

**ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ АКТИВНОЇ СОНЯЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ****Малашенкова В. О.,**к. арх., доц. каф. архітектури будівель та споруд,  
viklituchka@gmail.com ORCID: 0000-0001-8228-2467**Вержицька П. В.,**ст. каф. дизайну архітектурного середовища,  
polinyonok17@gmail.com*Архітектурно-художній інститут,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса*

**Анотація.** В статті розглянуто особливості проектування та будівництва активної сонячної архітектури. Сучасність все більше потребує енергоефективного будівництва. Виснажливість ресурсів та їх подорожання є проблемою, рішення якої приймається багатьма інноваційними галузями та ланками будівництва. У ХХІ столітті вирішення питання енергоефективності має багато креативних та ефективних варіацій. Орієнтація на чисту та відновлювану енергію сонця – один із шляхів подолання енергетичної кризи. Це являє собою активна сонячна архітектура.

Активна сонячна архітектура містить у собі ідею використання відновлюваної енергії Сонця, перетворюючи її на чисту електроенергію, яка покриває проблеми користувачів. У статті наведено декілька прикладів практики будівництва активних сонячних будівель у різних країнах.

Безперечно, активна сонячна архітектура приваблює все більше користувачів до придбання даного типу нерухомості. З цього приводу все більше бюро та будівельних компаній орієнтуються на даний тип архітектури. Перелік переваг активної сонячної архітектури задовольняє екологічні та енергоефективні потреби. Сучасний дизайн таких забудов відповідає сьогоdnішнім стильовим естетичним тенденціям. Формоутворення та силует даних будівель варіюється від традиційних до постмодерністських течій.

Концепт сонячної архітектури являє собою ідею відновлюваної енергії та автономії архітектурної одиниці. Самозабезпечення електроенергією та автоматизування організації внутрішнього клімату, створення комфортних для людини умов для перебування – ключове призначення активної сонячної архітектури. Її призначення не тільки організувати максимальний автономний комфорт, але якомога більше зменшити негативний вплив на навколишню середу.

Це задає ще одну ціль енергоефективному дизайну сонячної архітектури – безпосередньо бути зручною та найменш шкідливою. Основні вимоги щодо якості та естетичності сонячного дизайну залежать від нинішніх вимог та світових тенденцій. Заощадження електроенергії є одним із них. Можливість не тільки зекономити, але ще і здобути матеріальний грошовий відсоток від виробництва енергії. Таке запровадження існує у Данії, де була організована державна програма, заохочуюча енергоефективну автономність будівель і споруд. Насамперед, більшість європейських країн розробляють або вже слідує за державними програмами такого виду.

**Ключові слова:** енергоефективна архітектура, енергоефективний дизайн, сонячна архітектура, активний сонячний дизайн, сонячні панелі, відновлювальна енергія.

**Вступ.** Відродження концепції сонячної архітектури розпочалося з поступовим інтересом нового покоління архітекторів у початку ХХ століття. Відвертаючись від естетики в архітектурі, вони звертаються до функціоналізму, який на їх думку має переважати в їх галузі. З оглядом функціоналізму на будівництво – воно має задовольняти потреби мешканців. У контексті європейського клімату, перш за все, це торкалося опалювання будівель. Саме тому видатний німецький архітектор Ханнес Мейер стверджував, що тіло будівлі потрібно сприймати як «камеру для зберігання сонця». Провідний функціоналіст та наступник Вальтера Гропіуса на посаді директора Баухаусу вважав, що максимально використовувати сонце є найкращим планом для будівництва [2]. Однак відродженню з боку Баухаусу не вдалося проіснувати довго. Початок Другої світової війни не дав змоги розквітнути сонячній архітектурі.

Активний дизайн сонячної архітектури розпочався з другої половини ХХ століття також з боку американців, через десятиріччя після експериментів з пасивним дизайном. Будівництво та впровадження сонячних батарей, заснованих на фотоелементах прийшли пізніше. Розвиток економічного та ефективного концепту сонячних будівель привів к спонсуванню іноземних проектів США[3]. Сполучені Штати – на сьогодні, є однією з провідних країн у галузі активного сонячного дизайну. В європейській державах сонячна архітектура також знайшла своє місце. Її технології широко використовуються у повсякденні. Артур Браун – американський архітектор відродив концепцію пасивного енергоефективного будинку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Окремі особливості сонячної архітектури висвітлюються безпосередньо у статтях присвячених питанню енергоефективної архітектури або про певні об'єкти будівництва. Автори в основному торкаються питань специфіки та унікальності їх проектів, а також їх функціональності та конструктивного дизайну.

