

© В. В. Масленнікова,
канд. екон. наук, доцент
кафедри надійності та міцності машин
та споруд ім. А. Я. Аніловича
ORCID: 0000-0002-9694-8271,
e-mail: vicmasl2007@gmail.com
(Державного біотехнологічного університету)

© Viktoriia Maslennikova,
PhD in Economic,
Associate Professor of the Department
of Reliability and Strength
of Machines and Structures,
ORCID: 0000-0002-9694-8271,
e-mail: vicmasl2007@gmail.com
(State Biotechnology University)

«ЗЕЛЕНА АРХІТЕКТУРА» ТА ІННОВАЦІЇ: НОВИЙ ФОРМАТ СТАЛОГО ДИЗАЙНУ

«GREEN ARCHITECTURE» AND INNOVATION: A NEW FORMAT FOR SUSTAINABLE DESIGN

Анотація. Розглянуто дослідження «зеленої архітектури» як нового формату розвитку архітектури, майбутнього сталого дизайну, її ключові принципи, що сприяють гармонійному поєднанню природного і штучного середовищ на прикладах сучасних тенденцій проектування та будівництва об'єктів «зеленої архітектури», враховуючи сучасні інновації. «Зелена архітектура» прагне створювати екологічно чисті будівлі, які мінімізують споживання енергії та води, максимально використовуючи відновлювані ресурси й матеріали, що підлягають вторинній переробці.

Ключові слова: «зелена архітектура», екологічна проблема, вертикальне озеленення, «зелена» будівля, інновації, сталий дизайн.

Abstract: The article deals with the study of 'green architecture' as a new format of architecture development, the future of sustainable design, its key principles that contribute to the harmonious combination of natural and artificial environments on the examples of modern trends in the design and construction of 'green architecture' objects, taking into account modern innovations. 'Green architecture seeks to create environmentally friendly buildings that minimise energy and water consumption while maximising the use of renewable resources and recyclable materials.

In recent years, 'green architecture', also known as sustainable architecture, has become an object of interest among architects, designers and investors alike. This trend is a consequence of the growing awareness of climate change and the need to reduce the environmental impact of the construction industry. The environmental problem has become relevant in all spheres of human life today. Humanity has become concerned about the preservation of natural resources and environmental issues. There is a need to find new ways to solve these problems.

The purpose of the paper is to study green architecture, its key principles that contribute to the harmonious combination of natural and artificial environments. The main aspects of greening buildings, such as green facades and green roofs, are considered. Their benefits are discussed, such as improved air quality, reduced cooling and heating loads, and noise reduction both in the urban environment outside the building and in the environment of living, working or relaxing inside the building. 'Green architecture is a constantly evolving field that offers innovative solutions to reduce the environmental impact of the construction industry. These buildings not only set a new standard in construction, but also serve as inspiration for future sustainable architecture projects. The development of new materials and technologies continues to improve efficiency and reduce costs, making sustainable architecture an increasingly attractive option for construction projects around the world.

Keywords: 'green architecture', environmental problem, vertical gardening, 'green building, innovation, sustainable design.

Вступ

Останніми роками «зелена архітектура», також відома як стійка архітектура, стала об'єктом інтересу серед архітекторів, дизайнерів та інвесторів. Ця тенденція є наслідком зростання обізнаності про зміну

клімату та необхідності зменшення впливу будівельної галузі на довкілля. Екологічна проблема сьогодні є актуальною в усіх сферах життя людини. Людство почало перейматися збереженням природних ресурсів і проблемами навколишнього середовища.

Існує потреба пошуку нових шляхів вирішення цих проблем [6].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Поняття «зеленої архітектури» ще не отримало достатнього теоретичного узагальнення, а питання її прийомів та принципів слабо висвітлені в наукових теоретичних працях [1].

У 70-х роках минулого століття люди почали усвідомлювати виснаження ресурсів, саме тоді «зелена архітектура» стала більш обговорюваною. Багато сучасних архітекторів та дизайнерів використовують прийоми залучення природних елементів в архітектуру, зокрема: Р. Піано, Р. Хакні, Ф. Хундертвассер, Андре Путман, Ральф Хенкок, Жан-Франсуа Дюро [2], Патрік Бланк та інші, використовуючи в своїх проєктах різні способи вертикального озеленення та озеленення дахів. Проте є й такі, що захоплювалися ідеєю вирощування «живих» споруд, та втілювали її у своїх проєктах: Аксель Ерландсон, Пітер Кук, Джон Кабсак, Фердинанд Людвіг [3], Артур Віхула [4], Патрік Догерті, Йоахім Мітчелл та інші.

