникають повністю автоматизовані мережі, що здатні діяти без безпосередньої участі людини (Industry, 2016; Shahan, 2016).

П'ята промислова революція – це явище адаптації людини до кібергізованого середовища, при якому отримує розвиток особистісна основа людини, в тому числі, і на основі синергетичної інтеграції когнітивних здібностей людини і штучного інтелекту, а також біологічної природи людини і технічних засобів.

Схематично контури зазначених промислових революцій показані на рис. 2.1.

Як можна зрозуміти з наведеного, необхідність П'ятої промислової революції виникла як необхідність людства реагувати на хід Третьої і Четвертої промислових революцій (головним чином, Четвертої), темпи реалізації яких пригломшують. Про останнє можна судити хоча б з динаміки окремих показників.

Суть наведених визначень стає зрозумілою тільки при більш детальному розгляді змісту компонентів, що їх утворюють. Спробуємо розібратися в причинно-наслідкових зв'язках виникнення певних соціально-економічних трендів, проаналізувавши історичний аспект формування зазначених революцій.

Третя промислова революція. Т.п.р. виникла як реакція соціально-економічної системи на нездатність вирішити глобальні екологічні проблеми в межах існуючого рівня виробничих сил і економічних відносин.



Рисунок 2.1 – Контури змісту промислових революцій у реалізації промислового переходу (Melnyk et al., 2019)

В результаті Другої промислової революції виникло унікальне явище – взаємопов’язаний індустріальний світ машин, де все рухається, взаємодіє й взаємодоповнює одне одного. Міцними узами, які зв’язали все в єдине ціле, є комунікації – енергетичні, транспортні, інформаційні. Ця

система машин – назвемо її Індустрією – і стала результатом другої промислової революції.

Революція подарувала: електрику, машинобудування, стандарти, поточкові лінії, верстати-автомати, радіо і телебачення, нові речовини, хімічні добрива, автомобілі і літаки, комп'ютери, копіювальну техніку і багато-багато іншого... А головне, вона принесла майже суцільну грамотність населення та інформаційні товари, які задовольняють *особистісну сутність* людини: літературу, кіно, телепередачі, спортивні шоу, туризм тощо.

Втім, з'ясувалося, що ця всеохопна промислова ідилія має одну досить серйозну ваду... Індустрія схильна до того, щоб руйнувати або забруднювати природу навколо себе, намагаючись підкорити її своїм інтересам. Диво-машина виявилася на рідкість ненажерливою. Ось уже дві з половиною сотні років після її винаходу люди переймаються тим, як нагодувати ненаситне жерло машини вугіллям, нафтою, газом. Руйнуються надра, спотворюються ландшафти, порушуються екосистеми. Усе це начебто було й раніше, але лише сьогодні екологічні проблеми набули масштабів глобальної всепланетної кризи, яка почала загрожувати взагалі існуванню людства.

По мірі зростання рівня освіченості людини все більше ставало очевидним, що Природа – це складна система саморегуляції масо-енерго-інформаційно-обмінних процесів, де існує безліч закономірностей і обмежень. Одне з таких обмежень вже запалило перед людьми «червоне світло» щодо виробництва ними будь-якої додаткової енергії крім тієї, яку Земля отримує з космічного простору (зокрема, від Сонця). У противному разі це загрожувало перегрівом планети та розбалансуванням її енергосистеми й критичним порушенням клімату.

Але знадобилися дві серйозні події світового масштабу, щоб концепція Т.п.р. почала просуватися у реальне життя. Однією з цих подій була енергетична криза кінця 2000-х років, коли ціни на енергоносії сягнули захмарної величини (зокрема, ціни на нафту перевищили межу у 150

доларів за барель). Інша подія трапилася кілька років по тому в Японії. Мова йде про аварію на Фукусимській атомній електростанції. Не випадково, що Т.п.р. стартувала на просторах Європи, яка, по-перше, завжди відчувала дефіцит власних енергоносіїв, а, по-друге, значну частину електроенергії виробляла саме на атомних електростанціях.

Енергетичний вимір Розв'язання еколого-енергетичної проблеми в межах Т.п.р. почало реалізовуватися через використання альтернативних джерел енергії, які не додають кількості теплової енергії на планеті (як це робить традиційна енергетика внаслідок спалювання енергоносіїв та утворення теплового прогару через відходи від цих процесів). Альтернативні джерела енергії лише перерозподіляють енергію, яку планета отримує з космосу. Це, перш за все, різного роду сонячні панелі, а також ті генератори, які використовують різні види рухів чи різниці фізичних потенціалів (вітер, хвилі, припливи-відпливи, теплові насоси тощо).

Ресурсний вимір створює іще одну проблему, яку покликана вирішувати Третя промислова революція. Справа в тому, що людина вигрібає з надр Природи стільки речовини, що її екосистеми не встигають відновлювати свої ландшафти. Людина корисно використовує не більше 5 відсотків видобутих з надр матеріальних ресурсів. Решта (понад 95% – !) повертається в Природу, проте вже в значно токсичнішому і небезпечному вигляді.

Традиційно люди користувалися так званим субтрактивним (від англійського subtract, тобто «віднімати») методом. Він базувався на відсіканні всього зайвого в ході виробничого процесу. Так, на всіх його стадіях зайвими й залишаються ті самі 90–95% видобутої сировини. Це залишає по собі пам'ятники неефективному виробництву та

марнотратству у вигляді териконів, звалищ, куп відходів та простого сміття.

Зовсім інакше працює 3D-принтер. Крапля за краплею він створює майбутні споживчі вироби, майже не залишаючи відходів. Та й це ще не все! Якщо в різних куточках Землі будуть стояти схожі 3D-принтери, виявиться непотрібним перевозити вироблені товари на великі відстані. Досить буде лише передати їхні інформаційні образи від виробника. А потенційний споживач їх легко «надрукує» на власному 3D-принтері.

Чиста енергія та адитивні технології – це лише частина «зеленої» економіки. Ми ж можемо в рази зменшити навантаження на природу, скоротивши обсяги споживання енергії та матеріальних ресурсів на умовну одиницю того, що споживаємо. Шляхами до цього є конвергенція (тобто об'єднання) функцій різних речей в одному виробі та мініатюризація (мінімізація розміру) самих виробів.

Щоб у цьому переконатися досить подивитися на наш мобільний телефон. Сьогодні в нього «переселилася» купа корисних нам предметів, які ще нещодавно були окремими речами. Лише на перелік їхніх назв потрібно кілька хвилин. Зазначимо тільки основні: *телефон, комп'ютер, фотоапарат, відеокамера, словник, бібліотека, годинник, ліхтарик, радіо- і телеприймач, навігатор (GPS)* і багато-багато іншого.

Якби все це було б окремими предметами, ними б можна було заставити цілу кімнату. І важили б усі ці скарби, мабуть, десятки кілограмів. А скільки енергії і ресурсів вони б споживали (!) А скільки енергії і ресурсів потягнули б на себе підприємства, де весь цей крам потрібно було б виготовити (!)...

Замість цього у нас на долоні – 100-грамова *диво-екранька*, яка миттєво виконує наші команди, дозволяючи при

цьому зазирнути в розклади різних видів транспорту та каси з продажу квитків, кращі світові бібліотеки, музеї, стадіони, театри, зробити необхідні розрахунки та платежі, створити фото-і відеосхедеври, поспілкуватися з кимось у прямому ефірі, переглянути пошту і тощо, і тощо.

Коли контури «зеленої» економіки замайоріли на горизонті, почала окреслюватися ще одна серйозна проблема.

Справа в тому, що нова економіка може бути тільки мережевою, де буквально мільярди різних виробничих одиниць (машин, речей, підприємств) працюватимуть в єдиній системі. А при такій її побудові вона буде настільки інформаційно складною, що людина вже не здатна буде керувати нею в реальному режимі часу. Вихід є лише один. Ця система має діяти в автоматичному режимі.

Четверта промислова революція. Інформаційна побудова технічних систем на Землі досягла величезної складності. Вправлятися з такою суперскладністю можуть вже лише самі технічні системи, озброєні відповідними суперзасобами обробки інформації, здатними діяти зі супершвидкістю.

Звісно, однією швидкодією, нехай навіть і «супер», тут явно не обійшлося. Знадобився вже штучний інтелект... Бо що означає «обробка інформації»? Це, перш за все, її аналіз та прийняття рішень і відповіді на запитання, наприклад: «Що за чим виконувати?» або «Коли щось ліпше здійснити?» або: «Який варіант краще вибрати?» – і багато іншого.

Відбулися революційні зміни, з яких і стартувала Четверта промислова революція (її ще називають Industry 4.0). По-перше, машини почали перетворюватися на кіберфізичні системи. Вони «бачать» і «чують» навколо себе

органами чуття – датчиками, а «думають» – комп’ютерним «мозком».

Другою подією було те, що всі ці кіберфізичні системи об’єдналися, перетворившись на єдину технічну цивілізацію. Назвали цей феномен *Інтернетом речей*. Спілкуючись між собою за допомогою Інтернету, речі виявилися здатними самі приймати рішення, виробляти товари, переміщувати їх та обслуговувати людину, підлаштовуючись під її бажання і вподобання.

П’ята промислова революція. Реалізація в повному обсязі Industry 4.0 породжує ще одну проблему, яку покликана вирішувати П’ята промислова революція (П.п.р.). Справа в тому, що кіберфізичні системи, які не потребують участі людського фактору витісняють людину із виробничого простору. Це створює значні загрози для особистісного розвитку людства. Адже без необхідності розв’язання серйозних проблем економічного розвитку людство приречене на споживацьку деградацію. Саме на пошук місця людини у економічній системі кіберфізичної доби і спрямована П.п.р.

За задумами авторів концепції П.п.р., людина дійсно повинна полишити виробничі процеси, звідкіля її вже витісняють кіберфізичні системи та Інтернет речей. Саме вони виконуватимуть усю рутинну, стандартну, монотонну й нецікаву роботу. Але людина, яка піде з виробництва, буде людиною-трудо. Вона звикла до виконання стандартних операцій, на яких виробляються стандартизовані товари для споживачів зі стандартними потребами та запитам.

На місце людини-трудо у виробництво повинна прийти зовсім інша людина – людина-особистість. Замість виготовлення виробів вона створюватиме інформаційні образи, які легко матеріалізуватимуть адитивні технологічні системи за допомогою 3D-принтерів. Саме так зараз 2D-

принтери нам друкують на папері все, що ми вигадали на своїх дисплеях. Причому матеріалізуватиметься кінцевий продукт буде вже за місцем його призначення, тобто за адресою споживача. І що важливо: продукт цей буде персоналізованим, тобто виготовленим за індивідуальними бажаннями й уподобаннями споживачів.

Це надзвичайно важливо. Адже головним споживачем також стане *людина-особистість*. А особистісний розвиток людства можливий лише там, де люди відрізняються один від одного, і ця відмінність все збільшуватиметься.

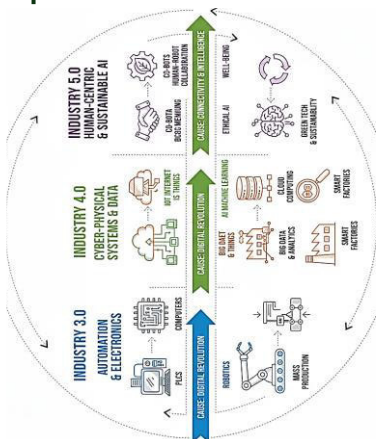
Та й саме виробництво буде зовсім не схоже на те, до якого ми звикли. У ньому не буде ані огорож, ані прохідних, ані перепусток, ані брязкітливого обладнання. Останнє, можливо, і залишиться в якомусь вигляді. Проте людину воно там не дратуватиме, бо працюватиме самостійно під контролем того самого Інтернету речей.

Презентаційні матеріали

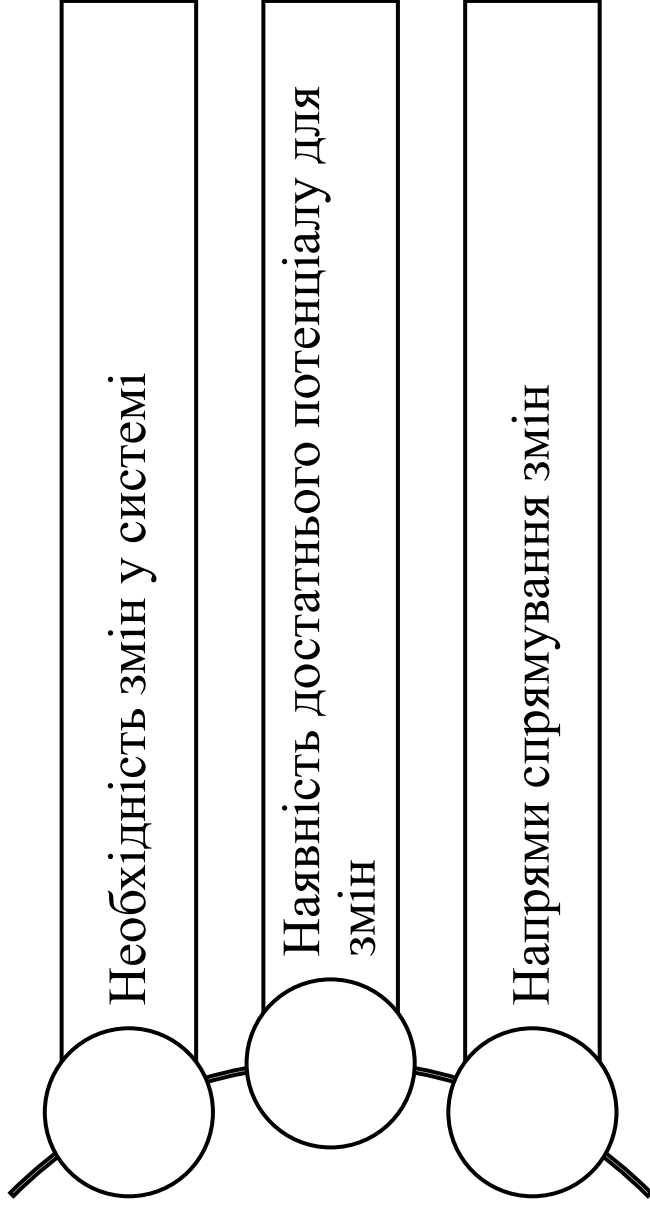
План лекції

1. Обумовленість сучасних промислових революцій
2. Зміст Industry 3.0
3. Сестейнізація енергетики
4. Матеріальне виробництво в рамках Industry 3.0
5. Зміст Industry 4.0
6. Зміст Industry 5.0

1. Обумовленість сучасних промислових революцій



Фактори обумовленості трансформації систем



Обумовленість Industry 3.0

- Industry 3.0 стала відповіддю соціально-економічної системи на неспроможність виробництва вирішити масштабні екологічні проблеми в рамках існуючих виробничих сил і економічних відносин.

Енергетичний вимір

- Розв'язання еколого-енергетичної проблеми в межах Industry 3.0 почало реалізовуватися через використання альтернативних джерел енергії, які не додають кількості теплової енергії на планеті (як це робить традиційна енергетика внаслідок спалювання енергоносіїв та утворення теплового прошарку через відходи від цих процесів).

Ресурсний вимір

- Традиційно люди користувалися так званим субтрактивним (від англійського subtract, тобто «віднімати») методом.
- Він базувався на відсіканні всього зайвого в ході виробничого процесу. Так, на всіх його стадіях зайвими й залишаються ті самі 90—95% видобутої сировини.
- Це залишає по собі пам'ятники неефективному виробництву та марнотратству у вигляді териконів, звалищ, куп відходів та простого сміття.

Адитивний принцип

- Адитивний принцип реалізується в 3D принтері. Крапля за краплею він створює майбутні споживчі вироби, майже не залишаючи відходів. Та й це ще не все!
- Якщо в різних куточках Землі будуть стояти схожі 3D-принтери, виявиться непотрібним перевозити вироблені товари на великі відстані.
- Досить буде лише передати їхні інформаційні образи від виробника. А потенційний споживач їх легко «надрукує» на власному 3D-принтері.

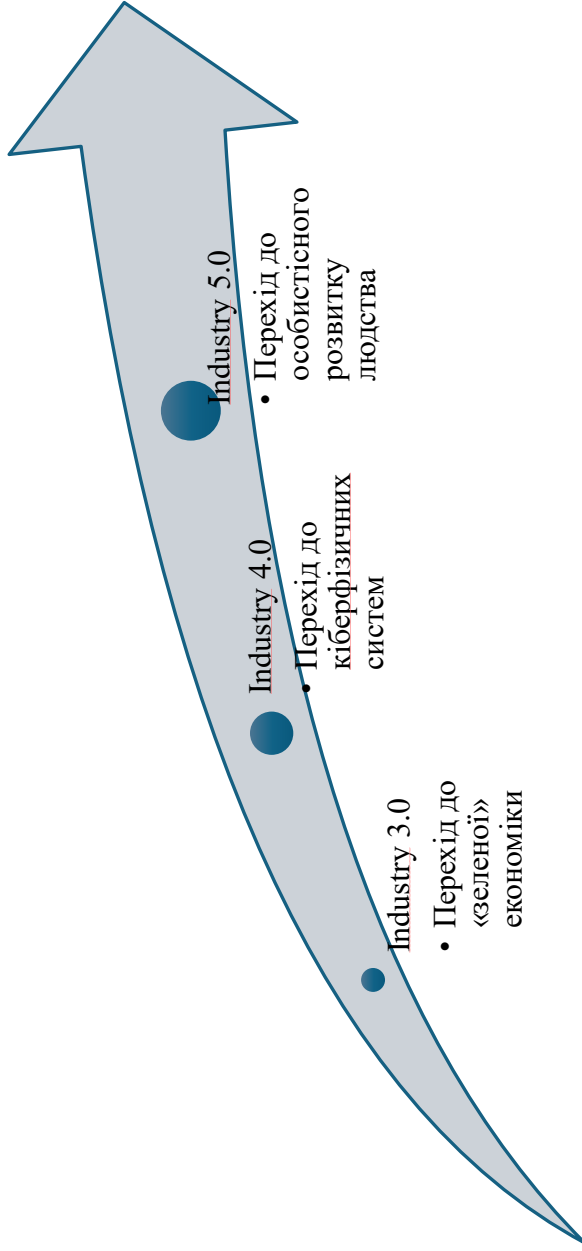
Обумовленість Industry 4.0

- Інформаційна побудова технічних систем на Землі досягла величезної складності.
- Вправлятися з такою суперскладністю можуть вже лише самі технічні системи, озброєні відповідними суперзасобами обробки інформації, здатними діяти зі супершвидкістю.

Реалізація Industry 5.0

- Реалізація в повному обсязі Industry 4.0 породжує ще одну проблему, яку покликана вирішувати П'ята промишлова революція Industry 5.0 .
- Справа в тому, що кіберфізичні системи, які не потребують участі людського фактору витісняють людину із виробничого простору.
- Це зумовлює людство шукати нове місце людини в виробничій системі і нові контури розвитку особистості людини.

Напрями сучасних промислових революцій



В. І. Вернадський і вектор сучасного фазового переходу



Ноосфера (сфера розуму)
управлятиме планетою

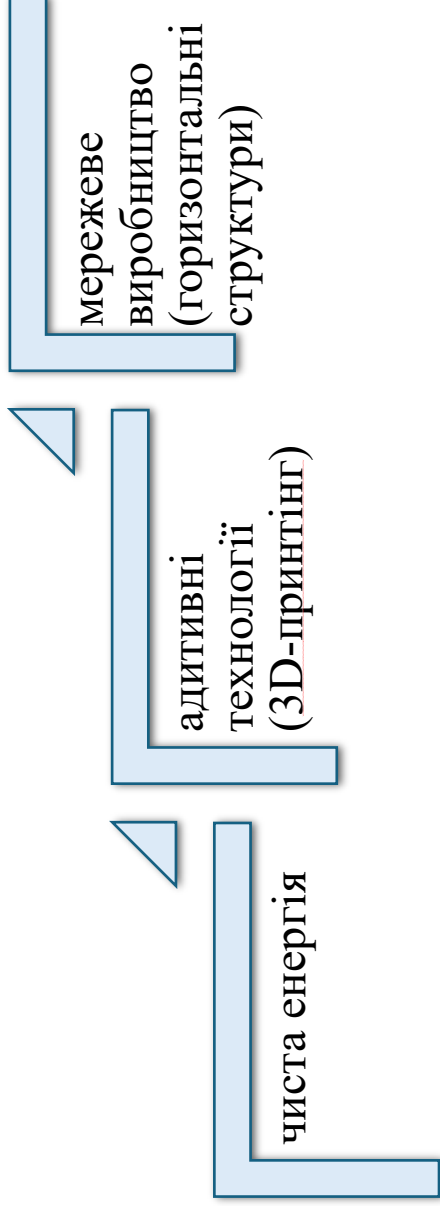
Складові формування ноосфери

- Інтернет
- Мобільний зв'язок
- Соціальні мережі
- InterTV
- Інтернет речей
- Блокчейн
- GPS
- EnerNet
- «Хмара»



2. 3Mict Industry 3.0

Industry 3.0 – перехід до «зеленої» економіки

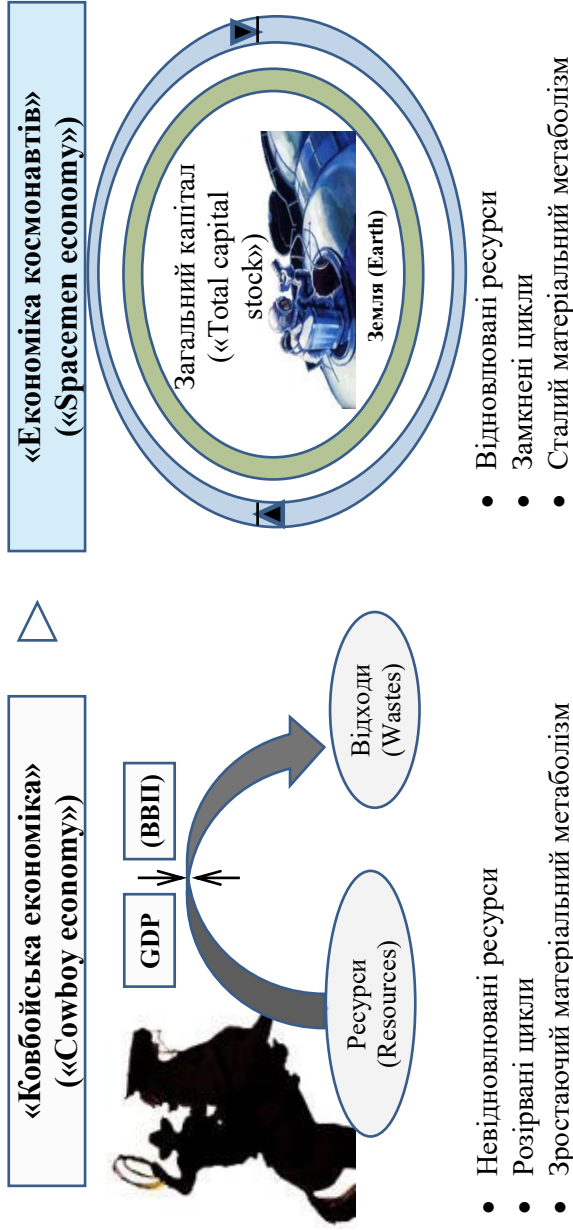


Два ключових завдання «зеленої» економіки

- **Перехід до «зеленої» енергетики**
Зменшення енергоємності економіки – В РАЗИ (!)
- **Перехід до «зелених» технологій і новому матеріалознавству**
Зменшення матеріаломісткості і природоємності – В РАЗИ (!)

Від «ковбойської економіки» до «економіки космонавтів»

(К. Боулдинг, 1966)



Формування горизонтальних мереж – основа реалізації Industry 3.0



Визначення Industry 3.0

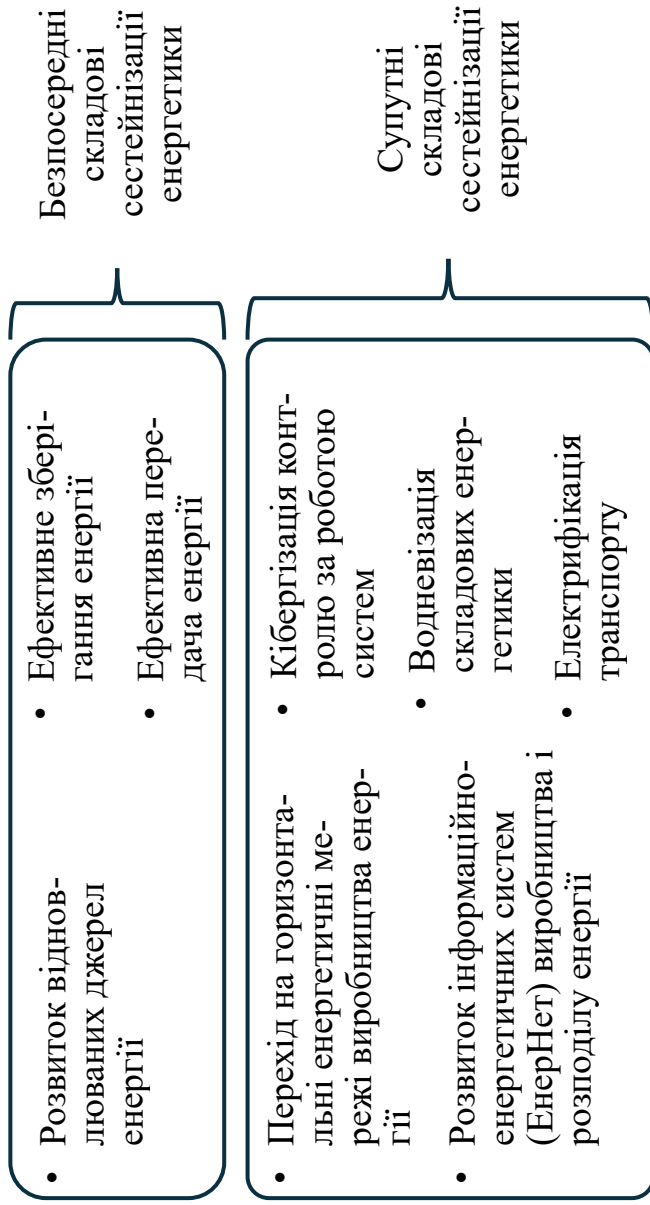
Industry 3.0 – це явище радикальної якісної трансформації соціально-економічних систем, що характеризується такими процесами:

- переходом на відновлювані джерела енергії та сировини,
- масовим впровадженням адитивних технологій і мережевих виробничих систем,
- цифровою основою фіксації і передачі інформації,
- формуванням горизонтальних виробничо-споживчих структур і відповідних їм солідарних форм економічних відносин.



3. Сестейнізація енергетики

Системна сутність сестейнізації енергетики



Розвиток відновлюваних джерел

- Диверсифікація технологічних принципів:
 - космічна енергія (сонце, припливи-відпливи); геотермальна енергія Землі;
 - енергія фізичних полів (зокрема, WISP-генератори, що використовують електромагнітні хвилі);
 - енергія первинних природних рухів (вітер, гідро-, хвилі);
 - енергія вторинних техногенних рухів (утилізація енергії руху механізмів та людини);
 - енергія різних потенціалів температури та тиску (теплові та вітрові насоси);
 - енергія хімічних процесів (біогаз, різні хімічні реакції).
- Підвищення ККД (1950 – 2-3%, 2020-і – 20%).
- Інтеграція джерел енергії в об'єкти життєдіяльності.
- Збільшення частки сімейної енергії.

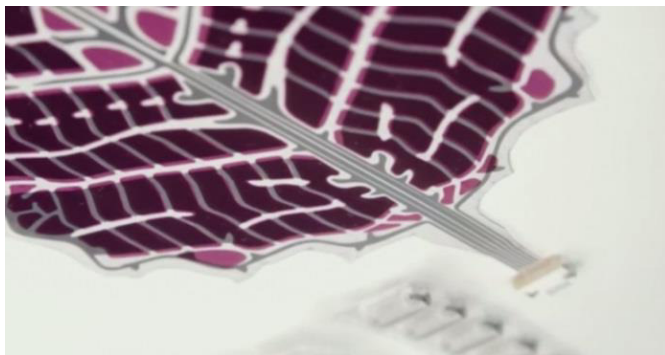
**Промислова СЕС на даху багатоповерхівки
в Києві (потужність 330 кВт)**



Вікно СЕС (Німеччина)



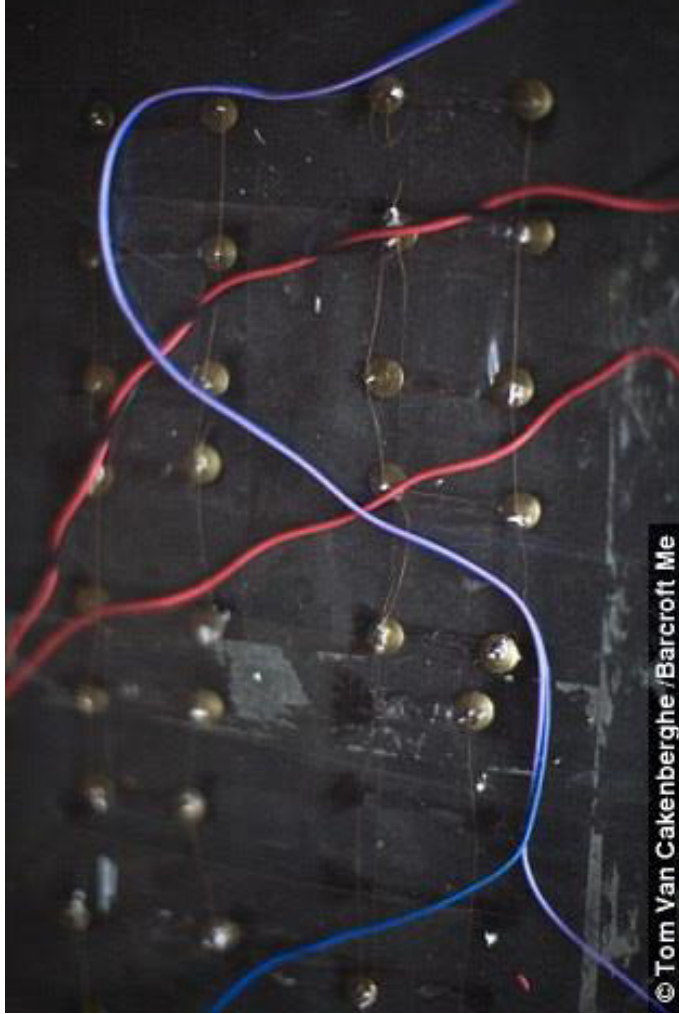
«Енергетичне дерево» – 3D-друк (Фінляндія)



Гнучка сонячна панель



Сонячна панель з людського волосся



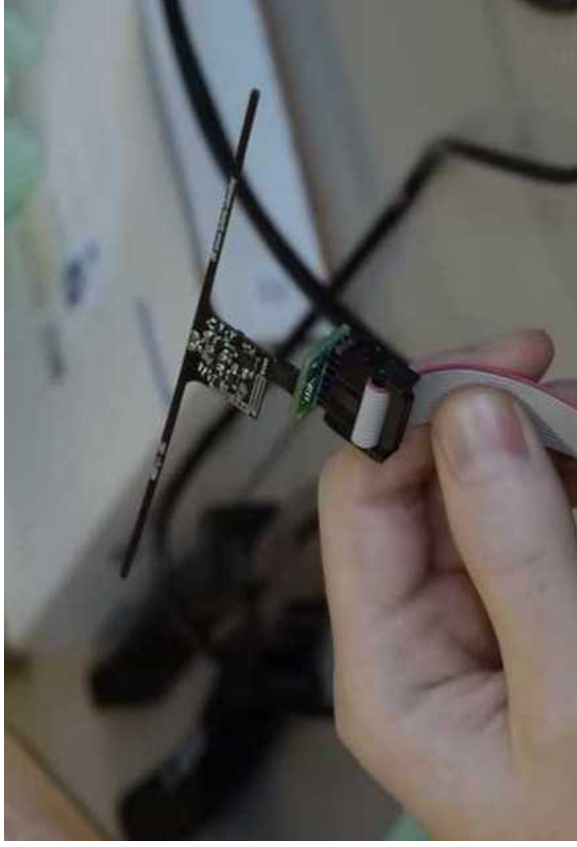
SALt – лампа, що працює на склянці води і двох ложках солі (Філіппіни)

- **SALt – Sustainable Alternative Lighting**
- Лампу, здатна горіти впродовж 8 годин на 1 стаканці води та 2 ложках солі.



Технологія WISP: енергія прямо з повітря

- WISP – Wireless Internet Service Provider (провайдер доступу в Інтернет по бездротовим мережам)
- Конвертація електромагнітних хвиль в електрику.



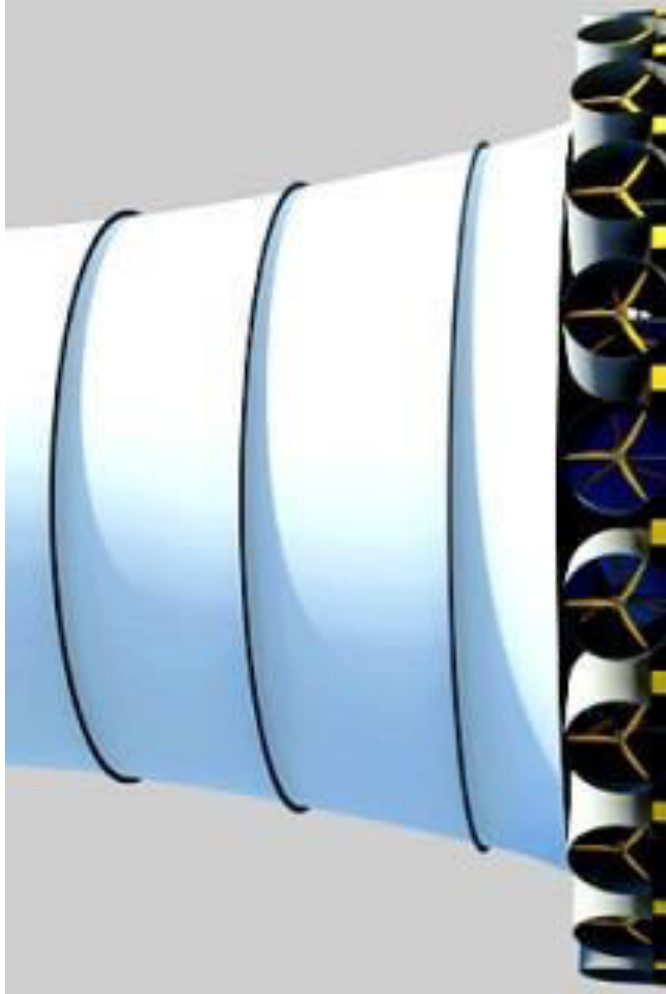
Дерево-вітряк (Франція)



Вітряк-турбіна, що парить у повітрі



ВЕС, що працює при повному штилі



Взуття-електростанція



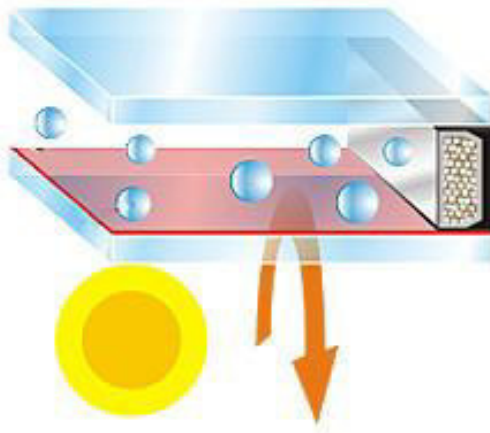
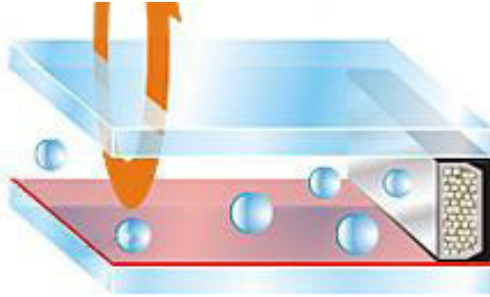
Сонячні панелі як деталь балконів (Німеччина)



Сонячні панелі як деталь парканів (Німеччина)



«Вікно СЕС»



Світловий колодязь на станції метро в Берліні



Верхня частина



Нижня частина

Сонячні панелі в м. Суми



Безлопатна вібраційна ВЕС (Іспанія)



ВЕС із електростатичних «соломинок» (Швеція, Стокгольм)



Ефективне зберігання енергії

Напрями зберігання:

- *гідроакумуляування* (пов'язано з природним і штучним підйомом рівня води в періоди надлишку виробництва енергії та утилізацією накопиченої потенційної енергії в пікові періоди);
- *електроакумуляування*;
- *теплове акумуляування*; на цьому принципі працюють теплові сонячні генератори; зокрема, вдень від сонячних променів активні елементи (наприклад, соляні стрижні) розігріваються до 500°C; завдяки цьому теплу генератор виробляє електроенергію і в нічний час;

Ефективне зберігання енергії

- *хімічне акумулювання*; пов'язане з цілеспрямованою зміною властивостей речовин завдяки надлишку енергії або накопиченням органічних речовин із подальшим отриманням біогазу або електрики; зокрема, хімічний акумулятор на основі норборнадієна (norbornadiene) здатний зберігати більшу частину теплової енергії від сонячного світла у своїх хімічних зв'язках від кількох місяців до кількох років;
- *водневі технології*; є різновидом хімічних акумуляторів і дають змогу конвертувати надлишки «зеленої» енергії у виробництво водню, зокрема, за рахунок електролізу води.

Горизонтальні енергетичні мережі

- Мова йде про перехід від невеликої кількості великих виробників енергії до величезної кількості децентрованих у просторі малих енергогенераторних одиниць. У масштабах ЄС можна говорити про цифру в сотні мільйонів.
- У країнах ЄС на розподілену генерацію вже сьогодні припадає понад 10 % від загального обсягу виробленої енергії, а в Данії цей показник становить близько 50 %.
- У США експлуатується понад 12 млн установок малої розподіленої генерації загальною встановленою потужністю понад 220 ГВт.

ЕнерНет

ЕнерНет

- це інформаційно-енергетична система для управління процесами виробництва і розподілу енергії

ЕнерНет

ЕнерНет покликаний забезпечити виконання таких груп функцій:

- генерування й перетворення енергії, її тарифікація;
- збирання (купівля) енергії, передавання, зберігання і продаж;
- контроль за процесами, що відбуваються (моніторинг);
- оптимізація операцій, забезпечення стійкості і безпеки систем,
- підтримання якості електроенергії.

4. Матеріальне виробництво в рамках Industry 3.0

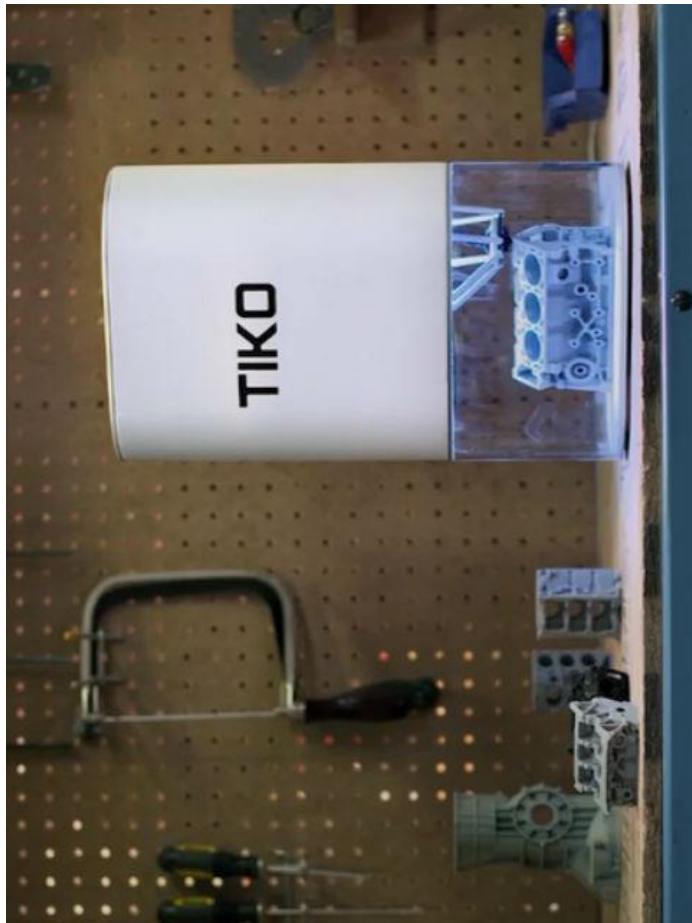


3D-принтер працює з 10 матеріалами

Масачусетський технологічний інститут:

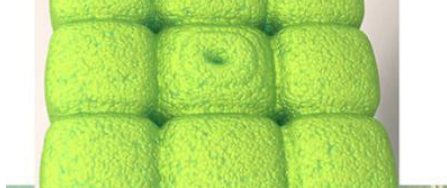
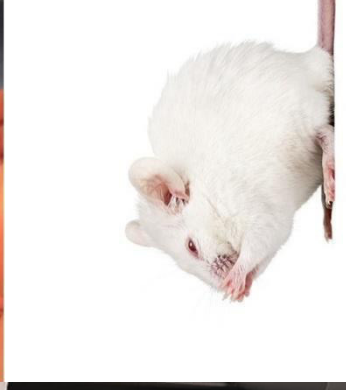
- Пристрій працює одразу з **десятьма** різними матеріалами.
- Використовує методику **3D-сканування**

3D-принтер, що коштує як холодильник (\$179)



Біо-принтер надрукував працюючий орган

- 3D-принтер надрукував щитовидну залозу миші.
- Після пересадки орган запрацював.