На сьогоднішній день питанням вивчення цього питання займаються такі вчені: А. Антонюк, В. С. Беляєв, Т. О. Кащенко, Г. Л. Ковальська, В. В. Куцевич, О. В. Міроненко, Т. А. Маркус, О. П. Підгорний, Л. О. Шулдан.

Питанням енергоефективності були присвячені докторські дисертації (А. В. Сергейчук, Г. Г. Фаренюк, П. С. Канигін) та кандидатські роботи (Л. А. Подолян, С. М. Смірнова, О. К. Афанасьєва, О. С. Ртищева, В. В. Щербаков).

**Постановка завдання.** Метою даної праці є ознайомлення з концепцією активної сонячної архітектури, як ланкою галузі енергоефективної архітектури, особливостями та прикладами її застосування.

**Основний матеріал і результати.** Сонячна архітектура – це архітектурний підхід, який враховує Сонце для використання чистої та відновлюваної сонячної енергії. Він містить в собі наступні галузі: оптику, терміки, електроніку та матеріалознавство. В сонячній архітектурі задіяні активні і пасивні навички сонячного житла. Орієнтація будівлі на сонце, вибір матеріалів зі сприятливою тепломасою або властивостями диспергування світла та проектування просторів, у яких природна циркуляція повітря, також становлять сонячну архітектуру.

На світанку свого існування розвиток так званої «сонячної» архітектури був обмежений жорсткістю та вагою стандартних сонячних панелей. Постійний розвиток фотоелектричних (PV) тонкоплівкових сонячних батарей забезпечив легкий, але міцний транспортний засіб для використання сонячної енергії для зменшення впливу будівлі на навколишнє середовище[1].

Починаючи з античного досвіду використання сонячної енергії та дійшовши до сучасності, людство у ХХ столітті дійшло до розвитку використання сонця для обслуговування будівель та споруд, постаючи їм електроенергію.

К кінцю 1950-х років з розвитком нафтохімічної промисловості інтерес до сонячної енергії у будівництві та експлуатації будівель пішов на спад. Нафта була домінуючою промисловою галуззю, і навіть у контексті міжнародного розвитку сонячна енергія була пропущена для інших економічних та енергетичних проектів. Інтерес до сонячного опалення будинків повернувся під час нафтової кризи у 1970-х роках, часто звертаючись до технологічних та дизайнерських інновації цих проектів 1940-х і 50-х років[3].

Енергоефективний дизайн у сучасності є делікатним балансом, де проектування функцій, які зменшують необхідну енергію, може фактично збільшити енергосмі матеріали.

Сучасні архітектори та дизайнери в усьому світі вживають заходи для мінімізації енергії, яку споживають нові будівлі, і наголос на сонячній енергії та сталих практиках поширився на вуглець. Американський інститут архітекторів (AIA) заявив у Резолюції про термінові та стійкі дії у підтримку світового кліматичного балансу: «Поки практика з нульовим викидом вуглецю не стане загальноприйнятим стандартом його членів, AIA визначає пріоритети та підтримує термінові кліматичні дії як питання здоров'я, безпеки та добробуту»[4].

Процес перетворення сонячних променів в електричну енергію починається в фотоелектричному елементі. Клітини енергії виготовляються з двох хімічно змінених шарів кремнію, в одному з яких відсутні вибори, а інший - перевантажений електронами. Коли фотони сонячного світла досягають поверхні, ці електрони набувають здатності рухатися, створюючи потік, який надалі перетворюється в електричний струм. Кожен елемент генерує невелику кількість енергії, і панель зазвичай складається з 36-72 фотоелектричних елементів. З'єднуючи кілька панелей разом, створюється фотоелектрична система (рис. 1). Достатньо вісім-десять панелей для живлення невеликого будинку. Однак, ефективність панелей, кількість сонячного світла в регіоні та енергоспоживання самого помешкання впливають на задану статистику.

