

Сергій ОПТАСЮК¹, Ольга ОПТАСЮК², Інна ГРИГОРЧУК³, Олександр КОРСУН⁴

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

e-mail: ¹optasyuk.s@kpnpu.edu.ua, ²optasyuk.o@kpnpu.edu.ua, ³hryhorchuk@kpnpu.edu.ua,⁴bioldf21.korsun@kpnpu.edu.ua;ORCID: ¹0000-0003-1784-7155, ²0000-0001-9007-2494, ³0000-0002-2260-998X, ⁴0000-0002-1393-5724

ПЕРСПЕКТИВИ ДІЯЛЬНОСТІ ЖИВИХ ЛАБОРАТОРІЙ (LIVING LABS) В УКРАЇНІ

Анотація. У статті розглядаються перспективи впровадження концепції Living Labs в Україні як інноваційного підходу до вирішення екологічних і соціальних викликів. Проаналізовано роль живих лабораторій у формуванні платформ для інтеграції наукових досліджень, екотехнологій та активної участі громад. Особлива увага приділена потенціалу Living Labs для моніторингу та відновлення екосистем, контролю інвазійних видів рослин, збереження біорізноманіття та адаптації до сучасних екологічних умов України. Показано, що інтеграція цієї концепції в національні природоохоронні стратегії може сприяти сталому розвитку країни, підвищенню екологічної свідомості населення та реалізації інноваційних природоорієнтованих рішень.

Ключові слова: живі лабораторії, інноваційні екотехнології, збереження біорізноманіття, сталий розвиток, природоорієнтовані рішення.

В Україні дедалі більшої уваги потребує впровадження інноваційних підходів у сфері дослідження та збереження біологічного різноманіття, оптимізації природокористування та екологічного моніторингу. Біорізноманіттю та флорі країни загрожує низка чинників, серед яких значне антропогенне навантаження, зміна клімату, деградація природних середовищ, інвазія чужорідних видів і неконтрольоване використання природних ресурсів. Концепція «живих лабораторій» (Living Labs) виступає ефективним інструментом для вирішення цих проблем завдяки інтеграції наукових досліджень, сучасних технологій та активної співпраці з місцевими громадами [9; 13].

Актуальність дослідження полягає в необхідності пошуку інноваційних підходів до збереження екосистем, які зазнають дедалі більшого впливу з боку антропогенних факторів, таких як зміна клімату, втрата біорізноманіття та деградація природних ресурсів. Живі лабораторії (Living Labs) є перспективним інструментом для вирішення цих викликів завдяки їх здатності об'єднувати зусилля науковців, громад, бізнесу та державних органів з метою спільного розроблення та тестування природоорієнтованих рішень у реальних умовах [10].

На міжнародному рівні Living Labs вже продемонстрували свою ефективність у таких напрямках, як управління природними ресурсами, відновлення екосистем та інтеграція екологічних інновацій у локальну громаду [17]. Утім, в Україні концепція живих лабораторій досі не набула належного поширення, незважаючи на значний природно-ресурсний потенціал країни та нагальну потребу в удосконаленні підходів до збереження довкілля.

Метою дослідження є аналіз ключових аспектів діяльності живих лабораторій в Україні, включно з аналізом їхнього потенціалу для сталого управління природними ресурсами, впровадження інноваційних екотехнологій та формування екологічної свідомості.

Дослідження перспектив діяльності живих лабораторій в Україні є не лише актуальним, але й стратегічно важливим для розвитку інноваційних підходів у дослідженні та збереженні природних ресурсів, зміцнення науково-практичної взаємодії та впровадження ефективних механізмів екологічного та соціального управління.

Методи дослідження: використано комплекс методів, зокрема аналіз літературних джерел для вивчення теоретичних основ, історії розвитку та практичного застосування концепції Living Labs; порівняльний метод для зіставлення міжнародного досвіду та можливостей адаптації до умов України; системний підхід для розгляду Living Labs як інтегрованого інструменту, що поєднує науку, технології та участь громад; описово-аналітичний метод для узагальнення даних про роль Living Labs у вирішенні викликів та прогностичний метод для оцінки перспектив їхнього розвитку в Україні.