«Чорнила» для 3D-принтера із целюлози



4D-друк (пластик, що самовідновлюється)



3D пристрої в звичайному магазині Брюсселя



Працюючий 3D-принтер в магазині Брюсселя

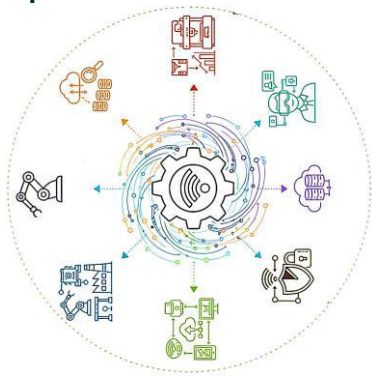


3D printing products



Продукція 3D-сканера



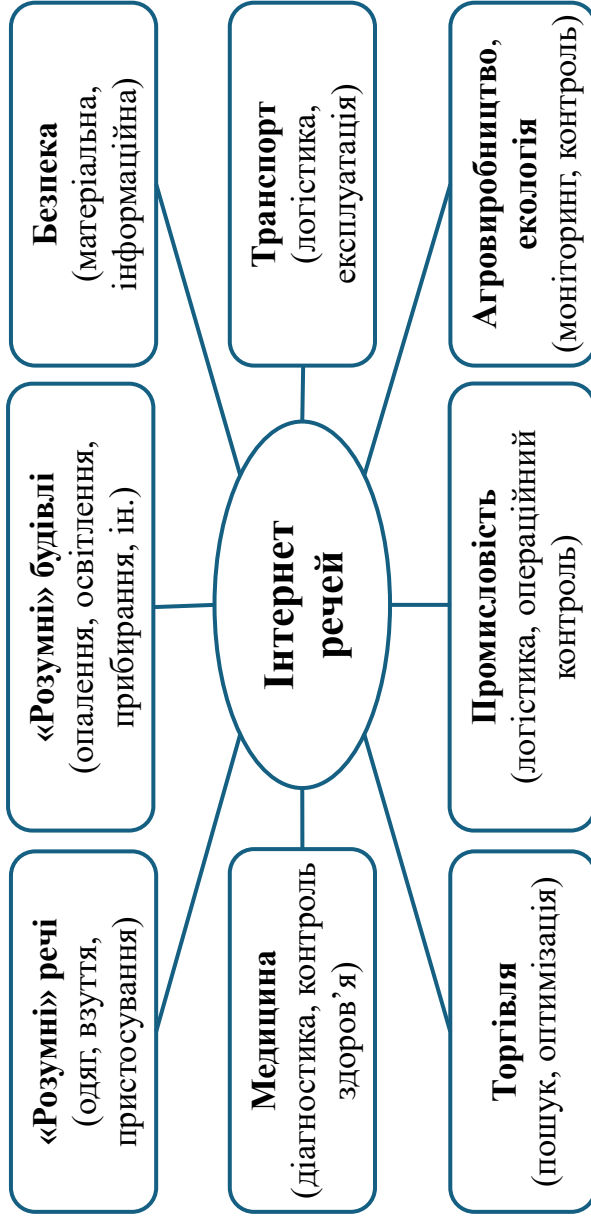


5. 3Mict Industry 4.0

Четверта промислова революція

- *Четверта промислова революція* – це явище впровадження кіберфізичних систем у процеси виробництва та споживання продукції, за якого виникають повністю автоматизовані мережі, що здатні діяти без безпосередньої участі людини.

«Інтернет речей»





6.3 MICT Industry 5.0

Industry 5.0

- *П'ята промислова революція* – це явище адаптації людини до кібергізованого середовища, при якому отримує розвиток особистісна основа людини, в тому числі, і на основі синергетичної інтеграції когнітивних здібностей людини і штучного інтелекту, а також біологічної природи людини і технічних засобів.

П'ять промислова революція (Industry 5.0)

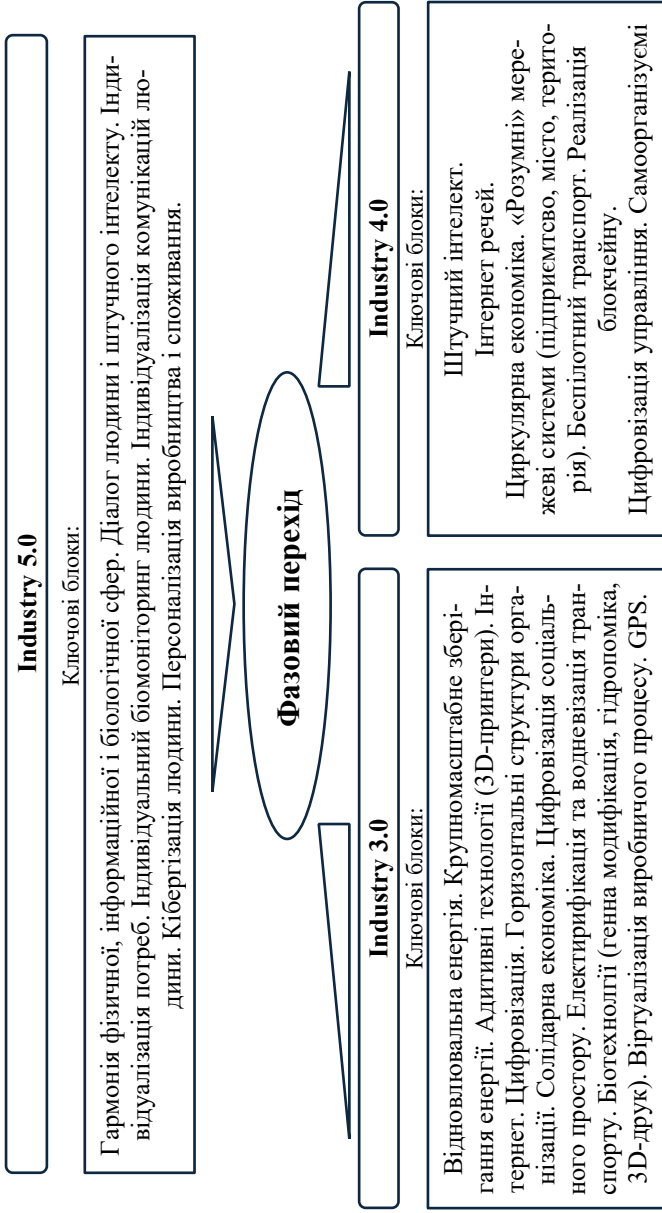
Industry 5.0 спрямована на повернення людини у виробництво і персоналізацію споживання:

- синергію людини і штучного інтелекту;
- формування емоційного інтелекту;
- творчі функції людини у виробництві використання потенціалу особистості;
- від масового виробництва стандартних виробів до споживання товарів для особистості;
- від цілей підвищення ефективності до цілей соціального розвитку.

Економічні функції людини

- ✓ проєктувальник
- ✓ виробник
- ✓ організатор
- ✓ комунікатор
- ✓ споживач

Ключові блоки сучасних промислових революцій

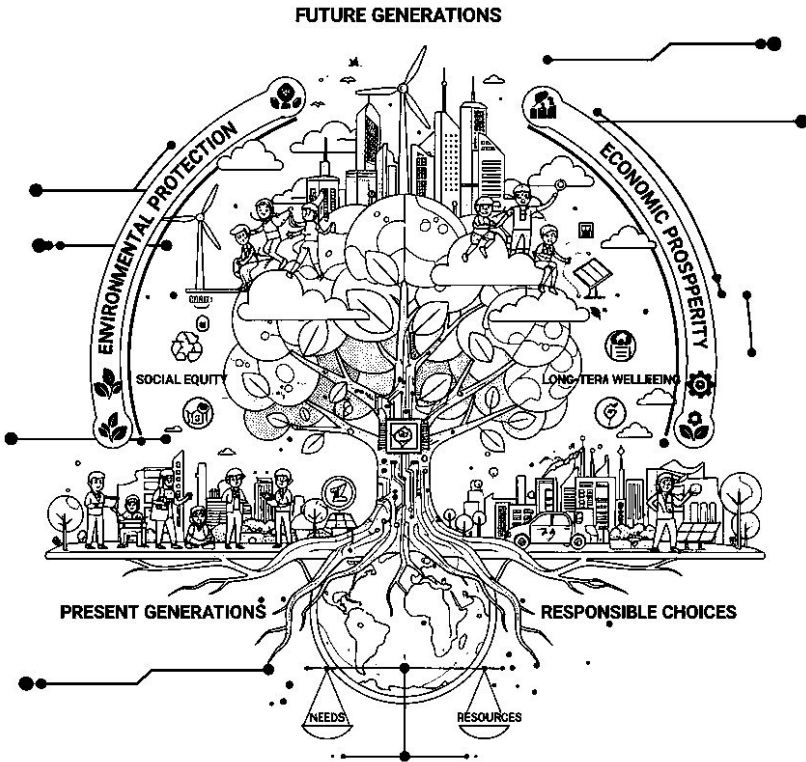


Питання для самостійного опрацювання

1. Які ключові соціально-економічні та технологічні чинники зумовили появу Третьої промислової революції?
2. У чому полягають головні відмінності між Третьою та Четвертою промисловими революціями?
3. Яким чином концепція «зеленої» економіки та відновлюваної енергетики відображає сутність Третьої промислової революції?
4. Як розвиток адитивних технологій і цифровізації вплинув на структуру виробництва та логістику у добу Третьої промислової революції?
5. Які нові форми організації праці та економічних відносин виникають у результаті Четвертої промислової революції (Industry 4.0)?
6. Чому виникла потреба у П'ятій промисловій революції (Industry 5.0)?
7. Як трансформується роль людини у виробничих процесах у контексті переходу від Четвертої до П'ятої промислової революції?
8. Які загрози та можливості несе з собою кібергізація фізичного та соціального простору?
9. Як принципи індивідуалізації та персоналізації у П'ятій промисловій революції впливають на споживчу культуру та бізнес-моделі?
10. Обґрунтуйте, чому сталий розвиток є базовою умовою гармонізації технологічного прогресу та соціальної еволюції.

Тема 3

Цивілізаційні виміри сестейного розвитку



Основи теорії

Розвиток, який пов'язується з існуванням людської цивілізації, є насправді невід'ємною властивістю Світобудови. Все що існує у Всесвіті, рухається, а отже, змінюється й розвивається. Щось збільшується, ускладнюється, відтворюється, розквітає. І це називають прогресивним розвитком. Щось зменшується, спрощується, руйнується, деградує. І це називають регресивним розвитком.

Розвиватися здатні лише *системи*. Причому, кожна система виконує у Всесвіті певну визначену її природою функцію, пов'язану з забезпеченням руху матерії або реалізацією певних змін.

Система – сукупність елементів (підсистем), об'єднаних між собою в єдине ціле процесами взаємодії (матеріально-інформаційного обміну) для реалізації тієї функції, заради якої утворена й функціонує дана система. Коротким античним визначенням системи є: *ціле, що більше суми його частин*.

Все, що існує в світі: від найменших часток до величезних космічних об'єктів – є *відкритими стаціонарними системами*. В свою чергу, вони самі складаються з відкритих стаціонарних систем і є частиною інших відкритих стаціонарних систем вищого рівня.

Відкритість і стаціонарність є надзвичайно важливими властивостями систем. Щоб система могла розвиватися, вона має бути саме *відкритою* та *стаціонарною*. І на це є вагомі підстави.

Розвиток – це *незворотна, спрямована, закономірна* зміна стану систем (на цьому ми детально зупинимося в наступних розділах). Відкритість та стаціонарність і забезпечують системі можливість її розвитку.

Відкритість є умовою забезпечення здійснення змін. Щоб змінюватися, система змушена витратити речовину (для перебудови) й енергію (для здійснення роботи). Компенсувати витрачене система може лише за рахунок ресурсів зовнішнього середовища, до якого вона має бути *відкритою*. Тож, силова функція системи забезпечується за рахунок її матеріально-інформаційного обміну з зовнішнім середовищем.

Щоб система могла вилучати з зовнішніх ресурсів необхідні компоненти, вона має переробляти їх всередині себе. У зовнішнє середовище система також видаляє продукти (відходи) своєї життєдіяльності. Обмін між системою та зовнішнім середовищем, а також між окремими частинами всередині самої системи називається *метаболізмом*.

Стаціонарність необхідна для інформаційного забезпечення процесів розвитку. Стаціонарність – це підтримання системою динамічної усталеності, тобто відносної незмінності параметрів її стану. Відносна незмінність параметрів означає, що параметри все ж таки можуть змінюватися, але в дуже вузьких інтервалах. Зокрема, саме так в організмі людини змінюються параметри її тіла (температура, тиск, ін.). Вузький інтервал значень параметрів, які визначають стан системи, називають *гомеостазом*.

Розвиток систем ґрунтується на механізмі їхнього формування. Будь-яка система виникає завдяки взаємодії трьох взаємопов'язаних фундаментальних начал природи. Ними є:

- *матеріальне (матеріально-енергетичне)* начало; воно забезпечує здатність системи та її елементів (підсистем) до руху й виконання роботи, тобто до змін і розвитку; його основну функцію можна умовно визначити як «рухає»;

- *інформаційне* начало; воно визначає напрям дії енергетичних потенціалів, спрямовує рух і розвиток системи в просторі та часі, формує алгоритми взаємодії між елементами та загальну програму розвитку системи;
- *синергетичне* начало; воно виконує об'єднувальну функцію, забезпечуючи узгоджену діяльність складових частин системи для їх інтеграції в цілісну структуру.

Окрім трьох основних начал, варто згадати ще одне. Умовно його можна назвати *єдиним відтворювальним феноменом*. Воно синтезує дію трьох вищеназваних начал у кожній системі, перетворюючи її на самовідтворювальну сутність.

Природні начала реалізують свої дії через ключові компоненти системи: матеріальні складові, інформаційні алгоритми та узгоджену взаємодію змістовних підсистем. Матеріально-енергетичне начало приводиться в дію енергією, яка акумулюється та зберігається в енергоносіях – речовинах із високою енергетичною ємністю. Завдяки транспортуванню та переробці цих енергоносіїв здійснюється передача, трансформація і використання енергії.

Інформаційна компонента системи виконує роль орієнтиру або керівного елемента, що впорядковує дію матеріально-енергетичної складової.

Фактично, інформація виникає з різної здатності природних сутностей реалізовувати енергетичний потенціал природи. У цьому розумінні вона є похідною, тобто вторинною, стосовно первинного джерела, яким є рух чи потенціал до нього. Проте зазначена можливість змін набуває статусу *інформації* лише тоді, коли фіксується (закріплюється) пам'яттю системи.

Синергетична складова (взаємозв'язки, комунікації, відносини) забезпечує взаємодію між елементами

(підсистемами) всередині системи, а також її взаємозв'язок з іншими системами у зовнішньому середовищі.

Сестейнізація економіки – це процес формування цілісної системи, яка б обумовлювала постійне відтворення процесів трансформації економічної системи з метою сестейного розвитку основних виробничих факторів (зокрема матеріальної основи, технічних засобів та людей), а також методів управління ними.

Базовими передумовами економіки є:

- трансформація *матеріальної основи* (Відновлювані ресурси: *енергетичні, речовинні*; масштабне акумулювання енергії; адитивні методи виробництва виробів (3D-принтери)).
- трансформація *інформаційної основи* (Комп'ютер; Цифрові технології; «Хмарні» технології)
- трансформація *синергетичної основи* (Виникнення Інтернету; Віртуальні підприємства; Формування мереж).

Презентаційні матеріали

План лекції

1. Базові поняття
2. Тріалектичні основи забезпечення сестейнового розвитку
3. Передумови сестейнізації економіки
4. Економічний вимір
5. Організаційний вимір



1. Базові поняття

Поняття про систему

- *Система* – будь-яка сукупність елементів (підсистем), об'єднаних між собою в єдине ціле процесами взаємодії (матеріально-інформаційного обміну) для реалізації загальної функції (досягнення спільної мети).
- Коротке античне визначення системи: ціле, що більше за суму його частин
- Розвиватися здатні лише *відкриті стаціонарні системи*.

Відкритість системи

- Відкритість необхідна системі для обміну з до-вкіллям речовиною (матеріалами), енергією і ін-формацією.
- В довкіллі – джерело ресурсів та контейнери для відходів.

Стаціонарність системи

- **Стаціонарність** – це здатність системи зберігати свій стан у відносно вузькому стійкому інтервалі її параметрів. Його називають *гомеостазом*.
- Тож, *стаціонарність* – це здатність системи підтримувати її *гомеостаз*.



2. Тріалектичні основи забезпечення сестейнового розвитку

Тріалектичні основи забезпечення сестейнового розвитку

В основі формування будь-якої системи лежать три природні начала:

- **матеріально-енергетичне** (або просто – матеріальне);
- воно *рухає*, дає можливість системі та її окремим частинам (підсистемам) пересуватися, трансформуватися і виконувати роботу, а отже, змінюватися і розвиватися;

Тріалектичні основи забезпечення сестейнового розвитку

➤ інформаційне – *направляє*;

- воно забезпечує спрямованість руху в просторі і часі; завдяки цьому на початку формуються інформаційний алгоритм взаємодії між собою окремих частин системи і програма її розвитку в цілому;

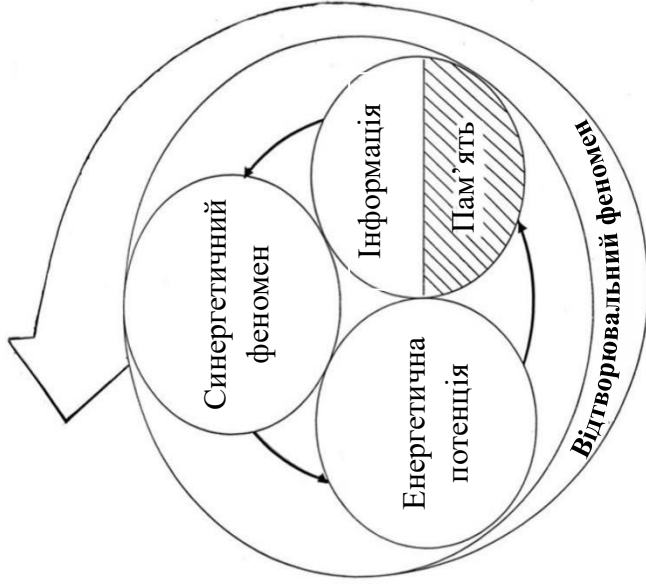
➤ синергетичне – *об'єднує*;

- воно забезпечує об'єднання окремих частин системи в єдине ціле.

Проявляти себе природні начала можуть лише спільними зусиллями – взаємодіючи одне з одним.

Тріалектика формування системи

- Сутнісні основи
виникнення та
розвитку системи

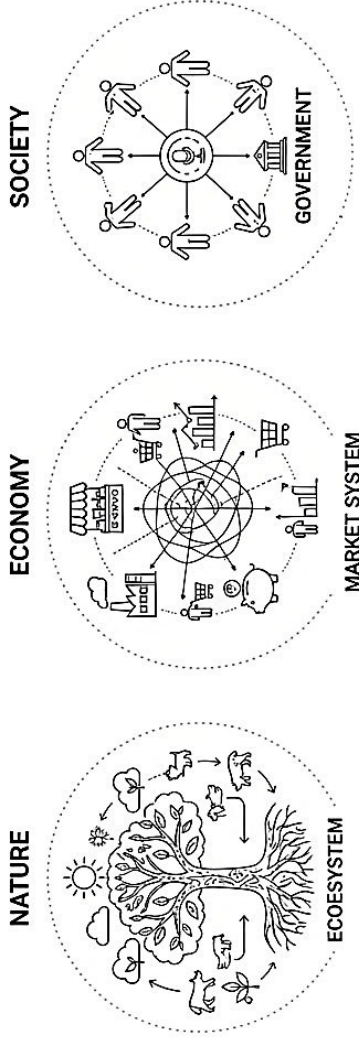


Тріалектика формування системи

- Як *матеріальний об'єкт* система здатна накопичувати і витратити енергію, виконуючи роботу.
- Як *інформаційна програма* вона самоорганізується, сприймаючи і переробляючи інформацію зовнішнього середовища, відтворюючи свою власну; при цьому вона керує процесами свого формування, функціонування та розвитку.
- Як *синергетичний феномен*, система формується в процесі взаємодії, а отже, взаємної підгонки і коригування, по-перше, параметрів її власних підсистем заради виконання загальносистемних функцій, а по-друге, поведінки цієї системи з іншими подібними їй системами під умови їх надсистемного рівня.

Зміна стану систем

- І формувати, і руйнувати систему можна, впливаючи на кожну зі згаданих складових (начал), а також на весь триєдиний механізм відтворення системи в цілому.
- Зазначене можна проілюструвати на прикладах різного виду систем.



Зміна стану екосистем

Поліпшенню стану екосистеми можуть сприяти дії за на-
прямками:

- матеріального кількісного нарощування наявності рос-
лин і тварин в екосистемі;
- інформаційного поліпшення якісного стану екосистеми
(поліпшення якісного стану біологічних видів, оптимі-
зація видової структури екосистеми);
- синергетичного вдосконалення (поліпшення взаємодії
між собою окремих елементів системи), зокрема через
удосконалення комунікаційних каналів;
- удосконалення цілісного механізму самоорганізації
екосистем.

Зміна стану екосистем

Екосистема буде деградувати і поступово руйнуватися, якщо зазначені дії будуть здійснюватися, умовно кажучи, в протилежному напрямку. Тобто:

- 1) будуть знищуватися рослини і тварини;
- 2) буде погіршуватися якісний стан біологічних видів через хвороби або з інших причин, будуть порушуватися оптимальні пропорції видового складу екосистеми;
- 3) будуть блокуватися видові і міжвидові комунікації;
- 4) порушиться механізм самовідтворювання екосистеми.

Зміна стану економічної системи

Економічна система створюється за допомогою формування його головних засад:

- *матеріальної* основи (основного і оборотного капіталів); це забезпечує виконання силових функцій із вогтовлення продукції;
- *інформаційної*; забезпечує дію алгоритмів (технологій), за якими підприємство здійснює свою виробничу і торговельну діяльність, а також керує ними;
- *синергетичної*; забезпечує реалізацію зв'язків усередині і поза межами підприємства;
- *інтеграційної*, яка утворює цілісний потенціал відтворення трьох зазначених основ.

Зміна стану економічної системи

Підприємство буде деградувати, якщо процеси відбуватимуться в зворотному напрямку:

- 1) спрацювання основного капіталу буде недоамортизовуватися, будуть зменшуватися обсяги оборотного капіталу та інтенсивність його обороту;
- 2) інформаційні алгоритми оперативної діяльності та управління на підприємстві будуть неадекватні поточній ситуації в часі і просторі;
- 3) погіршуватиметься взаємодія ланок на внутрішньо- і зовнішньогосподарських рівнях;
- 4) блокуватиметься самовідтворювальний механізм підприємства.



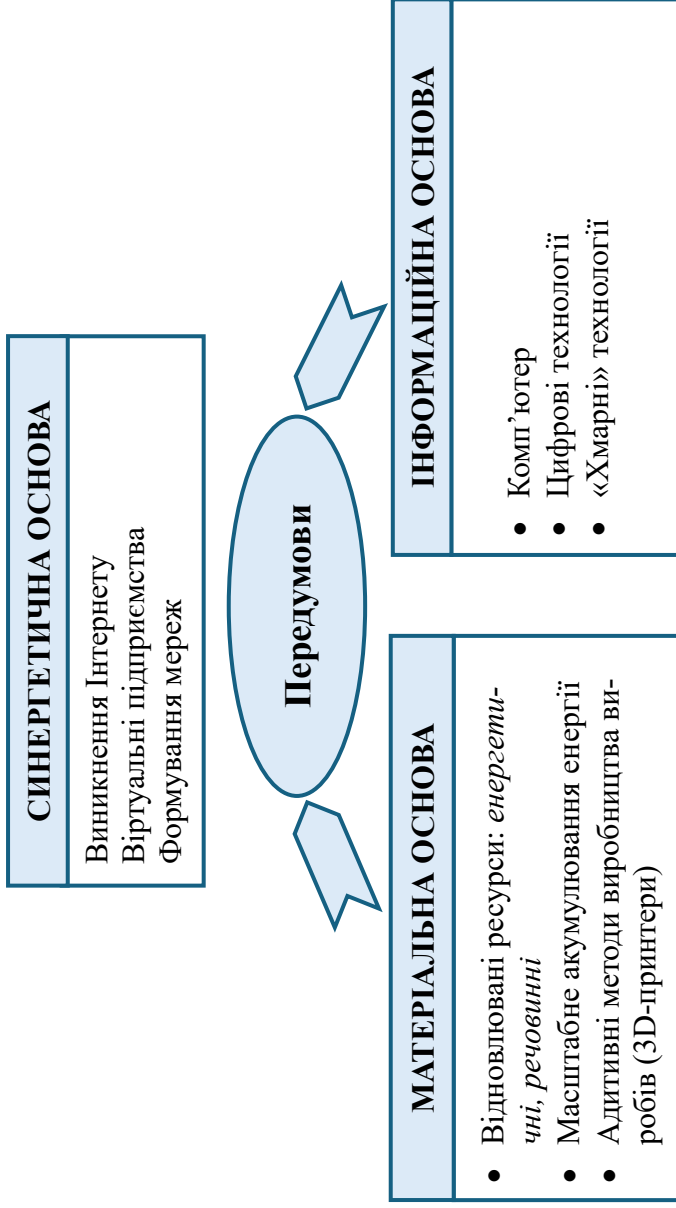
3. Передумови сестейнізації економіки

Поняття сестейнізації

Сестейнізація

- це процес формування цілісної системи, яка б обумовлювала постійне відтворення процесів трансформації економічної системи з метою сестейнового розвитку основних виробничих факторів (зокрема матеріальної основи, технічних засобів та людей), а також методів управління ними.

Базові передумови сестейнізації економіки



Ключові напрями сестейнізації

Ключові напрямки сестейнізації передбачають:

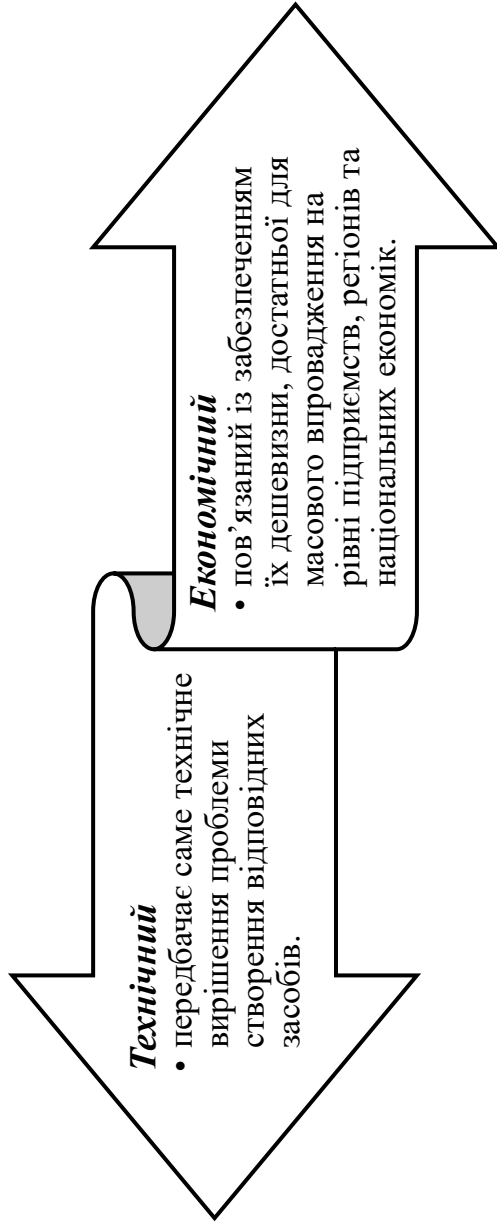
- по-перше, наявність ефективних (тобто досить дешевих на одиницю виконаної роботи) технічних засобів (зокрема, установок альтернативної енергетики і 3D-принтерів);
- по-друге, забезпечення єдиної («цифрової») основи фіксації і передачі інформації (для реалізації комунікацій: людини з людиною, людини з машиною і машини з машиною), а також формування глобальної системи пам'яті і своєрідного всепланетного «мозкового центру» на основі «хмарних» технологій;
- по-третє, формування єдиної комунікаційної основи на базі Інтернету і мережевих систем.

Цифри і факти

- У 2007 році кількість цифрової інформації вже досягла 94%, а в 2014 році стала переважною (99%).
- Кількість людством інформації, що зберігається людством, зросла з 2,6 ексабайтів (1 ексабайт = 10^{18} біт) у 1986 році до 5 000 ексабайт (5 зеттабайтів) в 2014 році.
- У 1990 році послугами Інтернету користувалося лише 0,05% жителів Землі. А вже в 2016 році це число досягло половини населення планети.

Два розрізи передумов

Передумови мають два розрізи: *технічний та економічний*.

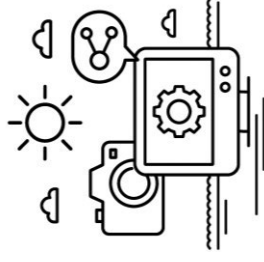
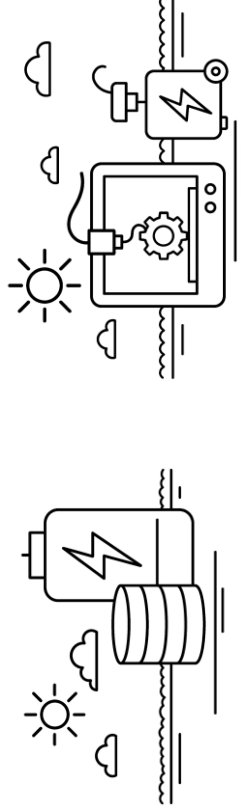
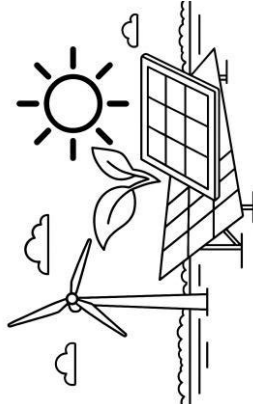


Динаміки зниження вартості

Технічний засіб/процес	Кратність змін, раз
Процесор в комп'ютері	10000
Сенсор і RFID мітка	1000
Виробництво однієї умовної операції на автоматичному пристрої	1000
Відеоспостереження	500
Виробництво 1 кВт·год електроенергії на сонячній батареї	150

Головні прориви

- Отримання відновлюваної енергії
- Акумулявання енергії

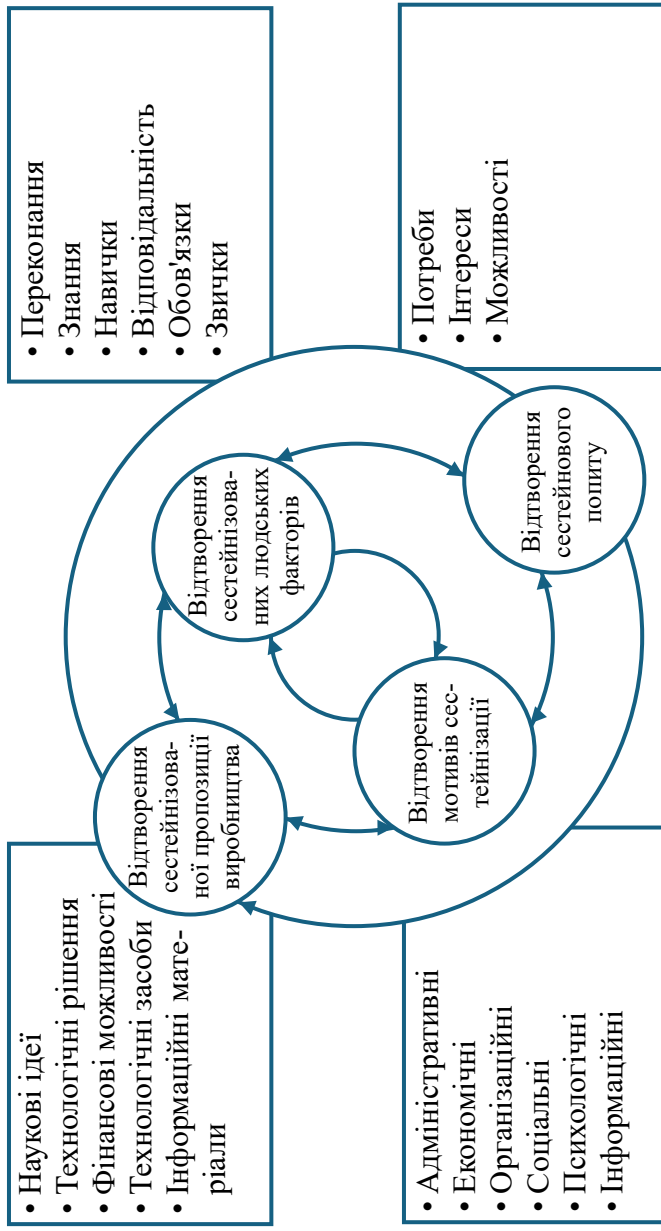


- Виробництво та експлуатація 3D-принтерів
- Фіксація, обробка і передача інформації



4. ЕКОНОМІЧНИЙ ВИМІР

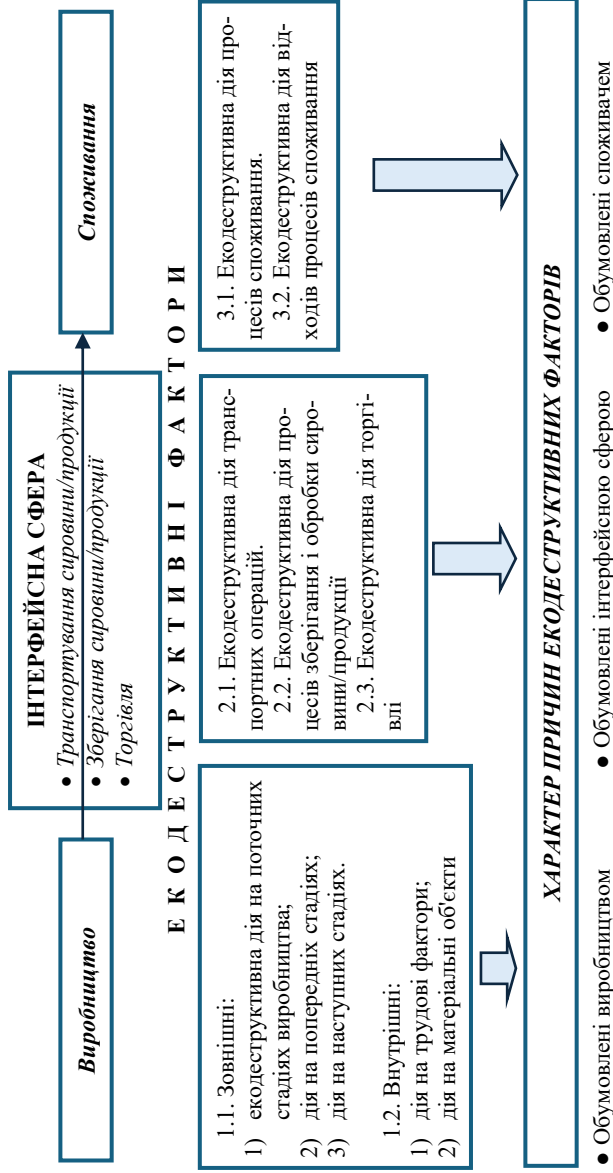
Відтворювальний механізм сестейнізації економіки



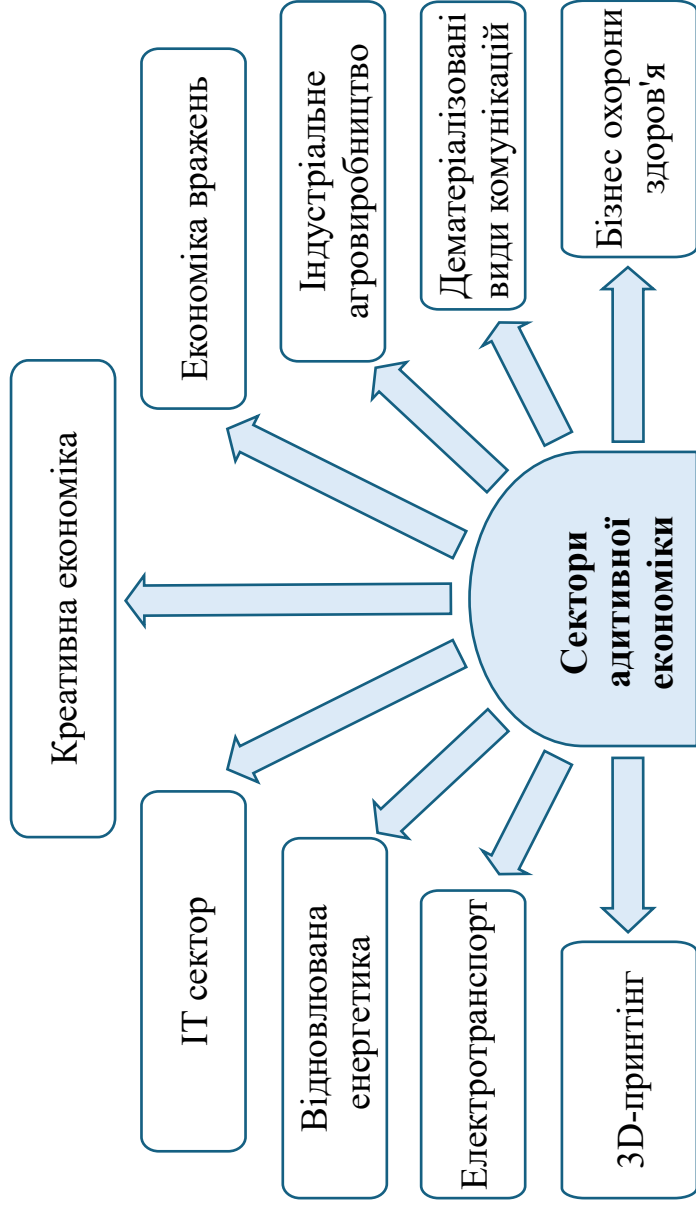
Концептуальні напрями завдань сестейнізації

• ресурсна економіка	↑	• екологічне управління матеріальними потоками
• відходне матеріалоспоживання	↑	• продуктивне матеріалоспоживання
• відходне енергоспоживання	↑	• енергозбереження
• орієнтація на продукти	↑	• орієнтація на функції
• природозбереження: реакція на наслідки	↑	• природозбереження: усунення причин
• надпорогове природокористування	↑	• рівноважне природокористування
• управління природними процесами	↑	• органічна відповідність природним процесам
• відкидний (відходний) менталітет	↑	• бережливий менталітет

Стратегії впливу на суб'єкти сестейнізації



Сектори адитивної економіки





5. Організаційний вимір

Напрями організаційних змін

- Мережевізація економіки (перехід до горизонтальних структур).
- Шерінговізація економіки (перехід до спільного використання).
- Зміна номенклатури товарів.
- Зміна технологічних процесів.
- Зміна виробничих професій.
- Зміна транспортних операцій.

Напрями організаційних змін

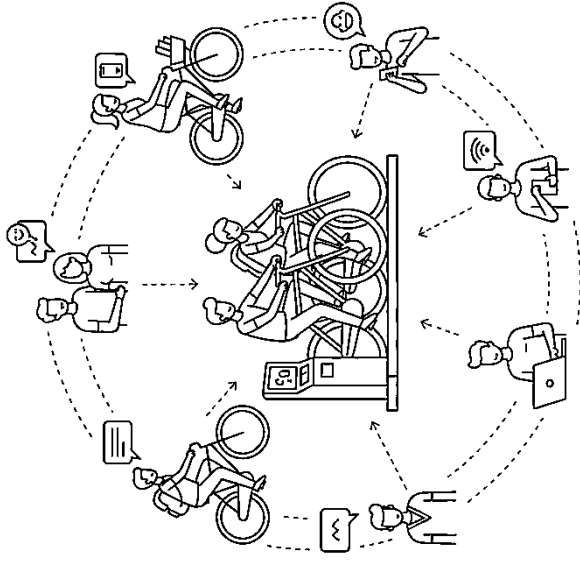
- Зміна співвідношення людських і машинних операцій.
- Віртуалізація виробництва.
- Трансформація ресурсвикористання (формування циркулярної економіки).
- Зміна інтерфейсної сфери.
- Реструктуризація виробничого циклу.
- Зміна економічних відносин (формування солідарної економіки).

Мережевізація економіки

- Під *мережевізацією економіки* слід розуміти організаційну трансформацію побудови економічних циклів, внаслідок якої концентровані на території великі виробничі об'єкти (підприємства, комбінати, об'єднання) заміщуються горизонтальними розподіленими мережами, що об'єднують діяльність невеликих виробничих одиниць.

Шерінговізація економіки

- **Спільне використання** (sharing or collaborative consumption) – економічна модель, що передбачає колективне використання товарів, основане на оренді предметів користування або купівлі послуг з їх використання замість придбання відповідних товарів.



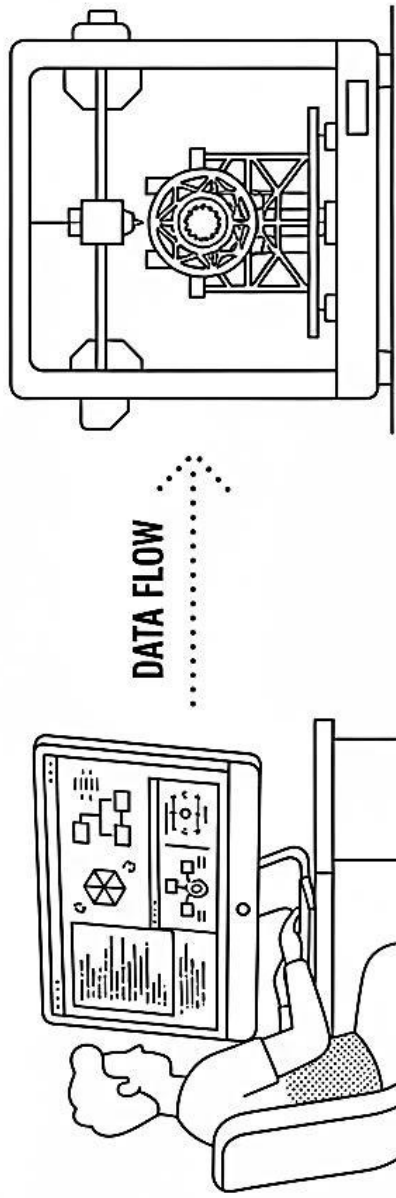
Зміна номенклатури товарів

Домінантними стають інформаційні товари та послуги. Зокрема, до таких видів товарів можна віднести послуги:

- освіти;
- медицини;
- мистецтва;
- культури;
- шоу-бізнесу;
- туризму;
- спорту;
- рекреації;
- архітектури;
- адвокатури;
- політики і багато іншого

Зміна технологічних процесів

- Відбувається *інформатизація* і адитивізація засобів виробництва.



Зміна транспортних операцій

Трансформація транспортних операцій обумовлюється:

- дематеріалізацією продукції, що виробляється;
- можливостями заміщення товарів, що транспортуються, їх цифровими двійниками у поєднанні з 3D-друком за місцем використання;
- можливостями online комунікацій людей, що значно обмежує необхідність їх безпосередніх контактів;

Зміна транспортних операцій

- застосуванням технологій GPS, що підвищує ефективність транспортних операцій;
- застосуванням шерінгових відносин, що значно скорочує потребу в кількісному застосуванні транспортних одиниць;
- застосуванням безпілотних видів транспорту, що забезпечує перерозподіл перевезення вантажів;
- зміною швидкості пересування окремих видів транспорту.

Зміна інтерфейсної сфери

Відбувається інформатизація інтерфейсної сфери, зокрема:

- транспортування;
- зберігання продукції;
- торгівлі.