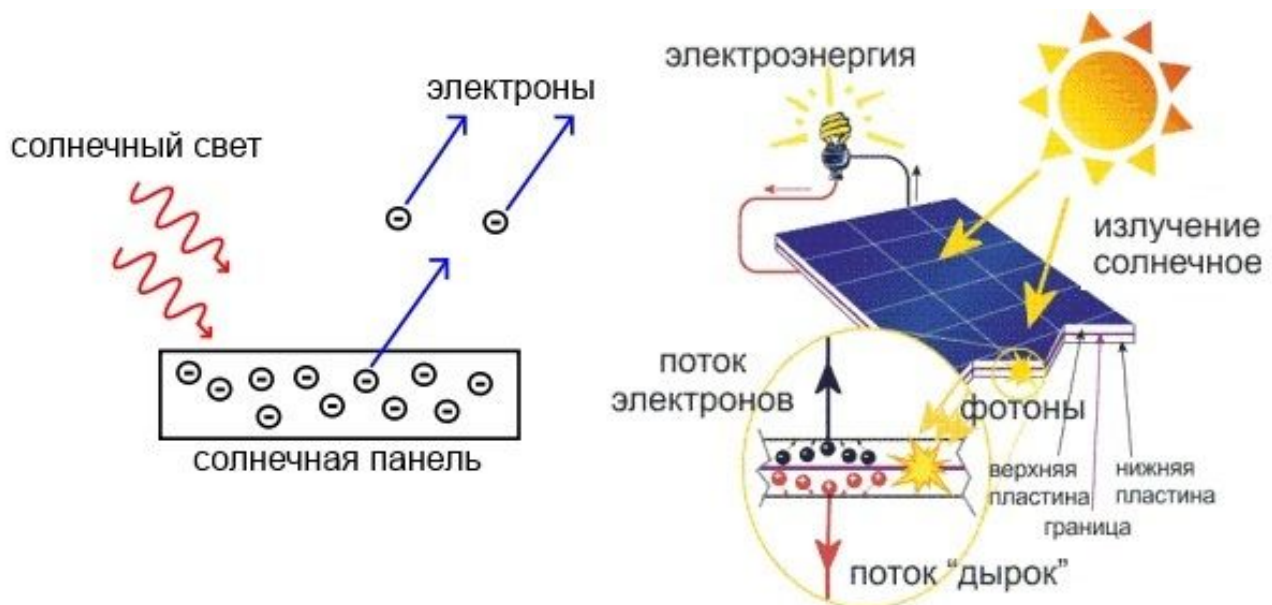


Рис. 1. Робота фотоелектричної системи сонячної панелі

Важливо, що фотоелектричні сонячні панелі виробляють електроенергію у вигляді постійного струму, тобто електроенергія має проходити через інвертор, щоб перетворити її на змінний струм, який зазвичай використовується в будівлях, приладах, розетках і лампочках.

Фотоелектричні системи дуже корисні у випадку вироблення енергії у віддалених місцях. У системі використовуються батареї для накопичення електроенергії. Цей процес може проходити автономно або з підключенням до електромережі. Другий випадок сприяє появі енергетичного «кредиту» для будівлі або споруди, коли надлишок енергії надходить до електричної мережі. У деяких країнах навіть можна продавати надлишки енергії, наприклад, у Данії.

Існує два основних типи цих панелей. В них є монокристалічні кремнієві елементи (моно-Si) і полікристалічні кремнієві елементи (мульти-Si).

ККД сонячної батареї - це відсоток енергії сонячного світла, який панель перетворює в електричну енергію на 1 м<sup>2</sup>. Монокристалічні сонячні мають перевагу, так як батареї виготовлені з єдиного кристала надчистого кремнію та досягають більшого відсотку –

від 15 до 20. Однак робота цієї системи складніша та технологія дорожча. У полікристалічних панелей є кілька кристалів. Їх виготовлення більш екологічне і коштує дешевше. Тому це найбільш широко використовуваний тип сонячних батарей [5].

Слід зазначити, що сонячна архітектура широко використовується у Західних країнах та відрізняється своїм енергоефективним дизайном. Наприклад, центр додаткової освіти в Мон-Серні (Герн, Німеччина). Центр, розроблений фірмою NNS Planer + Architekten, має навес із сонячних панелей, які виробляють електроенергію та затінюють інтер'єр (рис. 2). Або наукова піраміда в Денверському ботанічному саду (Денвер, штат Колорадо, США) (рис. 3), що вкрита сірими шестикутними панелями. Концепція була натхнена тектонічними зрушеннями, що сприяли появі Скелястих гір.

Також своїм сонячним дизайном відрізняється вразливий фасад павільйону Ендеса у Барселоні (Каталонія, Іспанія) (рис. 4). Завдяки використанню параметричного дизайну, Інститут передової архітектури Каталонії розробив кутовий фасад павільйону, щоб максимізувати ефективність вбудованих сонячних панелей. Забудова виглядає естетично та відрізняється своєю енергоефективністю [6].