Результати дослідження. Живі лабораторії (Living Labs) представляють собою відкриті платформи, у межах яких дослідники, представники бізнесу, місцеві громади та органи влади взаємодіють для розробки та впровадження рішень, спрямованих на збереження та відновлення природних екосистем. Унікальність цього підходу полягає в тому, що експерименти та випробування здійснюються безпосередньо у реальному середовищі, які зазнають екологічного навантаження, із залученням кінцевих користувачів до процесу створення інновацій. Відмінною рисою Living Labs є їхня орієнтація на співтворчість (co-creation), яка забезпечує інтеграцію місцевого досвіду, традиційних екологічних знань та передових технологічних досягнень. Це дозволяє не лише ефективно впроваджувати наукові розробки у практику, але й забезпечувати їх адаптацію до специфічних соціо-екологічних контекстів [10].

Концепція Living Labs виникла наприкінці 1990-х років на тлі розвитку ідей про інтеграцію наукових досліджень, технологій і активної участі суспільства у створенні інноваційних рішень. Основна ідея полягала у тому, щоб створити відкриту платформу, де наукові розробки могли б тестуватися у реальних умовах із залученням кінцевих користувачів. Перші експерименти, пов'язані із застосуванням такого підходу, проводилися в Массачусетському технологічному інституті (MIT), де "живі лабораторії" слугували базою для тестування інновацій у сфері інформаційних технологій, комунікацій та інтерактивного дизайну [19]. Після успішного старту в США концепція швидко поширилася у Європі, де вона отримала новий імпульс розвитку. У 2006 році було засновано Європейську мережу живих лабораторій (European Network of Living Labs, ENoLL),

яка об'єднала наукові, бізнесові та громадські інституції з різних країн. ENoLL стала ключовою платформою для популяризації Living Labs як інструменту впровадження інновацій у різних галузях, зокрема в урбаністиці, енергетиці, екології, сільському господарстві та охороні здоров'я. У рамках цієї мережі розроблялися спільні методики для створення Living Labs, адаптовані до специфічних умов різних регіонів [12].

Особливе місце в історії розвитку Living Labs посідає їхнє застосування в екологічних проєктах. Наприклад, у скандинавських країнах, таких як Швеція та Данія, живі лабораторії використовуються для адаптації до зміни клімату, впровадження екотехнологій у міській інфраструктурі та відновлення природних екосистем. У Нідерландах створення Living Labs у сфері управління водними ресурсами стало основою для ефективного подолання екологічних викликів [9].

Концепція Living Labs поступово виходить за межі Європи, набуваючи глобального масштабу. В Азії та Африці вона інтегрується у проєкти з управління сільськими територіями, боротьби з опустелюванням та розвитку відновлюваної енергетики. У той же час у США та Канаді Living Labs використовуються для тестування новітніх технологій у сільському господарстві та розвитку "розумних міст" [23].

Розвиток Living Labs тісно пов'язаний із європейськими програмами інноваційного розвитку, зокрема Horizon 2020 та Horizon Europe. У цих програмах Living Labs відіграють роль інструменту для досягнення екологічних цілей, зокрема у напрямку сталого управління природними ресурсами, розробки кліматично нейтральних рішень та впровадження природоорієнтованих підходів. Завдяки співпраці між урядами, дослідницькими установами та місцевими громадами живі лабораторії стали моделлю успішної інтеграції наукових знань у практику [16].

Living Labs активно використовуються для моніторингу стану природних ресурсів, дослідження впливу людської діяльності та адаптації екосистем до змін клімату. Наприклад, у рамках проєкту Hammarby Sjöstad Living Lab у Швеції досліджуються способи зменшення викидів CO₂ та оптимізації водокористування у міських екосистемах. Цей проєкт поєднує екотехнології, такі як біофільтри для очищення води, та залучення місцевих мешканців до сталого використання ресурсів [13].

Ще одним яскравим прикладом є Amsterdam Living Lab у Нідерландах, де зосереджено увагу на тестуванні природоорієнтованих рішень (Nature-Based Solutions). У межах проєкту реалізовано відновлення природних водойм і створення "зелених дахів", які сприяють очищенню повітря та підтримці біорізноманіття у міських умовах. Проєкт демонструє, як інтеграція екологічних рішень у міську інфраструктуру може підвищити якість життя та забезпечити стійкість до кліматичних змін [8].

Особливу роль Living Labs відіграють у відновленні деградованих земель та екосистем. Наприклад, у проєкті Citarum River Living Lab в Індонезії проводяться дослідження щодо очищення річки Читарум – однієї з найбільш забруднених у світі. Зусилля спрямовані на тестування технологій очищення води, рекультивацію берегової лінії та просвіту місцевих громад щодо відповідального поводження з відходами [11].