Реструктуризація виробничого циклу

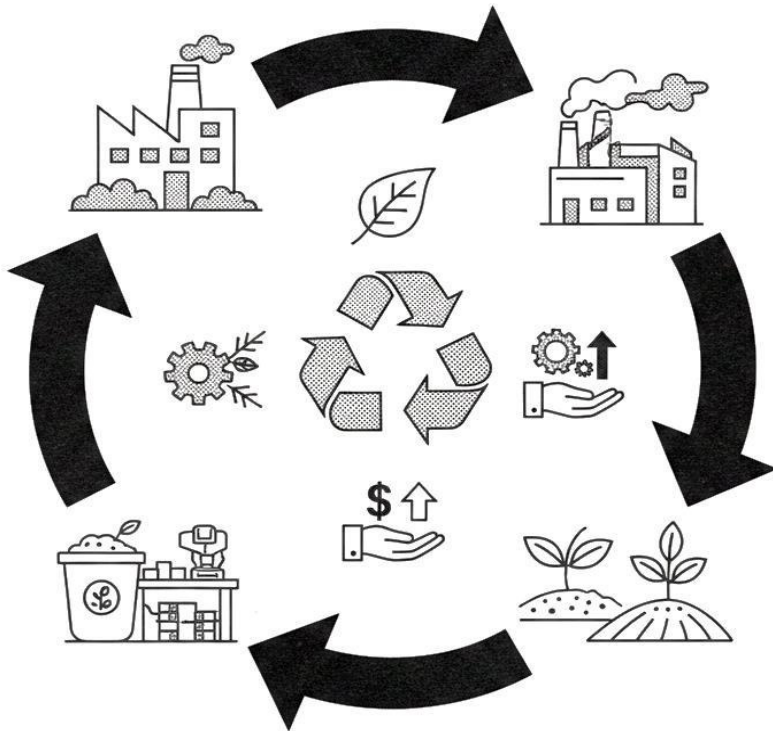
- Принциповою особливістю сучасного етапу розвитку виробничої сфери є перенесення центру ваги (а відповідно й витрат) у виробничому процесі з циклу тиражування виробів (тобто, власне, виробничого процесу) на цикл їх проєктування.

Питання для самостійного опрацювання

1. У чому полягає зв'язок між розвитком людської цивілізації та загальними законами розвитку Всесвіту?
2. Чому лише системи здатні до розвитку, і як це розуміння застосовується до соціально-економічних систем?
3. Яке значення для сталого розвитку має відкритість систем у взаємодії із зовнішнім середовищем?
4. Як поняття стаціонарності пов'язане з гомеостазом і стабільністю соціально-економічних систем?
5. Яким чином матеріально-енергетичне, інформаційне та синергетичне начала формують основу сталого розвитку?
6. Як можна інтерпретувати метаболізм систем у контексті циркулярної економіки?
7. У чому полягає роль інформації як фактора розвитку сучасної економіки сталого типу?
8. Як синергетичні взаємозв'язки в мережевих структурах сприяють економічній та екологічній стійкості?
9. Яким чином процес «сестейнізації» економіки відображає перехід від лінійної до системної моделі розвитку?
10. Як трансформація матеріальної, інформаційної та синергетичної основ економіки пов'язана з досягненням Цілей сталого розвитку ООН до 2030 року?

Тема 4

Циркулярна економіка



Основи теорії

Циркулярна економіка, або економіка замкненого циклу (англ. circular economy, closed-loop economy) – модель використання матеріальних ресурсів, що передбачає відновлення природних ресурсів, їх повторне використання та раціональне споживання (зокрема, за рахунок подовження термінів служби продуктів). Важливою особливістю циркулярної економіки є створення на нових циклах використання ресурсів їх додаткової цінності, а відповідно, й додаткової вартості за рахунок появи у товарів (виробів та послуг), при виготовленні яких використовуються дані матеріальні ресурси, нових функцій.

Формування циркулярної економіки вирішує ряд важливих завдань. Циркулярна бізнес-модель передбачає мінімізацію використання первинних природних ресурсів. Матеріали, енергії та сировина для різних видів виробництв мають максимально надходити з відновлюваних джерел або з відходів інших виробництв, а не отримуватися з первинних природних ресурсів одноразового використання. Особливо жорсткі обмеження мають стосуватися використання природних ресурсів з охоронних природних територій.

В процесі вторинного використання матеріальних ресурсів має відбуватися збільшення їх цінності і доданої вартості за рахунок виробництва нових товарів (виробів та послуг). Повторне використання ресурсів не тільки зменшує кількість відходів, але й підвищує ефективність загального використання ресурсів.

В циркулярній економіці підприємства починають створювати цінності не лише для своїх клієнтів або потенційних споживачів їх продукції, але й для інших економічних суб'єктів. Справа в тому, що відходи, які утворюються в

ході діяльності зазначених підприємств, набувають цінності для тих компаній, які використовують її як вхідні ресурси для свого власного виробництва.

Розвиток циркулярної економіки створює передумови для поглиблення співпраці між суміжними підприємствами й сприяє утворенню інтеграційних систем використання ресурсної основи. Відходи одних підприємств стають сировиною для інших. В таких умовах відходи набувають властивості цінних продуктів на рівні з основною продукцією підприємств, на яких вони утворюються. Мимоволі виникає відповідальність підприємств за відповідний стан відходів, які вони продукують. Інакше кажучи, виникає ситуація, яка змушує такі підприємства кондиціювати відходи, тобто доводити їх до певних нормативних кондицій, зокрема, стандартів, що дозволяють їх повторне використання в інших виробництвах. Подібна практика обов'язкового кондиювання підприємствами певних видів власних відходів діє в Японії вже з середини 1980-х років.

В спрощеному вигляді загальна схема функціонування циркулярної економіки показана на рис. 4.1.

Таким чином, циркулярна бізнес-модель спрямована на мінімізацію відходів, ефективне використання ресурсів та створення нових можливостей для економічної взаємодії між компаніями.

Провідний принцип формування циркулярної економіки еволюціонував за останні двадцять років зі схеми 3R (reduce, reuse, recycle) до схеми 10R (5 circular, 2022; Cramer, 2017). Схема реалізації принципу 10R показана на рисунку 4.2.

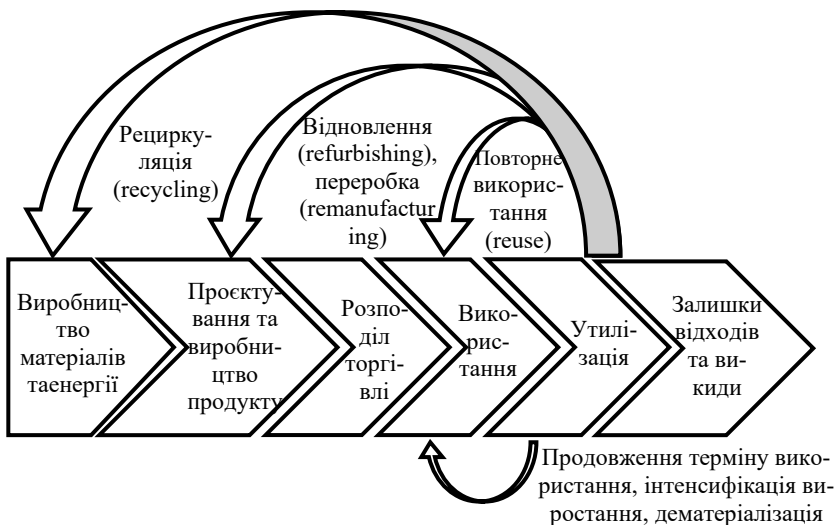


Рисунок 4.1 – Загальна схема використання ресурсів в циркулярній економіці відносно традиційної (лінійної) економіки (Geissdoerfer et al., 2020)

В перспективі циркулярна економіка має перетворитися на складну економічну систему, в якій свої власні функції виконуватимуть усі учасники економічних процесів: виробники (business), споживачі (consumers) та урядові організації (governments). Відповідно, тією чи іншою мірою можуть бути задіяні відомі бізнес-моделі: B2C (бізнес для споживачів), B2B (бізнес для бізнесу), C2C (бізнес між споживачами), G2C (бізнес між урядовими організаціями (у.о.) та споживачами), C2G (бізнес між споживачами та у.о.) G2G (бізнес між у.о.), B2G (бізнес для у.о.), G2B (у.о. для бізнесу). При всьому різноманітті видів діяльності, пов'язаних з використанням ресурсів, на сьогодні визначалися ключові економічні процеси, вплив яких особливо важливий на розвиток циркулярної економіки.

Порядок пріоритетності

Високий



Низький

Рисунок 4.2 – Рівні циркулювання ресурсів за моделлю 10R (Cramer, 2017)

Презентаційні матеріали

План лекції

1. Поняття про циркулярну економіку (ЦЕ)
2. Схема використання ресурсів в ЦЕ
3. Рівні циркулювання ресурсів в ЦЕ
4. Шерінгова модель спільного користування продукцією
5. Продукт – як послуга
6. Продовження терміну служби виробів
7. Відновлення цінності відходів
8. Дизайн як основа ЦЕ
9. Переваги та виклики ЦЕ



1. Поняття про циркулярну економіку

Визначення циркулярної економіки (ЦЕ)

*Циркулярна економіка, або економіка замкнутого циклу (англ. *circular economy, closed-loop economy*)*

- модель використання матеріальних ресурсів, що передбачає відновлення природних ресурсів, їх повторне використання та раціональне споживання (зокрема, за рахунок подовження термінів служби продуктів).

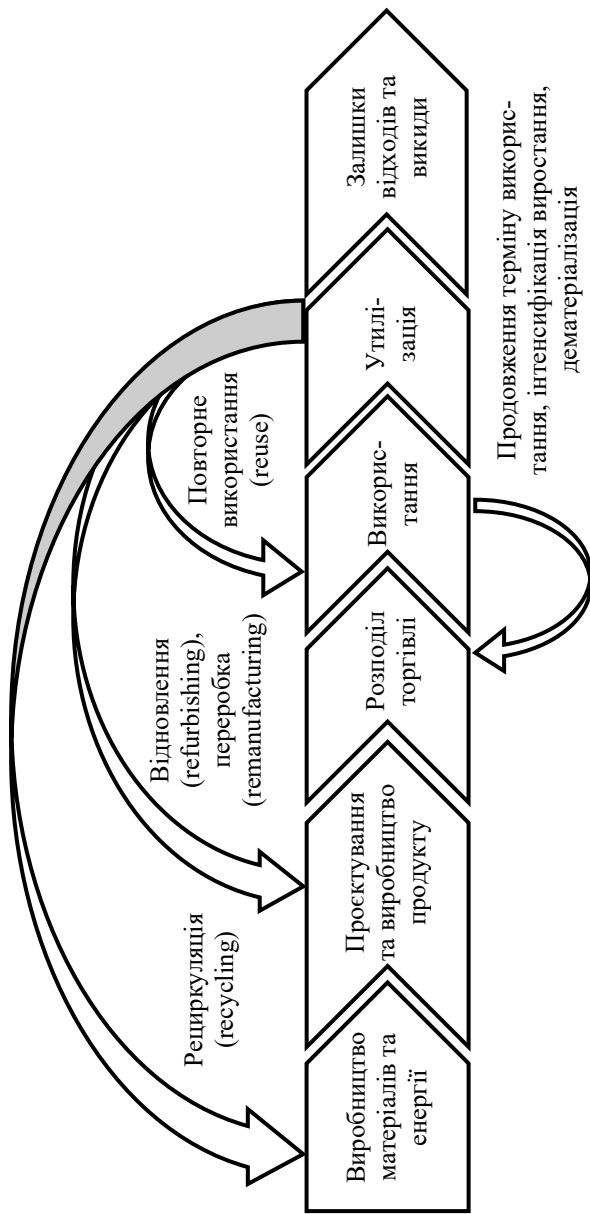
Особливості ЦЕ

- 1) Створення на додаткових циклах використання ресурсів *нової цінності і нової вартості*.
- 2) В ЦЕ підприємства створюють цінності не лише для своїх споживачів, але й для інших підприємств.
- 3) Відходи одних підприємств стають ресурсами для інших.
- 4) Виникає відповідальність підприємств за стан своїх вхідних, що змушує кондиціонувати їх, зокрема, доводити до певних стандартів.

2. Схема використання ресурсів в ЦЕ

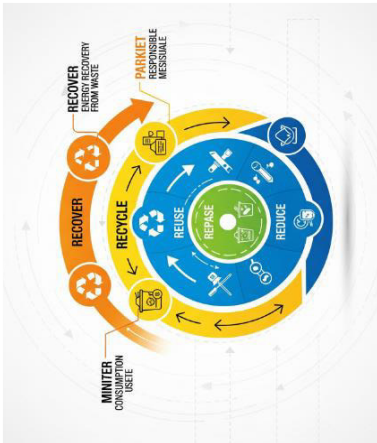


Схема використання ресурсів в ЦЕ відносно традиційної (лінійної) економіки



Бізнес-моделі, задіяні в ЦЕ

- B2C (бізнес для споживачів),
- B2B (бізнес для бізнесу),
- C2C (бізнес між споживачами),
- G2C (бізнес між урядовими організаціями (у.о.) та споживачами),
- C2G (бізнес між споживачами та у.о.)
- G2G (бізнес між у.о.),
- B2G (бізнес для у.о.),
- G2B (у.о. для бізнесу).



3. Рівні циркулювання ресурсів в ЦЕ

Модель 10R

Застосовується модель 10R:

- *refuse* (відмова);
- *reduce* (зменшення);
- *renew* / *redesign* (модернізація / перепроєктування);
- *reuse* (повторне використання);
- *repair* (ремонт);
- *refurbish* (відновлення/ модернізація);
- *remanufacture* (переробка);
- *recycle* (рециркуляція);
- *recover* (реконвертація).

Рівні рециркуляції ресурсів

Порядок пріоритетності

Високий



↑	Скорочення (в перспективі до повної відмови) використання невідновлювальних (одноразового використання) ресурсів;
↑	мінімізація використання матеріальних і енергетичних ресурсів (зменшення матеріаломісткості та енергоємності виробів та послуг);
↑	створення інноваційних моделей виробів, які б передбачали використання при виготовленні безпечних матеріалів та технологій, а також можливість розбирання на окремі частини виробів для повторного використання вхідних ресурсів після завершення терміну служби товарів;
↑	продовження циклу використання на основі нових функцій;
↑	продовження терміну служби виробів в разі доцільності їх подальшого використання з огляду на моральний знос;
↑	відновлення функціональної здатності старих предметів, зокрема, за рахунок модернізації активної частини засобів виробництва;
↑	повторне використання частин старого продукту в нових (таких самих або схожих) продуктах;
↑	зміна напрямів використання продукту для виконання ним нових функцій;
↑	перетворення відходів на нові продукти або первинні ресурси для нових виробничих процесів;
↑	вилучення додаткової цінності з відходів, зокрема, прикладами можуть бути: використання органіки під час компостування відходів агропромислтва, вилучення енергії за рахунок спалення відходів, ін.

Низький

Рівні рециркуляції ресурсів

Refuse
(відмова)




Скорочення (в перспективі до повної відмови) використання невідновлювальних (одноразового використання) ресурсів;

Reduce
(зменшення)



мінімізація використання матеріальних і енергетичних ресурсів (зменшення матеріаломісткості та енергоємності виробів та послуг);

Renew/redesign
(модернізація /
перепроєктування)



створення інноваційних моделей виробів, які б передбачали використання при виготовленні безпечних матеріалів та технологій, а також можливість розбирання на окремі частини виробів для повторного використання вхідних ресурсів після завершення терміну служби товарів;

Рівні рециркуляції ресурсів

Reuse
(повторне
використання)



продовження циклу використання на основі нових функцій;

Repair
(ремонт)



продовження терміну службі виробів в разі доцільності їх подальшого використання з огляду на моральний знос;

Remanufacture
(переробка)



відновлення функціональної здатності старих предметів, зокрема, за рахунок модернізації активної частини засобів виробництва;

Refurbish
(відновлення/
модернізація)



повторне використання частин старого продукта в нових (таких самих або схожих) продуктах;

Рівні рециркуляції ресурсів

Repurpose
(перепрофілювання/
переорієнтація)



зміна напрямів використання продукту для виконання ним нових функцій;

Recycle
(рециркуляція)



перетворення відходів на нові продукти або первинні ресурси для нових виробничих процесів;

Recover
(реконвертація)



вилучення додаткової цінності з відходів, зокрема, прикладами можуть бути: використання органіки під час компостування відходів агропромисловості, вилучення енергії за рахунок спалення відходів, ін.

Досвід компанії Fairphone («чесний телефон»)

Компанія сестейнізує 4 ключові життєвого циклу телефону:

- видобуток матеріалів;
- проектування;
- виробництво;
- утилізація.

Компанія збільшує довговічність і ремонтпригодність виробу, забезпечує запасні частини, які легко поміняти.



4. Шерінгова модель спільного користування продукцією

Шерінгова модель користування

- Економічна модель спільного користування (СК) (collaborative consumption, sharing) побудована на колективному використанні товарів та послуг, можливості доступу до використання продукту навіть суб'єктам, які не є їх власниками.
- Можуть використовуватися бартер та оренда замість володіння.

Приклади предметів СК

- транспортні засоби (авто, скутери, велосипеди, ін.),
- одяг,
- житло,
- офісні приміщення,
- аксесуари для сім'ї,
- гроші (система взаємного кредитування),
- банки часу (в яких люди обмінюються своїм власним часом заради допомоги іншим),
- подорожі,
- складські та гаражні приміщення,
- культурні цінності,
- квіти та ін.

Роль сучасних цифрових платформ в реалізації СК

- Сучасні форми Інтернет-комунікацій надають платформи для реалізації СК надзвичайно широким спектром товарів від різних форм каршерінга (зокрема, спільних планових чи ситуаційних поїздок) та використання житлових приміщень (зокрема, booking) до широкого асортименту різних предметів.
- Зокрема, через Інтернет-платформи можна знайти такі рідкісні або колекційні речі, які практично неможливо придбати в звичайних магазинах.
- Інтернет працює 24 години на добу і 7 днів на тиждень. Тож цілодобово можна скористатися послугами «бла-бла-кару» чи «букінгу».



5. Продукт – як послуга

Визначення

- *Продукт як послуга (product as a service – PaaS)* – це бізнес-модель, яка передбачає збереження одного права власності протягом усього життєвого циклу виробу (ланцюга створення власності).
- PaaS дає можливість скористатися функціями товару, не отримуючи його у власність.

Цифрові технології для реалізації Paas

- Розвиток цифрових технологій (сенсорний інструментарій, Інтернет речей, хмарні засоби) дають можливість виробнику дистанційно відслідковувати динаміку стану *продукту* та процесів, які з ним відбуваються.

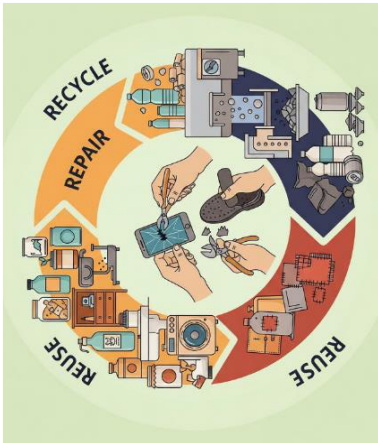


Спектр товарів, які можуть реалізовуватися за принципом Раас

- товари для дітей (дитячі візочки, сидіння в авто, меблі, одяг, іграшки, інструменти для конструювання й виготовлення виробів ін.);
- різні види велосипедів (звичайних, дитячих, спортивних, гірських);
- міні-транспортні засоби (скутери, скейти, сегвеї, ін.);
- меблі та квартирна техніка й прилади;
- медичне обладнання;
- авто, включаючи вантажівки;

Спектр товарів, які можуть реалізовуватися за принципом РааS

- електроніка й засоби обробки інформації (РС, мобільні телефони, копіювальна техніка тощо);
- товари для кухні;
- одяг;
- постачання харчових продуктів;
- різні види машинобудівних виробів (сільгосптехніка, інструменти, прилади та ін.);
- житло та господарські приміщення;
- культурні реквізити та мистецьке знаряддя;
- спортивні товари.



6. Продовження терміну служби виробів

Продовження терміну служби виробів

Види діяльності для підвищення цінності товарів:

- *створення якісних і довговічних товарів*; цільовою групою такового підходу є клієнти, що готові платити більше за покупку якісніших товарів або таких, хто бажає отримувати доступ до більш довговічних товарів через альтернативні моделі реалізації функцій продукту за принципом «продукт як послуга»;
- *реновація (refurbish)* та повернення властивостей предметів у їх вихідний стан (щоб вони стали «наче нові»); такий підхід спрямований на клієнтів, чутливих до ціни, і які не проти за меншу ціну купити продукти, якими вже користувалися, проте які не витратили свої початкові кондиції (в тому числі, і стосовно гарантій та сервісного обслуговування);

Продовження терміну служби виробів

- *повертання/заміна/вигук* для ремаркетингу: збирання товарів, придатних для обміну або перепродажу; модель спрямована на клієнтів, які шукають прийнятні до використання товари за великими цінами;
- *поновлення*: додавання нових функцій або модернізація виконання деяких з них замість повної заміни основного продукту; модель спрямована на клієнтів, яких більше цікавить зміст і функції продукту, а не його репутаційні характеристики;
- *заміна певних вузлів/segmentів деталей*, функціональна спроможність яких вичерпується швидше, ніж увесь продукт у цілому; спрямовано на клієнтів які мають зацікавленість у функціональній активності (досконалій роботі) саме певних частин продукту;

Продовження терміну служби виробів

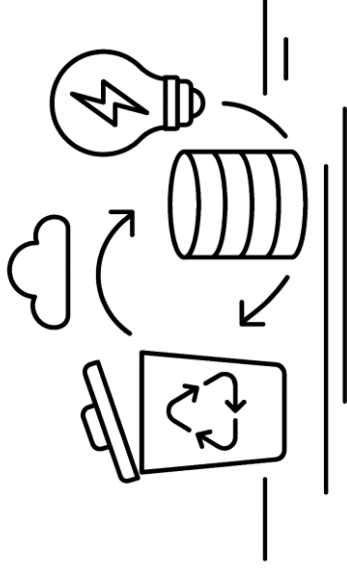
- *ремонт виробу* або його окремих частин; спрямований на клієнтів, які не зацікавлені з якихось причин (звикли, рідко користуються, не дуже чутливі до зменшення якості роботи продукту) в заміні товару;
- *створення модульних конструкцій* продукту, що дозволяє легкий демонтаж певних частин продукту з подальшою їх заміною, модернізацію, налагодженням чи ремонтом (залежно від обставин); спрямовано на широке коло клієнтів, яких влаштовує подібний вид оперативного обслуговування.

7. Відновлення цінності ВІДХОДІВ



Відновлення цінності відходів

- Цінність відходів збільшується шляхом їх переробки, використання при виготовленні інших видів продукції і вилучення корисних матеріальних компонентів чи енергії.



Цифри і факти

- Зокрема, в країнах ЄС обсяг переробки (recovery) відходів з 2004 року суттєво виріс. Якщо в 2004 році перероблялося лише 46% відходів, то в 2020 ця частина збільшилася до 60%.
- Відповідно, обсяг відходів які підлягають захороненню (disposal) зменшилася з 1027 млн т. у 2004 р. до 808 млн т. в 2020 р.
- Тим самим неутілізована частка відходів в загальному обсязі переробки відходів скоротилася з 54 % до 45%. Це при тому, що загальний обсяг використання матеріальних ресурсів за зазначений період суттєво збільшився.
- В окремих країнах (Бельгія, Данія, Словенія, Італія, Німеччина, Люксембург) ця частка неутілізованої маси відходів скоротилася ще більше – до 10–20%. Відповідно, в цих країнах частка рециркуляції або корисного використання відходів (наприклад, при будівництві доріг) вже перевищує 70%.

Цифри і факти

- В Європі щороку утилізується понад 6 млн авто. Але попри те, що автовиробники є одними з найбільших споживачів *пластмас, міді, сталі та алюмінію*, вони використовують лише малу частину вторинних (перробних) матеріалів у виробничих процесах.
- Нова директива ЄС (2025 р.) передбачає збільшення вмісту *переробленого пластику* у нових авто:
 - через 6 років – до 15%
 - через 8 років – до 20%
 - через 10 років – до 25%

Дизайн як основа ЦЕ

- Саме в дизайні – на стадії проектування виробів – закладаються ключові характеристики (до 80%), які забезпечують можливість циркулярного (крупного) використання вихідних матеріальних ресурсів, що застосовуються на їх виробництво.

Ключові вектори сестейнізації дизайну

- сестейновість процесів використання;
- сестейновість процесів виготовлення;
- сестейновість вхідних матеріалів;
- сестейновість процесів продажу, транспортування та зберігання, ресурсів та продукції;
- достатньо тривалий термін служби;
- відносна простота конструкції та можливість розбирання на окремі складові;

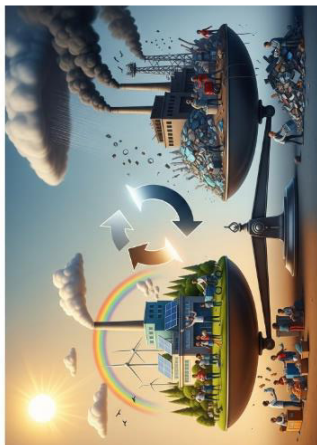
Ключові вектори сестейнізації дизайну

- використання деталей і матеріалів, які легко переробляються, відповідають національним та міжнародним стандартам та доступні на ринках;
- використання побічних продуктів інших виробництв;
- використання відновлюваних матеріалів;
- уникнення вживання токсичних і рідкісних речовин;
- дотримання стандартів на всіх стадіях життєвого циклу виробів.

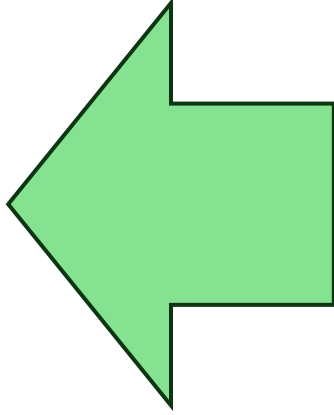
Міжнародні стандарти в сфері ЦЕ

- ISO 59004:2024 – Циркулярна економіка (ЦЕ): Термінологія, принципи та вказівки щодо впровадження;
- ISO 59020:2024 – ЦЕ: Керівництво щодо переходу на відповідні бізнес-моделі мереж і цінностей; вимірювання та оцінка циклічної ефективності;
- ISO/DIS 59040:2023 – ЦЕ: Специфікація кругообігу продукту.
- ISO 59010 – ЦЕ: визначення цілей та стратегії, можливіх бізнес-моделей та схем створення вартості;
- ISO 59014 – ЦЕ: сестейновість та відстежуваність відновлення вторинних матеріалів.

9. Переваги та виклики ЦЕ

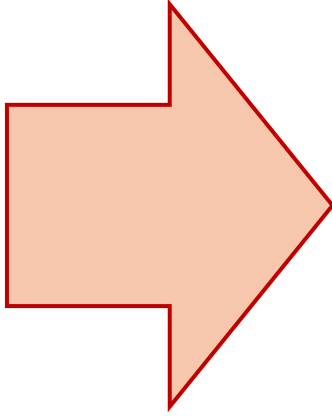


Переваги та виклики ЦЕ. Економічний аспект



Переваги

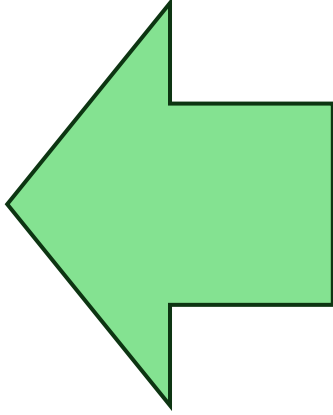
- Зменшення витрат на сировину через повторне використання матеріалів.
- Нові бізнес-можливості та конкурентні переваги.
- Підвищення стійкості до коливань цін на ресурси.



Виклики

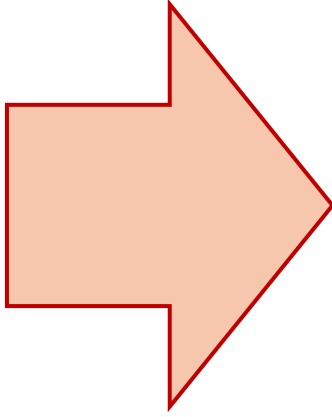
- Високі початкові інвестиції у переробку та інфраструктуру.
- Довгий період окупності інноваційних технологій.
- Необхідність адаптації до нових ринкових умов.

Переваги та виклики ЦЕ. Екологічний аспект



Переваги

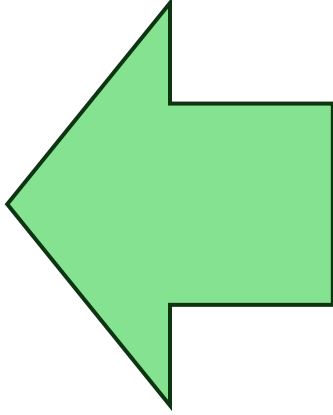
- Зниження рівня забруднення та мінімізація відходів.
- Збереження природних ресурсів та зменшення вуглецевого сліду.
- Стимулювання екологічної свідомості серед споживачів.



Виклики

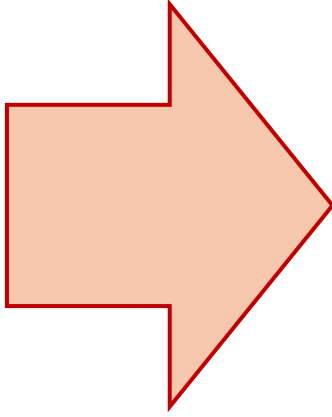
- Високі витрати на екологічну сертифікацію та стандартизацію.
- Обмежений доступ до екологічно чистих матеріалів.
- Складність управління логістикою зворотного потоку товарів.

Переваги та виклики ЦЕ. Технологічний аспект



Переваги

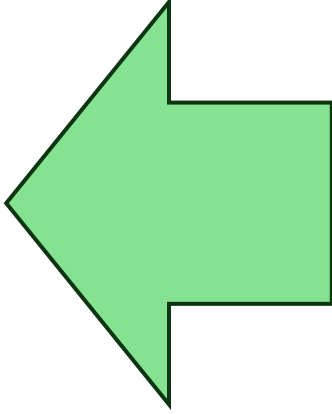
- Розвиток інновацій та нових технологій переробки.
- Можливість впровадження цифрових рішень для оптимізації процесів.
- Підвищення ефективності використання ресурсів.



Виклики

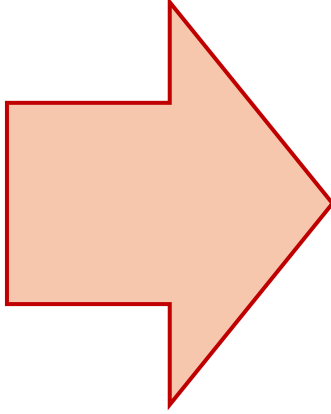
- Необхідність модернізації виробничих процесів.
- Відсутність достатньої кількості технічних спеціалістів.
- Ризики, пов'язані з тестуванням нових технологій.

Переваги та виклики ЦЕ. Соціальний аспект



Переваги

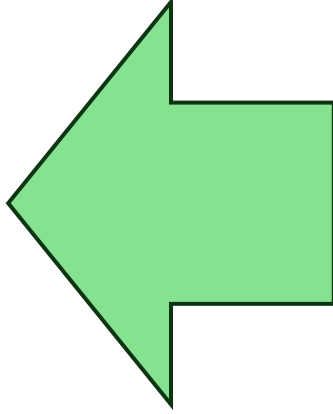
- Створення нових робочих місць у сфері переробки та утилізації.
- Підвищення рівня відповідальності бізнесу перед суспільством.



Виклики

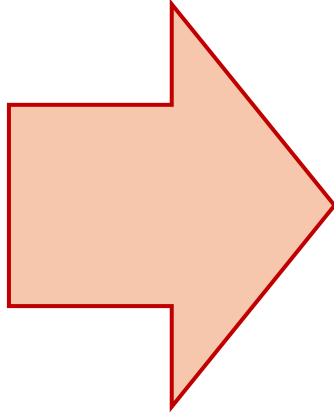
- Зміна звичок споживачів та необхідність формування попиту.
- Складність у переконанні бізнес-партнерів перейти на циркулярні моделі.

Переваги та виклики ЦЕ. Регуляторний аспект



Переваги

- Відповідність міжнародним екологічним стандартам.
- Можливість отримання державних субсидій та пільг.
- Підвищення прозорості бізнес-процесів.



Виклики

- Складність у виконанні регуляторних вимог та стандартів.
- Відсутність єдиних законодавчих норм у різних країнах.
- Додатковий адміністративний тиск та звітність.

Питання для самостійного опрацювання

1. У чому полягає сутність моделі циркулярної економіки і чим вона відрізняється від традиційної лінійної моделі «взяти – зробити – використати – викинути»?

2. Як реалізація принципів циркулярної економіки пов'язана з Цілями сталого розвитку ООН до 2030 року?

3. Яким чином циркулярна бізнес-модель сприяє підвищенню ресурсоефективності та зниженню споживання первинних природних ресурсів?

4. Наведіть приклади створення нових функцій або видів продукції на базі вторинних матеріалів.

5. Яку роль відіграють підприємства, споживачі та урядові організації у становленні циркулярної економіки як багаторівневої системи (B2B, B2C, G2B, G2C тощо)?

6. Які механізми співпраці між підприємствами можуть сприяти перетворенню відходів одних виробництв на сировину для інших? Наведіть приклади із практики країн, що запроваджують принципи замкненого циклу.

7. Як технологічні інновації (адитивне виробництво, цифровізація, інтернет речей) можуть прискорити перехід до циркулярної економіки?

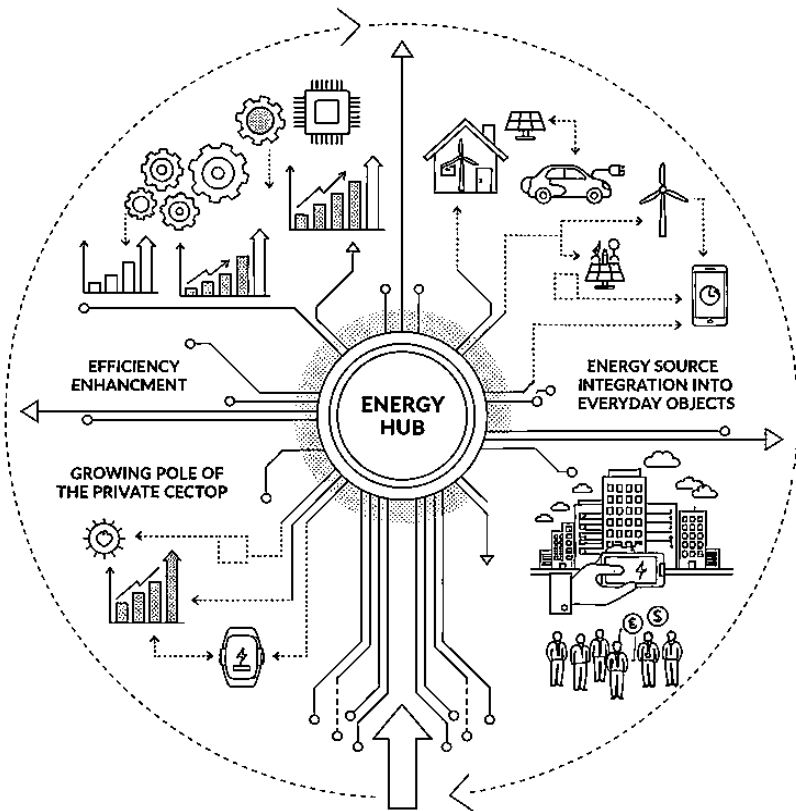
8. Яким чином обов'язкове кондиціонування відходів сприяє екологічній безпеці та розвитку вторинних ринків ресурсів?

9. Які бар'єри та ризики гальмують впровадження циркулярної економіки в Україні (економічні, правові, технологічні, культурні)? Як їх можна подолати з урахуванням досвіду ЄС?

10. Яким ви бачите майбутнє циркулярної економіки в контексті сталого розвитку України?

Тема 5

Сестейнізація енергетики



Основи теорії

Енергетичний сектор, в якому генерується 2/3 процесів шкідливого впливу на довкілля, є ключовою сферою вирішення проблем сестейнізації в цілому економіки (тобто наближення до того, що англійською мовою передається сполученням *sustainable development*). Сестейнізація енергетичного комплексу можлива лише за умови здійснення адекватних трансформацій соціально-економічної системи. Зазначені трансформації взаємообумовлюють одна одну й здатні значно підсилювати синергетичний потенціал перебудови енергетичного комплексу, досягаючи загального сестейнового ефекту.

Перехід на відновлювані енергетичні системи вимагає постійного інноваційного супроводження. Сьогодні в науковому секторі мають активно розроблятися технологічні рішення вже близького майбутнього. В повній мірі сестейновий потенціал зазначеного енергетичного переходу може бути реалізований лише за умови відповідного інституційного забезпечення й активного міжнародного співробітництва.

В будь-якому суспільстві процеси отримання та споживання енергії залишаються базовим підґрунтям, яке забезпечує функціонування та розвиток суспільних систем. Проте, енергетичний сектор привертає нашу увагу ще з однієї причини. В енергетичному секторі, за різними оцінками, утворюється більше половини емісії парникових газів. Тож, процеси виробництва й споживання енергії є тією сферою, куди мають бути в першу чергу спрямовані зусилля людства для екологізації (*greening*) економіки та вирішення проблем глобальної екологічної кризи.

Наразі в питаннях сестейнізації (greening) енергетики головна увага зосереджена на впровадженні альтернативних (відновлюваних) джерел енергії. Втім, сестейнізація енергетичного комплексу – набагато складніше соціально-економічне явище. Застосування альтернативних джерел (зокрема, СЕС, ВЕС та ін.) у сукупності зі системами зберігання енергії становить, умовно кажучи, лише «надводну частину айсбергу» «зеленої» енергетики. Серед менш очевидних складових слід зазначити, перш за все, перехід на горизонтальні мережеві системи виробництва й споживання енергії, а також дематеріалізацію й сестейнізацію економічних систем та ін.

Зберігання енергії дозволяє усунути суперечності в часі між тим, коли можна отримати енергію, і тим, коли виникає потреба в її використанні. Потреба в акумулюванні енергії буде зростати по мірі розвитку відновлюваних джерел енергії. Зокрема, сонце та вітер бувають не завжди. І поки вони є, потрібно користатися ситуацією – виробляти енергію, хоча саме в цей час потреби в ній і не буде... Однак це доцільно робити лише в тому разі, якщо в розпорядженні людини є надійні акумулятори, що дозволяють ефективно накопичувати й запасати енергію в необмеженій кількості.

Сьогодні можна виділити п'ять основних напрямків, які так чи інакше обіцяють стати перспективними для їхнього комерційного розвитку:

- *гідроакумулювання* (пов'язано з природним і штучним підйомом рівня води в періоди надлишку виробництва енергії та утилізацією накопиченої потенційної енергії в пікові періоди);

- *електроакумулювання*; енергетична ефективність сучасних акумуляційних батарей сягає 80-90%, вони витримують від 2000 до 10000 зарядних циклів; пробіги сучасних

звичайних електромобілів на одній зарядці сягають 600-700 км, а пілотних примірників 1000 км; час нової зарядки досягає 40 хвилин (Carata et al., 2022; Simpson, 2022).

– *теплове акумулювання*; на цьому принципі працюють теплові сонячні генератори; зокрема, вдень від сонячних променів активні елементи (наприклад, соляні стрижні) розігріваються до 500°C; завдяки цьому теплу генератор виробляє електроенергію і в нічний час;

– *хімічне акумулювання*; пов'язане з цілеспрямованою зміною властивостей речовин завдяки надлишку енергії або накопиченням органічних речовин із подальшим отриманням біогазу або електрики; зокрема, хімічний акумулятор на основі норборнадієна (norbornadiene) здатний зберігати більшу частину теплової енергії від сонячного світла у своїх хімічних зв'язках від кількох місяців до кількох років (Petersen et al., 2019);

– *водневі технології*; є різновидом хімічних акумуляторів і дають змогу конвертувати надлишки «зеленої» енергії у виробництво водню, зокрема, за рахунок електролізу води.

Перехід до відновлюваних джерел енергії обумовлює одночасно й перехід до нових принципів організації виробництва. Такі принципи реалізуються через горизонтальні розподілені мережі формування енергетичних систем. Фактично мова йде про перехід від невеликої кількості великих виробників енергії до величезної кількості деконцентрованих у просторі малих енергогенераторних одиниць. У масштабах ЄС можна говорити про цифру в сотні мільйонів. Саме такою величиною вимірюється кількість будівель, кожну з яких передбачається перетворити на джерело альтернативної енергії (сонячної, вітрової, біогазової, отриманої за допомогою теплових насосів).

Виникає необхідність вирішення безпрецедентно складного комплексу технічних, організаційних та економічних завдань, пов'язаних із виробництвом, збиранням, перетворенням, зберіганням, транспортуванням і споживанням енергії. На рішення саме цих завдань спрямоване створення ЕнерНету – мережевої електроінфраструктури.