Метою роботи є дослідження «зеленої архітектури», її ключові принципи, які сприяють гармонійному поєднанню природного і штучного середовищ. Розглянуто основні аспекти озеленення будівель, таких як «зелені» фасади та «зелені» дахи. Обговорено їхні переваги, такі як покращення якості повітря, зменшення навантаження на охолодження та нагрівання, зменшення шуму як у міському середовищі поза будівлею, так і в середовищі проживання, роботи чи відпочинку всередині будівлі.

Основна частина

Архітектура – це не тільки естетика, а й функціональність, ефективність та екологічність.

«Зелена архітектура» – це напрямок в архітектурі та будівництві, покликаний мінімізувати негативний вплив будівництва на довкілля та поєднувати інноваційні рішення з екологічними підходами.

Екоархітектура, екологічна архітектура, здорова архітектура або «зелена архітектура» наголошує на тому, що надважливо не обтяжувати навколишнє середовище і зосереджуватися насамперед на мінімізації енергоспоживання. Вона використовує енергію вітру, землі, води та сонця. Вона надає перевагу відновлюваним матеріалам, зокрема дереву, каменю, кераміці, склу, обпаленій глині (теракоті), необпаленій глині, соломі (для ізоляції). Екоархітектура оптимізована вже на етапі проєктування і передовсім використовує правильну орієнтацію за сторонами світу, правильне планування та дизайн матеріалів (сонячна архітектура – пасивна та активна).

Поняття зеленої архітектури можна умовно поділити на три аспекти. Перший – міркування загальної економічності та складності конструкції, тобто енергоекономічності. Другий – це матеріали, з яких зведено будівлю. І третій напрямок – це інтеграція будівлі в ландшафт [5].

Це три основні принципи, які дозволяють віднести будинок до зеленої архітектури. Але не можна сприймати їх догматично. Якщо ми говоримо про так звану ландшафтну архітектуру, тобто створення ландшафтних одиниць або громадського простору в місті, то, наприклад, може не вистачати місцевого матеріалу, і він може бути складений без зелені. Проте все одно повинен бути ощадливим і мати цінність, що ґрунтується на традиціях. Звісно, можна використовувати сучасні матеріали, але з користю для справи.

«Екологія архітектури – одне з найскладніших питань, яке може постати перед архітектором. Виконуючи всі можливі

аспекти, ми зводимо будівлю в нашому середовищі, яку можна назвати сталою архітектурою. Зрештою, рішення може бути дуже простим», – переконаний викладач університету з Брно, архітектор Радован Пржикрил.

Якщо під «зеленою архітектурою» розуміти, наприклад, ландшафтну архітектуру або дерев'яні будинки, то стандартів не існує. Але коли йдеться про низькоенергетичні та пасивні будинки, ми отримуємо жорсткі цифри, яким вони мають відповідати. Недивно, що багатьом архітекторам це не подобається, адже такий «фокус» занадто обов'язковий. Знову ж таки, є два напрямки. Згідно з одним ми ощадливі, коли зважаємо на брак ресурсів і тому зводимо будинки з низьким енергоспоживанням. Але є й ощадливість у плані інтеграції в ландшафт, використання «зелених» дахів, місцевих матеріалів тощо. У деяких випадках архітектори конфліктують із будівельниками та технічними фахівцями, яких хвилюють точні цифри, тоді як архітектори віддають перевагу ідеальній архітектурній концепції.

Впровадження «зеленої архітектури» в проектування та будівництво викликає значний інтерес з точки зору архітектурних рішень, які дозволяють створити функціонально достатнє, екологічно чисте середовище.

На «зелену архітектуру» необхідно дивитися з кількох кутів зору. Це може бути архітектура в зелені або, навпаки, архітектура, яка певним чином використовує зелень. Крім того, може йтися про низькоенергетичні, пасивні будинки тощо. Іншим підходом може бути використання екологічно чистих або місцевих матеріалів. Тому однозначна категоризація того, що є «зеленою архітектурою», а що ні, неможлива. Широкому загалу це не зовсім зрозуміло, але

основною характеристикою має бути екологічність, а також естетична функція.