Living Labs також використовуються для управління сільськими екосистемами. У Канаді, в рамках проєкту Smart Agri-Food Living Lab, досліджуються інноваційні методи сталого сільського господарства, такі як застосування дронів для моніторингу стану ґрунтів і впровадження систем точного землеробства. Цей підхід дозволяє зменшити вплив аграрного сектору на довкілля та підвищити врожайність [21].

Використання Living Labs є важливим і для дослідження зміни клімату. Проєкт Urban Climate Resilience Living Lab в Індії спрямований на адаптацію міських екосистем до екстремальних погодних умов, розробку інфраструктури для управління дощовими водами та зменшення впливу теплових хвиль на населення. Ці ініціативи демонструють важливість інтеграції локальних знань і передових технологій для адаптації до глобальних екологічних викликів [23].

Завдяки інтеграції науки, технологій і громадської участі Living Labs стає потужним інструментом для забезпечення сталого управління природними ресурсами та відновлення екосистем. В Україні концепція поки що перебуває на етапі становлення, хоча потенціал її впровадження у сфері екології та сталого розвитку є значним. Адаптація цього підходу до українських умов може сприяти інтеграції наукових знань у природоохоронну діяльність, розробці локальних рішень для управління екосистемами та підвищенню екологічної свідомості населення [2; 6].

Процес створення Living Labs є багатоетапним і передбачає інтеграцію наукових знань, технологічних інновацій і соціальної участі. Він охоплює ключові кроки, спрямовані на забезпечення ефективної реалізації лабораторії в реальному середовищі та досягнення поставлених екологічних і соціальних цілей.

Перший етап – формулювання концепції. На цьому етапі визначаються ключові цілі створення Living Lab, аналізуються виклики, які лабораторія має вирішити, та окреслюється загальна стратегія. Особлива увага приділяється аналізу локального контексту: соціальних, економічних та екологічних умов. Наприклад, у рамках програми Horizon Europe концепція Living Labs часто формується для вирішення конкретних проблем, таких як оптимізація управління водними ресурсами чи захист біорізноманіття [13; 14].

Другий етап – налагодження партнерств та створення міждисциплінарної команди. Успіх Living Labs залежить від залучення до співпраці різних зацікавлених сторін, таких як наукові інституції, бізнес, місцеві громади, органи влади та громадські організації. Цей етап забезпечує створення платформи для співпраці, обміну знаннями та інтеграції зусиль [8].

Третій етап – розробка інноваційної програми. На цьому етапі визначаються конкретні інструменти, технології та методи, які будуть застосовані в Living Lab. Складається детальний план дій, враховуються економічна та екологічна ефективність майбутніх рішень [20].

Четвертий етап – реалізація лабораторії в реальному середовищі. Це ключовий етап, на якому розроблені інновації впроваджуються та тестуються у визначеному екологічному чи соціальному контексті [10].

П'ятий етап – моніторинг, оцінка результатів та масштабування. Після впровадження Living Lab проводиться оцінка її ефективності. Аналізуються вплив

на екосистему, економічні показники та рівень соціального залучення. На основі отриманих результатів створюються рекомендації для масштабування успішних практик [13].

У контексті України особливе значення може мати використання Living Labs для вивчення і збереження таких унікальних природних систем, як ліси Карпат, степи, водно-болотні угіддя та урбанізовані екосистеми. Завдяки інтеграції різних зацікавлених сторін – науковців, місцевих громад, органів влади та бізнесу – цей підхід здатен забезпечити комплексний підхід до вирішення екологічних проблем. Незважаючи на успішні реалізації окремих ініціатив, загальний рівень впровадження Living Labs залишається недостатньо розвиненим. Водночас наявність окремих проєктів свідчить про значний потенціал цього інструменту для вирішення екологічних викликів.

Одним із перших прикладів впровадження принципів Living Labs є проєкт Смарт-вулиця у Києві, реалізований за підтримки Київської міської державної адміністрації. Цей проєкт був спрямований на інтеграцію цифрових рішень для покращення якості життя в місті. У межах ініціативи встановлено станції моніторингу якості повітря, впроваджено безкоштовний Wi-Fi та "розумне" освітлення, що реагує на рівень освітленості та кількість пішоходів. Хоча основний акцент був зроблений на технологічних аспектах, цей проєкт став демонстраційною моделлю для інтеграції інновацій у міські екосистеми. Потенціал цього підходу для покращення міських екосистем значно перевищує початкові результати, але подальший розвиток потребує розширення функціональності проєкту [4].

