

Боровий В. О., Агапова О. Л., Зарицький О. В., Клико А. Ю.

ЗАСТОСУВАННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ГОЛОВНОГО КОРПУСУ КАРАЗІНСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

В статті розглядаються можливості використання векторних топографічних даних для визначення показників геліоенергетичного потенціалу складних архітектурних комплексів та міських територій. Проаналізовано набір інструментів для просторового моделювання сонячного випромінювання. Обґрунтовано використання ГІС-інструментів для підрахунку значень сумарної сонячної радіації.

Продемонстровані можливості застосування результатів 3D-моделювання будівель для вирішення даної проблематики. Автори наголошують на важливості впорядкування та підготовка векторних топографічних даних до побудови цифрової моделі рельєфу.

В роботі за обраним методом визначаються показники сумарної сонячної радіації на дахах корпусів Каразінського університету.

***Ключові слова:** топографічні дані, архітектурний комплекс, 3D-моделювання, геліоенергетичний потенціал, сумарна сонячна радіація.*

Актуальність проблеми. На сьогоднішній день виробництво електричної енергії є важливим аспектом стійкого функціонування багатьох галузей господарства та життєдіяльності населення. Однак, в Україні гостро стоїть проблема обмеженої кількості власних енергоресурсів, високої імпортової вартості та неефективного їх використання. Одним з найбільш перспективних напрямків збереження паливно-енергетичних ресурсів є підвищення темпів розвитку альтернативної енергетики, зважаючи також на її екологічність.

Досить високий сонячно-енергетичний потенціал в Україні зумовлює необхідність визначення показників геліоенергетичного потенціалу з метою подальшого впровадження сонячних енергетичних установок. Економічна ефективність такого способу виробництва електроенергії буде забезпечуватися за рахунок так званого зеленого тарифу, дію якого законодавчо закріплено до 2030 року.

Для точної оцінки геліоенергетичного потенціалу в межах міських територій або конкретних архітектурних комплексів є доцільним застосування векторних топографічних даних. Вони є кінцевим продуктом топографо-геодезичної діяльності та формують архіви міських департаментів. Забезпечення однозначності географічної інформації відповідно до Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) [1] сприяє впровадженню нових підходів на основі сучасних ГІС-інструментів на всіх рівнях адміністративного поділу країни.

Під час детального вивчення особливостей надходження промислової енергії на поверхню складних об'єктів у межах міської забудови слід брати до уваги орієнтацію, кути нахилу та висотне положення окремих елементів будівель. Лише перегляд моделей архітектурних споруд у 3D-представленні дозволяє в повній мірі врахувати все різноманіття чинників, які впливають на особливості інсоляції їх окремих частин (наприклад, дахів або фасадів).

Аналіз літератури. Комплексний набір інструментів для просторового моделювання сонячного випромінювання Solar Analyst для геоінформаційної системи ArcView був вперше запропонований у 1999 році. Він обчислював інсоляційні карти на основі вхідної растрової

цифрової моделі рельєфу. Алгоритми даного інструменту враховували вплив прозорості атмосфери, орієнтації поверхні, висоти та атмосферних умов. Основною метою було отримання інформації про кількість сонячної радіації в різних географічних положеннях, яка може істотно коливатися на коротких відстанях через топографічну неоднорідність певної території [2].

Для аналізу сонячного випромінювання та оцінки геліоенергетичного потенціалу фасадів і дахів авторами статті [3] було створено 3D-модель будівель кампусу Лісабонського університету. Для розрахунку параметрів сонячного випромінювання було використано алгоритм моделювання тіней та застосовані інструменти аналізу прямого і розсіяного сонячного випромінювання. У результаті, опромінення фасадів виявилось значно нижчим, ніж опромінення дахів, але завдяки своїй більшій площі фасади мають більший потенціал для застосування сонячних енергетичних установок.