Актуальність екоархітектури зумовлена насамперед культурними, соціальними та психологічними наслідками тиску цивілізації. Для вирішення цих серйозних питань вона також черпає натхнення з історії та мислення людей до 1920-х років – епоха перелому (школа Баугауз). Маніфестом екоархітектури є книга Крістофера Дея «Дух і місце».

Одним із ключових аспектів «зеленої архітектури» є інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі та вітряки, у дизайн будівель. Наприклад, Шанхайська вежа в Китаї, яка є другою найвищою будівлею у світі, використовує вертикальні вітрогенератори для виробництва електроенергії для освітлення загальних приміщень, а сонячні панелі на даху забезпечують частину її енергетичних потреб. Така інтеграція допомагає зменшити залежність від викопного палива і підтримує екологічність будівлі [6].

Відправні точки екоархітектури різні, тому єдиної школи не існує. У Центральній Америці архітектор Майкл Рейнольдс використовує непридатні для використання відходи для будівництва нових будівель. Натомість у Чехії професор Мартін Райніш будує переважно з природних матеріалів. Він намагається виявити зв'язок між природою і людським житлом. Дехто шукає екологію в енергозбереженні (інженер-архітектор Алеш Бротанек – пасивні будинки).

Ще одна інновація – використання «зелених» дахів і вертикальних садів, які не тільки допомагають утеплити будівлю і зменшити міський тепловий острів, а й сприяють біорізноманіттю і створюють більш здорове навколишнє середовище. Наприклад, Royal on Pickering Park у Сінгапурі відомий своїми висячими садами, які забезпечують мешканцям доступ до зелені навіть у

густонаселеному міському районі. Ці зелені насадження не лише покращують якість повітря, але й сприяють психологічному благополуччю мешканців [6].

Екологічно чисті матеріали в «зеленій архітектурі» мають значний вплив на зменшення викидів вуглекислого газу та підвищення енергоефективності будівель. Використання таких матеріалів є важливою частиною сучасних методів «зеленого» будівництва. Натуральна сировина – це будівельні матеріали, отримані з багатих природних джерел, таких як деревина, камінь, глина та пісок. Ці матеріали часто не оброблені або мінімально оброблені й використовуються в будівництві через їхню довговічність та естетичну привабливість. Щоб забезпечити їхню постійну доступність і мінімізувати вплив на навколишнє середовище, екологічні практики збирання є ключовими в пошуку цих матеріалів. Для прикладу можна навести такі матеріали як бамбук, камінь, пробка, овеча шерсть, саманна цегла, теракота. Перероблені після споживання матеріали – це будівельні матеріали, виготовлені з перероблених, які були використані споживачами, а потім відновлені та оброблені для використання в нових продуктах. Ці матеріали часто використовують як альтернативу первинним, щоб зменшити вплив будівництва на довкілля та сприяти екологічності. Наприклад, перероблений пластик, меліорована (відновлена) деревина, перероблена сталь, перероблене скло, феррок, перероблена гума, плазмові породи.

Промислові природні матеріали – це будівельні матеріали, виготовлені з натуральної сировини, але оброблені або виготовлені певним чином, щоб зробити їх придатними для використання в будівництві. Ці матеріали часто мають покращені властивості або продуктивність порівняно з сировиною та більш постійну

якість. Серед таких – необпалена глиняна цегла, глиняна цегла, прозора деревина [7]. Отже, використання екологічно чистих матеріалів є лише одним із аспектів «зеленої архітектури». Іншою важливою складовою є впровадження озеленення в будівництво.

Сьогодні будівельна галузь розвивається в бік сталого зростання та екологічності. Цей напрям охоплює різні технології та процедури, які знижують негативний вплив на природу і водночас покращують якість життя мешканців. До основних елементів «зеленої архітектури» відносять «зелені» дахи та фасади, використання перероблених матеріалів і управління водними ресурсами.

«Зелені» дахи та фасади стають дедалі популярнішими завдяки їхній здатності покращувати якість повітря та зменшувати ефект острова тепла в містах. Концепція полягає в покритті дахів і стін будівель рослинністю, що не тільки забезпечує естетичний зовнішній вигляд, а й приносить низку екологічних переваг.