Рис. 2. Центр додаткової освіти



Рис. 3. Наукова піраміда



Рис. 4. Павільйон Ендеса

Насамперед, у європейських державах щорічно даються нові постанови щодо використання відновлювальної енергії. Встановлення в існуючих будівлях сонячних панелей або впровадження повсякденних енергоефективних інновацій включені у цей процес.

Загалом, у 2020 році встановлена європейськими країнами ціль щодо використання відновлюваної енергії становила 20%. Однак лише 6% від загальної частки споживання становила сонячна енергія. Інновації такого характеру, намагаються впровадити в усі сфери життя. Для збільшення частки сонячна енергія роблять ефективнішою, дешевшою в установці та легкою для вбудовування в сучасну архітектуру.

Наприклад місто Фрайбург у Німеччині (рис. 5), яке називають «сонячним містом» Європи. Після Сонячного саміту у 2013 році Фрайбург встановив більше сонячних фотоелектричних систем, ніж будь-яке інше місто чи регіон на континенті [7].

Яскравим прикладом міської житлової сонячної забудови є Newhall South Chase (рис. 6) у Ньюхаллі, Великобританія. Він комбінує у собі пасивний та активний дизайн енергоефективної будівлі. Використані будівні матеріали переважно напрямлені на енергоефективну експлуатацію будівель.

Даний проект складається з 84 одиниць чотирьох типів будівель; 5 багатоквартирних будинків; 14 вілл; 29 будинків із внутрішнім двориком і 7 будинків із терасою. Усього 84 будівель [8]. Усі вони мають 5,4 кв. м фотоелектричної черепиці – це додавання панелі над похилим дахом, вкритим сірою черепицею, є стриманим, але також дуже ефективним [9].



Рис. 5. Будівлі у міському районі Ваубан



Рис. 6. Будинки Newhall South Chase

**Висновки.** Таким чином, активна сонячна архітектура – галузь енергоефективного дизайну, що у сучасності займає певне місце у екологічній та енергоефективній архітектурі. Концепція використання сонячних панелей мала декілька періодів розквіту, здебільшого орієнтуючись на економічну ситуацію провідних держав.

Важливо відмітити, що необхідність у відновлювальній електроенергії зробила поштовх у розвитку багатьох напрямків, одним з яких є сонячна архітектура. Рішенням цього питання є сонячні панелі, які роблять будівлі більш автономними. Варіативність концепцій будівель та їх дизайну не обмежується використанням сонячних панелей, навпаки – у більшості проектах вони підкреслюють дизайн будинку, або не заважають йому.

У ході дослідження, було виявлено багато прикладів сонячної архітектури збудованих у європейських країнах, зокрема Німеччині, Іспанії та Великобританії. Своє місце активна сонячна забудова також займає у сучасних проектах у Сполучених Штатах.

### Література

- [1] Definitions for Solar architecture [Електронний ресурс]. URL: <https://www.definitions.net/definition/Solar%20architecture> (дата звернення: 20.09.2022).
- [2] SOLAR EVOLUTION. The History of Solar Energy [Електронний ресурс]. URL: [https://archive.ph/20150406170721/http://www.californiasolarcenter.org/history\\_passive.html](https://archive.ph/20150406170721/http://www.californiasolarcenter.org/history_passive.html) (дата звернення: 21.09.2022).
- [3] Solar Architecture and Solar Design, 1930-1950 [Електронний ресурс]. URL: <https://energyhistory.yale.edu/units/solar-architecture-and-solar-design-1930s-1950s> (дата звернення: 21.09.2022).
- [4] Solar Design: How Architecture and Energy Come Together [Електронний ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/933697/solar-design-how-architecture-and-energy-come-together> (дата звернення: 21.09.2022).
- [5] How Does Photovoltaic Energy Work? [Електронний ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/926255/how-does-photovoltaic-energy-work> (дата звернення: 21.09.2022).

[6] 10 Buildings That Prove Solar Can Be Beautiful [Електронний ресурс]. URL: <https://www.fastcompany.com/3059298/10-buildings-that-prove-solar-can-be-beautiful> (дата звернення: 25.09.2022).

[7] How clever solar architecture could boost our renewable energy usage [Електронний ресурс]. URL: <https://aware-theplatform.com/solar-energy-meets-modern-architecture/> (дата звернення: 25.09.2022).

[8] Newhall South Chase / Alison Brooks Architects [Електронний ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/412945/newhall-south-chase-alison-brooks-architects> (дата звернення: 25.09.2022).