Якщо зазначати конкретно, ЕнерНет покликаний забезпечити виконання таких груп функцій: *генерування й перетворення енергії, її тарифікація, збирання (купівля) енергії, передавання, зберігання і продаж, контроль за процесами, що відбуваються (моніторинг); оптимізація операцій, забезпечення стійкості і безпеки систем, підтримання якості електроенергії.*

Презентаційні матеріали

План лекції

1. Складові сестейнізації енергетики
2. Напрями сестейнізації енергетики
3. Зберігання енергії
4. Трансформація організаційної структури енергетики
5. Системність сестейнізації енергетики
6. Сестейнізація енергетики в Україні

1. Складові сестейнізації енергетики

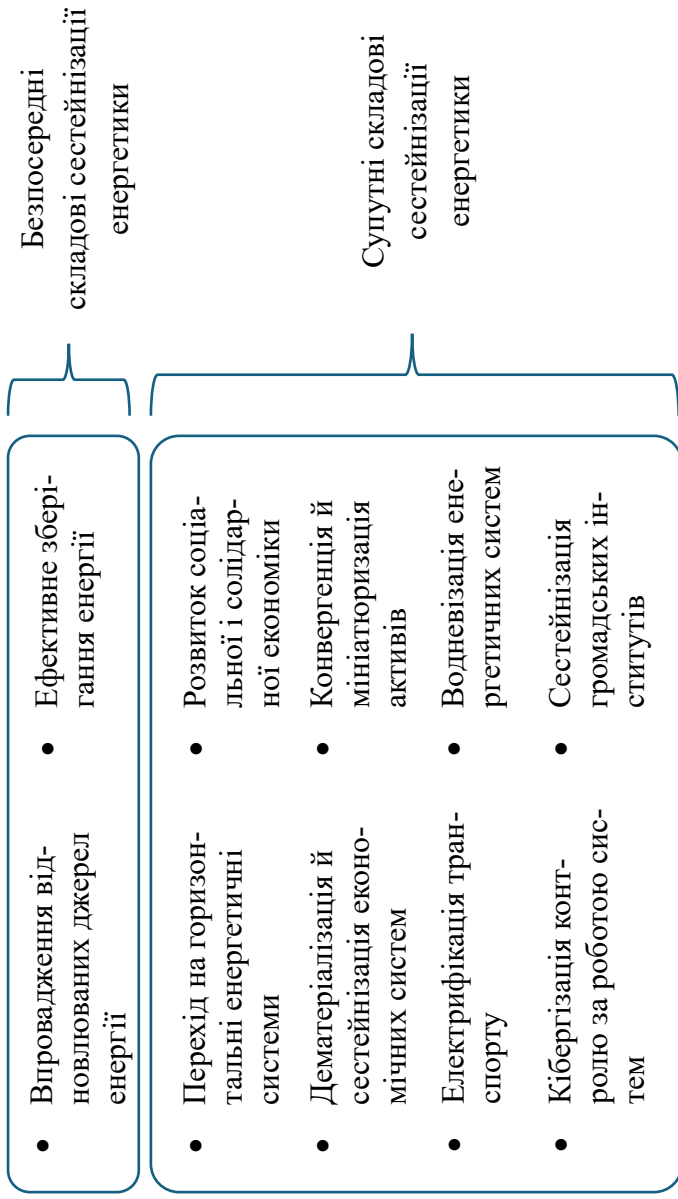


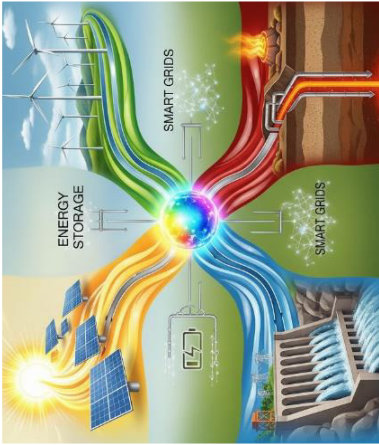
Визначення

Сестейнізація

- це системні заходи, що наближають процеси виробництва і споживання енергії до досягнення цілей *сестейнового* розвитку

Системний зміст сестейнізації енергетики





2. Напрями сестейнізації енергії

Напрями сестейнізації енергетики

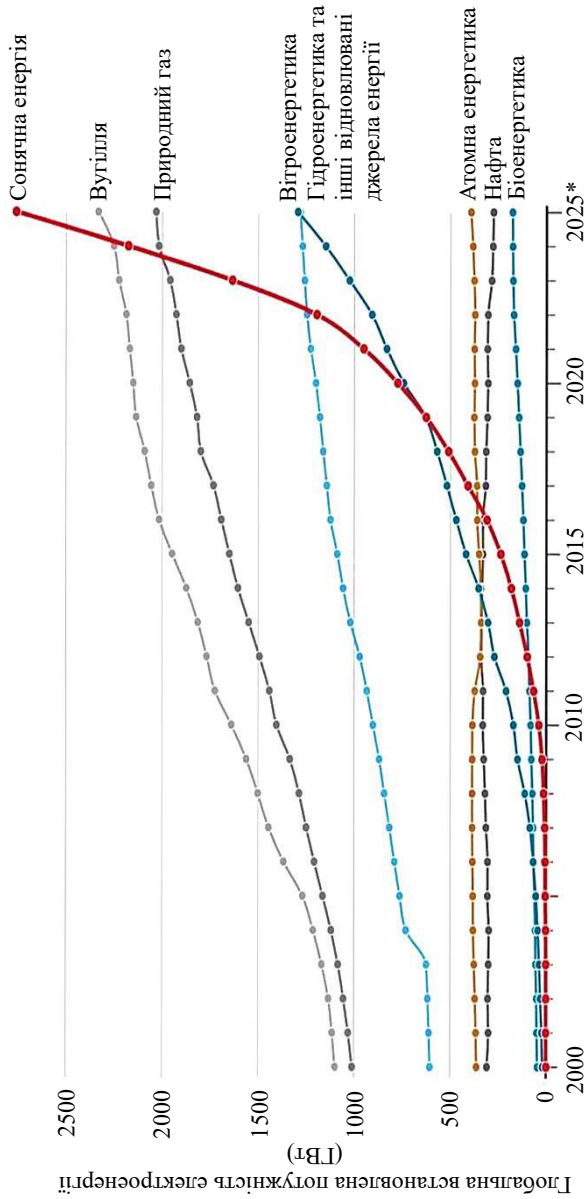
Сестейнізація енергетики охоплює такі напрямки:

- *підвищення ефективності наявних технологій* – наприклад, сонячні фотоелектричні панелі, які у 1950-х роках мали ККД лише кілька відсотків, нині досягають в практичному використанні понад 20%, в лабораторних умовах – до 40%, а в окремих дослідженнях – до 50%;
- *інтеграція джерел енергії в повсякденні об'єкти* – будівлі, меблі, одяг та інші елементи життєдіяльності людини; все це може слугувати платформами для генерації енергії;
- *зростання ролі приватного сектору* – дедалі все більше енергії виробляється у домогосподарствах.

Динаміка виробництва «зеленої» енергії

Показник	Рік		
	2010	2020	2030 (прогн.)
Потужність сонячних (PV) електростанцій у світі, ГВт	23	627	970
Кратність зростання, раз	–	27	42
Виробництво відновлювальної енергії в світі, тис ТВт/год	0,5	8	17
Частка відновлюваної енергії (включно гідро), %	5	30	46
Питома вартість сонячної енергії (PV), USD / кВт·год	0,37	0,06	0,04

Динаміка встановлення потужностей енергетики



* Дані за 2025 рік є оцінками за весь рік. Встановлена потужність включена підключені до мережі активи та деякі автономні системи.

Прогноз розвитку сонячної енергетики до 2050 р.

Показник	Значення
Передбачуване зниження (до 2024 р) середньої питомої вартості рv модулів, %	63 – 75
Питома вартість 1 кВт·год сонячної (рv) енергії, USD/kW·h	0,020 – 0,025
Частка сонячної енергії, виробленої в приватних домогосподарствах, у загальному обсязі сонячної енергії, виробленої в світі, %	11 – 15
Частка відновлюваної енергії в загальносвітовому виробництві електроенергії, %	50 – 65
Частка відновлюваної енергії в прирості нових потужностей електрогенерації, %	85 – 90

Цифри і факти

- В 2025 році сонячна та вітрова генерація перевершать загалом гідрогенерацію.
- В 2025 році виробництво відновлювальної енергії перевищить виробництво енергії з вугілля.
- В 2026 році сонячна та вітрова енергетика перевершать ядерну.
- В 2027 році сонячна енергетика обжене вітрову.
- В 2029 році сонячна енергетика перевершить гідроенергетику й стане найбільшим відновлювальним джерелом енергії.

Цифри і факти

- В 2030 році вітроенергетика перевершить гідроенергетику.
- В 2030 році частка відновлювальної енергетики досягне 46% світового виробництва електроенергії, а вітрова та сонячна енергії разом становитимуть 30%.
- У порівнянні з періодом 2017–2023 рр. в найближчі роки до 2030 року суттєво зміниться структура джерел відновлювальної енергії на транспорті. Частка біопалива зменшиться з 90% до 33%. Решта становитиме: електроенергія – 50%, морське біопаливо – 10%, водень 7.

Цифри і факти

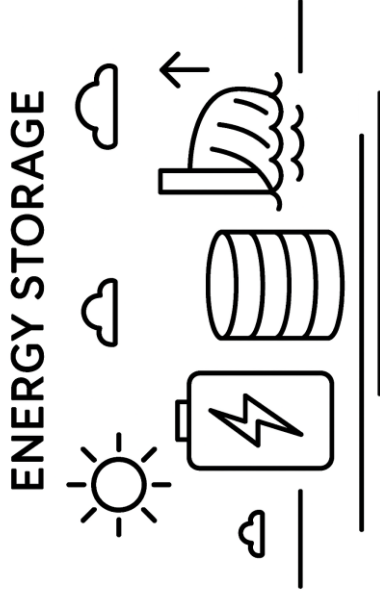
- Інвестиції домогосподарств в енергетику до 2030 року можуть подвоїтися, що дасть змогу підвищити частку цього сектора до 15% загального виробництва електроенергії.
- В 2025 році кожний долар інвестований в вітрову та сонячну енергетики принесе в 2,5 рази більше енергії, ніж долар потрачений на ті самі технології 10 років тому.
- В 2024 році світові інвестиції в сонячну енергетику досягли \$500 млрд, а інвестиції в системи зберігання енергії 50 млрд дол.



3. Зберігання енергії

Функція зберігання енергії (ЗЕ)

- ЗЕ дає можливість подолати часову невідповідність між моментами генерації енергії та її споживання. Тим самим запобігається втрата енергії.



Ключові напрями зберігання енергії

- *гідроакумулявання* – передбачає регулювання рівня води (природним чи штучним способом) для накопичення надлишкової енергії у вигляді потенційної, яка потім використовується в години пікового споживання, перетворюючись у кінетичну;
- *електроакумулявання*; сучасні акумуляторні батареї демонструють ефективність на рівні 80–90% та витримують від 2000 до 10000 циклів заряджання;
 - сучасні електромобілі вже долають відстань у 600–700 км на одному заряді, а прототипи – до 1000 км;
 - повна зарядка займає близько 40 хвилин;

Ключові напрями зберігання енергії

- *хімічне акумулювання* – полягає у зміні властивостей речовин під впливом надлишкової енергії або шляхом накопичення органіки з подальшим виробленням біогазу чи електроенергії; наприклад, хімічний акумулятор на основі норборнадієна може зберігати сонячну теплоту енергію у своїй структурі впродовж місяців або навіть років;

Ключові напрями зберігання енергії

- *теплове акумулювання* – цей принцип використовується, зокрема, в теплових сонячних електростанціях; протягом дня сонячна енергія нагріває активні матеріали (наприклад, соляні стрижні) до температури близько 500°C, що дозволяє виробляти електроенергію навіть уночі;
- *водневі технології* – одна з форм хімічного акумулювання, яка дозволяє перетворювати надлишкову відновлювану енергію у водень за допомогою електролізу води.

Цифри та факти

- В провідних країнах світу в кінці 2020-х років законодавчо було рекомендовано здійснювати установку відновлюваних джерел енергії лише з системами зберігання енергії. Це дало старт побудові крупномасштабних систем зберігання енергії. В 2024 році глобальний ринок систем зберігання енергії оцінювався в 360 ТВт·год.
- За даними Bloomberg New Energy Finance, очікується, що до 2030 року світовий ринок зберігання енергії збільшиться в 6 разів й перевищить 2 ТВт·год.

Цифри та факти

- Свою продукцію на ринку пропонують близько 20 провідних виробників систем зберігання енергії. Лише в 2020 році, у світі було вже пущено до ладу близько 10 крупномасштабних промислових енергозберігаючих систем, зокрема, в Австралії, Китаї, Канаді, США (Тор 5, 2020). В 2024 році в дію було введено 17 акумулюючих систем ємністю понад 1 ГВт·год.
- А на 2025/2026 року заплановано 140 проєктів потужністю більше 1 ГВт·год, з яких 30 проєктів – з потужністю понад 2 ГВт·год.

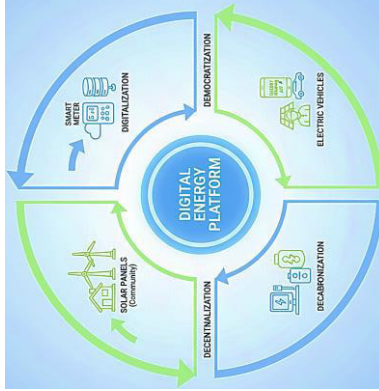
Цифри та факти

- Колосальне зростання обсягу демонструють стаціонарні системи зберігання енергії. З 2025 по 2030 рік їх середня потужність має збільшитися на 1 ГВт·год.
- Загальна ємність стаціонарних систем енергії в 2024 році наблизилася до 17 ГВт·год. Прогнозується, що в 2025 році буде розгорнуто 71 ГВт/193 ГВт·год стаціонарних систем зберігання енергії.

Прогноз розвитку технологій ЗЕ

Показник	Значення
Зниження питомої вартості крупномасштабних акумуляційних систем енергії, %	65 – 75
Загальна встановлена потужність крупномасштабних акумуляційних систем енергії, ГВт	1100
Загальний потенціал зберігання електроенергії, ГВт·год	2850

4. Трансформація організаційної структури енергетики



Мережевізація енергетики

- Нові принципи базуються на створенні горизонтальних, розподілених мереж енергетичних систем.
- Це означає поступову заміну централізованої моделі, де енергію генерують кілька великих виробників, на модель, що охоплює мільйони дрібних генераторів, розташованих по всій території.
- У межах ЄС мова йде про перетворення сотень мільйонів будівель на джерела альтернативної енергії – сонячної, вітрової, біогазової чи отриманої через теплові насоси.

Мережа ЕнерНет

ЕнерНет

- це горизонтальна інформаційно-енергетична мережа для виробництва і розподілу електроенергії

Функції ЕнерНет

ЕнерНет має забезпечити виконання таких функцій:

- генерація та перетворення енергії,
- її тарифікація,
- купівля,
- передача,
- зберігання та продаж.

Також необхідні:

- моніторинг процесів,
- оптимізація операцій,
- забезпечення безпеки і стійкості системи,
- підтримання якості електроенергії.

Можливості ЕнерНет

ЕнерНет охоплює не тільки новітні енергетичні засоби, а й сучасні інформаційні та комунікаційні технології, зокрема,

- білінг (економічні розрахунки),
- електронну комерцію,
- управління доступом,
- адміністрування мереж різних масштабів,
- моделювання та зберігання даних,
- віртуалізацію,
- комп'ютерну безпеку,
- розподілені обчислення, а також
- збір, обробку й передачу даних в реальному часі.

Цифри і факти

- У країнах ЄС на розподілену генерацію вже сьогодні припадає понад 10 % від загального обсягу виробленої енергії, а в Данії цей показник становить близько 50 %.
- У США експлуатується понад 12 млн установок малої розподіленої генерації загальною встановленою потужністю понад 220 ГВт, а темпи приросту в середньому становлять 5 ГВт на рік.

Цифри і факти

- У цілій низці промислових розвинених країн (ЄС, США, Австралія) останнім часом ухвалені концептуальні документи щодо розвитку галузі з посиленням акцентом саме на малу енергетику. В ЄС – це Директива ЄС 2004/8/ЄС від 11.02.2004 «Про розвиток когенерації на основі корисного тепла на внутрішньому енергетичному ринку» (Lajoie, 2018; Smart, 2022).
- Щорічні інвестиції в розподілені енергетичні мережі повинні збільшитися з 260 млрд USD у 2020 р. до 820 млрд USD у 2030 р.

Дематеріалізація виробництва і споживання енергії

Напрями зниження ресурсоемності:

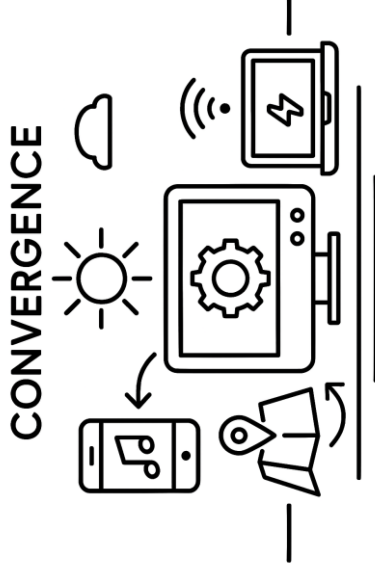
- реалізація масштабних заходів з ресурсозбереження (наприклад, теплоізоляція будівель, використання менш енергоємного обладнання тощо); прикладом є концепція “Zero-energy-building” у будівництві;
- застосування ефективних ресурсозберігаючих технологій;
- використання оптимальних режимів роботи для збереження ресурсів;
- застосування природозберігаючих технологій, що зменшують екологічні наслідки та витрати, пов’язані з ними;
- заміщення матеріальних об’єктів інформацією (наприклад, транспортування та зберігання не фізичних об’єктів, а їх цифрових двійників);
- використання нових матеріалів із покращеними властивостями.

Цифри і факти

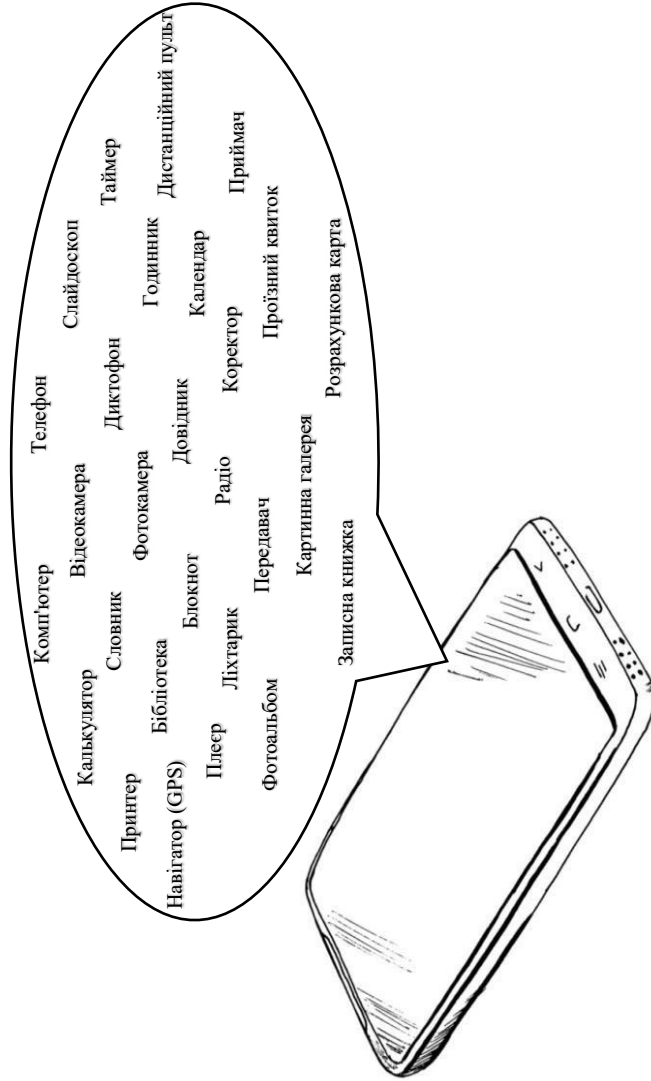
- Завдяки впровадженню волоконно-оптичного зв'язку (із використанням кварцевих, скляних або полімерних волокон) вдалося збільшити швидкість передачі даних більш ніж на 5 порядків.
- Один світловод здатен замінити цілий кабель, що містить кілька сотень металевих проводів.
- Наприклад, світловод діаметром близько 1,5 см може замінити телефонний кабель діаметром 7,5 см, що містить 900 пар мідних дротів. Крім того, світловоди мають цілу низку важливих переваг.

Конвергенція і мініатюризація

- *Конвергенція* – це об'єднання кількох функцій та властивостей в одному пристрої або об'єкті, що дозволяє використовувати цей пристрій для різних цілей.
- Зазвичай, під конвергенцією мають на увазі багатифункціональність.



Функції сучасного мобільного телефону



Конвергенція і мініатюризація

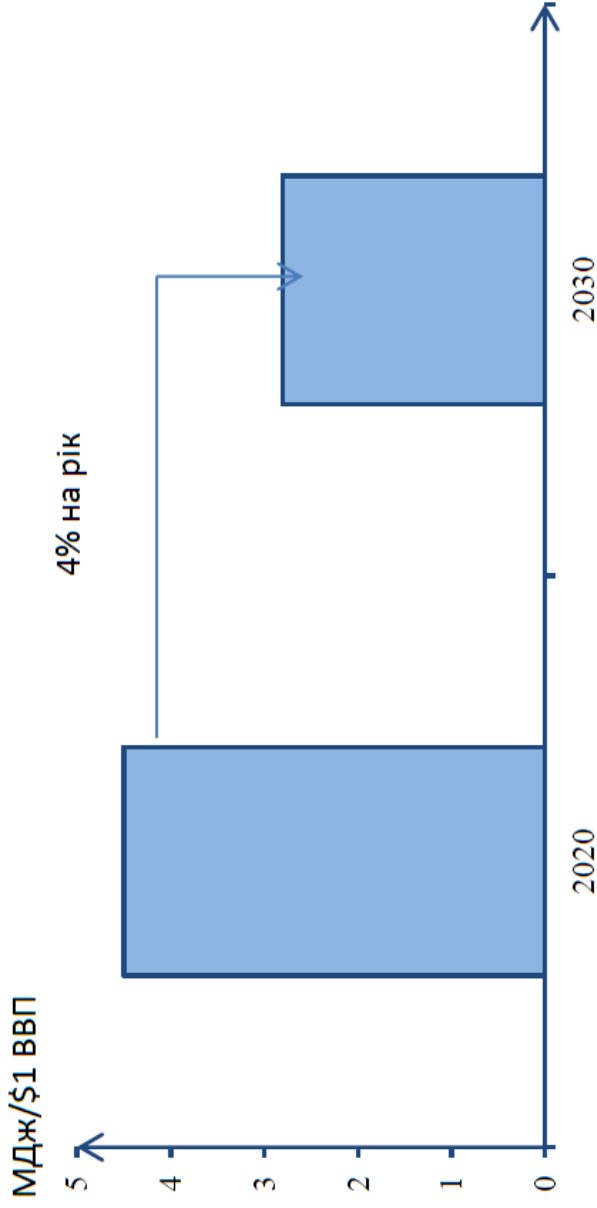
- *Мініатюризація* — це зменшення розмірів приладів і обладнання на одиницю роботи, що виконується.



Цифри і факти

- Вже сьогодні масштаби мініатюризації вражають, зокрема, в електроніці.
- Наразі в одній крипці інтегральної схеми вартістю в кілька центів сконцентрована потужність сотень тисяч транзисторів разом з усією супроводжувальною арматурою.
- З розвитком нанотехнологій можна очікувати появу комп'ютера розміром з молекулу

Енергоємність глобального ВВП



5. Системність сестейнізації енергетики



Електрифікація транспорту

Переваги електрифікації транспорту:

- зниження суспільних витрат, пов'язаних з функціонуванням транспортних систем; зокрема, з економічної діяльності включаються цілі галузі, які займаються видобутком, переробкою, транспортуванням та зберіганням палива, що призводить до зменшення відповідних витрат;
- значне зменшення негативного впливу на біосферу, пов'язаного з видобутком палива та експлуатацією транспортних систем;
- створення умов для розвитку різних форм шерингових відносин у використанні транспортних засобів та широкого застосування безпілотного транспорту.

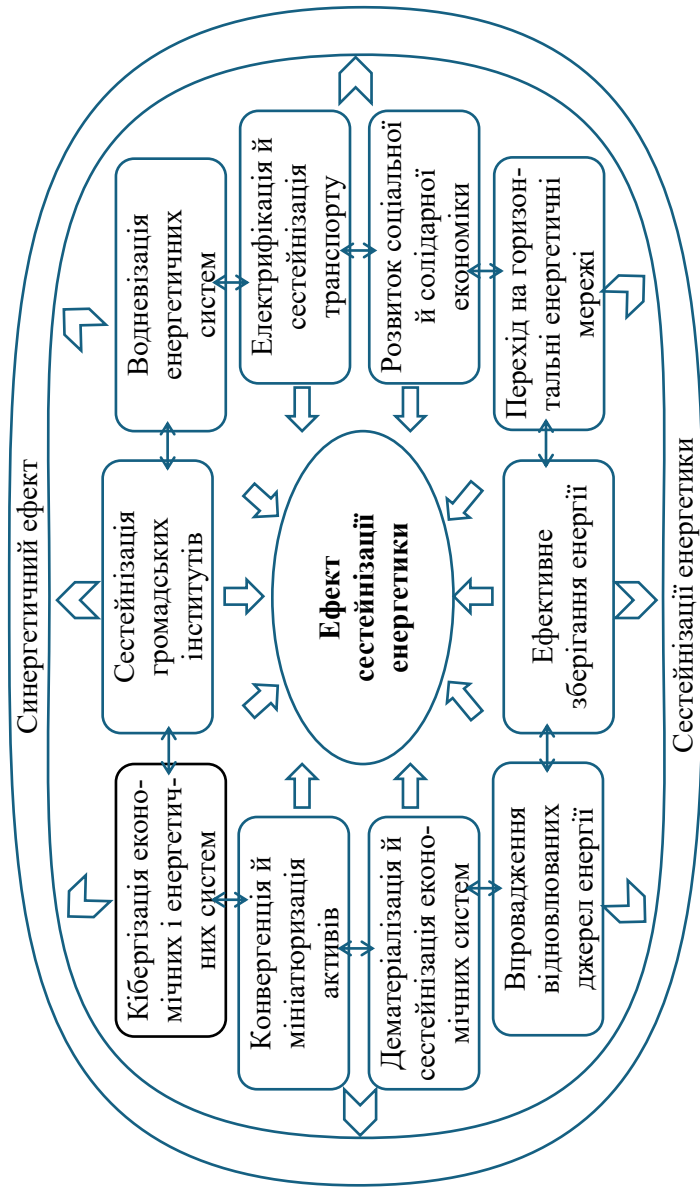
Цифри і факти

- Передбачається збільшення обсягів продажу електромобілів у 18 разів за 10 років – у 2030 р., порівняно з 2020 роком.
- Відповідно, має значно розвинутися інфраструктура обслуговування електричного транспорту й поступово буде зменшуватися інфраструктура традиційних видів транспорту.
- Кількість громадських точок зарядки електромобілів до 2030 року має збільшитися з 1 млн одиниць (у 2020 р.) до 40 млн.

Водневізакія енергетики

- Використання водню в енергетичних системах може мати значні економічні та екологічні переваги.
- Зокрема, водень може стати «перехідним» елементом між традиційними та новими технологіями, виступаючи в ролі енергоносія (і, що важливо, екологічно чистого, без шкідливих викидів).
- Крім того, водень може бути використаний як елемент для зберігання енергії, поєднуючи функції енергоносія та акумулятора.

Синергетичні ефекти від сестейнізації енергетики



Синергетичні ефекти від сестейнізації енергетики

- 1) Зменшення питомих витрат і підвищення ефективності.
- 2) Зменшення ціни на енергію.
- 3) Зменшення навантаження на довкілля (екологічний ефект).
- 4) Сестейнізація робочих операцій.
- 5) Прискорення інновацій.
- 6) Формування солідарних відносин.
- 7) Поглиблення міжнародної діяльності.

6. Сестейнізація енергетики в Україні



Напрями сестейнізації енергетики в Україні

- 1) Збільшення потужності відновлюваних джерел (сонце, вітер, біогаз, теплові насоси)
- 2) Збільшення потужностей приватних альтернативних джерел
- 3) Розвиток акумуляції
- 4) Електрифікація транспорту
- 5) Розвиток зарядних станцій
- 6) Водневізація економіки

Цифри та факти

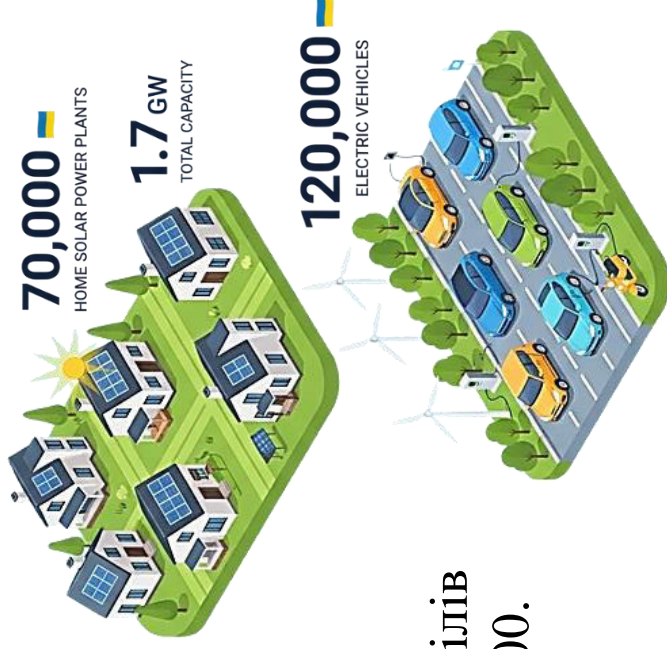
- Вітчизняному розвитку «зеленої» енергетики сприяє швидкий технологічний прогрес, що підтверджується статистикою: якщо у 2018 році вартість 1 Вт сонячної панелі складала 0,60 доларів, то у 2022 році – лише 0,28 долара.
- Це означає, що панель потужністю 300 Вт стала дешевішою з 180 до 84 доларів, що є подвійним зниженням вартості за чотири роки.

Цифри та факти

- Розпорядженням КМУ від 21.04.2023 р №373-р схвалено нову Енергетичну стратегію України на період до 2025 року.
- Завдання планується реалізувати значною мірою за рахунок нарощення потужностей вітрової генерації з відновлюваних джерел (ВДЕ) до 2050 року, а саме:
 - збільшення потужностей вітрової генерації до 140 ГВт (очікувані інвестиції – до \$124 млрд);
 - сонячної – до 94 ГВт (\$62 млрд);
 - накопичувачів енергії (energy storage) – до 38 ГВт (\$25 млрд);
 - атомної генерації – до 30 ГВт (\$80 млрд);
 - ТЕЦ та біоенергетичних потужностей – до 18 ГВт (\$9 млрд);
 - гідрогенерації – до 9 ГВт (\$4,5 млрд).

Цифри та факти

- Кількість домашніх сонячних електростанцій в Україні збільшилася до 70000, а їх потужність зростає до 1,7 ГВт.
- Кількість електромобілів збільшилася до 120000.

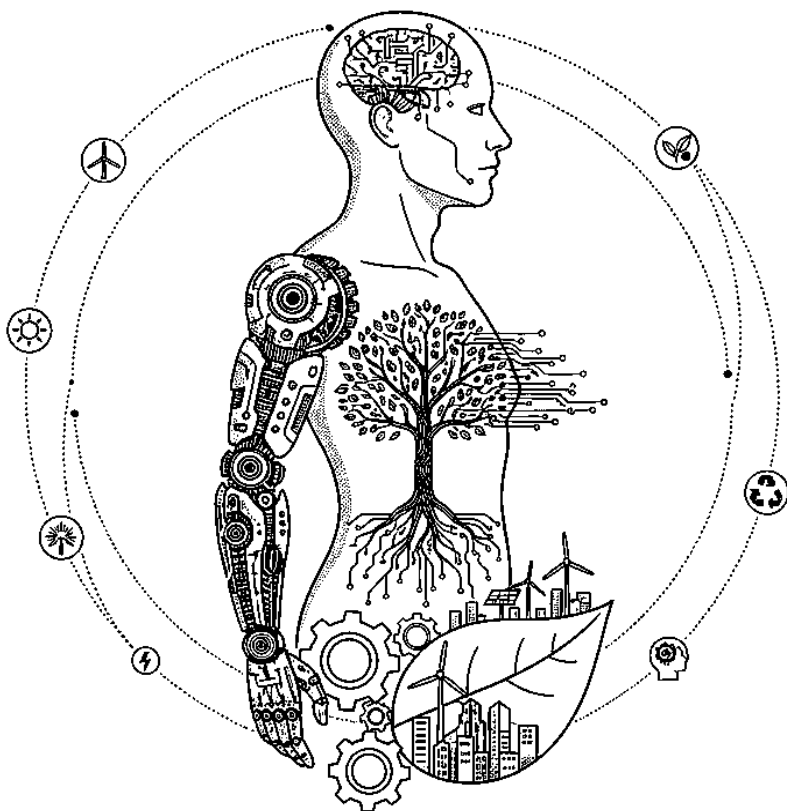


Питання для самостійного опрацювання

1. Яке місце енергетичного сектору у системі сталого розвитку?
2. У чому полягає взаємозв'язок між соціально-економічними трансформаціями та сестейнізацією енергетики?
3. Визначте роль наукових досліджень, інноваційних стартапів і технологічного підприємництва у розвитку відновлюваних джерел енергії та систем її зберігання.
4. Розкрийте роль державної політики, правового регулювання, фінансових інструментів і міжнародних угод у створенні сприятливих умов для розвитку «зеленої» енергетики.
5. Яким чином міжнародне співробітництво сприяє глобальній енергетичній безпеці та сталому розвитку?
6. Що таке «ЕнерНет» і як ця концепція пов'язана з переходом до сталих енергетичних систем?
7. Як розвиток технологій зберігання енергії впливає на стабільність і ефективність енергетичних систем?
8. У чому полягає соціально-економічний ефект переходу до децентралізованих енергетичних систем? Розкрийте потенціал малих розподілених енергогенераторів (домогосподарства, підприємства, громади) для підвищення енергетичної незалежності та розвитку локальних економік.
9. Як пов'язані процеси дематеріалізації, цифровізації та сестейнізації енергетики?
10. Оцініть сучасний стан енергетичної політики України, структуру енергобалансу та визначте можливі напрями реформ з урахуванням глобальних кліматичних зобов'язань і національної стратегії сталого розвитку.

Тема 6

Кібергізація життєдіяльності людини як складова сестейнового розвитку



Основи теорії

Четверта промислова революція (Industry 4.0) викликала безпрецедентні зміни в характері розвитку економічних систем. Основне її спрямування полягає в передачі завдань контролю за функціонуванням та відтворенням виробничих систем кіберфізичним системам, активним інструментом яких є Інтернет речей (IoT). Основний вектор зазначених процесів пов'язаний із заміщенням матеріальних предметів праці і засобів виробництва їхніми інформаційними аналогами (цифровими двійниками). Через це зазначені процеси набули назву цифрових трансформацій.

Проблематика Індустрії 4.0 привернула широку увагу після виступу швейцарського економіста Клауса Шваба на Всесвітньому економічному форумі в Давосі в 2016 році. Один із провідних теоретиків цієї концепції, Шваб охарактеризував її як стирання меж між фізичним, цифровим і біологічним світом.

Очікується, що кіберфізичні системи будуть інтегровані в єдину мережу, формуватимуться локальні системні структури, на зразок «екосистем» в біосфері. Вони призначені для обслуговування окремих соціально-економічних об'єктів – таких як будівлі, підприємства або цілі міста. Таким чином, штучно створені технічні системи зливаються в єдину глобальну мережу, яка за принципом функціонування нагадує біосферу, що об'єднує екосистеми живих організмів на планеті.

На основі аналізу низки джерел (Schwab, 2016; Industry 4.0, 2016) можна виділити ключові функції, які ці системи мають виконувати автономно, без участі людини:

- обмін даними в режимі реального часу;

- моніторинг параметрів навколишнього середовища та власного стану;
- автоматичне ввімкнення або вимкнення у відповідь на певні сигнали;
- самостійне налаштування для досягнення оптимальних режимів роботи;
- профілактичне обслуговування з випередженням можливих збоїв;
- взаємодія з продукцією (у контексті виробничих систем);
- адаптація до нових запитів користувачів;
- визначення необхідного обладнання для створення нових продуктів або задоволення нових потреб;
- самонавчання новим методам і технологіям роботи.

Інтеграція кіберфізичних систем у виробничу та соціальну сфери спричиняє трансформацію їхньої структури та функціональної організації.

Інтернет речей (англ. Internet of Things, IoT) – це система взаємопов'язаних фізичних об'єктів, що з'єднані між собою через Інтернет і оснащені сенсорними приладами, програмним забезпеченням та виконавчими елементами. Ці пристрої виконують завдання, корисні для людини.

У спрощеному вигляді IoT можна описати як систему автоматизованої роботи та взаємодії різноманітних пристроїв без безпосередньої участі людини, що і є основною ознакою автоматизації.

Інтернет речей умовно поділяється на два типи:

- Інтернет речей, орієнтований на забезпечення потреб кінцевих споживачів у товарах і послугах;
- Інтернет речей, призначений для підтримки виробничих процесів. Цей тип зазвичай називають промисловим (industrial IoT, або IIoT), хоча точніше було б називати його

виробничим IoT, оскільки його застосування виходить за межі суто промислової сфери.

Індустріальний Інтернет речей (IIoT) – це система взаємопов’язаних комп’ютерних мереж, до яких підключено виконавчі пристрої, такі як сенсори, інструменти й прилади. Ці елементи здатні автономно, без безпосереднього втручання людини, виконувати виробничі завдання в різних галузях економіки.

Серед основних завдань, які вирішуються за допомогою Інтернету речей для промисловості (IIoT) у різних галузях економіки, можна виділити такі:

- моніторинг життєвого циклу продукції та підвищення ефективності використання обладнання, зокрема, шляхом оптимізації графіків технічного обслуговування;
- прогнозування потенційних аварій і своєчасне проведення як планово-профілактичних, так і позапланових ремонтів із попередньою підготовкою необхідних запасних частин;
- автоматизоване відстеження в реальному часі усіх етапів руху продукції – від постачальників сировини до кінцевих споживачів – завдяки інтеграції виробничих ланок в єдину цифрову систему, що може охоплювати різні компанії;
- оперативний контроль за експлуатацією продукції після її передачі замовнику для збирання даних про умови використання;
- перехід до моделі продажу функціоналу, тобто реалізації не самої продукції, а її корисного ефекту або результатів використання за потребою клієнта.

Сучасна глобальна економіка перебуває на перетині двох ключових векторів трансформації – цифровізації та сестейнового розвитку (CP). У цьому контексті штучний інтелект (ШІ) виступає як потужний інструмент для досягнення

Цілей сестейнового розвитку (SDGs), сформульованих самітом ООН. Використання алгоритмів ШІ у сферах енергетики, сільського господарства, транспорту та управління відходами сприяє підвищенню ефективності використання природних ресурсів. Водночас ці технології дають можливість підсилити соціальну інклюзію та розширити доступ до базових послуг у регіонах з обмеженою інфраструктурою.

Сучасна глобальна економіка перебуває на перетині двох ключових векторів трансформації – цифровізації та сестейнового розвитку (СР). У цьому контексті штучний інтелект (ШІ) виступає як потужний інструмент для досягнення Цілей сестейнового розвитку (SDGs), сформульованих самітом ООН. Використання алгоритмів ШІ у сферах енергетики, сільського господарства, транспорту та управління відходами сприяє підвищенню ефективності використання природних ресурсів. Водночас ці технології дають можливість підсилити соціальну інклюзію та розширити доступ до базових послуг у регіонах з обмеженою інфраструктурою.

Штучний інтелект також відкриває широкі можливості для практичної реалізації цілей *сестейнового розвитку*. У сфері охорони навколишнього середовища ШІ може використовуватися для моніторингу стану природних ресурсів, моделювання екологічних процесів, виявлення змін клімату та прогнозування надзвичайних природних ситуацій. Наприклад, супутникові дані, оброблені за допомогою ШІ, дозволяють відстежувати вирубку лісів, ерозію ґрунтів або забруднення водних об'єктів у режимі реального часу. Такі технології сприяють ефективнішому прийняттю рішень щодо збереження біорізноманіття та боротьби з глобальним потеплінням (Jasper, 2024).

Презентаційні матеріали

План лекції

1. Реалізація Industry 4.0 як передумови сестейнізації економіки
2. Поняття про Інтернет речей
3. Індустріальний IoT
4. Штучний інтелект для цілей СР
5. Виклики і ризики застосування ІІІ



1. Реалізація Industry 4.0 ЯК ПЕРЕДУМОВИ СЕСТЕЙНІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ

Роль Industry 4.0

- Основне спрямування Industry 4.0 полягає в передачі завдань контролю за функціонуванням та відтворенням виробничих систем кіберфізичним системам, активним інструментом яких є Інтернет речей (IoT).
- Проблематика Індустрії 4.0 привернула широку увагу після виступу швейцарського економіста Клауса Шваба на Всесвітньому економічному форумі в Давосі в 2016 році.

Зміни в суспільстві на основі Industry 4.0



Формування Інтернету речей



Застосування штучного інтелекту



Аналітика великих даних



Побудова «розумних» мережевих систем (підприємство, місто, територія)



Реалізація розподілених реєстрів (технології блокчейну)



Цифровізація управління



Кібергізація фізичного світу



Інтеграція когнітивних здатностей людини й штучного інтелекту



Машинне навчання



Перехід на безпілотний транспорт



Побудова циркулярної економіки



Формування самоорганізованих систем на основі хмарних технологій

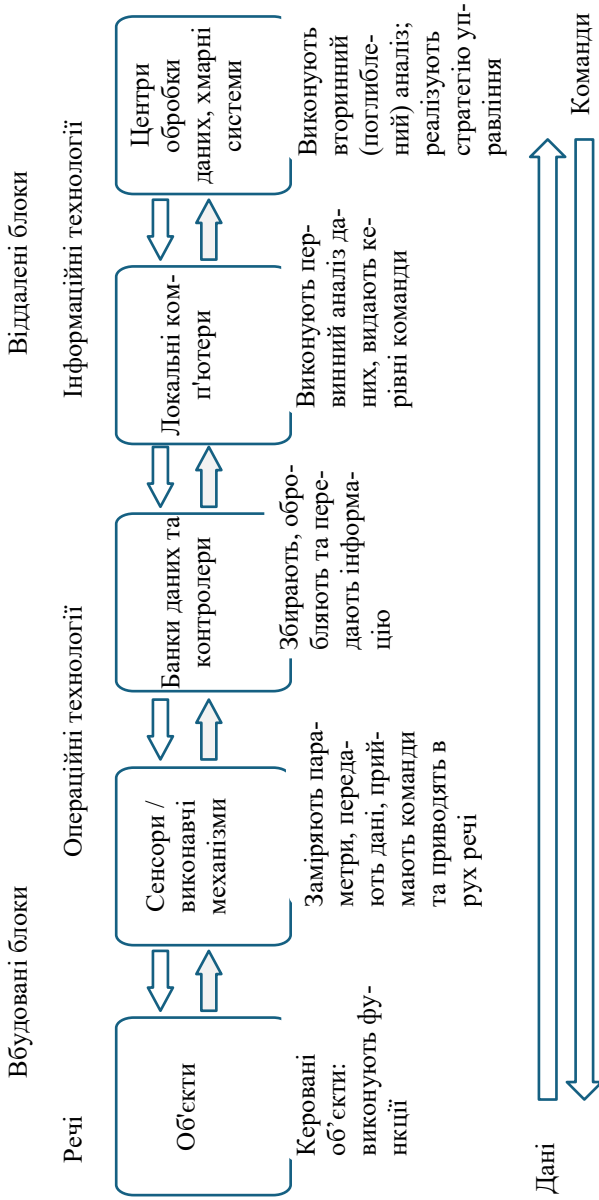
Ключові функції кіберфізичних систем

- обмін даними в режимі реального часу;
- моніторинг параметрів навколишнього середовища та власного стану;
- автоматичне ввімкнення або вимкнення у відповідь на певні сигнали;
- самостійне налаштування для досягнення оптимальних режимів роботи;
- профілактичне обслуговування з випередженням можливих збоїв;
- взаємодія з продукцією (у контексті виробничих систем);
- адаптація до нових запитів користувачів;
- визначення необхідного обладнання для створення нових продуктів або задоволення нових потреб;
- самонавчання новим методам і технологіям роботи.

Визначення Інтернету речей

- *Інтернет речей* (англ. Internet of Things, IoT) – це система взаємопов’язаних фізичних об’єктів, що з’єднані між собою через Інтернет і оснащені сенсорними приладами, програмним забезпеченням та виконавчими елементами. Ці пристрої виконують завдання, корисні для людини.
- У спрощеному вигляді IoT можна описати як систему автоматизованої роботи та взаємодії різноманітних пристроїв без безпосередньої участі людини, що і є основою ознакою автоматизації.