Уявімо сучасний будинок із плоским «зеленим» дахом – укритий рослинністю, зокрема травою, невеликими кущами та квітучими рослинами. Екстер'єр будинку поєднує в собі панелі з натурального дерева і гладкі бетонні поверхні з великими енергозберігальними вікнами. Перед будинком – сад з місцевими рослинами, чагарниками і невеликою галявиною, що відображає баланс між сучасним життям і екологічністю.

Рослинність на дахах і фасадах фільтрує повітря від шкідливих речовин, таких як пил і токсини, і водночас сприяє охолодженню навколишнього середовища. Завдяки цьому можна знизити потребу в кондиціонуванні повітря в літні місяці і, отже, споживання енергії. Крім того, «зелені» дахи утримують дощову воду, знижуючи ризик повеней у міських районах. Цікавим є той факт, що «зелені» дахи дають

змогу значно продовжити термін служби покрівлі, захистивши її поверхню від шкідливого впливу погоди.

«Зелений» фасад – це стіна, повністю або частково вкрита зеленню. Існують різні види таких фасадів, залежно від того, де їх монтують та який тип рослин використовують. Часто залежить від самої будівлі, яке з рішень є найбільш доречним. Непрямий «зелений» фасад означає, що рослини не прикріплені безпосередньо до стіни будівлі. Здебільшого сітку або трости розташовують на такій відстані від стіни, на яку рослини можуть піднятися і рости вище. Прямий «зелений» фасад: рослини закріплюються безпосередньо на стінах будівлі, між рослинами та стіною немає зазору, і вони будуть рости без особливого керівництва. Можуть вимагати більше догляду, щоб запобігти пошкодженню стін. Модульний «зелений фасад»: окремі секції з рослинами, що спрощує заміну певних частин у разі проблем із ростом рослини і догляду за ними. Технічне обслуговування також є дешевшим завдяки легшому доступу до фасаду позаду зелених насаджень. Неперервні фасади – система із суцільним шаром ґрунту для рослинності, яка надає більш насичений вигляд і ефективно знижує температуру стін [8].

Перевагами «зелених» фасадів є покращення клімату, вони можуть знизити температуру всередині будівлі, а також зовні в прилеглий зоні. Це допоможе покращити системи вентиляції та кондиціонування, а отже, зменшити витрати на електроенергію. А завдяки природним функціям рослини поглинають CO² і багато частинок у повітрі. У процесі фотосинтезу вони повертатимуть кисень – освіжатимуть та очищатимуть повітря в будівлях. Крім того, рослини виділятимуть воду через своє листя і підвищуватимуть вологість [8].

А ось недоліком «зелених» фасадів можна назвати технічне обслуговування: для

збереження такого фасаду у формі необхідний значний обсяг робіт. Це стосується не лише поливу рослин, а й обрізки та заміни. Тому під час встановлення «зеленого» фасаду виникатимуть регулярні витрати на технічне обслуговування, і їх потрібно порівнювати з перевагами. Окрім цього, залежно від рослин, які використовуються, зелений фасад може потенційно пошкодити будівлю. Є деякі види зелені, які ростуть дуже швидко і поширюються по всій стіні, що ускладнює догляд і видалення. Також вода, яка використовується для рослин, може потрапити в цегляну кладку та призвести до появи цвілі. Все це може зменшити довговічність фасаду. З погляду вартості, початкові інвестиції у встановлення «зелених» фасадів зазвичай вищі, ніж у звичайні. Ця вартість може бути непомірно високою, особливо для великомасштабних проєктів [8].

«Зелений» дах – це озеленений простір, який створюється за допомогою додавання шарів ґрунту і різних рослин поверх традиційної покрівлі. Простими словами, це посадки на плоских дахах різних будівель. Слід зазначити, що зелена покрівля є однією з найдавніших різновидів дахів. Подібні конструкції зводилися ще в Середні віки [9].