[9] Solar Panels in Residential Projects: Efficiency Without Compromising the Aesthetics [Електронний ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/967776/solar-panels-in-residential-projects-efficiency-without-compromising-the-aesthetics> (дата звернення: 25.09.2022).

### References

[1] Definitions for Solar architecture [Electronic resource]. URL: <https://www.definitions.net/definition/Solar%20architecture> (date accessed: 20.09.2022).

[2] SOLAR EVOLUTION. The History of Solar Energy [Electronic resource]. URL: [https://archive.ph/20150406170721/http://www.californiasolarcenter.org/history\\_passive.html](https://archive.ph/20150406170721/http://www.californiasolarcenter.org/history_passive.html) (date accessed: 21.09.2022).

[3] Solar Architecture and Solar Design, 1930-1950 [Electronic resource]. URL: <https://energyhistory.yale.edu/units/solar-architecture-and-solar-design-1930s-1950s> (date accessed: 21.09.2022).

[4] Solar Design: How Architecture and Energy Come Together [Electronic resource]. URL: <https://www.archdaily.com/933697/solar-design-how-architecture-and-energy-come-together> (date accessed: 21.09.2022).

[5] How Does Photovoltaic Energy Work? [Electronic resource]. URL: <https://www.archdaily.com/926255/how-does-photovoltaic-energy-work> (date accessed: 21.09.2022).

[6] 10 Buildings That Prove Solar Can Be Beautiful [Electronic resource]. URL: <https://www.fastcompany.com/3059298/10-buildings-that-prove-solar-can-be-beautiful> (date accessed: 25.09.2022).

[7] How clever solar architecture could boost our renewable energy usage [Electronic resource]. URL: <https://aware-theplatform.com/solar-energy-meets-modern-architecture/> (date accessed: 25.09.2022).

[8] Newhall South Chase / Alison Brooks Architects [Electronic resource]. URL: <https://www.archdaily.com/412945/newhall-south-chase-alison-brooks-architects> (date accessed: 25.09.2022).

[9] Solar Panels in Residential Projects: Efficiency Without Compromising the Aesthetics [Electronic resource]. URL: <https://www.archdaily.com/967776/solar-panels-in-residential-projects-efficiency-without-compromising-the-aesthetics> (date accessed: 25.09.2022).

**FEATURES OF DESIGNING ACTIVE SOLAR ARCHITECTURE****Malashenkova V. O.,**PhD Arch., Associate Professor, Department of Architecture of Buildings and Structures,  
viklituchka@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8228-2467**Verzhbytska P. V.,**Student, Department of Architectural Environment Design,  
polinyonok17@gmail.com*Institute of Architecture and Art,  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa*

**Abstract.** The article examines the features of designing and building active solar architecture. Modernity is increasingly in need of energy-efficient construction. Exhaustion of resources and their travel is a problem, the solution of which is adopted by many innovative branches and links of construction. In the 21st century, solving the issue of energy efficiency has many creative and effective variations. Focusing on clean and renewable energy from the sun is one of the ways to overcome the energy crisis. This is an active solar architecture.

Active solar architecture incorporates the idea of harnessing the sun's renewable energy, turning it into clean electricity that covers the user's problems. The article provides several examples of the practice of construction of active solar buildings in different countries.

Undoubtedly, active solar architecture attracts more and more users to purchase this type of real estate. In this regard, more and more offices and construction companies are focusing on this type of architecture. A list of benefits of active solar architecture meets environmental and energy-efficient needs. The modern design of such buildings corresponds to today's stylistic and aesthetic trends. The shape and silhouette of these buildings varies from traditional to postmodern trends.

The concept of solar architecture represents the idea of renewable energy and the autonomy of the architectural unit. Self-sufficiency in electricity and automation of the organization of the internal climate, creating comfortable conditions for a person to stay - the key purpose of active solar architecture. Its purpose is not only to organize maximum autonomous comfort, but also to reduce the negative impact on the environment as much as possible.

This sets another goal for the energy-efficient design of solar architecture – directly to be comfortable and least harmful. The main requirements for the quality and aesthetics of solar design depend on current requirements and global trends. Saving electricity is one of them. The opportunity not only to save money, but also to obtain a material monetary interest from energy production. Such implementation exists in Denmark, where a state program was organized to encourage energy-efficient autonomy of buildings and structures. First of all, most European countries are developing or already follow state programs of this kind.

**Keywords:** energy-efficient architecture, energy-efficient design, solar architecture, active solar design, solar panels, renewable energy.