Ключові компоненти IoT



Параметри, які здатний контролювати IoT

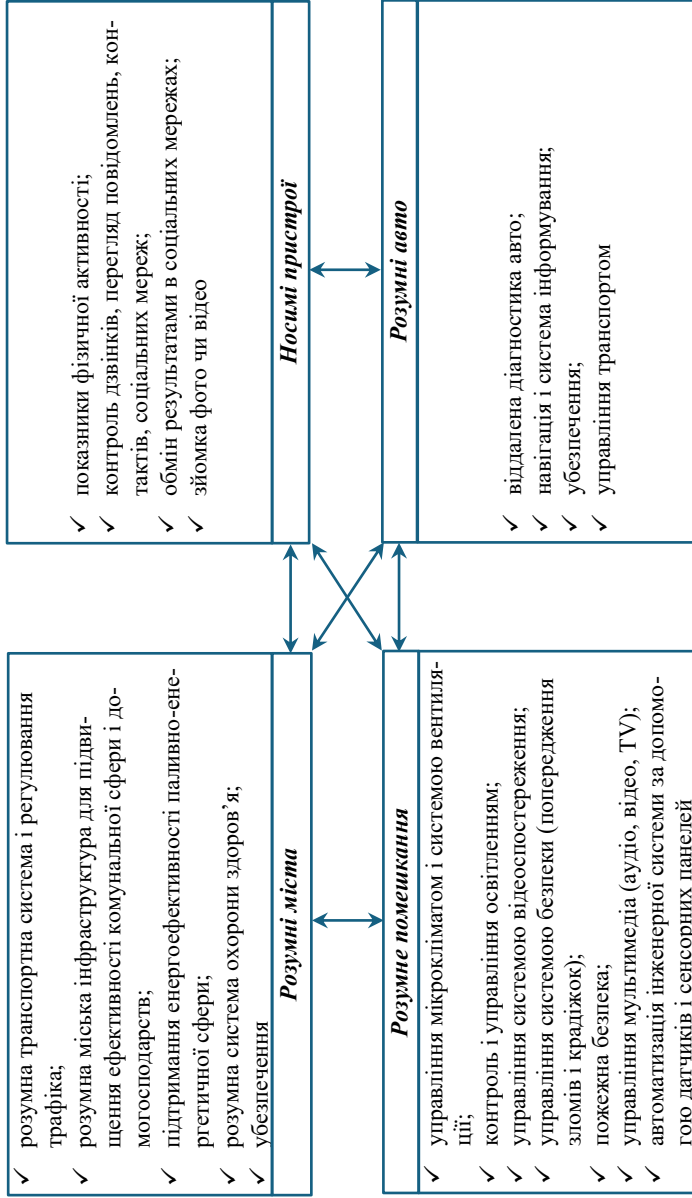
Параметри
Машинний зір / оптичні характеристики / навколишнє світло
Позиція / присутність / контакт
Рух / швидкість / зближення
Температура
Вологість
Акустика / звук / вібрація
Хімічні інгредієнти / гази
Потоки
Рівні
Електрика / магнетизм
Прискорення / нахил
Сила / навантаження / крутний момент / напруга / стискання

Типи IoT

Інтернет речей умовно поділяється на два типи:

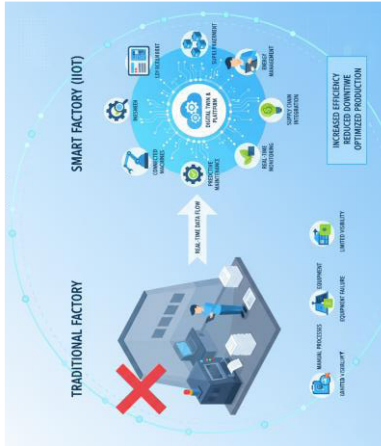
- Інтернет речей, орієнтований на забезпечення потреб кінцевих споживачів у товарах і послугах;
- Інтернет речей, призначений для підтримки виробничих процесів. Цей тип зазвичай називають промисловим (Industrial IoT, або IIoT), хоча точніше було б називати його виробничим IoT, оскільки його застосування виходить за межі суто промислової сфери.

Складові кінцевого ІоТ



Приклад

- Наприклад, автоматично вмикати освітлення та запускати різні прилади – кондиціонери, вентилятори чи системи опалення – як тільки мешканець заходить у приміщення. Так само – усе вимикається, як тільки виходить з приміщення.
- Рухові сенсори слідкують за економним використанням електроенергії, вимикаючи світло в кімнатах, де тривалий час не зафіксовано руху.
- Температурні датчики підтримують комфортний мікроклімат, автоматично регулюючи опалення, а у ванній за рівнем вологості стежить спеціальний сенсор: витяжка вмикається при показниках вище 50% і вимикається, коли вологість падає до 45%.



3. Індустріальний ІоТ

Визначення

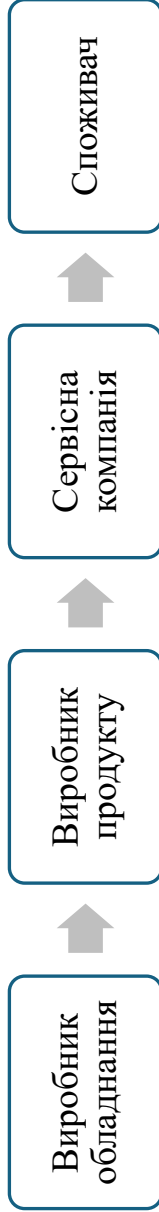
Індустріальний Інтернет речей (IIoT)

- це система взаємопов'язаних комп'ютерних мереж, до яких підключено виконавчі пристрої, такі як сенсори, інструменти й прилади. Ці елементи здатні автономно, без безпосереднього втручання людини, виконувати виробничі завдання в різних галузях економіки.

Оптимальні умови для застосування IoT

- виробництво великого асортименту продукції з використанням чистого складу;
- необхідність покращення якості продукції та зменшення кількості браку;
- потреба в ефективному сервісному обслуговуванні раніше випущеної продукції;
- прагнення до скорочення експлуатаційних витрат;
- висока енергоємність виробничих процесів;
- ускладнені умови виробництва;
- потреба в оперативному виявленні й усуненні несправностей обладнання для зменшення простоїв;
- вимога підвищення продуктивності працівників;
- потреба в забезпеченні безпеки персоналу;
- необхідність інтеграції широкого спектра систем у єдину інфраструктуру.

Ланцюжок суб'єктів застосування ІоТ



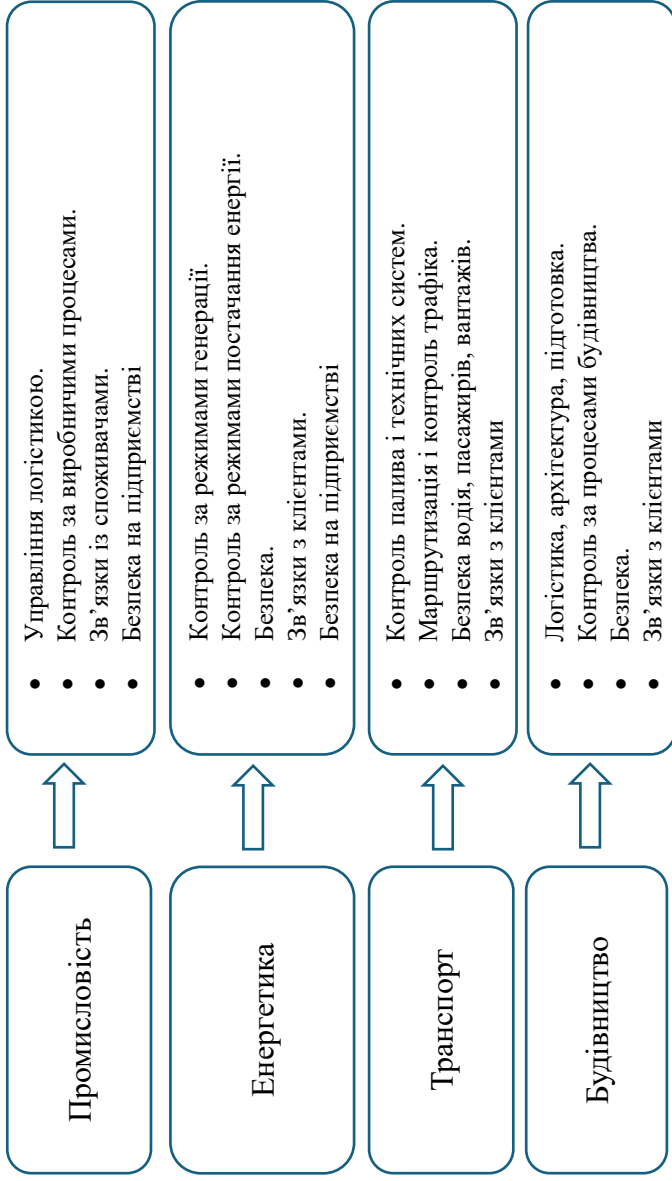
Завдання, що вирішуються за допомогою Пот

- моніторинг життєвого циклу продукції та підвищення ефективності використання обладнання, зокрема, шляхом оптимізації графіків технічного обслуговування;
- прогнозування потенційних аварій і своєчасне проведення як планово-профілактичних, так і позапланових ремонтів із попередньою підготовкою необхідних запасних частин;
- автоматизоване відстеження в реальному часі усіх етапів руху продукції – від постачальників сировини до кінцевих споживачів – завдяки інтеграції виробничих ланок в єдину цифрову систему, що може охоплювати різні компанії;

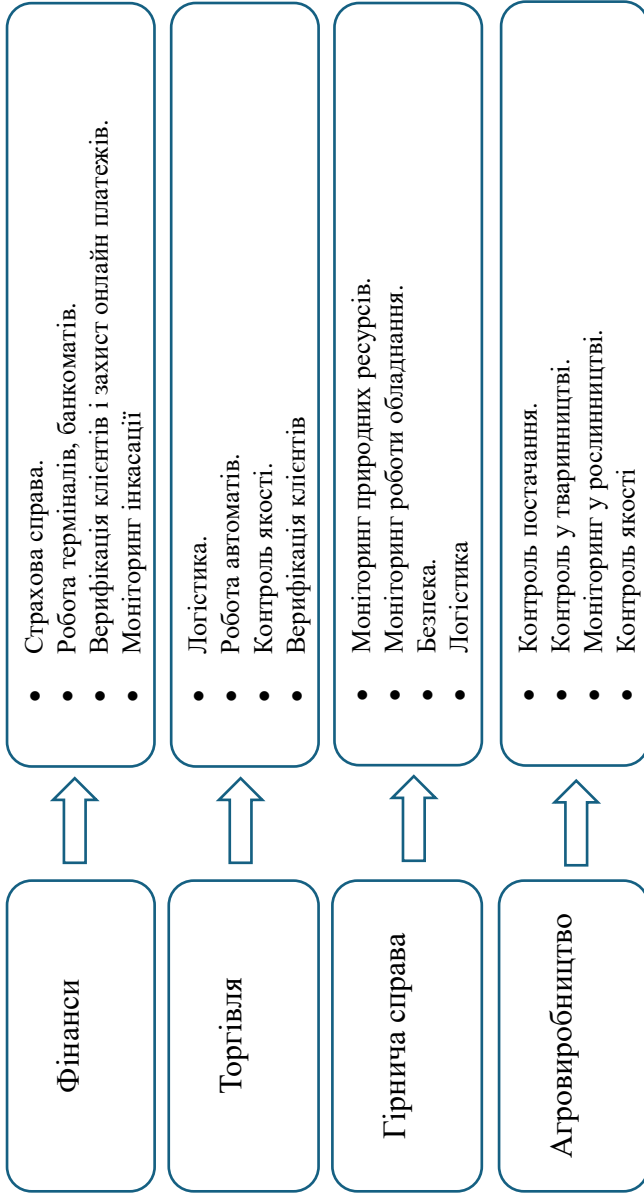
Завдання, що вирішуються за допомогою Пот

- оперативний контроль за експлуатацією продукції після її передачі замовнику для збирання даних про умови використання;
- перехід до моделі продажу функціоналу, тобто реалізації не самої продукції, а її корисного ефекту або результатів використання за потребою клієнта.

Господарські сектори застосування ЦоТ

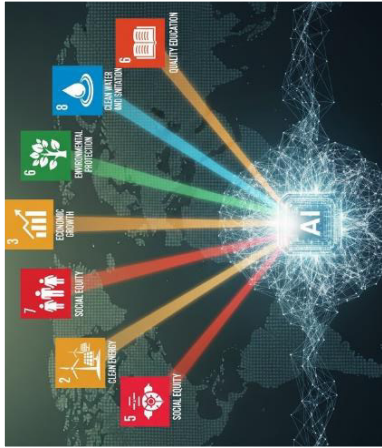


Господарські сектори застосування ЦоТ



Ефекти застосування IoT

- зниження кількості поломок обладнання;
- зменшення незапланованих зупинок;
- скорочення потреби в позаплановому техобслуговуванні;
- попередження збоїв в управлінні ланцюгом постачання;
- прискорення процесу прийняття рішень;
- зменшення рівня дефектів продукції;
- прогнозування ризиків простою;
- випередження конкурентів завдяки впровадженню передових технологій.



4. Штучний інтелект для Цілей СР

Сфери застосування ІШ

- *Економічна сфера.* ІШ дозволяє підвищити продуктивність і знизити витрати в екологічно чутливих секторах.
- *Екологічна сфера.* ІШ може використовуватися для моніторингу стану природних ресурсів, моделювання екологічних процесів, виявлення змін клімату та прогнозування надзвичайних природних ситуацій.

Сфери застосування ІШ

- *Соціальна сфера.* Алгоритми машинного навчання застосовуються для діагностики захворювань на ранніх стадіях аналізу ефективності медичних втручань, оптимізації маршрутів «швидкої допомоги», а також при прогнозуванні поширення інфекцій.
- В освіті ІШ сприяє персоналізації навчання, покращенню доступу до якісного контенту та підтримці розвитку цифрових навичок у віддалених або соціально незахищених громадах.

SWOT-аналіз впровадження ІІІ

S (Strengths) – Сильні сторони

1. Висока швидкість обробки великих обсягів даних.
2. Здатність до самонавчання та адаптації.
3. Оптимізація ресурсів і процесів у реальному часі.
4. Автоматизація рутинних завдань, підвищення ефективності.
5. Підтримка прийняття рішень на основі точних прогнозів.

W (Weaknesses) – Слабкі сторони

1. Висока енерговитратність алгоритмів ІІІ.
2. Залежність від доступу до якісних даних.
3. Нерівномірний доступ до технологій в різних країнах.
4. Відсутність етичних стандартів у багатьох країнах.
5. Високі витрати на розробку й впровадження.

SWOT-аналіз впровадження ІШ

О (Opportunities) – Можливості

1. Досягнення цілей СР за короткі строки.
2. Розвиток «розумних» міст, екологістики, енергоменеджменту.
3. Підвищення доступу до медичних та освітніх послуг.
4. Формування нових секторів економіки та професій.
5. Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії.

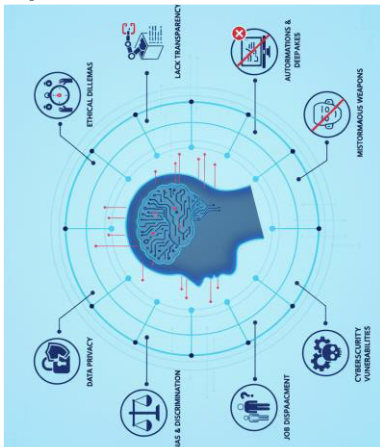
Т (Threats) – Загрози

1. Посилення цифрової нерівності між регіонами
2. Ризики втрати робочих місць у традиційних галузях
3. Невизначеність у правовому регулюванні ІШ
4. Можливе маніпулювання даними та алгоритмічні упередження
5. Загроза порушення приватності та контролю за даними

Ключові напрями застосування ІШ у сфері СР

- моніторинг стану екосистем і діагностика динаміки зміни їх параметрів;
- оцінка й прогнозування можливих наслідків зміни стану екосистем від впливу на природні та антропогенні об'єкти, а також на людину;
- розробка алгоритмів прийняття управлінських рішень у відповідь на виклики природного та соціального характерів;
- створення можливостей для активізації колективного інтелекту й залучення широких мас населення в досягнення цілей СР;
- автоматизація процесів управління виробничими системами, інфраструктурами та суспільним життям на основі впровадження «розумних» систем.

5. Виклики і ризики застосування ШІ



Можна виділити кілька ключових викликів застосування ІШ

- Виникнення «галюцинацій» ІШ (або ІШ-галюцинацій – *AI-hallucination*). ІШ-галюцинація – це згенерована ІШ відповідь на запит, яка містить через різні причини неправдиву або оманливу інформацію, що подається як факт.
- **Вкид шкідливих запитів (*prompt injection*)**. Мова йде про можливість зловмисного миттєвого проникнення в програму ІШ з метою крадіжки даних, вірусного інфікування або вчинення інших протиправних чи деструктивних дій.
- **Чорна скринька (*black box*)**. Проблема полягає в можливій втраті контролю за діями ІШ, основанийими на алгоритмах, що з'явилися в результаті його самонавчання.

Можна виділити кілька ключових викликів застосування ІІІ

- *Ринок праці.* За оцінками експертів Міжнародного валютного фонду, провадження ІІІ може вплинути майже на 40% робочих місць.
- *Захист права власності на контент.* Збільшення інтелектуальної потужності ІІІ дозволяє йому легко долати загальноприйнятні обмеження у сфері прав власності.
- *Генерування дінфейків (deepfakes).* З розвитком ІІІ виникає можливість надзвичайно достовірної підробки голосу, звуку, зображень та інших атрибутів, які можуть бути приналежністю до суб'єктів, об'єктів чи явищ реального світу.

Можна виділити кілька ключових викликів застосування ІІІ

- *Когнітивна дистрофія*. Існує загроза погіршення здатності до розумової діяльності людей, які будуть покладатися на постійну підтримку ІІІ. Зокрема, відмічається погіршення певних навичок, які людина перекладає на ІІІ.
- *Колас знань (knowledge collapse)*. Проблема полягає в тому, що переважна більшість моделей ІІІ вчиться на основі того, що вже опубліковано в мережі.
- *Руйнування (розмивання) особистості людини*. Одна з найбільш серйозних загроз щодо еволюції ІІІ, пов'язана взагалі з руйнацією особистості людини, соціальні функції якої буде поступово перебирати на себе ІІІ в ході його еволюції та самонавчання.

Питання для самостійного опрацювання

1. Як концепція Індустрії 4.0 узгоджується з принципами сталого розвитку, визначеними у Порядку денному ООН до 2030 року?

2. Яким чином кіберфізичні системи можуть сприяти досягненню Цілей сталого розвитку (зокрема SDG 7 «Доступна та чиста енергія» і SDG 12 «Відповідальне споживання та виробництво»)?

3. У чому полягає сутність концепції «цифрових двійників» і як вона впливає на ресурсоефективність та екологічність виробництва?

4. Які екологічні ризики може створювати масове впровадження Інтернету речей (IoT) і промислового Інтернету речей (IIoT)?

5. Проаналізуйте можливості та загрози для реалізації SDG 8 «Гідна праця та економічне зростання».

6. Як Індустрія 4.0 змінює структуру економічних систем і сприяє переходу від лінійної до циркулярної моделі виробництва?

7. Які приклади інтеграції «розумних» технологій у міське середовище можна вважати проявом сталого урбанізму?

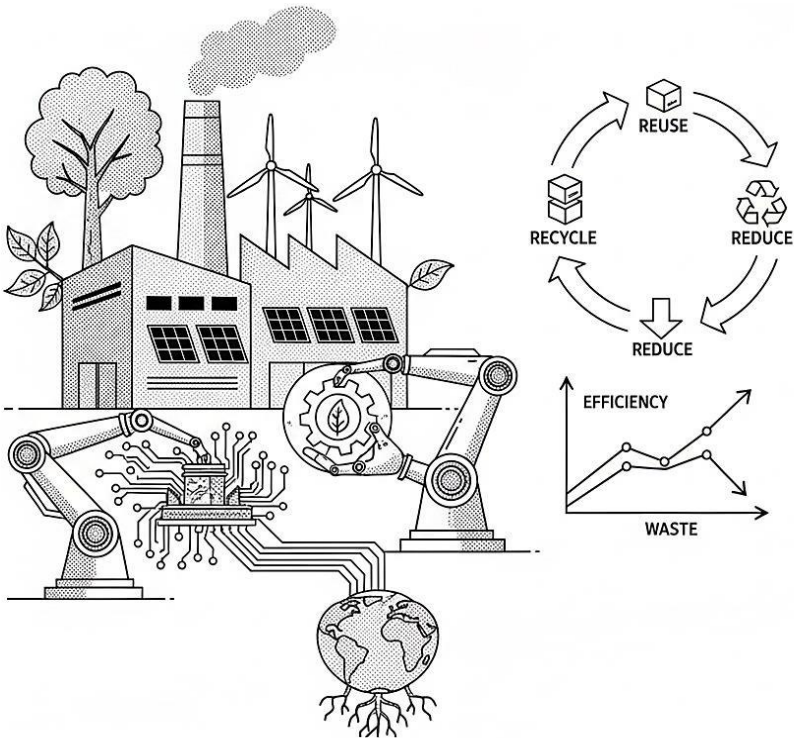
8. Яке значення має штучний інтелект у підвищенні ефективності використання природних ресурсів і зниженні вуглецевого сліду?

9. Розкрийте етичні дилеми цифрової трансформації в контексті сталого розвитку.

10. Обґрунтуйте важливість партнерства міждержавного, приватного та академічного секторів (SDG 17 «Партнерство заради сталого розвитку»).

Тема 7

Технологічні основи сестейнізації виробництва



Основи теорії

Адитивне виробництво (AB), яке базується на 3D-друку, має кілька синонімів: адитивні технології (additive technologies), фабер-технології (faber technologies), 3D-друк (3D-printing) та пряме цифрове виробництво (direct digital manufacturing). Згідно з визначенням, що використовуються в англійській літературі, *адитивне виробництво* – це процес створення 3D-об'єктів з комп'ютерної 3D-моделі шляхом додавання шарами матеріалів (пластик, метал, бетон або навіть людська тканина) (Additive, 2021; What, 2021a).

Адитивне виробництво, побудоване на 3D-принтіngu, в кожній своїй ланці включає три ключові системні блоки, які можна умовно назвати: матеріальні активи (hard ware), інформаційні активи (soft ware) і матеріали (предмети праці), які проходять обробку у виробничому процесі. Важливою складовою виробничої системи є людський фактор. Саме від знань, навичок та особистісних характеристик працюючих залежить якість реалізації відповідних процесів.

У сучасних умовах важливим фактором покращення виробничих процесів є їх інтеграція з *системою генерації дизайну* (generative-design system), яка дозволяє оптимізувати виробництво через використання хмарних обчислень (cloud computing) та штучного інтелекту. Це забезпечує можливість враховувати ключові аспекти виробництва, такі як допустимі навантаження, обмеження та безпекові характеристики (McClintock, 2023).

Зазначимо, що термін «адитивне виробництво» є більш широким, ніж «адитивна технологія», оскільки включає значно більше компонентів системи. Тому навіть виробництва, які використовують 3D-друк на заключних етапах, не можна повною мірою віднести до адитивних. Залежно

від використаних матеріалів, значна частина таких виробництв застосовує на певних етапах субтрактивні процеси, зокрема для отримання необхідних матеріалів.

Також варто зазначити, що розвиток досліджень для 3D-друку на даний момент спрямований на пошук таких матеріалів, які дозволяють застосовувати сестейнові, в тому числі, адитивні технології навіть на етапах переробки первинних природних ресурсів. В результаті це дає можливість використовувати при 3D-друку матеріали з целюлози, кераміки, піску та вторинних ресурсів, які прийнятні для природного метаболізму та сприяють зменшенню відходів на стадії переробки сировини та утилізації готових виробів після закінчення терміну їх використання (Zelinski, 2023).

З урахуванням повного виробничого циклу процеси отримання альтернативної енергії знаходяться навіть ближче до критеріїв адитивного виробництва ніж операції 3D-принтингу.

Адитивне виробництво, яке базується на 3D-принтингу, охоплює низку методів виготовлення продукції, які передбачають поетапне формування виробів шляхом додавання матеріалу на базову платформу або заготовку за тривимірною комп'ютерною моделлю.

Використовуються такі методи, як селективне лазерне плавлення, лазерна стереолітографія, селективне лазерне спікання, електронно-променева плавка, багатоструменеве моделювання, ламінування та комп'ютерна осьова літографія.

АВ застосовується в численних секторах економіки, включаючи будівництво, агропромисловість, машинобудування, суднобудування, авіабудування, космонавтику, медицину, фармакологію, харчову та легку промисловості.

У сучасній промисловості застосовуються такі основні процеси адитивного створення 3D-об'єктів (About, 2025, What is additive, 2025):

- UV-опромінення (UV-mapping) – процес в 3D-моделюванні, що полягає в накладенні двовимірної текстури на тривимірну модель (координати U і V відображають зв'язок між координатами на площині об'єкта (X, Y, Z) та координатами на текстурі (U, V));
- екструзія (extrusion) – процес, під час якого матеріал видавлюється через екструзійну головку або спеціальну фільтру (отвір), формуючи потрібну форму;
- струменеве напилення (spraying) – процес нанесення порошку на попередньо нагріту деталь за допомогою пневматичного розпилювача;
- сплавлення (fusion, melting) – отримання сплавів шляхом одночасного розплавлення компонентів;
- ламінування (lamination) – процес з'єднання двох або більше шарів різних матеріалів з використанням в'язучих речовин.

Для адитивних технологій використовують такі матеріали: віск, гіпсовий порошок, рідкі фотополімери, металеві порошки, різні поліаміди та полістирол. Сьогодні доступні чотири основні класи 3D-принтерів.

Промислові принтери застосовуються на великих виробничих підприємствах і відзначаються високою точністю. Вони здатні працювати з різноманітними матеріалами, включаючи надміцні та термостійкі.

Дизайнерські установки використовуються в конструкторських роботах, зокрема, для візуалізації ідей, а також для виготовлення і тестування прототипів майбутніх виробів.

Професійні принтери мають високу надійність і застосовуються для різноманітних виробничих, дослідницьких та бізнесових завдань. Вони відрізняються високою точністю, стабільністю та повторюваністю друку, а також мають термін експлуатації 7-10 років (на відміну від домашніх принтерів, термін яких становить до року).

Домашні принтери мають низьку якість і стабільність друку. Вони використовуються в побуті та школах для створення недорогих предметів.

4D-друк. Вчені з різних країн працюють над тим, щоб «навчити» матеріали змінювати свої властивості, зокрема форму, у визначеному напрямку. Це стає можливим завдяки технологіям, які взаємодіють із 3D-принтерами. Можна умовно говорити про появу ще одного виміру – четвертого, яким стає *час*. Створений об'єкт продовжує змінювати свою форму або характеристики навіть після того, як його надрукували на 3D-принтері, до досягнення необхідних параметрів.

4D-друк – це передова технологія 3D-друку, яка дає змогу досягти багатофункціональності, самостійності збірки та самовідновлення матеріалів. Ця технологія вже знайшла себе в багатьох сферах машинобудування.

Сучасне матеріалознавство розвивається в кількох ключових напрямках, кожен з яких визначений вимогами до конкретних технічних завдань (AI is transforming, 2025; Hahn, 2023; Merchant, 2023; Romanova, 2024). Ось деякі з них:

- досягнення необхідних фізичних властивостей для роботи в специфічних фізико-хімічних умовах, таких як екстремальні температури, тиск, ударні навантаження, агресивні середовища, інтенсивне тертя тощо;
- розробка матеріалів, що можуть використовуватися як «чорнила» для 3D-друку;

- забезпечення високої точності у процесі конструювання, включаючи відповідність проєктним розрахункам, прогнозування параметрів та досягнення заданих властивостей;
- досягнення можливості гнучкої зміни властивостей матеріалу з мінімальними витратами праці, часу та коштів;
- створення матеріалів, здатних перетворювати одну форму енергії на іншу;
- розробка матеріалів, придатних для імплантації в біологічні організми;
- забезпечення сумісності матеріалів з метаболізмом екосистем;
- забезпечення низької вартості у виробництві, експлуатації та утилізації матеріалів.

Презентаційні матеріали

План лекції

1. Поняття про адитивне виробництво (AB)
2. Напрями застосування AB
3. Напрями розвитку AB
4. Наслідки розвитку AB
5. Сестейнізація матеріалів



1. ПОНЯТТЯ ПРО АДИТИВНЕ ВИРОБНИЦТВО (АВ)

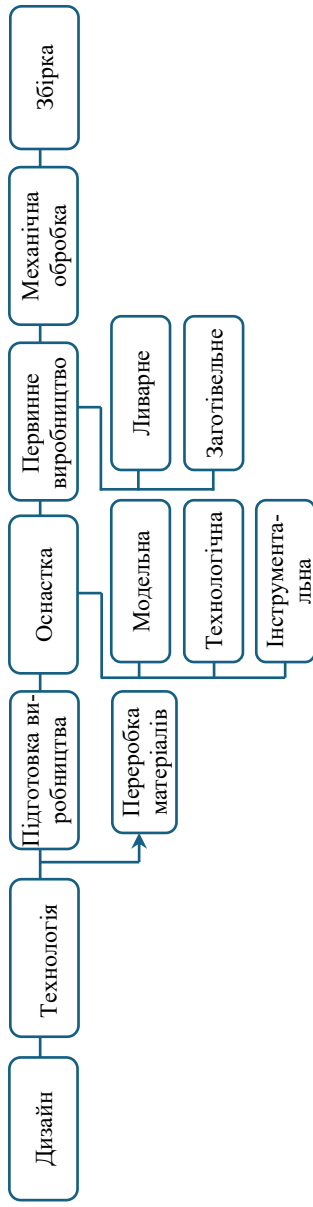
Визначення

Адитивне виробництво

- це процес створення 3D-об'єктів з комп'ютерної 3D-моделі шляхом додавання шарамі матеріалів (пластик, метал, бетон або навіть людська тканина).

Порівняльна схема субтрактивного і адитивного виробництва

а) Субтрактивне виробництво



б) Адитивне виробництво



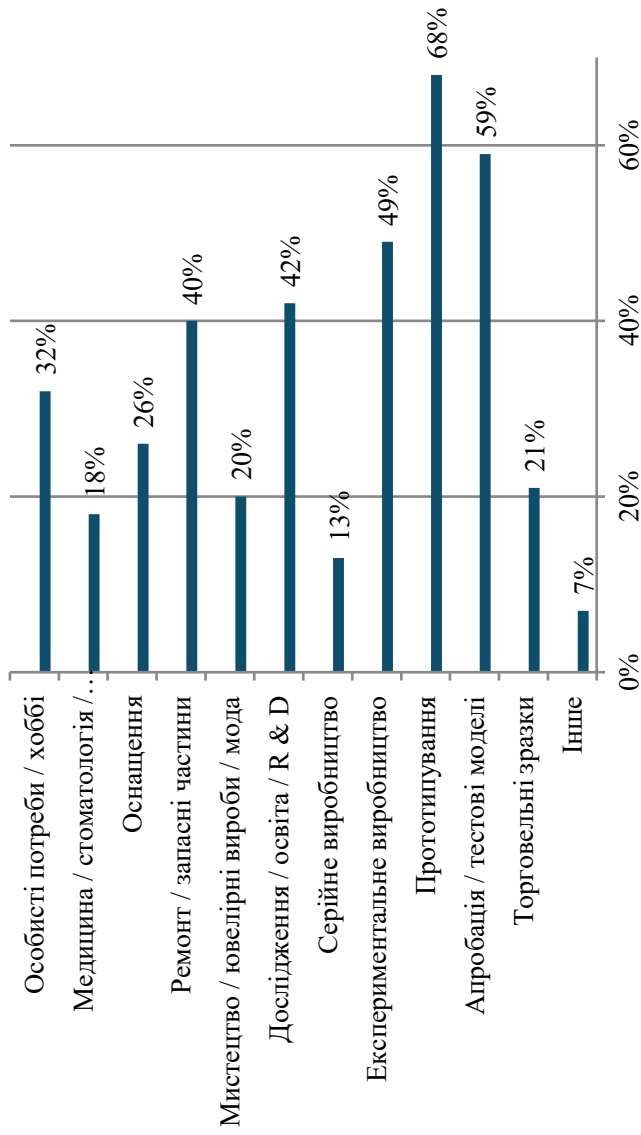
Процеси АВ

- UV-опромінення (UV-marring) – процес в 3D-моделюванні, що полягає в накладенні двовимірної текстури на тривимірну модель (координати U і V відображають зв'язок між координатами на площині об'єкта (X, Y, Z) та координатами на текстурі (U, V));
- екструзія (extrusion) – процес, під час якого матеріал видавлюється через екструзійну головку або спеціальну фільтру (отвір), формуючи потрібну форму;
- струменеве напilenня (spraying) – процес нанесення порошку на попередньо нагріту деталь за допомогою пневматичного розпилювача;
- сплавлення (fusion, melting) – отримання сплавів шляхом одночасного розплавлення компонентів;
- ламінування (lamination) – процес з'єднання двох або більше шарів різних матеріалів з використанням в'язучих речовин.

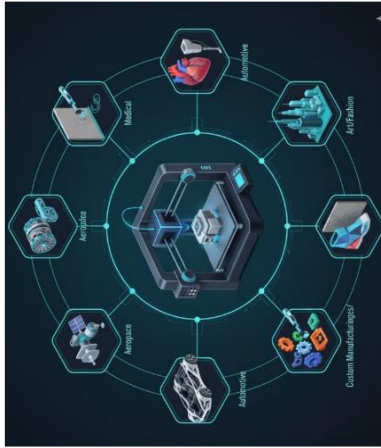
Основні класи 3D-принтерів

Клас 3D-принтера	Інтервал цін, тисяч дол. США
Промислові	від 100
Дизайнерські	20 – 100
Професійні	2,5 – 20
Персональні / настільні / домашні	менше 2,5

Основні види робіт у використанні 3D-принтерів



2. Напрями застосування АВ



Застосування АВ

В публікаціях називаються ключові напрями використання 3D принтерів, здатні суттєво змінити конфігурацію сфер економічної діяльності й соціального життя людини.

- **Персоналізація (кастомізація) продуктів.** Технології 3D-друку дозволяють створювати індивідуалізовані вироби, які відповідають запитам конкретних споживачів.
- **Інструменталізація мистецької діяльності та дизайну.** Художники та дизайнери використовують 3D-друк як засіб створення складних і унікальних творів мистецтва і дизайну. Це значно підвищує рівень творчої свободи, а також дає можливість експериментувати зі змістом, формою й матеріалами творів.

Застосування АВ

- *Протипування й швидка підготовка виробництва.* 3D-друк значно прискорив процеси створення прототипів і підготовки виробництва продукції. Зокрема, в окремих випадках це дає можливість тестування моделей продукції що розробляється.
- *Децентралізація процесів виготовлення продукції.* Завдяки максимальному полегшенню (facilitation) (в широкому контексті: both to make the process easier and to reduce the weight of the structure) процесів виготовлення виробів і можливості рознесення в просторі стадії створення дизайну і матеріального виробництва 3D-принтинг дозволяє децентралізувати виробничі цикли. Зокрема, окремі стадії можуть виконуватися віддалено одна від одної – навіть на різних континентах.

Застосування АВ

- *Підвищення надійності ланцюга поставок.* За рахунок максимальної інформатизації виробничих процесів (ключовий процес виготовлення виробу відбувається на комп'ютері) і децентралізації виробничих етапів створюються умови заміщення операцій транспортування матеріальних предметів (деталей, вузлів, готових виробів).
- Вони можуть замінюватися передачею на будь-яку відстань інформаційних образів (цифрових двійників) продуктів з матеріалізацією необхідних предметів на 3D принтерах в місцях їх використання.

Застосування АВ

- **Медичне конструювання.** Стає можливим виробництво складних конструкторів для сучасної медицини, включаючи виготовлення протезів і моделювання внутрішніх органів. Можливий також друк необхідних деталей і інструментів в передопераційній підготовці.
- **Виготовлення інструментарію для освіти та науки.** Стає можливими тренінг студентів на реальних операціях 3D-друку та виробництво моделей для наукових експериментів.

Застосування АВ

- **Реалізація інновацій в машинобудуванні та інші сектори економіки.** 3D-друк дає можливість створення та виробництво унікальних та складних (складної конфігурації) компонентів для різних виробів. Зокрема, понад 1000 деталей для літаків Airbus A350 було надруковано на 3D принтерах.
- **Нові рішення в харчовому секторі.** Нові технології підвищують ефективність використання компонентів та забезпечують нові рішення в кулінарії, зокрема, щодо застосування альтернативних інгредієнтів і створення нових форм (наприклад, вегетаріанських «стейків»).

Застосування АВ

- *Нові технології в будівництві.* 3D-друк дозволяє скоротити витрати часу і ресурсів при будівництві.
- *При подоланні наслідків стихійних лих, аварій а також наданні гуманітарної допомоги.* 3D принтери дозволяють швидко виготовляти предмети першої необхідності, зокрема:
 - укриття,
 - системи фільтрації води,
 - медичні приналежності та інструменти.

Застосування АВ

- *Індивідуальне пошиття одягу, виготовлене взуття та аксесуарів.* Застосування 3D принтерів дає можливість споживачам не тільки самим виготовляти необхідні предмети одягу, взуття та туалету, але й підганяти їх під індивідуальні особливості. В цьому можуть також широко застосовуватися 3D сканери.
- *Виготовлення запасних деталей.* 3D-принтинг забезпечує швидке й дешеве виготовлення деталей для ремонту, складання та заміни необхідних частин машин, побутової техніки, транспортних засобів.

Застосування АВ

- **Виробництво ліків і парфумів.** 3D-принтинг може застосовуватися для друку необхідних інгредієнтів і контролю за самими хімічними реакціями.
- **Ризики використання в кримінальній сфері.** Широка доступність до 3D принтерів значно збільшує ризики, пов'язані з використанням їх в кримінальній сфері. Зокрема, збільшується можливість виготовлення «піратських» (тобто без дотримання авторських прав) копій різних виробів, а також заборонених законом предметів (зокрема зброї).

DIRECTIONS OF 3D
MANUFACTURING



RAPID
PROTOTYPING



PRECISION



CUSTOMIZATION



CUSTOMIZATION

3. Напрями розвитку АВ

Багатоматеріальність

- Більшість продукції, яка використовується на виробництві та побуті (від одягу та взуття до машин і обладнання), складається з багатьох матеріалів.
- Це обумовлює потребу в застосуванні технологій багатоматеріального її виготовлення.
- Таким чином, перед 3D-принтіngом стоїть проблема розробки методів, здатних працювати одразу із кількома матеріалами.

3D сканування

- Застосовуються два основні підходи до 3D-сканування: *контактний* і *безконтактний*.
- Для першого необхідний безпосередній контакт 3D-сканера з об'єктом.
- У безконтактному підході здійснюється дистанційне сканування предмета.

3D-друк біологічних об'єктів

Серед основних напрямів можна виділити:

- друк органів з патологією на основі томографії та 3D-сканування для вивчення нюансів запланованої операції;
- створення (вирощування) штучних органів для послідууючої пересадки; такі органи можуть замінити донорські, які сьогодні використовуються в подібних операціях; наразі ця сфера 3D-принтіngu робить лише перші кроки, але швидкими темпами ведуться дослідження і створення різних штучних органів;
- друк стерильного інструментарію, що особливо актуально в періоди загострення епідеміологічних ситуацій.

Медичні продукти 3D технологій

- штучна людська шкіра (надзвичайно важлива у випадках сильних опіків);
- біосумісна кісткова та хрящова тканина;
- копії органів з онкологічним процесом для вивчення впливу ліків на пухлини;
- стоматологічні імплантанти, протези, коронки;
- індивідуальні слухові апарати;
- ортопедичні протези.

Мініатюризація 3D-принтіngu

- Група дослідників Масачусетського Інституту Технології (MIT) створила 3D принтер, що працює за новою технологією.
- Фактично робочим інструментом у ньому є лише один фотонний чип розміром у кілька міліметрів без будь-яких рухомих частин. Він випромінює видиме світло в смолу, що дозволяє здійснювати немеханічний 3D-друк.
- Нова технологія дає змогу значно зменшити розмір приладу і прискорити його роботу. Зокрема, дослідний зразок приладу може поміщатися на долоні й створювати 3D об'єкти за лічені секунди.
- Це може дати поштовх до революційних змін в багатьох сферах діяльності (медицина, наука, військова справа, легка промисловість).

Матеріали для 3D-друку

Вимоги до матеріалів:

- Придатність для 3D-друку.
- Відносна дешевизна.
- Наявність необхідних властивостей після друку (міцність, теплопровідність, резистентність до різних факторів, енергоактивність, біоактивність, ін.).
- Екологічність (екологічна безпечність при виробництві та придатність до утилізації природою); приклади – целюлоза та кремній.
- Придатність для 4D друку.

4D друк

- 4D-друк оснований на здатності матеріалів «пам'ятати» необхідну для них форму після власне операції 3D-друку.
- Після неї матеріали продовжують змінювати свою форму до «необхідної» (яку вони пам'ятають) або повертаються до неї у випадку несанкціонованої зміни (напр., пошкодження).

Порівняльний аналіз технологій 3D та 4D друку

Категорія	Технологія 3D-друку	Технологія 4D-друку
Метод друку	Процес схожий на двомірний друк: матеріал наноситься знизу нагору	Друк – це продовження 3D-друку
Тип принтера	3D-принтер	Розумний / мультимедійний 4D-принтер
Матеріали	Термопласти, кераміка, метали, папір, продукти харчування, полімери, наноматеріали та біоматеріали	Розумний матеріал, мульти-матеріал, самозбірний, самовитрагний та самочутливий матеріал, полімери з пам'яттю форми, магніто-стрикційні та сучасні матеріали

Порівняльний аналіз технологій 3D та 4D друку

Категорія	Технологія 3D-друку	Технологія 4D-друку
Концепція дизайну	Цифровий 3D-об'єкт (ІТ дизайн або результат сканування)	Цифровий 3D-об'єкт із функцією деформації
Супутнє обладнання	Апарати, екструзія матеріалів та селективне лазерне спікання	Модифіковане сопло, сполучений або селективний лазер
Гнучкість продукту	Ні	Так, після друку форми, кольору, різних функцій та інших умов
Стан продукту	Статична структура	Розумна, динамічна структура

Порівняльний аналіз технологій 3D та 4D друку

Категорія	Технологія 3D-друку	Технологія 4D-друку
Вартість об- ладнання	Низька	Висока
Огляд ринку	Середній	Вище середнього
Сфери діяль- ності	Машинобудування та ди- зайн, споживчі товари, освіта, авіакосмічна про- мисловість, медицина, ро- бототехніка, військова та оборонна промисловість, промислові товари, мода та ін.	Будівництво, медицина, ме- блі, транспорт, авіація, аеро- космічна промисловість, біо- медичні пристрої, м'яка робо- тотехніка та інші.



4. Наслідки розвитку АВ

Розвиток АВ обіцяє революційні зміни

- *Революція у виробництві.*
- АВ – це пряме цифрове виробництво (матеріалізація виробів прямо з віртуальних моделей). Це обіцяє:
 - економію матеріалів і зниження витрат;
 - серійне виготовлення;
 - технологія на основі даних;
 - більш короткі ланцюги створення вартості – ефективність логістики.