Вибір типу «зеленого» даху має вирішальне значення для формування функціональності та переваг встановлення. Кожен тип має відмінні характеристики та вимоги, що впливає на його придатність для різних міських середовищ і будівельних конструкцій. Розглянемо три типи. *Екстенсивні дахи* – легкі, з тонким шаром ґрунту (5-15 см), ідеальні для місць з обмеженою несною здатністю. Додаткового зміцнення покрівлі не потрібно, оскільки вага ґрунту не перевищує 20 кг на один квадратний метр. Ці дахи потребують мінімального догляду і використовують стійкі рослини, які можуть витримувати міські умови. *Інтенсивні дахи* – мають

товстий шар ґрунту (30 см) і підтримують більш різноманітну рослинність, зокрема дерева і чагарники. Вони потребують значних структурних підсилень та регулярного догляду, але пропонують більше можливостей для біорізноманіття та створення місць для відпочинку. *Напівінтенсивні дахи* доповнюють розрив між екстенсивними та інтенсивними системами. Вони мають середню глибину зростання від 6 до 12 дюймів (15-30 см), що дозволяє вирощувати трави та невеликі чагарники з помірними вимогами до підтримки і навантаженнями на конструкцію [9].

Розглянемо переваги «зелених» дахів. Перша – це підвищення енергоефективності: «зелені» дахи діють як природна ізоляція, зменшуючи теплопередачу і зводячи до мінімуму потребу в опаленні та охолодженні. Вони можуть знизити споживання енергії та зменшити рахунки за комунальні послуги. Також «зелені» дахи створюють середовище існування для птахів, комах та інших диких тварин, сприяючи міському біорізноманіттю. Вони допомагають протидіяти втраті зелених насаджень у містах і сприяють збереженню здорової екосистеми [9]. Другою перевагою є захист конструкції даху від впливу опадів, рослинність не дозволяє поширюватися гнилі й цвілі, а також перешкоджає механічним пошкодженням. До того ж виключається ймовірність швидкого поширення вогню під час пожежі по покрівельній поверхні. Третя перевага – «зелений» дах може слугувати додатковою зоною для відпочинку [6].

Недоліком «зелених» дахів є монтаж – це трудомісткий і фінансово затратний процес, побудувати його самостійно неможливо. Для цього потрібно наймати спеціалістів, які мають досвід монтажу таких покрівель. Крім того, дах із рослин значно важчий за інші типи покрівель, тому й фундамент має бути посиленим та укріпленим. А також «зелений» дах потребує постійного догляду [10].

Вибір правильних рослин для «зеленого» даху передбачає баланс між естетичними цілями, екологічними перевагами та практичними обмеженнями. Унікальні умови даху, такі як підвищений вплив вітру, сонця та температурних коливань, вимагають стійких і адаптованих рослин. Місцеві види часто є сприятливим варіантом, оскільки вони пристосовані до клімату та ґрунтових умов, вимагають менше догляду та пропонують покращену екологічну інтеграцію [11].

Енергоефективність – ще одна фундаментальна основа «зеленої архітектури». Будівлі спроектовані у такий спосіб, щоб максимізувати природне освітлення та вентиляцію, зменшуючи потребу в штучному освітленні та кондиціонуванні. Прикладом може слугувати The Edge в Амстердамі, який вважається однією з найзеленіших офісних будівель у світі завдяки своїй здатності активно управляти енергоспоживанням та оптимізувати робоче середовище для своїх користувачів. Інноваційне управління будівлею з використанням розумних технологій дозволяє більш ефективно використовувати ресурси та зменшує загальний вплив на навколишнє середовище.

Вода – ще один важливий ресурс, на якому фокусується «зелена архітектура». Такі технології, як системи збору дощової води та переробка стічних вод, застосовуються для мінімізації споживання води. Наприклад, конференц-центр Ванкувера в Канаді має розгалужену систему збору дощової води, яка покриває потреби для поливу зелених насаджень та змиву туалетів. Ці системи не лише зменшують споживання питної води, але й сприяють збереженню місцевих водних ресурсів.

Ефективність використання матеріалів є ще одним важливим фактором, з акцентом на перероблених, відновлюваних або місцевих матеріалах. Це не лише зменшує вплив на довкілля, але й підтримує місцеву

економіку. Центр Буллітта в Сіетлі є прикладом будівлі, в якій використані місцеві матеріали і яка розрахована на 250-річний термін експлуатації, що набагато довше, ніж у стандартних комерційних будівель. Використання сталих матеріалів також означає, що будівлі проєктуються з урахуванням майбутнього демонтажу та переробки, що забезпечує їхню довготривалу стійкість.