У Харкові реалізовано проєкт, спрямований на моніторинг екологічного стану міста та його околиць. За допомогою відкритих даних аналізується якість води, стан ґрунтів та зелених зон. У межах цієї ініціативи впроваджуються інструменти для моделювання сценаріїв сталого розвитку міських територій. Залучення місцевих громад до моніторингу екологічного стану сприяє підвищенню екологічної свідомості населення та дозволяє створити умови для впровадження Living Labs як постійного механізму управління екосистемами [5].

Окремі університети України також інтегрують елементи концепції Living Labs у свої дослідницькі програми. Зокрема, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна реалізує проєкти з моніторингу екосистем, які передбачають залучення студентів та молодих науковців. Одним із напрямів є створення навчальних платформ для дослідження змін клімату, стану водойм та лісових екосистем. Ці платформи використовуються як бази для апробації нових методів екологічного моніторингу [1].

Впровадження концепції Living Labs в Україні, незважаючи на її потенціал, стикається з численними викликами, які ускладнюють інтеграцію цього підходу в природоохоронну діяльність. Однією з ключових проблем є відсутність належного фінансування. Основна частина фінансової підтримки таких проєктів надходить від міжнародних організацій у вигляді грантів, тоді як державне фінансування для розвитку Living Labs практично відсутнє. Це створює залежність проєктів від зовнішніх джерел та ускладнює їх довгострокове функціонування. Крім того, не іс-

нує систематизованого механізму залучення коштів із приватного сектору, що є суттєвим бар'єром для розвитку цієї концепції [7]. Другою важливою проблемою є низький рівень обізнаності суспільства про концепцію Living Labs. Багато місцевих громад і бізнесових структур не знайомі з перевагами та можливостями цієї моделі. Як наслідок, відсутність підтримки на рівні громад і приватного сектору уповільнює реалізацію таких ініціатив. Це також ускладнює залучення учасників до експериментальних процесів, які є ключовою складовою Living Labs [4].

Ще одним значним викликом є відсутність досвіду у реалізації міждисциплінарних проєктів. Living Labs потребують ефективної координації зусиль різних зацікавлених сторін – науковців, представників влади, місцевих громад та бізнесу. В Україні такі форми співпраці поки що розвинені недостатньо. Складність організації процесу обміну знаннями та технологіями серед різних секторів залишається однією з головних перепон на шляху до успішної інтеграції концепції Living Labs [5].

Відсутність чіткої нормативно-правової бази також створює суттєві бар'єри для розвитку цієї моделі. У багатьох країнах створення Living Labs підтримується спеціальними державними програмами або законодавчими актами. Натомість в Україні концепція Living Labs не закріплена на законодавчому рівні, що ускладнює її інтеграцію в існуючі природоохоронні та інноваційні політики. Неврегульованість правового поля обмежує можливості створення партнерств між державним і приватним секторами, які є основою для фінансування та функціонування лабораторій [1].

Додатковим викликом є недостатній рівень розвитку інфраструктури та доступу до сучасних технологій, які є необхідними для роботи Living Labs. Висока вартість моніторингового обладнання, низький рівень цифровізації багатьох регіонів та обмежений доступ до передових технологій є значними бар'єрами для реалізації концепції. Водночас технологічні ресурси, наявні в університетах та дослідницьких установах, часто використовуються недостатньо ефективно через низький рівень співпраці між науковими установами, бізнесом і громадами [8].

Окремим фактором, який ускладнює розвиток Living Labs в Україні, є специфічний контекст військових дій. Живі лабораторії мають значний потенціал для вирішення екологічних, соціальних та економічних проблем, спричинених військовими діями. Воєнні конфлікти завдають серйозної шкоди природним екосистемам, призводячи до деградації земель, забруднення ґрунтів і вод, втрати біорізноманіття та руйнування природних оселищ. Концепція Living Labs дозволяє створювати інноваційні платформи для дослідження цих проблем і розробки комплексних рішень, які поєднують наукові підходи, технологічні розробки та участь місцевих громад.

У контексті поствоєнного відновлення України Living Labs можуть слугувати ефективним інструментом для екологічного моніторингу територій, забруднених внаслідок воєнних дій, апробації природоорієнтованих методів реабілітації, таких як фіторе mediaція та біоре mediaція, а також розробки програм з відновлення екосистем. Завдяки інтеграції міжнародного досвіду та залученню локальних зацікавлених сторін ці

лабораторії здатні забезпечити адаптацію інноваційних рішень до специфічних умов регіонів України, сприяючи відновленню природного балансу та забезпеченню сталого розвитку постраждалих територій. Living Labs можуть стати важливим компонентом екологічної політики України, забезпечуючи науково обґрунтований підхід до вирішення складних проблем, спричинених війною, та формуючи основу для інтеграції природоохоронної діяльності з економічним і соціальним відновленням країни.