Розвиток АВ обіцяє революційні зміни

- ***Революція в підприємництві.***
 - Підприємець отримує можливість для тестування ринку надрукуювши прототипи пілотної продукції і починаючи таким чином проміжні стадії віддаленого виробництва.
- ***Революція в індивідуальному виробництві.***
 - З'являються унікальні можливості, коли споживачі будуть здатні самі друкувати необхідні їм речі. Цьому сприяють дві обставини: поява дешевого обладнання і поява доступних комп'ютерних програм для операційного здійснення 3D-друку.

Розвиток АВ обіцяє революційні зміни

➤ *Революція в дизайнінгу.*

- Іще одна ключова перевага 3D-друку полягає у тому, що він значною мірою знімає технологічні обмеження виготовлення різних виробів. За допомогою 3D-друку сьогодні можна створювати речі, які раніше було неможливо виготовити.

Розвиток АВ обіцяє революційні зміни

- *Революція в зберіганні та транспортуванні.*
 - Крім забезпечення можливості одиничного виробництва за ціною масового, економічності й демократизації доступу до ринку, 3D-друк значно спрощує зберігання і транспортування різних речей, замінюючи оперативні дії з матеріальними об'єктами на операції з їх цифровими моделями.

Розвиток АВ обіцяє революційні зміни

- *Революція в природокористуванні.*
 - Продукти 3D-друку обумовлюють значне скорочення споживання матеріалів, наслідком чого є зменшення навантаження на природні системи. Можна говорити про прямі (первинні) і непрямі (вторинні) ефекти у скороченні енергоємності і матеріаломісткості виробництва продукції.

5. Сестейнізація матеріалів



Напрями сестейнізації матеріалів

- досягнення необхідних фізичних властивостей для роботи в специфічних фізико-хімічних умовах, таких як екстремальні температури, тиск, ударні навантаження, агресивні середовища, інтенсивне тертя тощо;
- розробка матеріалів, що можуть використовуватися як «чорнила» для 3D-друку;
- забезпечення високої точності у процесі конструювання, включаючи відповідність проєктним розрахункам, прогнозування параметрів та досягнення заданих властивостей;

Напрями сестейнізації матеріалів

- досягнення можливості гнучкої зміни властивостей матеріалу з мінімальними витратами праці, часу та коштів;
- створення матеріалів, здатних перетворювати одну форму енергії на іншу;
- розробка матеріалів, придатних для імплантації в біологічні організми;
- забезпечення сумісності матеріалів з метаболізмом екосистем;
- забезпечення низької вартості у виробництві, експлуатації та утилізації матеріалів.

Композитні матеріали (КМ)

- У більшості композитних матеріалів (за винятком шаруватих) їхні складові можна поділити на матрицю (або зв'язувальні елементи) й додані елементи наповнювачів.
- У конструкційних композитах наповнювачі зазвичай забезпечують необхідні механічні характеристики, такі як міцність і жорсткість, тоді як матриця сприяє взаємодії армуючих елементів і їхньому захисту від механічних пошкоджень та агресивного середовища.

Функції КМ

- КМ не можуть бути найкращими в усіх аспектах порівняно з традиційними матеріалами.
- Для кожного виробу інженер проводить необхідні розрахунки і вибирає оптимальне поєднання матеріалів для виробництва.

Можливі цілі КМ

Можливі цілі для пошуку матеріалу включають:

- високу питому міцність;
- високу жорсткість;
- високу зносостійкість;
- високу втомну міцність;
- можливість виготовлення певних конструкцій з КМ;
- легкість.

При цьому різні типи композитних матеріалів можуть мати одну або кілька з цих переваг. Досягти всіх переваг одночасно неможливо.

Метаматеріали

- Це штучно створені матеріали, що мають властивості, яких не існує в природі.
- Зокрема, такі властивості можуть включати здатність матеріалу набувати нестандартних значень фізичних параметрів, таких як від'ємні значення діелектричної або магнітної проникності, особливу просторову організацію (локалізацію) розподілу цих параметрів (наприклад, періодична зміна коефіцієнта заломлення, як у фотонних кристалах), можливість керувати параметрами матеріалу під впливом зовнішніх факторів (метаматеріали з електрично керованою діелектричною та магнітною проникністю) тощо.
- Під час синтезу метаматеріалів розробник може варіювати різні параметри, такі як розміри структур або їх форму.

Матеріали для перетворення енергії

- Такі матеріали мають здатність трансформувати одну форму енергії в іншу.
- Ізраїльська компанія SoCold розробила фарбу, що допомагає охолоджувати будівлі в спекотну погоду.
- Фарба складається з двох шарів: зовнішній фільтрує деякі сонячні промені, а внутрішній перетворює тепло в світло, охолоджуючи поверхню до температури, що нижча за навколишнє середовище.

Термоелектричний генератор

- Каліфорнійська компанія Alrhabet Energy представила термоелектричний генератор, який можна підключити до звичайного генератора, щоб зібрати його тепло та перетворити його в корисну енергію.
- Генератор використовує доступний і природний термоелектричний матеріал – тетраедрит, мінерал, що складається з кристалів у формі тетраедра.
- Однак у лабораторіях вже проводяться дослідження ще більш ефективного термоелектричного матеріалу – скутерудиту.
- Ці матеріали належать до термоелектричних. Вони здатні перетворювати різницю температур на електричну енергію.

Мембранні матеріали

- *Мембранні матеріали* мають унікальну здатність демонструвати різні властивості в різних напрямках. Вони можуть пропускати електричний струм, тепло, світло, вологу чи хімічні речовини в одному напрямку, при цьому затримуючи їх у зворотному.
- Такі матеріали активно використовуються в різних наукових і технічних сферах:
 - у системах фільтрації та очищення рідин,
 - газорозподільних установках,
 - одязі з вибірковою паро- або теплопроникністю, а також
 - у пристроях для розділення компонентів крові.

Біоактивні матеріали

- *Біоактивні матеріали* характеризуються здатністю інтегруватися з живими тканинами, зокрема кістковими.
- Одним із різновидів таких матеріалів є біоситами.
- Основна сфера їхнього використання – медицина, де вони проявляють ряд унікальних властивостей:
 - біосумісність (зокрема біоінертність і біоактивність),
 - високі фізико-механічні показники,
 - стабільність характеристик і
 - тривалий термін служби в організмі людини.

Хірургічний клей

- Команда дослідників з Північно-Східного університету (США) спільно з фахівцями Сіднейського університету (Австралія) створила еластичний хірургічний клей, здатний загоювати рани на шкірі або внутрішніх органах без потреби у швах чи скобах всього за 60 секунд.
- Основу цього клею становить білок MeTro – тропоеластин, модифікований метакриловою кислотою. Після нанесення на рану речовина перетворюється на гель, який фіксується на місці й не зміщується.
- Подальше ультрафіолетове опромінення забезпечує міцне з'єднання гелю з ушкодженими тканинами, не заважаючи природному процесу загоєння.

Екологічно безпечні матеріали

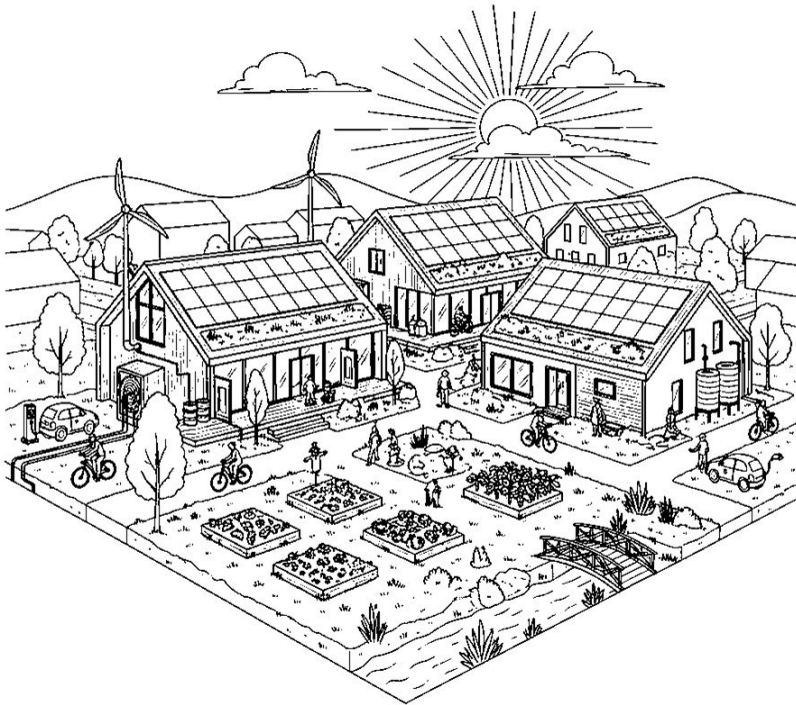
- Екологічна безпечність означає здатність матеріалів без шкоди інтегруватися в екосистемні процеси.
- Інакше кажучи, ці матеріали повинні мати здатність природним чином розкладатися під впливом навколишнього середовища та знову включатися в біологічні ланцюги як поживні елементи для флори й фауни.
- Особливо перспективними з цього погляду є матеріали на основі кремнію та целюлози – найпоширеніших у природі речовин.

Питання для самостійного опрацювання

1. Як концепція сталого розвитку узгоджується з ідеологією адитивного виробництва (3D-друку)?
2. У чому полягає різниця між термінами “адитивне виробництво” та “адитивні технології”?
3. Яким чином інтеграція генеративного дизайну, хмарних обчислень та штучного інтелекту сприяє ресурсоефективності виробництва?
4. Як впливає застосування екологічно прийнятних матеріалів (целюлоза, пісок, кераміка, вторинні ресурси) на зменшення екологічного сліду адитивних технологій?
5. Які екологічні та енергетичні переваги має адитивне виробництво порівняно з традиційними (субтрактивними) методами обробки матеріалів?
6. Як розвиток 4D-друку змінює уявлення про життєвий цикл продукції?
7. Яку роль відіграє людський фактор у формуванні сестейнової виробничої культури на підприємствах, що впроваджують адитивні технології?
8. Які напрями державної політики або міжнародної співпраці можуть стимулювати розвиток “зелених” адитивних технологій?
9. Як адитивне виробництво може стати інструментом соціальної інклюзії та децентралізованого розвитку громад?
10. Наведіть приклади, коли 3D-друк сприяв вирішенню локальних проблем – від забезпечення житлом до створення засобів реабілітації, освітніх і бізнесових рішень.

Тема 8

Сестейнізація поселень



Основи теорії

В ході формування сестейнових поселень необхідно забезпечити раціональне поєднання адміністративних, організаційних та економічних інструментів управління. Це дозволяє ефективно інтегрувати централізовані цілі сестейнового розвитку з інтересами місцевих громад, включаючи підприємницькі структури та населення. Місцеві адміністративні, підприємницькі та громадські організації ініціюють пошук дієвих механізмів для досягнення поставлених цілей.

У літературі (What is Ecorolis, 2017) подаються різні характеристики ЕКОПОЛІСу, серед яких:

- технологічна замкненість системи, що забезпечує безвідходну діяльність поселення;
- відносна автономність і здатність до самоорганізації, що дозволяє спільнотами в межах екополісів самостійно забезпечувати себе ресурсами та функціонувати за рахунок власної продуктивності;
- стабільність функціонування та сестейновий розвиток, що досягаються завдяки високій ефективності виробничих процесів і відсутності накопичення відходів як у межах системи, так і за її межами;
- толерантне ставлення до інших спільнот, яке ґрунтується на автономності та самодостатності, а також на здатності до взаємовигідного обміну ресурсами;
- універсальність, що дозволяє впроваджувати модель ЕКОПОЛІСу в різних кліматичних і географічних умовах;
- еволюційність, яка передбачає не лише збереження стану природного середовища, а й підвищення його ресурсного потенціалу.

Формування сестейнових поселень включає два основні аспекти: по-перше, створення умов для здорового та

екологічно сприятливого життя людини, що включає її соціальний розвиток; по-друге, зменшення негативного впливу на природні екосистеми під час розбудови та функціонування поселень. У цьому контексті особливу роль відіграє будівельна галузь.

Важливо, щоб створення та функціонування сучасних поселень було не лише вигідним для людини, а й безпечним для навколишнього середовища. Серед економічних викликів, на які має відповісти будівельна індустрія, варто виділити кілька ключових завдань:

- зменшення енергоспоживання під час виробництва та експлуатації інфраструктури поселень;
- зменшення використання матеріальних ресурсів, зокрема водних;
- мінімізація екологічно шкідливого впливу на природні системи під час створення та експлуатації поселень, включаючи етапи завершення їх життєвих циклів.

Можна виокремити кілька основних напрямків сестейнізації будівництва:

- *Екологічне відновлення* – процес сестейнового відновлення старих будівель, зазвичай віком понад сто років, шляхом їх реконструкції та адаптації до сучасних екологічних стандартів;
- *Екохайтек* – «зелене» будівництво, що включає застосування передових технологій та високоякісних, часто дорогих матеріалів, що зумовлює високу вартість готових об'єктів;
- *Екологічне будівництво економ-класу (еколаутек)* – будівництво, орієнтоване на більш доступні верстви населення, з оптимізацією розмірів об'єктів і використанням недорогих матеріалів, здебільшого місцевого походження.

Презентаційні матеріали

План лекції

- 1. Роль сестейнізації поселень у забезпеченні сестейного розвитку**
- 2. Формування екопоселень**
- 3. Напрями екологізації поселень**
- 4. Основи сестейнізації будівництва**
- 5. Оцінка сестейновості будівництва**
- 6. Напрями сестейнізації будівництва**



1. Роль сестейнізації поселень у забезпеченні сестейнового розвитку

Фактори сестейнізації поселень

- 1) Поселення є ключовою сферою життєдіяльності людини і формування людини як особистості.
- 2) Контури поселення формують стиль життя людини і режим праці й відпочинку.
- 3) Характер поселення визначає ставлення людини до природи.
- 4) Характер поселення визначає контури будівельної промисловості.
- 5) Характер поселення обумовлює комунікації й соціальні відносини.



2. Формування екопоселень

Формування екопоселень

- Одним із напрямів сестейнізації життєдіяльності людей є формування *екопоселень*.
- Вони сприяють усвідомленню природних кругообігів і дозволяють ефективно прогнозувати та регулювати наслідки господарської діяльності шляхом формування сестейнових, сприятливих для проживання систем, що гармонічно пов'язують поселення з об'єктами природи.
- *Сучасне екопоселення* – це перш за все стиль життя, у якому господарська, зокрема аграрна діяльність гармонізується з природними процесами та дбайливим ставленням до довкілля й усіх форм життя на Землі.

Функції ЕКОПОЛІСУ

- Ключовим завданням ЕКОПОЛІСУ є інтегрування у природні цикли не тільки процеси функціонування помешкання людей, але й виробничих об'єктів, а також відповідної інфраструктури, зберігаючи баланс з *природними ритмами*.

Характеристики ЕКОПОЛІСУ

- технологічна замкненість системи, що забезпечує безвідходну діяльність поселення;
- відносна автономність і здатність до самоорганізації, що дозволяє спільнотами в межах екополісів самостійно забезпечувати себе ресурсами та функціонувати за рахунок власної продуктивності;
- стабільність функціонування та сестейновий розвиток, що досягаються завдяки високій ефективності виробничих процесів і відсутності накопичення відходів як у межах системи, так і за її межами;

Характеристики ЕКОПОЛІСУ

- толерантне ставлення до інших спільнот, яке ґрунтується на автономності та самодостатності, а також на здатності до взаємовигідного обміну ресурсами;
- універсальність, що дозволяє впроваджувати модель ЕКОПОЛІСУ в різних кліматичних і географічних умовах;
- еволюційність, яка передбачає не лише збереження стану природного середовища, а й підвищення його ресурсного потенціалу.

Життєблагодатний комплекс за П. П. Бобровським

- Під *життєблагодатним* комплексом розуміється створена для повноцінного особистісного розвитку людини цілісна система умов, що поєднує матеріальні об'єкти, культурні надбання, інформаційні ресурси та природні компоненти.
- Разом вони покликані забезпечити високу якість життя.
- Це охоплює як повноцінний добробут, так і фізичне та духовне здоров'я, а також максимальне розкриття творчого потенціалу населення.

Складові життєблагодатного комплексу

- критерії та норми *добробуту*, що передбачають наявність матеріальних та інформаційних активів для задоволення базових економічних потреб людини;
- критерії та норми забезпечення засобами, необхідними для *соціального (особистісного)* розвитку;
- біосферні норми та критерії, що забезпечують (*сестей-новий*) стан природних екосистем;
- гігієнічні норми, які гарантують безпечний вплив компонентів довкілля на організм людини;
- норми та критерії, що забезпечують особистісні людині *інформаційний* зв'язок із природними системами.



3. Напрями екологізації поселень

Потреби інформаційного контакту особистості з природою

- Унікальність людської особистості може розвинутися лише за умов інформаційного різноманіття середовища проживання. І саме елементи живої, натуральної природи здатні створити таке різноманіття.
- У життєсприятливих комплексах відтворення природних компонентів – зокрема ландшафтів – має не лише екологічне, а й самодостатнє соціальне значення, адже саме природа сприяє розвитку особистості та реалізації її соціальних функцій.

Включення природних компонентів в природу

- Нормативи щодо факторів природного середовища можуть формуватися у двох напрямках.
- Перший підхід полягає в регулюванні можливості взаємодії людини з елементами природного середовища (зелені насадження, водойми, птахи, тварини) безпосередньо в межах житлової зони – такий підхід реалізується, зокрема, в Японії.

Стандарти озеленення територій в Японії

- Існує шкала індексів озеленення території.
- Мінімальне значення індексу отримують території, які не мають зелених насаджень, – 1; ферми, луки, трав'яні газони, поля, сади мають індекс від 2 до 4; зарості чагарника і бамбука – 5; посадки дерев – 6; молодий вторинний ліс – 7, старий вторинний ліс – 8, первинний ліс – 9, особливо цінний первинний ліс – 10.
- Після завершення будівництва об'єкта середній індекс освоєної території повинен становити не менше ніж 6. Отже, щоб компенсувати залиті асфальтом ділянки, будівельники повинні саджати «дорослі» дерева.

Посадка «дорослих» дерев на будівельному майданчику в Японії



Стандарт на наявність живих істот

- В Японії існує такий стандарт на наявність у середовищі існування людини живих представників природи.
- Тому тут можна спостерігати в фонтанах риб, а в парках оленів.



Стандарт гармонії

- Існує універсальна фраза в стандарті: «Об'єкт повинен гармоніювати з докІЛЛЯМ»



Штучна річка в м. Нагоя

Поняття про біотоп

- *Біотопи* – це природні чи штучно створені ландшафти, що підтримуються людською працею та імітують незаймані екосистеми.
- Вони можуть бути розташовані в приміських парках, міських скверах, дворах установах, дворах приватних будинків і навіть у квартирах.

«Вертикальний ліс» у Мілані (Хмарочос Боско Вертикале)



Зелена стіна на будинку Саїха Форум в Мадриді



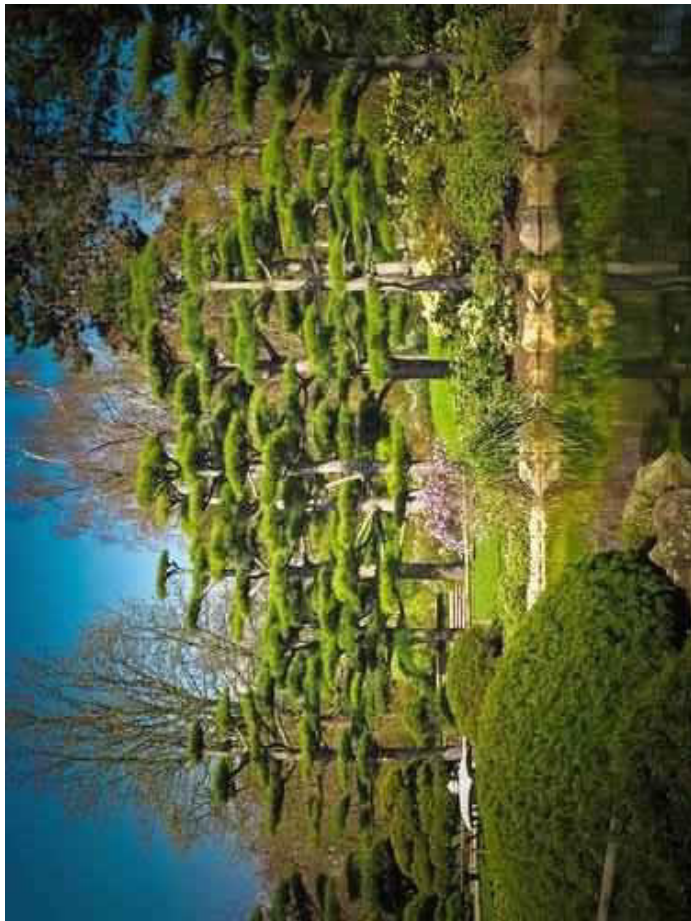
Доступ людини до природних ландшафтів

- Другий напрям – це забезпечення доступу людини до природних ландшафтів (лісів, полів, гір), що розташовані поза житловими зонами, але залишаються досяжними, зокрема за допомогою громадського транспорту, як це організовано в Німеччині.

Біотоп в Німеччині



Біотоп в Німеччині



Біотоп в Швеції



Свобода вибору умов життя

- Людина може бути повною мірою щасливою лише тоді, коли вона сама бере участь у виборі своєї мети. А вибір контуру поселення, де людині доводиться прожити період свого життя, також пов'язано з реалізацією мети людини. Це важливо не лише з точки зору збереження екосистем, але й для розвитку особистих якостей, забезпечення свідомих установок, цілей і завдань. Принцип тоталітарних суспільств, що «силоміць заганяють людину до щастя», не підходить для забезпечення сесейного розвитку.
- Один із реальних інструментів врахування думки громадян при перетворенні природного середовища – громадянська експертиза проєкту майбутнього будівництва. Як правило, це проводиться в рамках оцінки впливу на навколишнє середовище.

4. Основи сестейнізації будівництва



Базові компоненти сестейнізації поселень

Формування сестейнових поселень включає два основні аспекти:

- по-перше, створення умов для здорового та екологічно сприятливого життя людини, що включає її соціальний розвиток;
- по-друге, зменшення негативного впливу на природні екосистеми під час розбудови та функціонування поселень.

У цьому контексті особливу роль відіграє будівельна галузь.

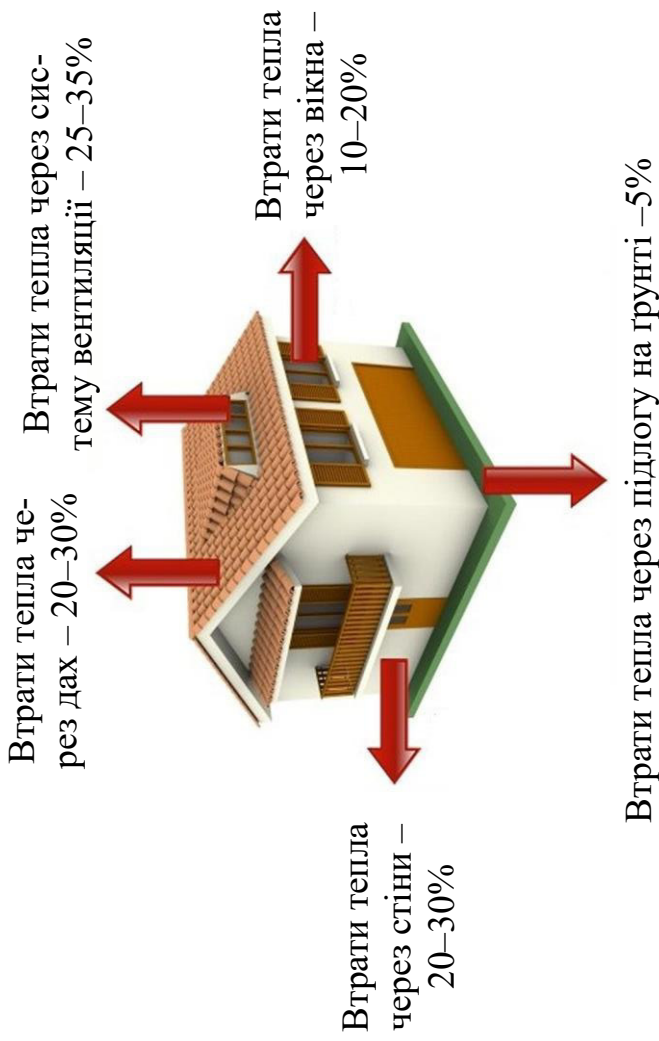
Вплив будівельної галузі на природу

- Будівельна індустрія та комунальне господарство відповідають за більше ніж 30% споживання енергії, а з урахуванням всього циклу виробництва матеріалів та енергії цей показник може досягати 50%.
- Вони також є джерелом 20% викидів парникових газів та близько 50% забруднених водних стоків.

Завдання сестейнізації будівництва

- зменшення енергоспоживання під час виробництва та експлуатації інфраструктури поселень;
- зменшення використання матеріальних ресурсів, зокрема водних;
- мінімізація екологічно шкідливого впливу на природні системи під час створення та експлуатації поселень, включаючи етапи завершення їх життєвих циклів.

Тепловтрати в будинку



Критерії енергоефективності будівель

- будинок зі звичайним споживанням енергії – річні втрати на опалення не перевищують $90 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$;
- енергозасивний будинок – менше $45 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$;
- будинок з нульовим опаленням (не витрачається енергія на опалення, але енергія необхідна для нагріву гарячої води) – менше $15 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$;
- будинок з позитивним енергобалансом – виробляє більше енергії, ніж споживає.

5. Оцінка сестейновості будівництва



Напрями екологічної сертифікації

- Оцінка *самого об'єкта будівництва* всім циклом реалізації проєкту: від проєктних робіт до демонтажу будівлі.
- Оцінка *матеріалів*, що використовуються для побудови і експлуатації об'єкта; розглядаються екологічні властивості окремих матеріалів і комплексуючих.
- Сьогодні в світі використовуються більше десяти визнаних міжнародних систем сертифікації «зеленого» будівництва. Крім того, свої власні системи мають окремі країни. Найбільш поширеними є три системи.

Основні системи сертифікації «зеленого» будівництва

- Британська система **BREEAM** (BRE Environmental Assessment Method) – інститут Building Research Establishment.

Критерії:

- енергетична ефективність;
- ефективне використання води;
- матеріали, що використовуються в будівництві (включаючи повторне використання);
- якість управління будівельним проектом;
- комфорт і здоров'я мешканців або працівників;
- транспортна інфраструктура в районі розміщення будівлі;
- використання земельної ділянки;
- видалення сміття з будівельного майданчика.

Рівні сертифікації: Outstanding, Excellent, Very Good, Good, Pass.

Основні системи сертифікації «зеленого» будівництва

➤ США. **LEED** (The Leadership in Energy & Environmental Design, в перекладі «Керівництво з енергоефективного та екологічного проектування»).

100-бальна система за такими основними *категоріями*:

- місце розміщення і доступ до транспортної інфраструктури;
- використання матеріалів і ресурсів (зокрема ефективність використання енергії та води);
- внутрішній комфорт;
- використання інновацій в проєкті;
- вплив на навколишнє середовище;
- оцінка регіональних пріоритетів в районі будівництва;
- оцінка району будівництва з точки зору розвитку інфраструктури.

Рівні сертифікації: платиновий, золотий, срібний, простий.

Основні системи сертифікації «зеленого» будівництва

Німецька **DGNB** (Німецька радою із «зеленого» будівництва).

Критерії:

- «екологічний слід»: оцінка впливу на навколишнє середовище тих матеріалів, які використані при будівництві; оцінка стосується не тільки впливу готового матеріалу, а й процесів його виготовлення – шкідливі викиди, витрати енергії;
- якість організації процесів: проектування, будівництва, експлуатації, демонтажу; оцінка впливу проєкту на навколишнє середовище на всіх його стадіях;
- оцінка функціональної якості будівлі: комфорт для мешканців або людей, що працюють у будівлях; якість виконання робіт;
- оцінка ділянки і району, де розміщується будівля.

Рівні сертифікатів: золотий, срібний, бронзовий.

Екологічні вимоги до будівель в Україні

- В Україні з'явилися нові вимоги до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії (Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 06.02.2025), який значною мірою відтворює загальноєвропейські вимоги до будівельної сфери.

6. Напрями сестейнізації будівництва



Напрями сестейнізації будівництва

Можна виокремити кілька основних напрямків сестейнізації будівництва:

- *Екологічне відновлення* – процес сестейнового відновлення старих будівель, зазвичай віком понад сто років, шляхом їх реконструкції та адаптації до сучасних екологічних стандартів;
- *Екохайтек* – «зелене» будівництво, що включає застосування передових технологій та високоякісних, часто дорогих матеріалів, що зумовлює високу вартість готових об'єктів;
- *Екологічне будівництво економ-класу (еколаутек)* – будівництво, орієнтоване на більш доступні верстви населення, з оптимізацією розмірів об'єктів і використанням недорогих матеріалів, здебільшого місцевого походження.

Інноваційні будівельні матеріали

Біовугільне облицювання

- Біовугілля – 100% натуральний матеріал, схожий на деревинне вугілля.
- Має унікальні показники низької теплопровідності та вологопоглинання

Синтетичний павучий шовк

- Більш ніж в 5 разів міцніший за сталь і в 10 разів міцніший за кевлар.
- Має високі показники водопоглинання, щільності та еластичності

Самовідновлювальний бетон

- «Розумний» матеріал, здатний за рахунок бактеріальних реакцій відновлювати себе від тріщин; значно збільшує термін служби.

Інноваційні будівельні матеріали

Прозоре дерево

- З дерева видаляються фарбники й хімікати. Пластикоподібний натуральний матеріал міцніше скла й розкладається значно краще, ніж пластик

Сталь з ефектом пам'яті

- Здагна після термального впливу повертатися до початкової форми. Стійка до високих навантажень

Картопляна стружка

- Є альтернативою ДВП. Не містить смол і шкідливих хімікатів; дозволяє повторну переробку

Інноваційні будівельні матеріали

Світловідбивний бетон

- За рахунок включення крихітних скляних бусинок набуває властивості відбиття світла

Гнучкий бетон

- замість традиційної металеві арматури в бетон додається надзвичайно тонкі полімерні мікроволоконна, які розподіляють навантаження по всьому об'єму бетону;
- бетон стає міцнішим, ніж метал та в рази міцнішим за звичайний бетон при згинанні

Графен, що друкується на 3D-принтері

- В 200 разів міцніший за сталь, разом із тим гнучкий, прозорий, має високу провідність та теплоізоляційні властивості; втім, поки 3D-друк має високі витрати

Інноваційні будівельні матеріали

Прозорий алюміній

- прозора кераміка на основі оксинітриду алюмінія;
- довговічний, стійкий до подряпин;
- набагато міцніший за амосилікатне скло (кварц) та на 85% твердіший за сапфір;
- стійкий до радіації, кислоти, лугам та воді;
- використовується для прозорих ударостійких елементів

Гідрокераміка (пасивне охолодження)

- композитний матеріал з глини та гідрогелю;
- здатний охолоджувати внутрішні приміщення до 6°;
- здатний вбирати в себе в 500 разів більше води, ніж його власна вага;
- створює ефект самоохолодження

Інноваційні будівельні матеріали

Арматура із пеньки

- конопляна альтернатива сталевій арматурі;
- дешева, неенергоємна у виробництві, екологічна, стійка до ерозії, не поступається міцності металевій арматурі, а в деяких випадках перевищує її

Ригланд

- міцний паперовий композитний матеріал;
- виготовляється з макулатури, пресується в тверді гладкі панелі, які можна переробляти;
- дешева й екологічна у виробництві;
- працює як тверда деревина;
- можна фрезерувати, шліфувати та з'єднувати;
- використовується, зокрема для меблів

Інноваційні будівельні матеріали

Цегла, що поглинає забруднення

- виготовляється з бетону;
- спроектована так, щоб в середину пропускати повітря та закріплювати забруднення

Міцелій

- виготовляється з крихітних ниток грибів та грибків;
- при змішування з органічними речовинами утворює щільний, вогнестійкий матеріал;
- у порівнянні з бетоном легше, дешевше, екологічніше;
- легко формується, має чудові теплоізоляційні властивості.

Супербіла фарба для пасивного охолодження

- біла фарба, яка відбиває 98% сонячного світла; це досягається добавкою сульфату барію

Державна підтримка сестейнізації в Україні

Державна підтримка заходів, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності будівель, відповідно до пропозицій закону, включає низку механізмів:

- бюджетне фінансування інвестицій;
- зниження вартості кредитів на реалізацію заходів щодо підвищення енергетичної ефективності (відшкодування відсоткових ставок та/або частини суми кредиту);
- часткове відшкодування витрат на заходи, що сприяють енергетичній ефективності будівель;
- пільгове кредитування;

Державна підтримка сестейнізації в Україні

- надання державних та місцевих гарантій за кредитами;
- впровадження спеціальних тарифів на комунальні послуги та енергетичні ресурси;
- розвиток державно-приватного партнерства;
- створення стимулів для отримувачів соціальної допомоги та субсидій на оплату житлово-комунальних послуг для реалізації енергозберігаючих заходів;
- інші форми фінансування, визначені законодавством.

«Розумний» екобудинок Sunhouse360°, що обертається за сонцем



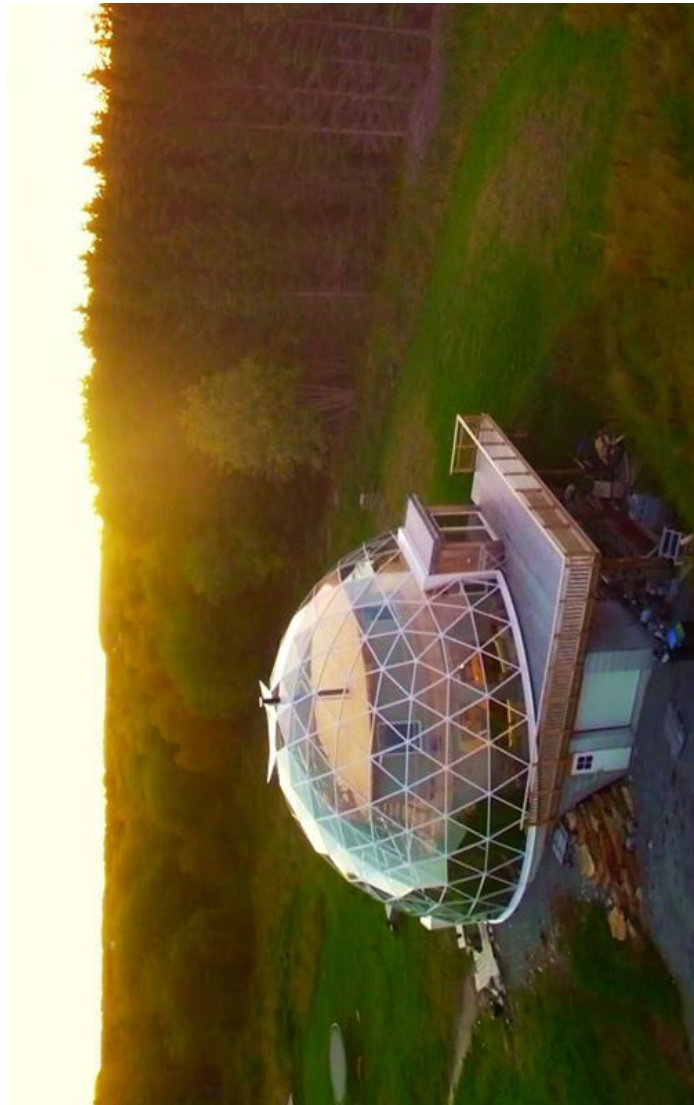
Проект різних станів хмарочоса, що обертається *Dynamic Tower у Дубаї*



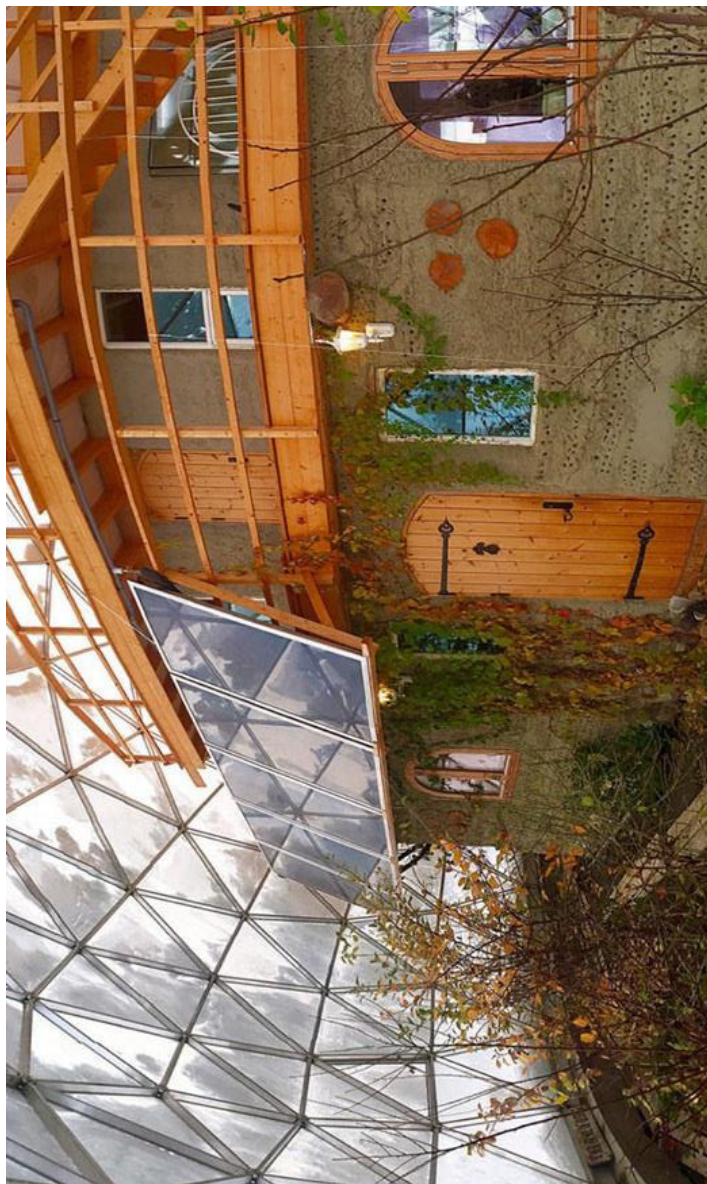
Міні-будинок на колесах



Геобудинок під скляним куполом (Норвегія)



Житлові приміщення будинку під скляним куполом



«Солом'яний будинок» у Запорозжі



«Солом'яний будинок» у Запорожжі

- Нова українська будівельна компанія Life House Building почала будівництво житла із соломи.
- Технологія складання будинку досить проста. На дерев'яний каркас із дахом нанижують солом'яні блоки-панелі.
- Для їх виготовлення використовується екологічно чиста солома (яка не проходила хімічної обробки). Тому панелі не виділяють ніяких токсичних речовин.

«Солом'яний будинок» в процесі будівництва



PassiveDom: «розумний» екобудинок, роздрукований на 3D-принтері



Перша 3D-друкована школа у м. Львів (2025 р.)



- Вартість будівництва (на 2024 р.) – 800 тис. доларів.
- Вартість 3D-принтера – 1–1,5 млн доларів.

Перша 3D-друкована школа у м. Львів

- Нова 3D-школа розрахована на 100 учнів, має площу 506 кв.м, 4 просторі класні кімнати, учительську, гардеробну, кімнату відпочинку та санвузли.
- Половину об'єкта вдалось надрукувати за 3–4 дні.



Розвиток АВ обіцяє революційні зміни

Революція в зберіганні та транспортуванні.

- Крім забезпечення можливості одиничного виробництва за ціною масового, економічності й демократизації доступу до ринку, 3D-друк значно спрощує зберігання і транспортування різних речей, замінюючи оперативні дії з матеріальними об'єктами на операції з їх цифровими моделями.

Розвиток АВ обіцяє революційні зміни

Революція в природокористуванні.

- Продукти 3D-друку обумовлюють значне скорочення споживання матеріалів, наслідком чого є зменшення навантаження на природні системи.
- Можна говорити про прямі (первинні) і непрямі (вторинні) ефекти у скороченні енергоємності і матеріаломісткості виробництва продукції.

Напрями сестейнізації матеріалів

- досягнення необхідних фізичних властивостей для роботи в специфічних фізико-хімічних умовах, таких як екстремальні температури, тиск, ударні навантаження, агресивні середовища, інтенсивне тертя тощо;
- розробка матеріалів, що можуть використовуватися як «чорнила» для 3D-друку;
- забезпечення високої точності у процесі конструювання, включаючи відповідність проєктним розрахункам, прогнозування параметрів та досягнення заданих властивостей;

Напрями сестейнізації матеріалів

- досягнення можливості гнучкої зміни властивостей матеріалу з мінімальними витратами праці, часу та коштів;
- створення матеріалів, здатних перетворювати одну форму енергії на іншу;
- розробка матеріалів, придатних для імплантації в біологічні організми;
- забезпечення сумісності матеріалів з метаболізмом екосистем;
- забезпечення низької вартості у виробництві, експлуатації та утилізації матеріалів.

Композитні матеріали (КМ)

- У більшості композитних матеріалів (за винятком шаруватих) їхні складові можна поділити на матрицю (або зв'язувальні елементи) й додані елементи наповнювачів.
- У конструкційних композитах наповнювачі зазвичай забезпечують необхідні механічні характеристики, такі як міцність і жорсткість, тоді як матриця сприяє взаємодії армуючих елементів і їхньому захисту від механічних пошкоджень та агресивного середовища.

Можливі цілі КМ

Можливі цілі для пошуку матеріалу включають:

- високу питому міцність;
- високу жорсткість;
- високу зносостійкість;
- високу втомну міцність;
- можливість виготовлення певних конструкцій з КМ;
- легкість.

При цьому різні типи композитних матеріалів можуть мати одну або кілька з цих переваг. Досягти всіх переваг одночасно неможливо.

Метаматеріали

- Це штучно створені матеріали, що мають властивості, яких не існує в природі.
- Зокрема, такі властивості можуть включати здатність матеріалу набувати нестандартних значень фізичних параметрів, таких як від'ємні значення діелектричної або магнітної проникності, особливу просторову організацію (локалізацію) розподілу цих параметрів (наприклад, періодична зміна коефіцієнта заломлення, як у фотонних кристалах), можливість керувати параметрами матеріалу під впливом зовнішніх факторів (метаматеріали з електрично керованою діелектричною та магнітною проникністю) тощо.
- Під час синтезу метаматеріалів розробник може варіювати різні параметри, такі як розміри структур або їх форму.

Матеріали для перетворення енергії

- Такі матеріали мають здатність трансформувати одну форму енергії в іншу.
- Ізраїльська компанія SolCold розробила фарбу, що допомагає охолоджувати будівлі в спекотну погоду.
- Фарба складається з двох шарів: зовнішній фільтрує деякі сонячні промені, а внутрішній перетворює тепло в світло, охолоджуючи поверхню до температури, що нижча за навколишнє середовище.