Висновки

«Зелена архітектура» ближча до цілісного погляду на світ, ніж до технологічного.

Уся архітектура має бути естетичною. Тобто вона повинна мати свою якість, позитивну енергетику і сприйматися людьми. Звісно, в кожного різне уявлення про красу. Однак загалом в архітектурі, дружній до природи, можна виходити з принципів, за якими формувалася народна архітектура або архітектура в селах тощо. Колись люди не замислювалися над тим, що стильно, а що ні, проте дотримувалися чітких принципів. Сьогодні, коли ми бачимо, як розвивалося село чи якесь місто, ми відчуваємо їхню гармонію. Нам не потрібно говорити про прекрасне чи

естетичне, але ми розуміємо, що все має свої природні принципи. Люди, заїжджаючи до якихось старих місць, відчувають їхню позитивну енергетику. На жаль, цього часто не можна сказати про нові міські одиниці. Тому навіть «зелена архітектура» має бути естетичною, мати свою якість [5].

Отже, «зелена архітектура» – це галузь, що постійно розвивається і пропонує інноваційні рішення для зменшення впливу будівельної галузі на довкілля. Реалізовані проєкти, такі як Шанхайська вежа, Royal on Pickering Park, The Edge, Ванкуверський конференц-центр і Булліт-центр доводять, що сталий дизайн є не тільки екологічно відповідальним, але й економічно вигідним та естетично привабливим. Ці будівлі не лише визначають новий стандарт у будівництві, але й слугують натхненням для майбутніх проєктів сталої архітектури. Розробка нових матеріалів і технологій продовжує підвищувати ефективність і знижувати витрати, роблячи сталу архітектуру все більш привабливим варіантом для будівельних проєктів по всьому світу.

References

1. Goy, B. & Katola, H. (2015). Development of the concept of 'green architecture' in modern design and construction. *Lviv Polytechnic*, 816, pp. 99-108. Retrieved from <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2019/may/16648/15.pdf>
2. Daures Jean-Francois, (2012). *Architecture vegetale. – Paris, Editions Eyrolles*, 249. Retrieved from <https://www.amazon.com/architecture-v%C3%A9g%C3%A9tale/dp/2212126743>
3. Wikipedia. (2024). Tree shaping from http://en.wikipedia.org/wiki/Tree_shaping/
4. Wiechula, Arthur. (1926). Wachsende Häuser aus lebenden Bäumen entstehend. *Developing Houses from Living Trees*. - Publ. Naturbau-Ges, 320. Retrieved from <https://ejournals.eu/en/journal/srodowisko-mieszkaniowe/article/the-green-architecture-definition-development-in-modern-projecting-and-building>
5. Merta, Dan. (2011). Co je to zelená architektura? Retrieved from <https://ekolist.cz/cz/publicistika/rozhovory/dan-merta-co-je-to-zelena-architektura>
6. Proengineers. (2024). Zelená architektura a inovace: Přetváření budoucnosti udržitelného designu Retrieved from <https://www.proengineers.cz/inovace-zelena-architektura/>
7. Mueller, Rachel. (2023). The Top 50 Sustainable Materials for Modern Architecture and Construction. Retrieved from <https://www.swatchbox.com/blog/The-Top-50-Sustainable-Materials-for-Modern-Architecture-and-Construction>
8. Rosenkranz, Eric. (2021). What is a Green Facade? – *Types, Benefits, Costs*. February 7. Retrieved from <https://smart-cre.com/green-facade-definition-and-examples/>
9. Environmental and Sustainable Practices, (2024). Principles and strategies for regenerative architecture. Retrieved from <https://designhorizons.org/designing-green-roofs-for-urban-spaces-features-and-techniques/>
10. Green roof in Ukraine: reality or fiction. (2021). Retrieved from <https://derevodim.com.ua/blog/zelenyi-dakh-v-ukraini-realist-chy-fam/#link3>
11. Cognum Publishing House. (2023). The 4th International scientific and practical conference “Global science: prospects and innovations”. *Liverpool, United Kingdom*, 1241 p. Retrieved from <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/12/4.-GLOBAL-SCIENCE-PROSPECTS-AND-INNOVATIONS-1-3.12.2023.pdf>