Попри численні виклики, Україна має значний потенціал для впровадження Living Labs. Природне різноманіття країни, від степів до гірських екосистем, створює сприятливі умови для проведення екологічних експериментів. Крім того, міжнародна підтримка та зростаюча зацікавленість у питаннях сталого розвитку можуть стати важливими чинниками для стимулювання розвитку цієї концепції. Інтеграція Living Labs у природоохоронну діяльність дозволить не лише вирішувати екологічні виклики, але й сприяти підвищенню екологічної свідомості громад, зміцненню зв'язків між наукою та суспільством, а також залученню інновацій до сталого управління природними ресурсами.

Міжнародне співробітництво у сфері Living Labs відкриває широкі можливості для України, сприяючи інтеграції світового досвіду, передових технологій та інноваційних практик у вирішення екологічних викликів. Участь у міжнародних ініціативах дозволяє українським організаціям, науковцям та громадам залучати ресурси, знання і партнерів, необхідних для створення та розвитку живих лабораторій у контексті збереження екосистем. Однією з ключових платформ для міжнародного співробітництва є European Network of Living Labs (ENoLL), яка об'єднує понад 150 Living Labs у різних країнах світу. Ця мережа пропонує українським ініціативам можливість співпраці з європейськими партнерами для обміну досвідом та розробки спільних проєктів. Наприклад, у межах програм Horizon Europe можливе фінансування інноваційних проєктів, спрямованих на реалізацію природоорієнтованих рішень, відновлення біорізноманіття та адаптацію до зміни клімату [12].

Іншим важливим аспектом міжнародного співробітництва є залучення іноземних інвесторів та технологічних компаній до створення Living Labs в Україні. Наприклад, у рамках партнерств із Нідерландами та Німеччиною можна впроваджувати успішні практики, такі як використання «зелених дахів» та енергоефективних технологій, апробованих у проєктах Amsterdam Living Lab і MOVE21. Таке співробітництво сприяє не лише впровадженню інновацій, але й формуванню інституційної спроможності українських громад для самостійного розвитку подібних ініціатив у майбутньому [8; 12; 22].

Участь України у глобальних ініціативах, пов'язаних із Цілями сталого розвитку (SDGs), є ще однією можливістю для розвитку Living Labs. Наприклад, у рамках партнерства з Місією ЄС "Кліматично нейтральні міста" Україна може використовувати досвід скандинавських країн у проєктах з адаптації міст до зміни клімату. Це відкриває можливості для створення Living Labs у великих містах України, які стикаються з проблемами урбанізації, забруднення повітря та управління водними ресурсами [14]. Крім того, між-

народне співробітництво може сприяти підвищенню кваліфікації українських фахівців у сфері Living Labs. Участь у міжнародних навчальних програмах, семінарах та конференціях дозволяє отримати нові знання, ознайомитися з найкращими практиками та адаптувати їх до українських реалій. Наприклад, програми обміну з університетами Європи, такими як Лундський університет у Швеції, надають можливість українським науковцям долучатися до розробки інноваційних екологічних рішень у межах Living Labs [18].

Отже, міжнародне співробітництво у сфері Living Labs є ключовим напрямом для України, який дозволяє інтегрувати передові технології, мобілізувати фінансові ресурси та залучити міжнародний досвід. Це сприятиме вирішенню екологічних викликів, посиленню зв'язків між українськими та міжнародними організаціями, а також створенню умов для сталого розвитку екосистем у національному контексті.

Отже, концепція Living Labs є перспективним і дієвим інструментом для вирішення широкого спектра екологічних і соціальних проблем, зокрема збереження екосистем, відновлення біорізноманіття, адаптації до змін клімату, інтеграції природоорієнтованих рішень та сталого управління природними ресурсами. Завдяки інтеграції міждисциплінарних підходів, залученню громад, науковців, бізнесу та органів влади, живі лабораторії стають ефективною платформою для створення та впровадження інноваційних екологічних технологій.

Living Labs на сьогодні є ключовим інструментом для розв'язання актуальних екологічних і соціальних викликів України, включаючи пошук інноваційних підходів до вирішення проблем урбанізації, раціонального природокористування та підтримки сталого розвитку. Завдяки інтерактивному формату роботи такі лабораторії здатні поєднати теоретичні дослідження з практичною діяльністю, сприяючи довгостроковим змінам у суспільстві та природоохоронній сфері.