Термоелектричний генератор

- Каліфорнійська компанія Alrhabet Energy представила термоелектричний генератор, який можна підключити до звичайного генератора, щоб зібрати його тепло та перетворити його в корисну енергію.
- Генератор використовує доступний і природний термоелектричний матеріал – тетраедрит, мінерал, що складається з кристалів у формі тетраедра.
- Однак у лабораторіях вже проводяться дослідження ще більш ефективного термоелектричного матеріалу – скутерудиту.
- Ці матеріали належать до термоелектричних. Вони здатні перетворювати різницю температур на електричну енергію.

Мембранні матеріали

- *Мембранні матеріали* мають унікальну здатність демонструвати різні властивості в різних напрямках. Вони можуть пропускати електричний струм, тепло, світло, вологу чи хімічні речовини в одному напрямку, при цьому затримуючи їх у зворотному.
- Такі матеріали активно використовуються в різних наукових і технічних сферах:
 - у системах фільтрації та очищення рідин;
 - газорозподільних установках;
 - одязі з вибірковою паро- або теплопроникністю;
 - у пристроях для розділення компонентів крові.

Біоактивні матеріали

- *Біоактивні матеріали* характеризуються здатністю інтегруватися з живими тканинами, зокрема кістковими.
- Одним із різновидів таких матеріалів є біоситами.
- Основна сфера їхнього використання – медицина, де вони проявляють ряд унікальних властивостей:
 - біосумісність (зокрема біоінертність і біоактивність);
 - високі фізико-механічні показники;
 - стабільність характеристик;
 - тривалий термін служби в організмі людини.

Хірургічний клей

- Команда дослідників з Північно-Східного університету (США) спільно з фахівцями Сіднейського університету (Австралія) створила еластичний хірургічний клей, здатний загоювати рани на шкірі або внутрішніх органах без потреби у швах чи скобах всього за 60 секунд.
- Основу цього клею становить білок MeTro – тропоеластин, модифікований метакриловою кислотою. Після нанесення на рану речовина перетворюється на гель, який фіксується на місці й не зміщується.
- Подальнє ультрафіолетове опромінення забезпечує міцне з'єднання гелю з ушкодженими тканинами, не заважаючи природному процесу загоєння.

Екологічно безпечні матеріали

- Екологічна безпечність означає здатність матеріалів без шкоди інтегруватися в екосистемні процеси.
- Інакше кажучи, ці матеріали повинні мати здатність природним чином розкладатися під впливом навколишнього середовища та знову включатися в біологічні ланцюги як поживні елементи для флори й фауни.
- Особливо перспективними з цього погляду є матеріали на основі кременію та целюлози – найпоширеніших у природі речовин.

Питання для самостійного опрацювання

1. Як поєднання адміністративних, організаційних та економічних інструментів управління сприяє ефективному розвитку сестейнових поселень?

2. У чому полягає відмінність між традиційними урбаністичними моделями розвитку та концепцією ЕКОПОЛІСУ?

3. Яким чином принципи технологічної замкненості й самоорганізації сприяють досягненню цілей сталого розвитку (ЦСР 7, 9, 11, 12, 13)?

4. Які механізми економічної мотивації можуть стимулювати місцеві громади та підприємства до впровадження моделей екополісів?

5. Як забезпечити баланс між економічною доцільністю будівництва та екологічною безпекою під час створення нових поселень?

6. У чому полягає роль будівельної галузі в переході до сестейнових поселень і як вона може зменшити свій екологічний слід?

7. Порівняйте три напрями сестейнізації будівництва – ековідновлення, екохайтек та еколаутек.

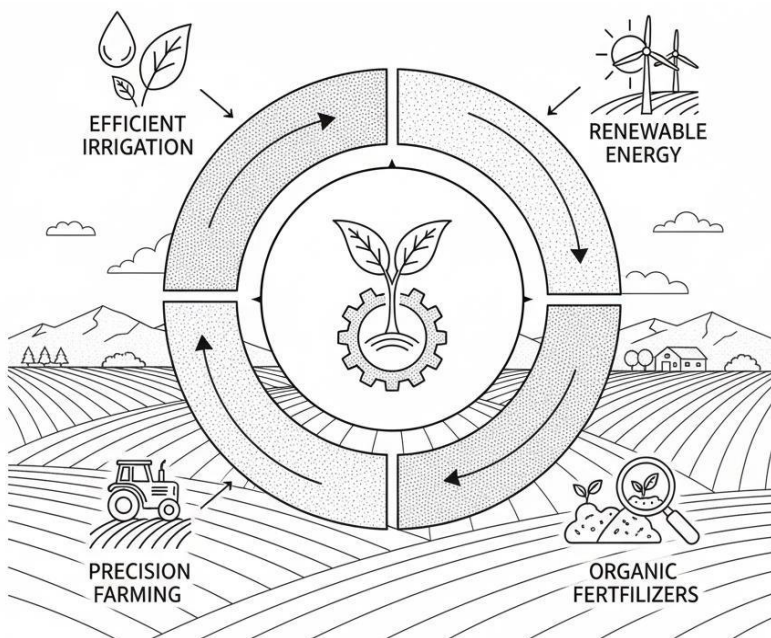
8. Як концепція еволюційності ЕКОПОЛІСУ може сприяти не лише збереженню, а й підвищенню ресурсного потенціалу природного середовища?

9. Які приклади реальних або проектних екополісів (в Україні чи світі) демонструють успішну інтеграцію принципів сталого розвитку?

10. Яким чином концепція ЕКОПОЛІСУ узгоджується із глобальними документами сталого розвитку – Порядком денним ООН до 2030 року, Паризькою кліматичною угодою, Новим європейським зеленим курсом (Green Deal)?

Тема 9

Сестейнізація агровиробництва



Основи теорії

Сестейнове агровиробництво визначається як така форма сільськогосподарської діяльності, що сприяє досягненню цілей сестейнового розвитку (MacRae, 1990). Деталізуючи це поняття, можна сказати, що йдеться про таке агровиробництво, яке здатне забезпечувати потреби сучасного покоління в аграрній продукції, не ставлячи під загрозу можливість задоволення таких потреб у майбутньому.

При глибшому аналізі можна виокремити основні групи цілей сестейнового агровиробництва:

- забезпечення населення Землі продуктами харчування та промисловими ресурсами в достатній кількості, належної якості та збалансованості;
- гарантування безпечності харчових продуктів для споживачів з погляду їхнього здоров'я, включаючи потенційні генетичні наслідки;
- гарантування безпечності для здоров'я виробників аграрної продукції, з урахуванням впливу на генетичний стан;
- збереження сестейновості агровиробництва, зокрема охорона екосистем і біосфери планети;
- забезпечення високої соціальної якості життя як для працівників агросектору, так і для споживачів продукції, а також для суспільства в цілому.

З урахуванням ширшого підходу до аграрного виробництва як складової соціальної системи, концепція сестейнового агровиробництва охоплює низку ключових компонентів (Nguyen, 2023), зокрема:

- активне використання природних процесів, таких як кругообіг поживних речовин, фіксація азоту тощо;

- мінімізація використання штучних або невідновлюваних природних ресурсів, які шкодять довкіллю та здоров'ю людини;
- залучення фермерів і мешканців сільських територій до аналізу проблем, розробки технологій і адаптації їх до місцевих умов;
- забезпечення більш справедливого доступу до ресурсів і можливостей;
- ефективне використання знань, досвіду й потенціалу місцевих громад;
- залучення всієї різноманітності природних ресурсів і розвиток підсобного господарства на фермах;
- посилення автономії фермерів та сільських спільнот.

Найефективнішим засобом людського впливу на агровиробництво є модифікація генетичного механізму сільськогосподарських культур – як рослин, так і тварин. Властивості, що мають ключове значення (наприклад, у пшениці – врожайність, стійкість до засухи чи надмірної вологи, довжина стебла, стійкість до хвороб тощо), фіксуються на генетичному рівні й згодом передаються наступним поколінням без потреби в постійному зовнішньому втручанні.

Можна виокремити два головні напрями аграрної діяльності, що пов'язані з впливом на генетичний апарат культур: це *селекція* та *генна інженерія*.

Щодо сестейнового впливу людини на навколишнє середовище через культивовані організми, можна виокремити два основні напрямки, що набули розвитку: біодинамічне та точне землеробство.

Біодинамічне землеробство (БЗ) – це підхід до агровиробництва, який розглядає господарювання як частину єдиної просторово-часової системи, де взаємодіють

вирощувані культури, навколишнє середовище та природно-космічні чинники.

Точне (координатне) землеробство ґрунтується на ідеї існування неоднорідностей на одному полі. Для їх виявлення використовуються передові технології, зокрема: GPS, Galileo, спеціальні сенсори, аерофотознімки, супутникові знімки та геоінформаційні системи. Отримані дані використовуються для планування посівів, розрахунку норм добрив та засобів захисту рослин, а також для прогнозування врожайності та фінансового планування. Концепція точного землеробства передбачає врахування місцевих особливостей ґрунту та клімату, що допомагає визначати причини хвороб або ущільнень на полях.

Наразі можна виділити два основні напрямки сестейнового агровиробництва, які умовно можна назвати *індустріалізованим* і *органічним*. Спрощено, їх принципова різниця полягає в тому, що в індустріалізованому напрямку основна увага зосереджена на безпосередньому впливі людини на об'єкти праці – рослини та тварин, а в органічному – на середовищі, в якому відбувається вирощування продукту. Кожен з цих напрямків має свої специфічні сфери застосування та методи реалізації.

Основною концепцією індустріалізованих напрямків агровиробництва є перехід від суцільної обробки землі до індивідуального впливу на рослини. Така інтенсифікація відбувалася у 1960–1980 роках, коли замість загального поливу, розкидання мінеральних добрив та масового застосування отрутохімікатів із літаків, стали використовувати краплинне зрошення та капсульне землеробство. У цьому підході хімічна обробка рослин зберігається, але її потреба значно зменшується. Це дозволяє суттєво знизити екологічні наслідки. Зокрема, зменшуються деградації земель, такі як

засолення та забруднення. Одні з напрямів індустріалізованого агровиробництва знайшли своє застосування в гідропоніці та інтенсифікації тепличного господарства.

Коли мова йде про індустріалізацію сільського господарства, неможливо не звернути увагу на проблеми тваринництва. В більшості випадків ця галузь вже має індустріалізований характер, зокрема завдяки широкому використанню стимуляторів росту, синтетичних кормових добавок та антибіотиків. Екологізація цього процесу може бути досягнута шляхом посилення контролю, повної заборони на певні препарати, а також через введення стимулюючих заходів (як негативних, так і позитивних) для виробників і споживачів, що дозволить їм бути зацікавленими у досягненні цілей екологічного розвитку агровиробництва.

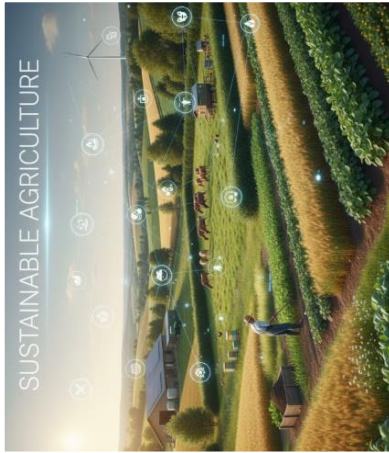
Що стосується так званого м'яса з пробірки, то це ще один напрямок індустріалізації аграрного виробництва, який не зовсім належить до традиційного тваринництва, але й не є частиною рослинництва.

Культивоване м'ясо, або «м'ясо з пробірки» (cultivated meat, Lat-grown meat), це справжнє м'ясо тварин (включно морепродукти і субпродукти), що вироблене методом культивування клітин тварин в безпечному та контрольованому середовищі.

Презентаційні матеріали

План лекції

1. Поняття про сестейнове агровиробництво
2. Основи сестейнового агровиробництва
3. Біодинамічне й точне землеробство
4. Індустріальний напрям сестейнізації агровиробництва
5. М'ясо з пробірки
6. Органічне землеробство
7. Екологічне сертифікація та маркування



1. Поняття про сестейнове агровиробництво

Визначення

- *Сестейнове агровиробництво* визначається як така форма сільськогосподарської діяльності, що сприяє досягненню цілей сестейнового розвитку.
- Деталізуючи це поняття, можна сказати, що йдеться про таке агровиробництво, яке здатне забезпечувати потреби сучасного покоління в аграрній продукції, не ставлячи під загрозу можливість задоволення таких потреб у майбутньому.

Цілі сестейнізації агровиробництва

- забезпечення населення Землі продуктами харчування та промисловими ресурсами в достатній кількості, належної якості та збалансованості;
- гарантування безпечності харчових продуктів для споживачів з погляду їхнього здоров'я, включаючи потенційні генетичні наслідки;
- гарантування безпечності для здоров'я виробників аграрної продукції, з урахуванням впливу на генетичний стан;
- збереження сестейності агровиробництва, зокрема охорона екосистем і біосфери планети;
- забезпечення високої соціальної якості життя як для працівників агросектору, так і для споживачів продукції, а також для суспільства в цілому.

Компоненти сестейнового агровириництва

- активне використання природних процесів, таких як кругообіг поживних речовин, фіксація азоту тощо;
- мінімізація використання штучних або невідновлюваних природних ресурсів, які шкодять довкіллю та здоров'ю людини;
- залучення фермерів і мешканців сільських територій до аналізу проблем, розробки технологій і адаптації їх до місцевих умов;
- забезпечення більш справедливого доступу до ресурсів і можливостей;
- ефективне використання знань, досвіду й потенціалу місцевих громад;
- залучення всієї різноманітності природних ресурсів і розвиток підробного господарства на фермах;
- посилення автономії фермерів та сільських спільнот.

Ключові методи сестейнізації агровириництва

Сівозміна й диверсифікація

Виручування різних культур послідовно на тій самій землі; це перериває цикли розмноження шкідників, підвищує вологість та родючість ґрунтів; зокрема, після кукурудзи бажано посадити бобові (напр. квасоль), яка фіксує азот.

Органічне землеробство

Надається перевага натуральним методам, робиться упор на здоров'ї ґрунтів, біорізноманітті та екологічному балансі; зокрема, підхід Regen X виключає використання синтетичних хімікатів; він застосовується в багатьох країнах.

Агро-лісівництво

Поєднання рослинництва, тваринництва та лісівництва; зокрема, дерева чи кущі можуть висаджуватися навколо чи між сільгоспкультурами або пасовищами.

Ключові методи сестейнізації агровиробництва

Протиерозійна обробка ґрунту

Застосовується мінімальна (аж до нульової) обробка землі; мінімізує руйнування ґрунтів, зменшує їх ерозію та утримує вологу, дозволяє залишкам урожаю та живильним речовинам залишатися на полях; зокрема, нульова обробка залишає недоторканими залишки попередніх культур; приклад – прямий посів пшениці в нерозорену землю зі збереженням її натуральних шарів і організмів

Покровні культури

Використання окремих культур, не призначених для збирання врожаю, але які здатні поліпшувати здоров'я ґрунтів та родючість; зокрема, посів конюшини попереджує ерозію ґрунтів та подавляє бур'яни, насичує землю поживними речовинами.

Ключові методи сестейнізації агровиробництва

Поєднання рослинництва та тваринництва

Використовується позитивний взаємний вплив рослин і тварин, зокрема, випас худоби на ротаційних пасовищах.

Біологічна боротьба зі шкідниками

Використання натуральних ворогів, шкідників, зокрема, сонечка борються з популяціями попелиці.

Аквапоніка

Поєднання традиційної аквакультури з гідропонікою; зокрема, риби й рослини сусідствують в єдиному інтегрованому середовищі.

Ключові методи сестейнізації агровириництва

Компостування відходів

Створення компостної кучі, де регенерується органіка для повернення в ґрунт.

Полікультура

Культивація кількох культур на одній ділянці одночасно; зменшує кількість шкідників та сприяє балансуванню екосистеми; зокрема, вирощування квасолі, кукурудзи й гарбузів разом сприяє фіксуванню азоту квасолею, дає останній можливість витися по кукурудзі й зменшує кількість бур'янів завдяки покриву землі гарбузами.

2. Основи сестейного агровиробництва



Передумови сестейнізації виробництва

Аграрне виробництво є особливим видом діяльності, що тісно пов'язане з природними умовами, як жодна інша сфера.

В його основі лежать два ключові природні чинники:

- внутрішні інформаційні фактори, закладені в генетичному коді вирошуваних організмів;
- зовнішні матеріально-інформаційні фактори, які формують середовище для росту й розвитку рослин і тварин.

Роль селекції й гібридизації

- Упродовж історії людство намагалося контролювати та змінювати ці фактори з метою підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва.
- Одним із головних завдань було покращення генетичних характеристик культурних рослин і свійських тварин.
- Люди відбирали найбільш продуктивні види, сприяючи цим процесам природного добору. У цьому людині часто допомагала сама природа, створюючи нові форми через мутації та генетичні зміни.

Приклад

- Пшениця, яка відіграє важливу роль у нашому сучасному харчуванні, отримала свої властивості завдяки здавалося б кардинальним, втім цілком природним схрещуванням різних видів трав.
- Сучасний пшеничний хліб є продуктом гібридизації трьох окремих рослинних геномів, кожен з яких має по сім хромосом. У цьому контексті такий хліб можна було б вважати трансгенним або генетично модифікованим (ГМ) продуктом.
- Іншим прикладом подібної природної гібридизації є сучасна кукурудза, що найімовірніше виникла в результаті схрещення двох видів рослин.

«Зелена» революція-I

- Після завершення Другої світової війни відбулася важлива подія, відома як «зелена революція».
- Вона охопила значні зміни в аграрному секторі, особливо в країнах, що розвиваються.
- Ці зміни включали створення високопродуктивних сортів рослин, активне використання зрошення, добрив, пестицидів, впровадження сучасної техніки й аграрних технологій, а також підвищення професійного рівня працівників сільського господарства.

Передумови «зеленої» революції-II

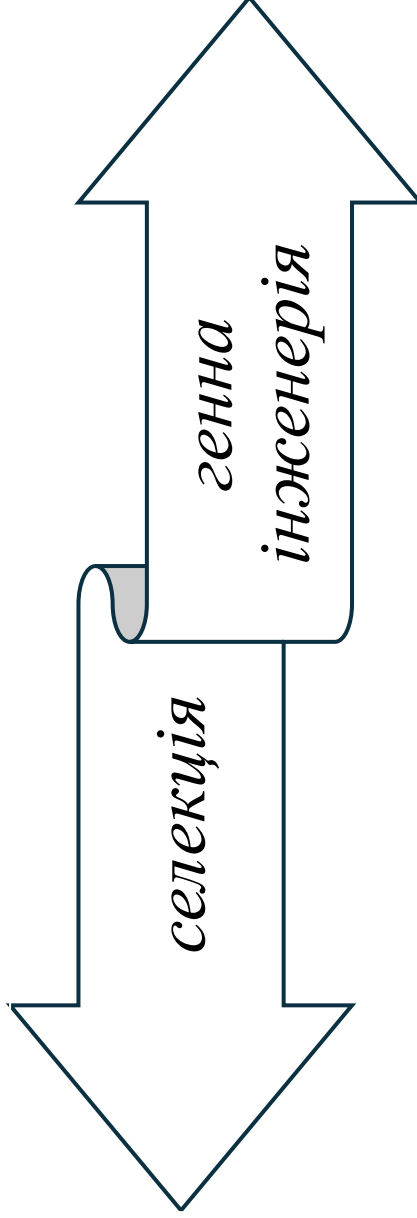
- У середині 1980-х років у розвинених країнах, зокрема в Західній Європі, США, Канаді, Японії, Австралії, внаслідок високої інтенсифікації аграрного виробництва, що передбачала широкое використання мінеральних добрив, хімікатів і регуляторів росту, відбулося перевиробництво недорогих продуктів харчування.
- Коли кількісна проблема продовольства була вирішена, з'явилися передумови для вирішення екологічних викликів у сфері АПК.
- Це дало початок новому етапу «зеленої революції», який отримав «зелений» характер уже не лише через сферу застосування, а й за своїм екологічним спрямуванням.

Ключові чинники впливу на продуктивність організмів

- удосконалення їхньої генетичної програми;
- забезпечення оптимального рівня вологості;
- надходження необхідних поживних речовин;
- формування сприятливого фізичного середовища (освітлення, температура тощо);
- створення комфортного біологічного середовища (вплив мікроорганізмів, шкідників, конкурентів, паразитів тощо);
- налагодження відповідного інформаційного середовища.

Головні напрями впливу на генетичний апарат культур

- Можна виокремити два головні напрями аграрної діяльності, що пов'язані з впливом на генетичний апарат культур:



Визначення

- *Селекція* (від латинського *selectio* – «вибір») – це сукупність емпіричних або науково обґрунтованих методів, що застосовуються для створення нових або вдосконалення існуючих порід тварин, сортів рослин і штамів мікроорганізмів, які мають цінні для людини властивості.
- *Генетична інженерія* – це метод розробки штучних генетичних програм, таких як рекомбінантні або гібридні молекули ДНК, через лабораторні дослідження (в умовах *in vitro*).

Генетична інженерія

- Виникла в 1970-х роках, вона спрямована на створення генетичного матеріалу шляхом маніпуляцій з молекулами нуклеїнових кислот за заданою програмою поза клітиною, після чого ці генетичні конструкції переносяться в живі організми.
- Це дозволяє досягти інтеграції та активації цих конструкцій у організмах і їх потомстві.
- Вчені навчилися також здійснювати генетичні модифікації безпосередньо в живих організмах.

Висновок Єврокомісії

- З моменту появи ГМО (з 1970-х років) активно обговорюється питання їх безпеки. У 2010 році Генеральний директорат Європейської Комісії з науки і техніки оприлюднив висновки, засновані на результатах понад 130 наукових досліджень, проведених протягом 25 років за участю більше ніж 500 дослідницьких груп.
- Головний висновок полягав у тому, що біотехнології і ГМО не є більш небезпечними, ніж традиційні методи селекції рослин.

Заява Нобелівських лауреатів

- У 2016 році більше 120 Нобелівських лауреатів, переважно медиків, біологів і хіміків, підписали звернення до Грінпіс, ООН та урядів усіх країн з закликом припинити боротьбу проти ГМО.

"We urge Greenpeace and its supporters to re-examine the experience of farmers and consumers worldwide with crops and foods improved through biotechnology, recognize the findings of authoritative scientific bodies and regulatory agencies, and abandon their campaign against "GMOs" in general and Golden Rice in particular" ...





3. Біодинамічне й точне землеробство

Визначення

Біодинамічне землеробство (БЗ)

- це підхід до агровиробництва, який розглядає господарювання як частину єдиної просторово-часової системи, де взаємодіють вирощувані культури, навколишнє середовище та природно-космічні чинники.

Ключові принципи біодинамічного землеробства

- Поживним має бути ґрунт, а не рослини.
- Усе в природі взаємопов'язане.
- Біорізноманіття – запорука успіху.
- Світло, життя і природність.

Біодинамічне господарювання передбачає тісну інтеграцію з навколишнім середовищем.

Визначення

Точне (координатне) землеробство ґрунтується на ідеї існування неоднорідностей на одному полі.

Для їх виявлення використовуються передові технології, зокрема:

- GPS;
- Galileo;
- спеціальні сенсори;
- аерофотознімки;
- супутникові знімки;
- геоінформаційні системи.

Напрями застосування точного землеробства

Точне землеробство може бути використане для покращення стану полів і агрономічного управління в кількох напрямках:

- *агрономічний*: з урахуванням реальних потреб рослин в добривах покращується агровиробництво;
- *технічний*: оптимізується управління часом на рівні господарства, зокрема покращується планування сільськогосподарських робіт;
- *екологічний*: зменшується негативний вплив сільськогосподарської діяльності на навколишнє середовище, завдяки точнішій оцінці потреб рослин у добривах можна зменшити їх використання та розкидання;
- *економічний*: зростає продуктивність і/або зменшуються витрати, що підвищує ефективність агробізнесу, зокрема знижуються витрати на внесення азотних добрив.

4. Індустріальний напрямок сестейнізації агровиробництва



Особливість індустріального напрямку сестейнізації агровиробництва

- На відміну від органічного землеробства, індустріалізоване агровиробництво не ставить перед собою мету повної екологізації процесів, зокрема відмови від мінеральних добрив і отрутохімікатів, а рухається до цієї мети поступово, підвищуючи ефективність виробничих процесів.
- Це веде до часткової екологізації, що полягає у зниженні екологічного навантаження на екосистеми на одиницю продукції.
- Завдяки більш ефективним методам ведення господарства та природозберігаючим технологіям зменшуються витрати шкідливих речовин, а також знижується деградація ґрунтів на одиницю продукції.

Гідропоніка

Гідропоніка

(від грецьких слів: вода і робота)

- це метод, за якого рослини отримують необхідні живильні речовини не з ґрунту, а з поживних розчинів у точно визначених кількостях і пропорціях.

Методи гідропоніки

Існує чотири основні методи гідропоніки, залежно від використання субстрату (замінника ґрунту):

- *агрегатопоніка* – застосовуються тверді неорганічні інертні субстрати (керамзит, щебінь, пісок, гравій тощо);
- *хемотропіка* – використовуються органічні матеріали (тирса, мох, торф тощо);
- *іоніотроніка* – використовуються рідини;
- *аеротроніка* – коріння рослин підвищуються в повітрі в спеціальній камері, куди подаються поживні речовини.

Переваги гідропоніки

1. Зберігаються цінні ґрунти.
2. Економія місця. Гідропонні пристрої можна споруджувати в кількості ярусів



Переваги гідропоніки

3. Не потрібно окремо поливати.
4. Захист від комах і гризунів



Переваги гідропоніки

5. Нема потреби видаляти бур'ян і полоти город.
6. Культури вирощуються щільний рік



Полуниця на гідропоніці



Вертикальна ферма

- Високоавтоматизований багатоярусний агропромисловий комплекс, розміщений в спеціальній будівлі.
- Головна відмінність від традиційних теплиць:
 - 1) інтенсивне виробництво (як правило із гідропонією);
 - 2) багатоярусність.

Вертикална ферма



Ключові показники діяльності вертикальних ферм

Як правило, у вертикальних фермах овочі виростають:

- ✓ в 2 рази швидше,
- ✓ використовуючи на 95% менше води,
- ✓ в 2 рази менше добрив.

Вертикальні ферми в Україні

- Розвиток вертикальних ферм розпочався і в Україні.
- Наразі в Україні вже має успішний досвід функціонування кількох вертикальних ферм (зокрема, «Щастя здоров'я», на принципі «гідропоніка» та «Грін гарден груп») та компанії, які займаються виробництвом обладнання для вертикальних ферм (зокрема, GuberGrow та Hazelstar).

Компанія Green Future

- Підприємець Віктор Шуленко побудував вертикальну ферму в бомбосховищі Дніпра.
- Створена раніше в одному із приміщень аеропорту м. Дніпра вертикальна ферма була повністю зруйнована ворожими ракетами.
- Зелень у вертикальній фермі живиться енергією світлодіодів.
- Виробництво зелені збільшилося вдвічі: з 1,5 кг до 3 кг на 1 кв.м.
- Підприємець почав створювати на експорт власні ферми. Одна з них почала діяти в Дубаї, проєкт іншої призначений для Німецького міста Райне.

5. М'ясо з пробірки



Визначення МП

Культивоване м'ясо,
або «м'ясо з пробірки» (cultivated meat,
Lat-grown meat)

- це справжнє м'ясо тварин (включно морепродукти і субпродукти), що вироблене методом культивування клітин тварин в безпечному та контрольованому середовищі.

Історія культивованого м'яса

Наразі використовуються три ключових методи створення культивованого м'яса:

- з колагенової матриці, клітин тварин (біопсія) і білкового розчину в біореакторі;
- з рослинних білків, жирів і натуральних барвників; 3D-принтер імітує шари баранини, свинини, яловичини (або інших тварин) типового шматка м'яса; на смак і на вигляд нагадує м'ясо;
- м'ясо комах: хрущі, мурахи, таргани та ін.; їх вирощують, переробляють, сушать, перетворюють на борошно; заключний етап – культивування (імітування) м'яса певних тварин.

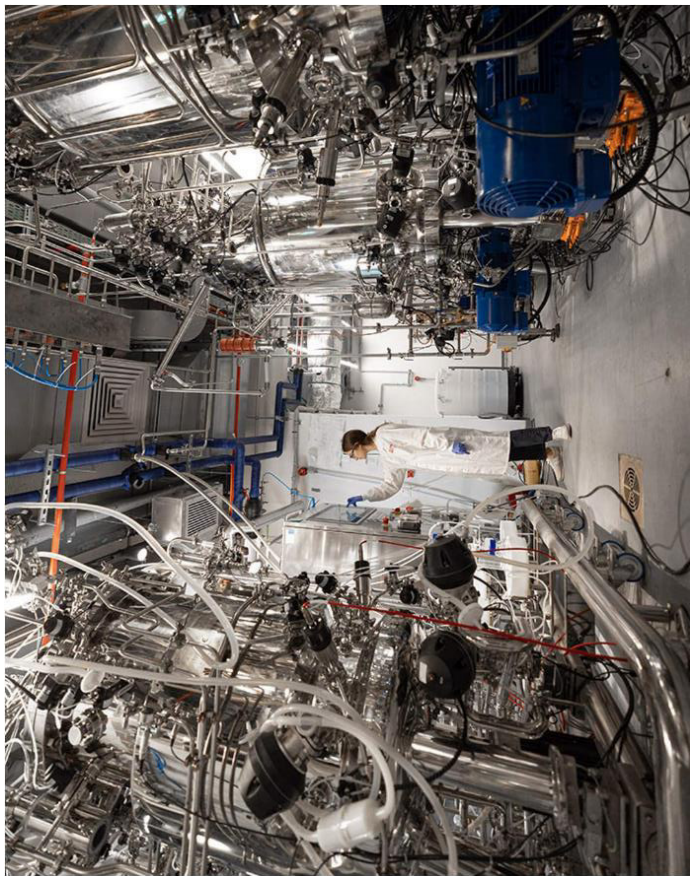
Джерела і продукція МП

- Можна визначити вигляд джерела та продукції при виробництві культивованого м'яса.
- Як *джерела клітин* для вирощування культивованого м'яса вже використовувалися: *риба, курка, морська синка, індичка, жаба, вівця, корова, свиня* та ін.
- Наразі виробляється *види м'яса*, що імітують м'ясо *таких тварин*: *курка, гусак, баранина, свинина, яловичина, кенгуру, зебра, кролик, черепаха, риба, морепродукти.*

Динаміка вартості МП

- До нещодавнього часу вартість виробництва культивованого м'яса була надзвичайно високою, що ускладнювало масштабування виробництва.
- У 2013 році перший у світі бургер з м'яса, вирощеного в лабораторії, коштував 325 000 доларів.
- Проте розвиток технології дозволив за чотири роки знизити собівартість виробництва майже в 30 000 разів.
- На початку 2017 року ціна кілограма такого м'яса становила вже 80 доларів, а ціна одного бургера – 11 доларів.
- До початку 2020-х років вартість культивованого м'яса наблизилася до ціни натурального.

Типовий вигляд обладнання для виробництва МП



Поточне виробництво МП

- Наразі виробництво та споживання в їжу людини культивованого м'яса схвалене лише в США, Сінгапурі та (в контрольованих умовах) в Нідерландах.
- На початку 2024 року Міністерство охорони здоров'я Ізраїля схвалило перший культивований продукт із яловичини виробництва Alerph Farms.
- А у листопаді 2024 року перше м'ясо з перепелів фірми Wow було схвалене для продажу в Гонконзі.
- Крім того, у 2024 році фірма Meatly отримала дозвіл на виробництво курки, як корма для домашніх тварин в Великій Британії.
- Наразі продукція з культивованого м'яса перебуває на стадії правового врегулювання в десяти країнах. Крім пов'язаних це також: Австралія, Нова Зеландія, Швейцарія, Тайланд та Південна Корея.

Переваги МП

Можна виділити цілу низку сестейнових властивостей «м'яса з пробірки». Культивоване м'ясо:

не містить:	<ul style="list-style-type: none">✓ важких металів;✓ інші забруднення;✓ мікропластику;✓ паразитів;✓ антибіотиків	не потребує:	<ul style="list-style-type: none">✓ додаткової землі;✓ додаткової води;✓ забруднення навколишнього середовища ($\approx 15\% \text{ CO}_2$)	дає можливість збалансувати користі компоненти:	<ul style="list-style-type: none">✓ білки;✓ жири;✓ вітаміни;✓ мікроелементи
--------------------	--	---------------------	--	--	--

Переваги МП

- Виробництва з вирощування МП можуть бути значно екологічнішими за свої традиційні аналоги, зменшуючи негативний вплив на екосистеми.
- Вони потребують значно менше земельних ресурсів і є менш енергозатратними.
- Наприклад, за даними Центру контролю і профілактики захворювань США, для виробництва одного гамбургера з натурального м'яса потрібно 2 500 літрів води.
- Крім того, відходи тваринництва спричиняють викиди метану, що сприяє посиленню парникового ефекту

6. Органічне землеробство



Критерії органічного землеробства (ОЗ)

- Зараз у світі існують два основні підходи до визначення органічного агровиробництва (Organic farming).
- Згідно з першим підходом, *органічним агровиробництвом* вважається екологічно безпечна система сільського господарства, яка відповідає таким вимогам:
 - не застосовує синтетичних хімічних речовин, таких як добрива, пестициди, антибіотики тощо;
 - передбачає мінімальну обробку ґрунту;
 - не використовує генетично модифіковані організми (ГМО) та охоплює різні напрямки: рослинництво, овочівництво, садівництво, тваринництво, птахівництво та інші.
- Згідно з цими критеріями навіть гідропонне виробництво може відповідати вимогам органічного.

Другий підхід до визначення ОЗ

- За іншою точкою зору, основним критерієм для визначення агровиробництва як органічного має бути його здійснення в природних умовах, тобто в натуральних екосистемах.
- Вищезгадані критерії екологічної досконалості лише доповнюють це визначення.
- Згідно з таким підходом, логічно пояснюється використання терміна «органічне», оскільки це виробництво, яке гармонійно (органічно) вписується в природний кругообіг екосистем.

Ознаки ОЗ у рослинництві

- відмова від застосування не тільки отрутохімікатів та мінеральних добрив, а й будь-яких синтетичних добавок, які стимулюють ріст рослин або змінюють їх смак чи зовнішній вигляд (зокрема, підвищені дози нітратів);
- використання сівозмін для відновлення родючості ґрунту;
- застосування біологічних методів захисту рослин;
- використання замкненого циклу: «землеробство – скотарство» (рослини дають корм для тварин, а тварини забезпечують рослинництво добривами);
- ґрунтозберігаючі технології оброблення землі;
- активне використання сидератів – рослин, вирощених для «зеленого» добрива (в Європі відомо понад 60 видів таких рослин).

Ознаки ОЗ у тваринництві

У тваринництві органічного господарства головною ознакою є «відповідне утримування тварин для кожного виду»:

- відмова від постійного стійлового утримування;
- обов'язкове випасання худоби;
- відсутність синтетичних кормових добавок і гормонів;
- заборона на превентивне застосування антибіотиків.

Органічне землеробство в ЄС

- В останні роки в світі значно зріс попит на органічне сільське господарство.
- Наприклад, в країнах Європейського Союзу кількість органічних фермерських господарств за останні 15 років (станом на 2022 рік) збільшилася більш ніж удвічі.
- Це стало можливим завдяки політиці, що була ухвалена у 1993 році і підтримувала фермерів у перші роки переходу від традиційного до органічного виробництва.
- Виробництво органічної продукції в Європі регулюється стандартами органічного землеробства (ЄЕС № 2092 (91)), які впроваджено ще в 1991 році і доповнено новими вимогами в 2008 році.

Органічне землеробство в ЄС

- Середній показник частки площ органічного агро-виробництва в 2022 р в країнах ЄС досягнув в середньому 10,5%.
- Планується довести в ЄС до 2030 року частку земель органічного агровиробництва до 25%

7. Екологічна сертифікація та маркування



Передумови екологічного маркування

- Поняття «*екологічне маркування*» визначається відповідно до ДСТУ ISO 14020:2003 «Екологічні маркування та декларації. Загальні принципи», що регулює надання інформації про екологічні аспекти продукції чи послуг.
- В Україні з 2018 року введено законодавство щодо органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції, а також низка нормативно-правових актів, що стосуються екологічного агровиробництва. До них належать:
 - Закон України «Про основні засади державної екологічної політики України до 2030 року».
 - Технічний регламент з екологічного маркування.
 - Стандарт ДСТУ ISO 14024:2018 «Екологічні маркування та декларації. Екологічне маркування типу I. Принципи та процедури».

Передумови екологічного маркування

Міжнародна організація зі стандартизації ISO розрізняє два основні типи екологічного маркування:

- *I тип екологічного маркування* – передбачає надання права використовувати екологічне маркування після того, як продукція пройде екологічну сертифікацію (тобто за результатами сертифікації);
- *II тип екологічного маркування* (самодекларування) – виробник самостійно визначає, які дані потрібно надати для екологічної характеристики своєї продукції.

Вимоги для отримання сертифікації з ОЗ

- не менше 95% компонентів повинні бути органічного походження;
- продукт має відповідати вимогам офіційної інспекційної схеми;
- перехідний період ґрунту для вирощування органічної продукції має бути не менше 3 років для очищення землі;
- мають проводитися регулярні перевірки на відповідність органічному законодавству.

Документи, потрібні для екологічної сертифікації

У господарствах, що підлягають інспекції, обов'язково повинні бути наявні такі документи:

- щорічний план вирощування рослин;
- щорічний план сівозмін;
- список сортів рослин, що використовуються;
- перелік дозволених добрив та засобів захисту рослин;
- звіт про рух тварин;
- інформація про зміни;
- інформація про корми і раціони;
- дані про профілактику хвороб та лікування тварин;
- звіт про походження і склад закупленої продукції, а також її використання;
- звіт про походження, тип і використання проданих товарів;
- звіт про реалізацію продукції на місцевому ринку.

Питання для самостійного опрацювання

1. Як визначення сестейного агровиробництва співвідноситься з концепцією сталого розвитку, сформульованою у «Порядку денному ООН до 2030 року»?

2. У чому полягає принципова різниця між поняттями «продуктивність» і «сестейновість» у контексті сучасного агровиробництва?

3. Які групи цілей сестейного агровиробництва можна вважати пріоритетними для України в умовах зміни клімату та воєнних викликів?

4. Як забезпечити збалансованість між безпечністю харчових продуктів для споживачів і економічною ефективністю агровиробництва?

5. Які екологічні та соціальні ризики може нести надмірна індустріалізація аграрного сектору?

6. Як біодинамічне землеробство сприяє досягненню екологічних і соціальних цілей сталого розвитку?

7. Яке значення має точне землеробство для оптимізації використання природних ресурсів? Опишіть роль цифрових технологій (GPS, супутниковий моніторинг, сенсори, GIS) у зменшенні екологічного навантаження.

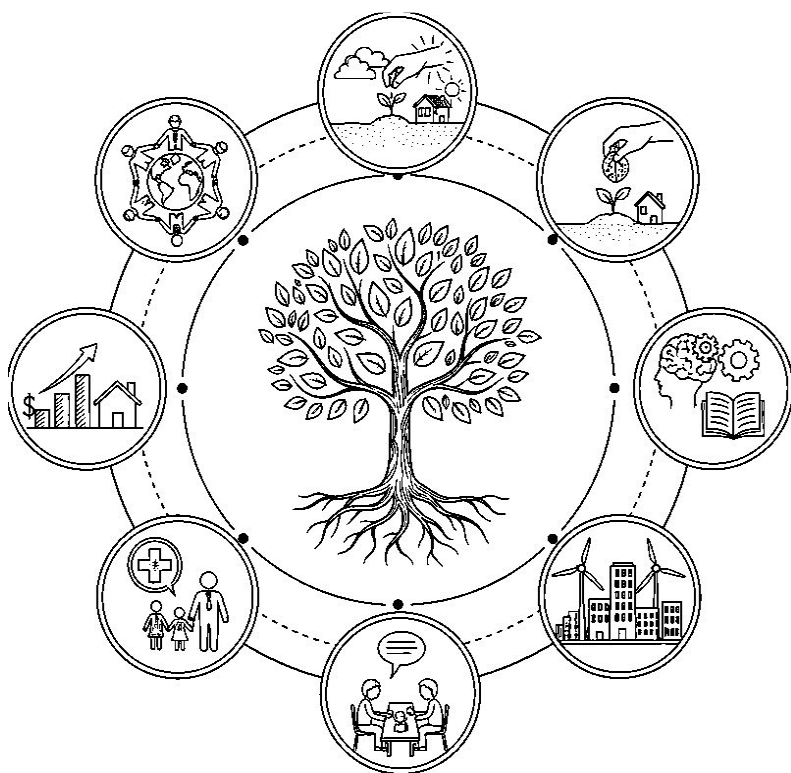
8. Які етичні, екологічні та економічні аспекти має виробництво культивованого м'яса («м'яса з пробірки»)?

9. У чому полягають ключові відмінності між індустріалізованими та органічними напрямками сестейного агровиробництва?

10. Як знання місцевих громад і традиційні аграрні практики можуть доповнювати сучасні технології для підвищення сестейності агровиробництва?

Тема 10

Соціальні питання забезпечення сталого розвитку



Основи теорії

Ключовим чинником трансформації соціальних відносин при переході до сестейнової економіки є радикальна зміна організаційної структури виробництва. Це обумовлено тим, що на зміну великим господарським об'єктам (таким як великі регіональні електростанції, виробничі гіганти та масштабні переробні комплекси) приходять мережі, що складаються з сотень і тисяч (а інколи навіть мільйонів) малих виробничих одиниць (ІТ-компаній, міні-електростанцій, підприємств, що використовують 3D-принтери). Вони можуть стати ефективними продуктивними силами лише за умови інтеграції в єдині виробничі системи.

Особливості адитивної економіки, включаючи альтернативну енергетику та адитивну переробну промисловість, вимагають значної трансформації комунікаційної основи та соціальних відносин. Без таких змін жодне з цих виробництв не зможе розвиватися на повну потужність.

Розвиток адитивного виробництва вносить суттєві зміни в економічні відносини між учасниками. Формування горизонтальних, розподілених виробничих мереж супроводжується суттєвим збільшенням числа власників засобів виробництва (наприклад, генераторів альтернативної енергії, 3D-принтерів чи персональних комп'ютерів). Це спричиняє масову соціалізацію економіки, коли значна частина населення отримує право власності на засоби виробництва. Наприклад, в Україні кількість приватних сонячних електростанцій наближається до 100 тис., а в Німеччині сягнула пів мільйона.

Зазначені зміни створюють умови для розвитку соціальної та солідарної економіки, оскільки формальні власники засобів виробництва одночасно є й їх фактичними

користувачами. Це змушує їх активно брати участь в управлінні економічними системами (мережами), в рамках яких вони працюють.