Список використаних джерел:

1. Дзюндзюк О.В. Публічне управління міським розвитком на засадах смарт-спеціалізації: дис. ... канд. наук з держ. управління. Харків: Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, 2021. 250 с.
2. Партнерства за напрямом «Продовольство, біоєкономіка, природні ресурси, сільське господарство та навколишнє середовище». *Horizon Europe*: веб-сайт. 2022. URL: <https://horizon-europe.org.ua> (дата звернення: 03.10.2024).
3. Протопопова В.В., Шевера М.В. Інвазійні види у флорі України. І. Група високо активних видів. *Вісник Національного науково-природничого музею*. 2019. № 17. С. 111–120.
4. Станція моніторингу повітря, безкоштовний Wi-Fi та «розумне» освітлення: у Києві відкрили першу смарт-вулицю. *Київська міська державна адміністрація*: веб-сайт. 2018. URL: <https://kyivcity.gov.ua> (дата звернення: 04.09.2024).
5. Харківська Living Lab: від відкритої інноваційної екосистеми до продовольчої стійкості. *Соціальний Простір*. 2022. № 11. С. 45–58.
6. Цілі сталого розвитку: Україна. *Офіційний сайт ПРООН в Україні*: веб-сайт. URL: <https://www.ua.undp.org/sdgs> (дата звернення: 07.10.2024).

7. A Systematic Review of Living Labs in the Context of Sustainable Development. *Sustainable Development*: веб-сайт. 2023. № 5(4). С. 42. URL: <https://www.mdpi.com/2673-4834/5/4/42> (дата звернення: 13.10.2024).
8. *Amsterdam Living Lab*: веб-сайт. URL: <https://amsterdamsmartcity.com/projects/living-lab> (дата звернення: 10.10.2024).
9. Building Climate Resilience in Coastal City Living Labs Using Ecosystem-Based Adaptation. *Sustainability*: веб-сайт. 2022. № 14(17). С. 10863. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/17/10863> (дата звернення: 12.10.2024).
10. Citarum Living Lab: Co-creating Visions for Sustainable River Management. *PLOS Water*: веб-сайт. 2023. № 2(3). С. 200. URL: <https://journals.plos.org/water/article?id=10.1371/journal.pwat.0000200> (дата звернення: 14.08.2024).
11. *European Network of Living Labs (ENoLL)*: веб-сайт. URL: <https://enoll.org> (дата звернення: 10.09.2024).
12. *Hammarby Sjöstad Living Lab*: веб-сайт. URL: <https://www.hammarbysjostad.se> (дата звернення: 10.10.2024).
13. *Horizon Europe. Living Labs Framework*: веб-сайт. URL: <https://horizon-europe.eu> (дата звернення: 11.08.2024).
14. Leveraging Traditional Ecological Knowledge in Ecosystem Restoration Projects Utilizing Machine Learning. *arXiv preprint arXiv:2006.12387*: веб-сайт. 2020. URL: <https://arxiv.org/abs/2006.12387> (дата звернення: 10.10.2024).
15. Living Labs – A Concept for Co-Designing Nature-Based Solutions. *Sustainability*: веб-сайт. 2021. № 13(1). С. 188. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/188> (дата звернення: 12.10.2024).
16. Living Labs in the Context of the UN Sustainable Development Goals. *Sustainability Science*: веб-сайт. 2022. № 17. С. 693–707. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-022-01240-w> (дата звернення: 14.10.2024).
17. *Lund University. Living Labs for Sustainable Development*: веб-сайт. URL: <https://lunduniversity.lu.se> (дата звернення: 10.10.2024).
18. Mitchell W.J. City of Bits: Space, Place, and the Infobahn. Cambridge: MIT Press, 1996. 225 p.
19. *MOVE21: Innovative Living Labs*: веб-сайт. URL: <https://move21.eu> (дата звернення: 16.09.2024).
20. *Smart Agri-Food Living Lab*: веб-сайт. URL: <https://www.smartagrifood.ca> (дата звернення: 14.10.2024).
21. *UNDP Ukraine. Support to Biodiversity Conservation in Ukraine*: веб-сайт. URL: <https://www.undp.org> (дата звернення: 12.09.2024).
22. *Urban Climate Resilience Living Lab*: веб-сайт. URL: <https://www.ucrll.org> (дата звернення: 20.10.2024).
23. Urban Living Labs: Pathways of Sustainability Transitions towards Circular Economy. *Sustainability*: веб-сайт. 2022. № 14(16). С. 9831. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/16/9831> (дата звернення: 10.10.2024).

Serhiy OPTASIUК, Olga OPTASIUК,

Inna HRYHORCHUK, Oleksandr KORSUN

Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University

PROSPECTS FOR THE ACTIVITIES OF LIVING LABS IN UKRAINE

Abstract. This article examines the prospects for implementing the concept of Living Labs in Ukraine as an innovative approach to addressing ecological and social challenges. The role of Living Labs in establish-

ing platforms for the integration of scientific research, eco-technologies, and active community participation is analyzed. Particular attention is given to the potential of Living Labs for ecosystem monitoring and restoration, controlling invasive plant species, preserving biodiversity, and adapting to contemporary environmental conditions in Ukraine. It is demonstrated that integrating this concept into national environmental strategies can contribute to the country's sustainable development, raise public environmental awareness, and facilitate the implementation of innovative nature-based solutions.

Key words: Living Labs, innovative eco-technologies, biodiversity conservation, sustainable development, nature-based solutions.

References:

1. Dzyundzyuk O.V. Publichne upravlinnya mis'kym rozvytkom na zasadakh smart-spetsializatsiyi: dys. ... kand. nauk z derzh. upravlinnya. Kharkiv: Kharkivs'kyu natsional'nyy universytet imeni V.N. Karazina, 2021. 250 s.
2. Partnerstva za napryamom «Prodoval'stvo, bioekonomika, pryrodni resursy, sil's'ke hospodarstvo ta navkolyshnye seredovyshche». *Horizon Europe*: web-sayt. 2022. URL: <https://horizon-europe.org.ua>
3. Protopopova V.V., Shevera M.V. Invaziyni vydy u flori Ukrayiny. I. Hrupa vysoko aktyvnykh vydiv. *Visnyk Natsional'noho naukovo-pryrodnychoho muzeyu*. 2019. № 17. S. 111–120.
4. Stantsiya monitorynhu povitrya, bezkoshtovnyy Wi-Fi ta «rozumne» osviltleniya: u Kyjevi vidkryly pershu smart-vulytsyu. *Kyyivs'ka mis'ka derzhavna administratsiya*: web-sayt. 2018. URL: <https://kyivcity.gov.ua>
5. Kharkivs'ka Living Lab: vid vidkrytoyi innovatsiynoyi ekosystemy do prodoval'choyi stiykosti. *Sotsial'nyy Prostir*. 2022. № 11. S. 45–58.
6. Tsili staloho rozvytku: Ukrayina. *Ofitsiynyy sayt PROON v Ukrayini*: web-sayt. URL: <https://www.ua.undp.org/sdgs>
7. A Systematic Review of Living Labs in the Context of Sustainable Development. *Sustainable Development*: web-sayt. 2023. № 5(4). S. 42. URL: <https://www.mdpi.com/2673-4834/5/4/42>
8. *Amsterdam Living Lab*: web-sayt. URL: <https://amsterdamsmartcity.com/projects/living-lab>
9. Building Climate Resilience in Coastal City Living Labs Using Ecosystem-Based Adaptation. *Sustainability*: web-sayt. 2022. № 14(17). S. 10863. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/17/10863>
10. Citarum Living Lab: Co-creating Visions for Sustainable River Management. *PLOS Water*: web-sayt. 2023. № 2(3). S. 200. URL: <https://journals.plos.org/water/article?id=10.1371/journal.pwat.0000200>
11. *European Network of Living Labs (ENoLL)*: web-sayt. URL: <https://enoll.org>
12. *Hammarby Sjöstad Living Lab*: web-sayt. URL: <https://www.hammarbysjostad.se>
13. *Horizon Europe. Living Labs Framework*: web-sayt. URL: <https://horizon-europe.eu>
14. Leveraging Traditional Ecological Knowledge in Ecosystem Restoration Projects Utilizing Machine Learning. *arXiv preprint arXiv:2006.12387*: web-sayt. 2020. URL: <https://arxiv.org/abs/2006.12387>
15. Living Labs – A Concept for Co-Designing Nature-Based Solutions. *Sustainability*: web-sayt. 2021. № 13(1). S. 188. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/188>
16. Living Labs in the Context of the UN Sustainable Development Goals. *Sustainability Science*: web-sayt.