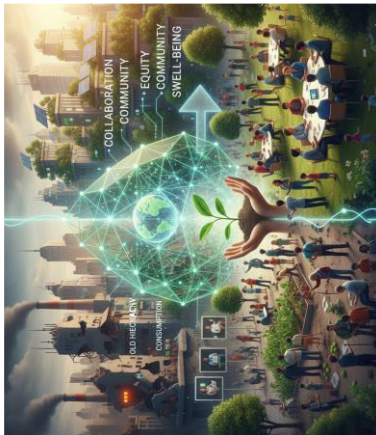
Сьогодні світ стоїть на порозі створення нових форм соціальної та солідарної економіки. В кожній виробничій спільноті виникають дискусійні питання, такі як узгодження роботи співвиконавців, системи оплати за виробничу діяльність, оподаткування та взаємодії з місцевими й центральними органами влади. Одним з основних питань є пошук шляхів реалізації принципу сестейнового розвитку: «думай глобально – дій локально».

Цей напрямок соціальної реструктуризації є одним з найбільш актуальних і дискусійних у розвитку суспільства. Саме тут зосереджені основні проблеми, пов'язані з Industry 5.0, зокрема питання: як поєднати працю людини з діяльністю кіберфізичних систем, як забезпечити соціальний розвиток людини в умовах цифровізації її базових потреб, та як оптимізувати креативну діяльність людини в системі адитивного виробництва.

Презентаційні матеріали

План лекції

1. Реструктуризація соціальних відносин
2. Формування соціальної та солідарної економіки
3. Самоорганізація суспільства
4. Активізація колективного інтелекту
5. Соціальна відповідальність
6. Реструктуризація освітніх процесів



1. Реструктуризація соціальних відносин

Передумови зміни соціальних відносин

- Формування горизонтальних мереж.
- Збільшення власників засобів виробництва.
- Формування нових форм соціальної та солідарної економіки.
- Необхідність значної кількості учасників брати участь у прийнятті рішень.

Формування горизонтальних мереж

- Досить сказати, що на початку 2020-х років кількість приватних сонячних електростанцій в Україні наблизилась до 70 тисяч (причому більшість з них була встановлена в останні 5 років).
- А в Німеччині цей показник вже сягає понад пів мільйона одиниць.



2. Формування соціальної та солідарної економіки

Соціальна і солідарна економіка (CSE)

- Форма економічних відносин, оснований на різних формах власності учасників (суб'єктів), що виступають рівноправними учасниками виробничого процесу та об'єднаних спільними цінностями та інтересами (економічними, екологічними та соціальними).

ССЕ як третій сектор

- ССЕ називають третім сектором, адже вона відізняється від командної економіки (із загального формою власності) і капіталістичною формою власності.
- Реалізується масовий перехід до реалізації тріади власності:
 - володіти*
 - розпоряджатися*
 - використовувати.*

Передумови солідаризації економічних відносин

- Дематеріалізація засобів виробництва (комп'ютер, 3D-принтери, сонячні панелі, вітрові генератори).
- Здешевлення засобів виробництва.
- Мережевізація суспільства.
- Соціалізація форм власності.

Цифри і факти

- На початок 2025 року в світі Інтернетом користувалися 5,6 млрд осіб, що становило 68% від наявної чисельності населення Землі.
- І звісно, без відповідного пристрою (персонального комп'ютера, планшета чи розумного мобільного телефону) таке не може відбуватися.
- На Землі залишалося лише 2,6 млрд осіб, що не підключені до Інтернету. 6 з 10 користувачів Інтернету використовують одночасно кілька різних видів комп'ютерів.

Цифри і факти

- Кількість активних користувачів соціальних мереж в 2025 році досягла 5,2 млрд осіб. Це відповідає 64% усіх мешканців планети.
- Майже 94% користувачів Інтернету щомісячно користуються соціальними мережами.

Дематеріалізація засобів виробництва як передумова спільного користування

- Одну комп'ютерну програму теоретично може со-лідарно (в тому числі, одночасно) використовувати необмежена кількість користувачів.
- Практичне застосування зазначених засобів обмежується лише юридичною стороною питання: до-зволом розробника або власника на використання активу.

3. Самоорганізація суспільства



Самоорганізація і формування середнього класу

- На початок 2025 року загальна встановлена потужність приватних сонячних електростанцій в Україні сягнула приблизно 1500–1700 МВт.
- Враховуючи, що встановлення 1 МВт сонячної генерації коштує в середньому до 1 млн євро, можна стверджувати, що громадяни профінансували розвиток сонячної енергетики на суму до 1,7 млрд євро.
- Це – показовий приклад участі населення у фінансуванні «зеленого» переходу.

Цифри і факти

- На початок 2025 року в країні вже було близько 140 тисяч приватних електромобілів.
- Це свідчить про зміну споживчих уподобань і зростання екологічної свідомості.

Фрілансерство як прояв самоорганізації

- Більшість фрілансерів працює в креативних сферах – IT, дизайн, текстовому контенті, ілюстраціях, маркетингу тощо.
- Ці види діяльності вимагають постійного саморозвитку й навчання, що є фундаментальною складовою стратегії сталого розвитку суспільства, сформульованої в концепції П'ятої промислової революції (Industry 5.0), яку просуває Європейський Союз.

Цифри і факти

- Темпи зростання фрілансерства в Україні вражають: станом на початок 2023 року фрілансери становили близько 10% від загальної кількості працюючих в Україні.
- Очікується, що найближчими роками ця частка зросте до 20%

4. Активізація колективного інтелекту



Передумови активації колективного інтелекту при цифрових трансформаціях

- По-перше, досягнення цілей сестейнового розвитку в контексті індустриальних революцій 3.0, 4.0 та 5.0 висуває нові виклики, з якими людство раніше не стикалося. Це вимагає принципово нових підходів до спільної діяльності – як за формою, так і за змістом.
- По-друге, виникає об’єктивна потреба в об’єднанні інформаційних ресурсів – знань, даних та інституцій – для встановлення причинно-наслідкових зв’язків, які дозволяють ефективно вирішувати складні проблеми.

Передумови активації колективного інтелекту при цифрових трансформаціях

- По-третє, взаємодія між соціальними, економічними та екологічними цілями часто породжує суперечності, які перетворюються на конфліктні вузли. Їхнє вирішення можливе лише через пошук компромісу в межах громад.
- По-четверте, кроскультурні процеси ускладнюють комунікацію між різними соціальними групами. Подолати ці бар'єри можливо лише за допомогою віртуальної взаємодії та поетапного узгодження позицій.

Передумови активації колективного інтелекту при цифрових трансформаціях

- По-п'яте, глобалізація посилює потребу знайти баланс між збереженням соціальної інклюзивності та досягненням єдності у міжнародних комунікаціях. Це вимагає погодження інтересів громад на різних рівнях соціальної структури.
- По-шосте, перехід до горизонтальних, децентралізованих моделей виробництва та солідарної економіки зумовлює потребу у створенні нових форм комунікації між учасниками економічних процесів, заснованих на вікіномічних принципах.

Передумови активації колективного інтелекту при цифрових трансформаціях

- По-сьоме, переміщення соціальної та економічної активності у віртуальний простір відкриває перспективи для посилення інтегрального інтелектуального потенціалу як людства в цілому, так і окремих спільнот у подоланні викликів сучасності.

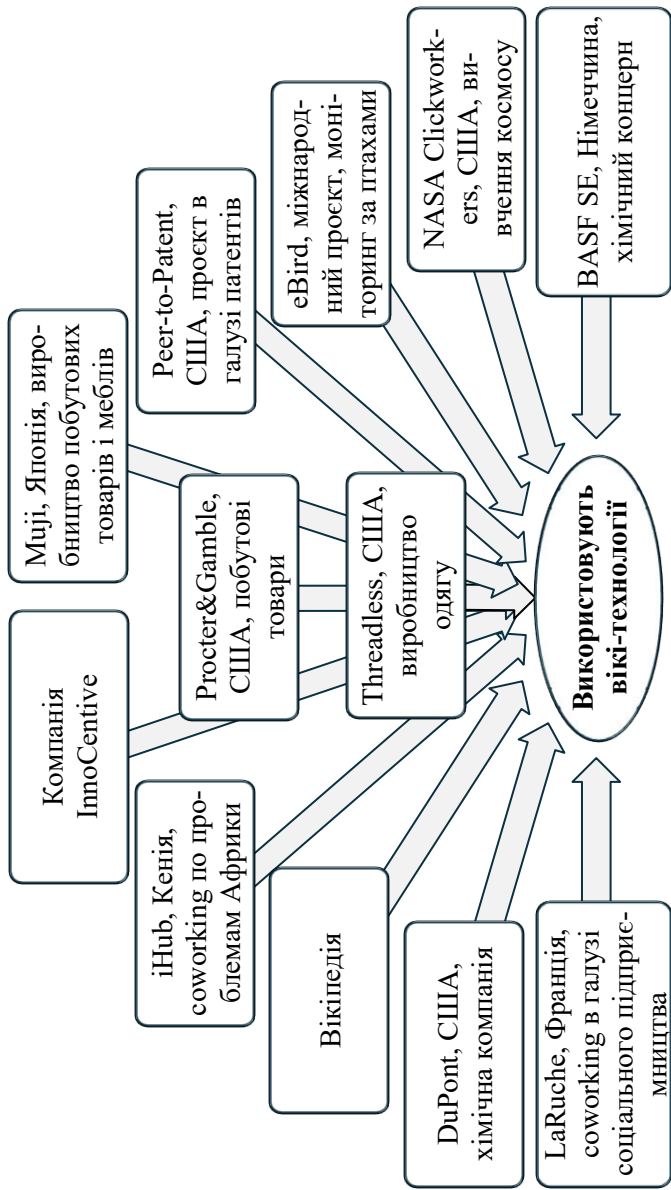
Основні технології реалізації колективного інтелекту

- *outsourcing* (від *outer-source-using*) – використання зовнішнього джерела та/або ресурсу, зокрема, передача організації певних видів робіт або функцій діяльності іншим суб'єктам (колективам) економічної діяльності;
- *coworking* – залучення до роботи людей з різною зайнятістю в спільному просторі (в тому числі, віртуальному), звідси – поняття «колективний простір» (*coworking space*); *coworking* забезпечує гнучку організацію робочого простору й формування спільнот резидентів зі спільними інтересами та схожою культурою;

Основні технології реалізації колективного інтелекту

- *crowdsourcing* (від crowd – юрба та sourcing – використання ресурсів) – залучення до вирішення тих чи інших проблем інноваційного спрямування широкого кола осіб для використання їх творчого потенціалу, знань та досвіду на добровільних началах (субпідряді);
- *метод мозкових штурмів* (зокрема, метод Дельфі);
- *відкриття інформації* для вільного використання в суспільстві;
- *штучний інтелект*;
- *аналітика великих даних*;
- *гібридні системи* поєднання когнітивних здібностей людини та ШІ

Компанії, що реалізують вікі-технології



5. Соціальна Відповідальність



Визначення СВ

Соціальна відповідальність бізнесу

- це концепція, яка передбачає інтеграцію етичних, соціальних та екологічних принципів у діяльність компаній, спрямовану на забезпечення сталого розвитку суспільства.

Зміст СВ

- Вона включає добровільні зобов'язання бізнесу щодо дотримання прав людини, забезпечення гідних умов праці, мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище, підтримки місцевих громад та сприяння економічному зростанню.
- Ця відповідальність виходить за межі виконання законодавчих вимог і передбачає *проактивний* підхід компаній до вирішення суспільно значущих проблем.

Значення СВ

- У сучасних умовах соціальна відповідальність бізнесу розглядається як ключовий фактор конкурентоспроможності, що формує позитивну репутацію компанії, підвищує рівень довіри з боку суспільства та забезпечує стійкий розвиток економіки.
- Соціально відповідальний бізнес сприяє створенню довгострокової цінності як для самої компанії, так і для всіх зацікавлених сторін – споживачів, працівників, партнерів, інвесторів та суспільства загалом

Корпоративна СВ

- У контексті бізнесу соціальна відповідальність отримує визначення як **корпоративна соціальна відповідальність (КСВ)**.
- Зростання популярності КСВ зумовлене еволюцією соціальних норм та зростаючими очікуваннями суспільства щодо етичної поведінки компаній.
- Багато підприємств інтегрували принципи КСВ у свої бізнес-моделі, забезпечуючи баланс між соціальною відповідальністю та збереженням прибутковості.

Актуальність КСВ

Чинник	Опис
Глобальні екологічні та соціальні виклики	Зростання проблем зміни клімату, дефіциту ресурсів, соціальної нерівності та трудових прав зумовлює необхідність відповідального ведення бізнесу.
Зміна споживчих очікувань	Сучасні споживачі віддають перевагу компаніям, які дотримуються принципів соціальної та екологічної відповідальності, що впливає на рівень довіри до бренду.
Посилення державного регулювання	Впровадження міжнародних стандартів (ISO 26000, Глобальний договір ООН) та жорсткіші національні вимоги до бізнесу сприяють розширенню практик КСВ.

Актуальність КСВ

Чинник	Опис
Репутаційні ризики та управління брендом	Компанії прагнуть уникнути негативного впливу на репутацію через екологічні або соціальні порушення
Економічні переваги	Інвестування в КСВ сприяє підвищенню ефективності ресурсів, зниженню витрат, залученню інвесторів, зростанню конкурентоспроможності.
Корпоративна культура та цінності	Розвиток корпоративної етики та значущості стало розв'язком стимулюють компанії до інтеграції КСВ у бізнес-стратегії.

Інструментарій КСВ

При здійсненні КСВ-діяльності необхідно враховувати:

- Визначення напрямів КСВ, що відповідають специфіці компанії.
- Аналіз необхідних витрат і потенційних прибутків.
- Розподіл ресурсів без шкоди для основного бізнесу.
- Оптимізацію операційної структури та розподілу відповідальності персоналу.
- Комунікацію із зацікавленими сторонами щодо результатів і процесів реалізації КСВ.

Релевантні ініціативи КСВ

Критерій вибору	Опис
Відповідність специфіці компанії	Ініціативи мають базуватися на сильних сторонах бізнесу та відповідати його галузевим особливостям.
Економічна доцільність	Аналіз фінансових можливостей компанії, оцінка співвідношення витрат і очікуваного впливу.
Галузева специфіка	Наприклад, екологічна стійкість – для автомобільної галузі, підтримка працівників – для легкої промисловості.
Мінімізація витрат	Розгляд варіантів КСВ-діяльності, які не потребують значних фінансових вкладень (інформаційні кампанії, соціальні ініціативи тощо).

Аналіз витрат і результатів КСВ

Аспект	Витрати	Очікувані результати
Екологічні ініціативи	<ul style="list-style-type: none">– Інвестиції в екологічне обладнання та технології.	<ul style="list-style-type: none">– Покращення іміджу компанії як екологічно відповідального виробника.– Зростання продажів завдяки підвищенню довіри клієнтів.
Соціальні програми	<ul style="list-style-type: none">– Фінансування благодійних проєктів та соціальних ініціатив для співробітників та громади.	<ul style="list-style-type: none">– Підвищення лояльності клієнтів та партнерів.– Покращення морального клімату в колективі.
Управлінські заходи	<ul style="list-style-type: none">– Витрати на навчання та підвищення кваліфікації персоналу.	<ul style="list-style-type: none">– Підвищення ефективності управління та зниження витрат, покращення корпоративної репутації.
Економічні ініціативи	<ul style="list-style-type: none">– Витрати на дослідження та розробки нових продуктів або послуг.	<ul style="list-style-type: none">– Розширення ринкових можливостей та збільшення доходів.– Підвищення конкурентоспроможності на ринку.

Методи комунікації при КСВ

Метод комунікації	Опис	Переваги
Офіційний вебсайт компанії	Публікація звітів та новин про КСВ-ініціативи на офіційному сайті.	Доступність інформації для широкої аудиторії.
Соціальні мережі (SNS)	Використання платформ, таких як Facebook, Instagram, LinkedIn для поширення інформації про КСВ.	Швидке охоплення великої аудиторії. Інтерактивність та зворотний зв'язок з користувачами.
Внутрішні інформаційні бюлетені	Регулярні розсилки або публікації для співробітників про плани в сфері КСВ.	Підвищення залученості та мотивації персоналу. Покращення корпоративної культури.

Методи комунікації при КСВ

Метод комунікації	Опис	Переваги
Корпоративні заходи	Організація подій, семінарів або вебінарів для обговорення результатів КСВ та залучення співробітників.	Поглиблення взаємодії між керівництвом та персоналом. Можливість обміну ідеями та пропозиціями.
Преса та онлайн-ЗМІ	Публікації статей, прес-релізів та інтерв'ю про КСВ компанії в медіа.	Підвищення публічної репутації компанії.
Телебачення та радіо	Виступи представників компанії в телевізійних та радіо програмах, присвячених соціальним ініціативам.	Залучення аудиторії, яка не активно користується інтернетом. Підвищення довіри через особисті виступи.

Переваги впровадження КСВ

Перевага	Опис
Покращення репутації	Компанії, які активно реалізують соціально відповідальні ініціативи, сприймаються споживачами та партнерами як надійні та етичні учасники ринку.
Залучення та утримання талантів	Співробітники віддають перевагу роботі в організаціях, які демонструють відповідальне ставлення до суспільства та довкілля.
Доступ до нових ринків та інвестицій	Інвестори та партнери все частіше враховують показники КСВ при прийнятті рішень про співпрацю.
Зниження ризиків	Врахування екологічних та соціальних аспектів допомагає мінімізувати потенційні ризики та конфлікти.



6. Реструктуризація освітніх процесів

Напрями зміни освітніх процесів

Зазначені зміни можна узагальнити таким чином:

- від навичок користуватися матеріальними засобами виробництва до здатності оперувати інформаційним інструментарієм;
- від навчання стандартними знаннями та навичками до формування індивідуального потенціалу виробника, необхідного для створення креативного продукту;
- від уміння жити в локальному середовищі до формування світогляду, знань і навичок для діяльності в глобальному просторі;

Напрями зміни освітніх процесів

- від уміння споживати матеріальні вироби до здатності користуватися інформаційними товарами та послугами;
- від здатності споживати невідновлювані природні ресурси до уміння користуватися відновлюваними природними факторами і діяльності в циркуляційній економіці;
- від лінійного мислення до нелінійного мислення.

Вектор самонавчання

- Головним вектором трансформації освітніх процесів для життя в мінливих умовах адитивної економіки стане перехід від навчання накопиченими знаннями та навичками до здатності самостійно вчитися й переучуватися.

Питання для самостійного опрацювання

1. Проаналізуйте, чому перехід від великих централізованих підприємств до децентралізованих виробничих мереж є ключовим чинником соціальної трансформації.

2. Яким чином розвиток адитивного виробництва (3D-друк, малі енергетичні установки, локальні переробні підприємства) змінює уявлення про власність на засоби виробництва?

3. У чому полягає зв'язок між адитивною економікою та соціальною (солідарною) економікою?

4. Як принцип «думай глобально – дій локально» реалізується в умовах розподіленого виробництва та альтернативної енергетики? Наведіть приклади з країн ЄС чи України.

5. Яку роль у формуванні нових соціальних відносин відіграють горизонтальні мережеві структури?

6. Які соціальні наслідки може мати масова соціалізація економіки внаслідок поширення персоналізованих технологій виробництва?

7. Як розвиток альтернативної енергетики впливає на структуру зайнятості, соціальну мобільність і регіональний розвиток?

8. Які соціальні та етичні виклики постають у процесі поєднання людської праці з діяльністю кіберфізичних систем у контексті Industry 5.0?

9. Як розвиток цифрових комунікацій і платформ сприяє інтеграції малих виробничих одиниць у єдині системи?

10. Яким чином міжнародні документи – зокрема «Порядок денний ООН до 2030 року», Європейський «Зелений курс» та Стратегія Industry 5.0 – визначають напрями соціальної реструктуризації у виробничій сфері?

Практичні завдання

Завдання 1

Ознайомтеся зі списком основних факторів, що можуть забезпечити сталий розвиток економіки України у найближчі 10 років:

- ✓ інновації та цифровізація;
- ✓ освіта та розвиток людського капіталу;
- ✓ відновлювані джерела енергії;
- ✓ розвиток аграрного сектору;
- ✓ міжнародна інтеграція.

Оберіть один із наведених факторів, який, на вашу думку, є визначальним для сталого розвитку України. Підготуйте короткий усний виступ (2–3 хвилини), у якому:

- 1) поясніть сутність обраного фактору;
- 2) обґрунтуйте, чому саме він є ключовим у сучасних умовах;
- 3) наведіть 1–2 приклади або аргументи з реального життя чи наукових джерел, що підтверджують вашу думку.

Завдання 2

Оберіть одну країну (можна Україну або іншу) і дайте коротку оцінку її економічного розвитку за 3–4 ключовими параметрами (наприклад: ВВП, рівень безробіття, вікова структура населення, енергетичний баланс).

Запропонуйте 2–3 заходи для сталого розвитку аграрного сектору та забезпечення продовольчої безпеки.

Зробіть висновок: який фактор є головним для майбутнього сталого зростання цієї країни?

Завдання 3

Поміркуйте, які напрями сталого розвитку бізнесу є найважливішими для українських підприємств у післявоєнний період?

Варіанти можливих напрямів:

- ✓ інновації та технологічна модернізація;
- ✓ інтеграція ESG у стратегію компанії;
- ✓ корпоративна соціальна відповідальність і розвиток громад;
- ✓ циркулярна економіка;
- ✓ декарбонізація та енергетичний перехід.

Оберіть один або два напрями, які, на вашу думку, є найпріоритетнішими для українських підприємств після війни. Поясніть свій вибір, наведіть аргументи з позиції:

- економічної доцільності;
- соціального впливу;
- екологічної стійкості.

Наведіть реальний приклад українського підприємства, яке вже впроваджує подібні практики (за можливості – коротко опишіть його діяльність).

Завдання 4

Опишіть приклад компанії, яка завдяки сталим інноваціям отримала конкурентну перевагу. Які інноваційні підходи могли б використати українські компанії?

Технологічний аспект. Проаналізуйте, як цифрові технології (штучний інтелект, big data, блокчейн, smart grid тощо) можуть сприяти сталому розвитку бізнесу.

Соціально відповідальний розвиток. Оберіть українську або міжнародну компанію й проаналізуйте її політику

корпоративної соціальної відповідальності. Як вона впливає на довіру споживачів і партнерів?

ESG-стратегія. Розробіть базовий план ESG-стратегії для середньої української компанії (наприклад, аграрної чи виробничої). Вкажіть:

- 1–2 екологічні ініціативи,
- 1–2 соціальні ініціативи,
- принципи корпоративного управління.

Завдання 5

Оберіть одне джерело альтернативної енергії та проаналізуйте за наступною структурою:

- Базові поняття: короткий опис обраного джерела енергії; чому воно важливе для майбутнього.
- Стан розвитку: основні технології; показники розвитку (наприклад: потужність, обсяги виробництва, темпи зростання); приклади впровадження у світі та Україні.
- Переваги та недоліки: економічні, екологічні та технічні аспекти.
- Перспективи розвитку: інноваційні рішення; прогнози та можливі бар'єри розвитку.
- Висновки: роль обраного джерела енергії в майбутньому енергетичному балансі світу.

Завдання 6

Сталий розвиток міст передбачає створення транспортних систем, які мінімізують негативний вплив на довкілля, зменшують викиди парникових газів, сприяють енергозбереженню та підвищують якість життя населення.

В Україні все більше громад впроваджують елементи сталого транспорту: електробуси, велоінфраструктуру, трамваї на відновлюваній енергії, «розумні» світлофори, мобільні додатки для оптимізації перевезень тощо.

Оберіть українське місто, де впроваджено або розвивається система сталого транспорту (наприклад: Львів, Київ, Вінниця, Житомир, Тернопіль, Івано-Франківськ, Дніпро тощо).

Наведіть короткий опис ініціативи (5–7 речень):

- Які саме види транспорту або інфраструктури впроваджено?

- Коли і ким була започаткована програма?
- Які цілі вона переслідує?
- Яких результатів досягнуто або очікується досягти?

Визначте, які аспекти сталого розвитку реалізуються через цю ініціативу:

- ✓ Екологічний (зменшення забруднення повітря, шуму, викидів CO₂).

- ✓ Економічний (зниження витрат на паливе, розвиток локального бізнесу).

- ✓ Соціальний (покращення мобільності населення, безпеки, доступності).

Порівняйте ініціативу з практикою іншого міста (в Україні чи Європі). Визначте подібності та відмінності, зробіть короткі висновки про фактори успіху.

Зробіть висновки. Яке значення має сталий транспорт для розвитку міст і комфорту мешканців? Які кроки, на вашу думку, ще варто зробити у вибраному місті для досягнення більшої сталості?

Завдання 7

Порівняти витрати на експлуатацію **бензинового** та **електричного автомобіля** при пробігу 100 км в Україні, а також оцінити додаткові екологічні та соціальні переваги переходу на електротранспорт.

Вихідні дані для розрахунків (на 2025 рік, умовні середні дані для України):

Показник	Бензиновий автомобіль	Електромобіль
Середня витрата енергоносія	7 л/100 км	18 кВт·год/100 км
Середня ціна енергоносія	60 грн/л	5 грн/кВт·год
Орієнтовна вартість технічного обслуговування (на 100 км)	100 грн	40 грн
Орієнтовний рівень викидів CO ₂	2,3 кг/л бензину	0 кг (умовно, локально)

Обчисліть вартість поїздки на 100 км для бензинового автомобіля та для електромобіля. Порівняйте отримані результати й визначте, який тип транспорту є економічно вигіднішим.

Розрахуйте скорочення викидів CO₂ при заміні одного бензинового автомобіля на електромобіль (для пробігу 100 км).

Поясніть, які фактори (ціна електроенергії, кілометраж, зношення батареї, ціна пального) можуть змінити результат порівняння.

Обґрунтуйте, як перехід на електротранспорт впливає на досягнення Цілей сталого розвитку ООН (зокрема, Ціль 7 «Доступна і чиста енергія», Ціль 11 «Сталий розвиток міст і спільнот» та Ціль 13 «Боротьба зі зміною клімату»).

Зробіть висновок: чи є електромобіль сьогодні економічно доцільною альтернативою бензиновому транспорту в умовах України?

Завдання 8

Оцініть, наскільки ваш населений пункт відповідає принципам сталого розвитку (за 5-бальною шкалою) за такими критеріями:

- ✓ транспорт і мобільність;
- ✓ енергозбереження та екологія;
- ✓ чистота й управління відходами;
- ✓ доступ до зелених зон;
- ✓ безпечність і зручність для мешканців.

Поміркуйте, які три напрями потребують найбільших покращень? Що можна зробити вже зараз?

Завдання 9

Місто Львів активно реалізує екологічні ініціативи:

- працює станція компостування органічних відходів, яка переробляє до 35 тис. тонн відходів на рік;
- впроваджується система громадського транспорту на електротязі та мережа зарядних станцій для електромобілів;
- створюються зелені громадські простори та велоінфраструктура;
- реалізуються проєкти з енергоефективності будинків у межах програми «Енергоефективний Львів».

1. Визначте, які принципи сталого розвитку (економічний, соціальний, екологічний баланс) реалізуються у наведених ініціативах Львова.

Заповніть таблицю:

Ініціатива	Принцип сталого розвитку	Очікуваний результат
Компостування відходів
Електротранспорт
Озеленення міста
Енергоефективність

2. Визначте, які 3–5 Цілей сталого розвитку ООН реалізуються через дії міста Львова. Обґрунтуйте свій вибір.

3. Розробіть власну міні-ініціативу для вашого міста чи громади, спрямовану на покращення екологічного стану або підвищення рівня екологічної свідомості населення. Опишіть:

- ✓ проблему,
- ✓ запропоноване рішення,
- ✓ очікуваний ефект (економічний, соціальний, екологічний).

Завдання 10

Оберіть будь-який товар (наприклад, смартфон, пляшка води, взуття, меблі).

Проаналізуйте життєвий цикл обраного продукту. Опишіть послідовність етапів від видобутку сировини до утилізації (постачання матеріалів; виробництво; транспортування; споживання; кінець життєвого циклу (відходи)). Визначте, на яких етапах виникають найбільші втрати ресурсів або негативний вплив на довкілля.

Запропонуйте способи його «циркулярного» перетворення – як зменшити відходи, продовжити термін служби, повторно використати матеріали чи надати продукту форму послуги.

Оцініть ефект від запропонованих змін (як зменшиться кількість відходів; які ресурси буде збережено; чи вигідним стане продукт для виробника і споживача; як це вплине на екологічний та соціальний баланс).

Оформити результати у вигляді таблиці або інфографіки:

Етап	Поточна модель (лінійна економіка)	Циркулярне рішення	Очікуваний ефект
Виробництво	Використання первинної сировини	Використання перероблених матеріалів	Зменшення видобутку ресурсів
Споживання	Одноразове використання	Можливість ремонту / повторного застосування	Зменшення відходів
Утилізація	Спалювання або звалище	Розбір і повторна переробка	Замкнений цикл матеріалів

Завдання 11

Проаналізуйте один нормативно-правовий документ, що стосується сталого розвитку (наприклад: Стратегія сталого розвитку “Україна–2030”, Закон «Про засади державної екологічної політики», Національний план дій з енергоефективності тощо).

Визначте його основні цілі та напрями.

Оцініть, наскільки ці положення відповідають Цілям сталого розвитку ООН.

Запропонуйте можливі шляхи вдосконалення.

Завдання 12

Оберіть три різні галузі, у яких активно застосовується адитивне виробництво (наприклад: машинобудування, медицина, будівництво, енергетика, агропромисловість, освіта). Для кожної галузі коротко опишіть конкретний приклад застосування (зразок продукту, технології або процесу). Визначте

- ✓ економічні переваги (зниження витрат, підвищення ефективності, індивідуалізація виробів тощо);
- ✓ екологічні переваги (менше відходів, повторне використання матеріалів, локальне виробництво, зменшення логістики);
- ✓ соціальні ефекти (створення нових робочих місць, зростання ролі малого бізнесу, підвищення якості життя, доступність технологій).

Зробіть порівняльну таблицю та сформулюйте узагальнений висновок: як АВ сприяє реалізації Цілей сталого розвитку ООН (вказіть принаймні три відповідні ЦСР).

Завдання 13

Розробіть ідею “зеленого продукту”, який може бути виготовлений за допомогою 3D-друку. Це може бути побутовий виріб, деталь технічного обладнання, елемент будівництва, біооб’єкт чи освітній продукт.

Охарактеризуйте продукт за такими параметрами:

- ✓ функціональне призначення (що вирішує, яку потребу задовольняє);
- ✓ матеріали (екологічно безпечні, біорозкладні, придатні до повторного використання чи перероблення);
- ✓ життєвий цикл (виробництво → використання → утилізація/рециклінг);

✓ ресурсна ефективність (економія енергії, матеріалів, зменшення відходів);

✓ додана соціальна або екологічна цінність (наприклад, виготовлення локально, використання у сфері освіти, допомога людям із особливими потребами тощо).

Побудуйте схему життєвого циклу продукту (можна графічно або у вигляді таблиці).

Обґрунтуйте, як ваш продукт відповідає принципам циркулярної економіки та яким чином сприяє сестейнізації матеріалів.

Завдання 14

Оберіть конкретний об'єкт або локальну систему – будинок, підприємство, школа або мікрорегіон. Визначте існуючі джерела енергії та їх споживання. Розробіть схему інтеграції відновлюваних джерел (сонячні панелі, вітрові турбіни) та систем зберігання енергії. Продемонструйте, як мережа може забезпечувати стабільне та ефективне постачання електроенергії.

Розрахуйте потенційну економію витрат на енергію. Визначте окупність інвестицій у відновлювані джерела та накопичувачі енергії. Оцініть зменшення викидів CO₂.

Визначте сильні та слабкі сторони проєкту, можливості та загрози для реалізації сестейнізації енергетики на обраному об'єкті.

На основі отриманих результатів запропонуйте комплекс заходів для оптимізації енергетичної системи, інтеграції в горизонтальні мережі та підвищення сталості енергопостачання.

Висновки

Сталий розвиток сьогодні перетворився з теоретичної концепції на глобальну парадигму цивілізаційного розвитку, що визначає напрями політики, економіки, освіти, науки та технологій у XXI столітті. Його основою є інтеграція трьох взаємопов'язаних складових – економічної, соціальної та екологічної – у єдину систему цілей і пріоритетів. Ця модель розвитку покликана забезпечити задоволення потреб сучасного покоління без загрози для можливостей майбутніх поколінь.

У навчальному посібнику розкрито, що сталий розвиток – це не стільки статичний стан, скільки динамічний процес гармонізації взаємин людини, суспільства і природи, заснований на наукових знаннях, етичних нормах і відповідальному використанні технологій. Саме тому перехід до сталого розвитку вимагає переосмислення не лише економічних механізмів, а й світоглядних орієнтирів людства.

Прийняття Порядку денного ООН до 2030 року та визначення 17 Цілей сталого розвитку (ЦСР) заклали глобальний орієнтир для країн світу. Ці цілі поєднують боротьбу з бідністю, розвиток інноваційної економіки, охорону довкілля, забезпечення енергетичної безпеки, гендерну рівність і партнерство задля прогресу. Навчальний посібник показує, що досягнення ЦСР є не ізольованим завданням державної політики, а комплексною стратегією для всієї планети, що передбачає участь урядів, бізнесу, науки, освіти та громадянського суспільства.

Сутність сталого розвитку неможливо розглядати поза контекстом сучасних промислових революцій, які радикально змінюють способи виробництва, споживання та комунікації. Від Industry 3.0 до Industry 5.0 людство пройшло

шлях від автоматизації до цифрової, кіберфізичної та людиноцентричної індустрії. У цих процесах зароджується нова економіка – інтелектуальна, ресурсоефективна і відповідальна, зорієнтована на довготривалу стійкість.

Навчальний посібник демонструє, що технологічні інновації можуть бути як рушійною силою, так і загрозою для сталого розвитку. Вони здатні знизити споживання ресурсів, оптимізувати енергетичні системи, створити «зелені» робочі місця, однак потребують етичного й екологічного контролю. Особлива увага приділена таким напрямам, як:

- циркулярна економіка, що формує замкнені цикли ресурсокористування;
- сестейнізація енергетики на основі відновлюваних джерел та енергоефективних технологій;
- адитивне виробництво, що забезпечує мінімізацію відходів і персоналізацію продукції;
- штучний інтелект та інтернет речей, які сприяють цифровій трансформації екосистем управління;
- екологізація поселень і будівництва, як втілення принципу «зеленого міста».

Усі ці напрями, розкриті як у теоретичному, так і в презентаційному матеріалі навчального посібника, демонструють практичні механізми переходу від техногенної економіки до економіки сталості – гнучкої, адаптивної та орієнтованої на якість життя.

В основі сучасної моделі сталого розвитку лежить людина як головний суб'єкт і мета прогресу. Соціальний вимір включає питання гідної праці, справедливого розподілу благ, розвитку людського потенціалу, освіти та охорони здоров'я. Без соціальної згуртованості та етичної

відповідальності навіть найсучасніші технології не здатні забезпечити сталий розвиток.

Навчальний посібник підкреслює важливість формування нової культури відповідальності, яка поєднує екологічне мислення, інноваційність і моральну зрілість. Сестейнізація суспільства передбачає не лише зміни в економічній структурі, а й переорієнтацію освітніх систем, управлінських практик і громадянських ініціатив на принципи партнерства, відкритості й соціальної справедливості.

У цьому контексті освіта для сталого розвитку (Education for Sustainable Development, ESD) відіграє ключову роль, оскільки саме вона формує компетентності, необхідні для прийняття рішень у складному світі. Теоретичні розділи навчального посібника супроводжуються презентаційними матеріалами, які допомагають студентам засвоїти концепти сталості через візуалізацію, кейси, приклади успішних практик та інфографіку. Такий підхід не лише активізує пізнавальну діяльність, а й стимулює критичне мислення та проєктну компетентність майбутніх фахівців.

Україна, як частина європейського та світового співтовариства, взяла на себе зобов'язання імплементувати Цілі сталого розвитку до 2030 року. Вітчизняний шлях сестейнізації економіки має свої особливості: глибока структурна модернізація промисловості, відновлення енергетики, трансформація сільського господарства, розвиток цифрових технологій, децентралізація та посилення ролі громад.

Важливим викликом залишається поєднання відбудови країни з принципами сталого розвитку – зеленої реконструкції, енергоефективності, соціальної інклюзії та екологічної безпеки. Навчальний посібник підкреслює, що відновлення України має здійснюватися не за старими моделями

індустріального зростання, а на основі “зеленого курсу”, який відповідає європейським та глобальним тенденціям.

Таким чином, український контекст сталого розвитку – це не лише імплементація міжнародних документів, а створення власної моделі постіндустріальної економіки, що ґрунтується на наукових інноваціях, технологічній модернізації та соціальній солідарності.

Навчальний посібник «Сталий розвиток» покликаний не лише сформувати знання, а й змінити спосіб мислення, пробудити в читачів прагнення до дії, усвідомлення власної відповідальності та готовність стати частиною глобального руху за стійке й справедливе майбутнє.

Рекомендована література

1. About additive manufacturing. *Loughborough University*. 2025. URL: <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/> (accessed on 15.01.2025).
2. Additive manufacturing – a definition: what is additive manufacturing? *SPI Lasers*. URL: <http://www.spilasers.com/application-additive-manufacturing/additive-manufacturing-a-definition/> (accessed on 20.10.2021).
3. AI is transforming the search for new materials that can help create the technologies of the future. *The Conversation*. 10.02.2025. URL: <https://theconversation.com/ai-is-transforming-the-search-for-new-materials-that-can-help-create-the-technologies-of-the-future-249392> (accessed on 15.02.2025).
4. Appenzeller T. 2025 Breakthrough of the year. Good morning, sunshine. *Science*. 18.12.2025. URL: <https://www.science.org/content/article/breakthrough-2025>
5. Capata R., Calabria A. High-performance electric / hybrid vehicle – environmental, economic and technical assessment of electrical accumulators for sustainable mobility. *Energies*. 2022. 15(6): 2134. DOI:10.3390/en15062134 (accessed on 10.11.2022).
6. Cramer J. The raw materials transition in the Amsterdam Metropolitan area: added value for the economy, well-being, and the environment. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 2017. 59(3). P. 14–21. <https://doi.org/10.1080/00139157.2017.1301167>
7. Geissadoerfer M. Pieroni P. P., Pigosso D. C. A., Soufani K. Circular business models: A review. *Journal of Cleaner Production*, 2020. 277. 123741. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123741>
8. Hahn J. Dezeen's top 10 most innovative materials of 2023. *Dezeen*. 18.12.2023. URL: <https://www.dezeen.com/2023/12/18/innovative-materials-2023-review/> (accessed on 15.01.2025).

9. Hens L. Measuring sustainable development / *Social and economic potential of sustainable development*. Sumy: University Book, 2008. P. 62–73.
10. Industry 4.0. *Wikipedia*. URL: http://en.m.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0 (accessed on 01.03.2016).
11. MacRae R. A History of Sustainable Agriculture. Ecological agriculture projects. *Ecological agriculture projects*, 1990. URL: http://eap.mcgill.ca/AASA_1.htm (accessed on 20.05.2025).
12. McClintock C. A beginner's guide to generative design. 01.06.2023. URL: <https://www.ptc.com/en/blogs/cad/beginner-guide-generative-design> (accessed on 10.05.2023).
13. Melnyk L. Socio-natural antientropic potential: the role of economy and innovations. *Environment, Development and Sustainability*. 30.04.2020. URL: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00730-0>
14. Melnyk L., Kubatko O., Dehtyarova I., Matsenko O., & Rozhko O. The effect of industrial revolutions on the transformation of social and economic systems. *Problems and Perspectives in Management*, 17(4), 381–391. 2019. URL: [https://doi.org/10.21511/ppm.17\(4\).2019.31](https://doi.org/10.21511/ppm.17(4).2019.31).
15. Merchant A., Cubuk E.D. Millions of new materials discovered with deep learning. *Google DeepMind*. 29.11.2023. URL: <https://deepmind.google/discover/blog/millions-of-new-materials-discovered-with-deep-learning/> (accessed on 15.01.2025).
16. Nguyen R. 14 sustainable agriculture practices that benefit the planet. *RegenX*. 05.11.2023 URL: <https://regenx.ag/blog/sustainable-agriculture-practices/> (accessed on 15.02.2025).
17. Petersen A.U., Hofmann A.I., Fillols M., Manso M. Solar energy storage by molecular norbornadiene – quadricyclane photoswitches: polymer film devoces. *Advanced Science*. 2019, 6(12):1900367. URL: <https://doi.org/10.1002/advs.201900367>
18. Rifkin J. Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism. New York: St. Martin's Griffin Publisher, 2015. 448 p.
19. Romanova O. 17 innovative construction materials changing how we build. *PlanRadar*. 05.01.2024. URL:

<https://www.planradar.com/gb/top-15-innovative-construction-materials/> (accessed on 15.02.2025).

20. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. *World Economic Forum*. URL: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab> (accessed on 01.03.2016).

21. Schwab K., Davis N. Shaping the Fourth Industrial Revolution. Cologny, Switzerland: World Economic Forum, Committed to Improving the State of the World, 2018. 320 p.

22. Shahan Z. 10 Solar Energy Facts & Charts You (& Everyone) should know. *Clean Technica*. 17.08.2016. URL: <https://cleantechnica.com/2016/08/17/10-solar-energy-facts-chartseveryone-know/> (accessed on 01.10.2016).

23. Simpson J.D., van Barlingen W. How far can an electric car go on one charge? *EVBox. Blog*. 17.06.2022. URL: <https://blog.evbox.com/uk-en/electric-car-range> (accessed on 11.11.2022).

24. What is Additive Manufacturing? (a). *Additive Manufacturing*. URL: <http://additivemanufacturing.com/basics/> (accessed on 01.12.2021).

25. What is additive manufacturing? Understanding the manufacturing technology and its impact. *Markforget*. URL: <https://markforged.com/resources/blog/additive-manufacturing-101-guide-the-basics> (accessed on 15.01.2025).

26. Zelinski P. Additive manufacturing materials. What is additive manufacturing? *Additive manufacturing*. URL: <https://www.additivemanufacturing.media/kc/what-is-additive-manufacturing/am-materials> (accessed on 15.05.2023).

27. 5 circular economy business models that offer a competitive advantage. *World Economic Forum*. 27.06.2022. URL: <https://www.weforum.org/stories/2022/01/5-circular-economy-business-models-competitive-advantage/> (accessed on 15.04.2025).

28. Цілі сталого розвитку. *Physiopedia*. URL: <https://langs.physio-pedia.com/uk/sustainable-development-goals-uk/> (дата звернення 01.11.2025).

Навчальне видання

СТАЛИЙ РОЗВИТОК

За редакцією д.е.н., проф. Л.Г. Мельника

Навчальний посібник

Обкладинка М. В. Кириленко
Комп'ютерна верстка та технічне редагування Ю. М. Завдов'єва

В авторській редакції
Підписано до друку 04.03.2026
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 35,4. Обл.-вид. арк. 32,92
Тираж 300 прим. Замовлення № 03-03-2006

Відділ реалізації. Тел.: (067) 542-08-01. E-mail: info@book.sumy.ua
ПФ «Видавництво «Університетська книга»»
40000, м. Суми, площа Покровська, 6
Тел.: (0542) 65-75-85. E-mail: publish@book.sumy.ua
www.book.sumy.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7461 від 05.10.2021
Віддруковано на обладнанні ПФ «Видавництво “Університетська книга”»