2022. № 17. S. 693–707. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-022-01240-w>
17. Lund University. *Living Labs for Sustainable Development*: web-sayt. URL: <https://lunduniversity.lu.se>
18. Mitchell W.J. *City of Bits: Space, Place, and the Infobahn*. Cambridge: MIT Press, 1996. 225 p.
19. MOVE21: *Innovative Living Labs*: web-sayt. URL: <https://move21.eu>
20. Smart Agri-Food Living Lab: web-sayt. URL: <https://www.smartagrifood.ca>
21. UNDP Ukraine. *Support to Biodiversity Conservation in Ukraine*: web-sayt. URL: <https://www.undp.org>
22. Urban Climate Resilience Living Lab: web-sayt. URL: <https://www.ucrll.org>
23. Urban Living Labs: Pathways of Sustainability Transitions towards Circular Economy. *Sustainability*: web-sayt. 2022. № 14(16). S. 9831. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/16/9831>

Отримано: 22.10.2024

УДК 004.9;519.8

DOI: 10.32626/2307-4507.2024-30.130-133

Tetiana PYLYPIUK¹, Viktor SHCHYRBA², Rostyslav MOTSYK³

Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University

e-mail: ¹pylypyuk.tetiana@kpnu.edu.ua, ²shchyrba.viktor@kpnu.edu.ua, ³motsyk@kpnu.edu.ua;ORCID: ¹0000-0002-4676-9830, ²0000-0002-2520-5825, ³0000-0003-0947-3579

MATHEMATICAL METHODS APPLICATION IN SYSTEM ANALYSIS FOR DECISION-MAKING IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Abstract. Modern education is characterized by a high level of uncertainty and dynamism, which requires the educators ability to make informed decisions in limited information conditions. Mathematical methods of system analysis are applied in the research to optimize the decision-making process in the educational environment. One of the models in the educational process for the description and analysis of various aspects of the educational process, such as the motivation of the participants of the educational process, the quality of educational services, is considered. The search for optimal solutions in conditions of uncertainty for the processing of inaccurate and incomplete information, which is typical for the educational environment, was carried out. The algorithm of the decision-making process under uncertainty conditions is described. The problem of finding the optimal solution in conditions of uncertainty is considered using the example of one model of promoting an educational service with various modifications of the risk matrix. Optimal solutions were found using the Bayes criteria, the minimum variance of the estimated functional with its modifications, the maximizing the probability distribution of an estimated functional, the modal criterion, the minimum entropy, and the combined criterion. The results of calculations for decision-making according to various criteria in the conditions of uncertainty are obtained for various risk matrix modifications. Relevant conclusions were drawn. The study results can be used to optimize educational programs and teaching methods, improve the quality of educational services, increase the motivation of the educational process participants and more effectively use educational resources. The obtained results are useful for researchers and practitioners who are dealing with decision-making problems under uncertainty in various fields.

Key words: system analysis, decision-making, educational process, uncertainty, risk matrix, optimal decision.

I. Introduction

«Decision making is a creative, responsible management task. Its successful implementation consists in determining, in accordance with the circumstances, the algorithm of further actions in a specific area of management (production of goods or provision of services), outlining the functions of structural subdivisions in the activity system, the order of their interaction and material and information support. At the same time, the decision often has to be made taking into account the incompleteness of information, in particular, when external circumstances or the environment behavior are known with a certain probability, that is, in conditions of risk» [1].

The decision-making process under conditions of uncertainty can be described by the following algorithm [1]:

1. Forming a possible solutions set $\Phi = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m\}$ and set of environment states: $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$.
2. Definition and specification of the main indicators of the estimated functional: $F = \{f_{j,k}\}$, which characterizes "winning" or "losing" when choosing a solution from a set Φ , if the environment is in one of the states of the set Θ .

3. Definition of the information situation that describes the behavior strategy of environment C , which, in turn, is described by a set of mutually exclusive states and can be in one of them $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$.

4. Selection of a decision-making criterion from a set of criteria characterizing the information situation determined by the management body. The informational situation is characterized by the given distribution of a priori probabilities $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ on the elements

$$\text{of the set } \Theta \left(p_j = p(\theta_j), \sum_{j=1}^n p_j = 1 \right).$$

5. Acceptance of the optimal decision or its correction according to the selected criterion.

Let's consider the tasks of finding the optimal solution under conditions of uncertainty on the example of one model of the promotion of an educational service with various risk matrix modifications and let's find optimal solutions using the Bayes criteria, the minimum variance of the estimated functional with its modifications, the maximizing the probability distribution of an estimated functional, the modal criterion, the minimum entropy, and the combined criterion. Calculation results for decision-making according to various criteria in con-