У роботі [4] моделювання геліоенергетичного потенціалу використовуються для оцінки можливості виробництва сонячної енергії на дахах та фасадах частини міста Мюнхен з використанням 3D-моделей будівель. Були створені річні та сезонні карти оцінки надходження прямого, розсіяного та сумарного сонячного випромінювання на поверхні будівель. Також були отримані дані про кількість сонячної енергії, що надходить щомісячно, та ідентифіковані підходящі ділянки для встановлення фотоелектричного обладнання.

Також було створено сонячно-енергетичну карту норвезького міста Тромсе та докладно описано алгоритм її створення. Було доведено, що дахи південної експозиції мають достатній геліоенергетичний потенціал для встановлення сонячних модулів. Також автором був визначений принцип роботи групи інструментів Solar Radiation та обґрунтований вплив вхідних показників на кінцевий результат [5].

В умовах багатокомплексної міської забудови буває досить складно відобразити реальну ситуацію за допомогою плоских карт. На сьогоднішній день все частіше застосовується 3D-візуалізація, яка покликана дати більш точне уявлення про взаємне планування і висотне розміщення окремих архітектурних споруд та їх частин. Автори В. О. Боровий, О. В. Зарицький проаналізували, що впровадження технологій тривимірного моделювання є важливою умовою для реалізації нових проектів щодо об'єктів міської інфраструктури [6].

Виклад основного матеріалу. Актуальні цифрові топографічні дані на сьогоднішній день є базовими в Національній інфраструктурі геопросторових даних (НІГД) та становлять основу для координатно-просторової прив'язки тематичних даних, що отримують під час польових досліджень. Бази топографічних геоданих містять інформаційну модель для відображення та управління географічною інформацією. Таку інформаційну модель представляють у вигляді набору таблиць з даними, що містять класи просторових об'єктів, набори растрів і атрибутів.

Створена база топографічних даних території головного корпусу Каразінського університету, отримана під час топографо-геодезичної зйомки на основі тахеометричного методу, містить 98 активних шарів. 97 з них мають векторну геометрію, 1 – растрову (ортофотоплан). Всього база даних містить 1705 об'єктів.

На основі виконаних польових робіт та існуючих графічних планів з використанням інтегрованої системи обробки результатів комплексу геодезичних і картографічних робіт «Digitals/Delta XE for Windows Version 5.0 Professional» у прийнятій системі умовних знаків складено цифровий план території головного корпусу Каразінського університету масштабу 1:500 у місцевій похідній системі координат УСК-2000 (рис. 1).

Окремим етапом є впорядкування та підготовка векторних топографічних даних до побудови цифрової моделі рельєфу з метою уникнення збігу контурів фундаменту та даху, а також накладання висот різних фрагментів даху для більш коректного відображення їх у 3D-вигляді (рис. 2 а-б).

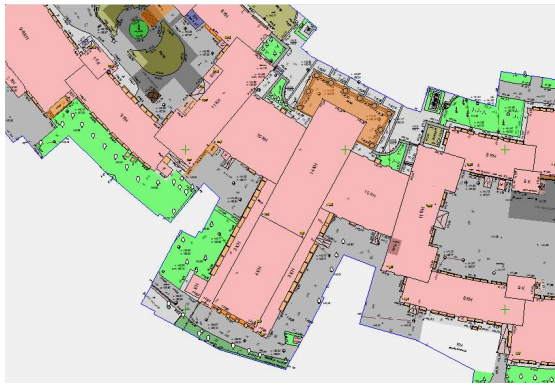


Рис. 1. Фрагмент топографічного плану масштабу 1:500 головного корпусу Каразінського університету

Згідно положень про земельно-кадастрову інвентаризацію та інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межовими знаками середньоквадратична похибка місцезнаходження точок контурів місцевості відносно найближчих пунктів геодезичних мереж не повинна перевищувати у містах обласного підпорядкування 0,1 м. Оскільки відібраний набір векторних даних відповідає цій точності, результат побудови сітки ЦМР також задовольняє такі умови (рис. 3 а-б).

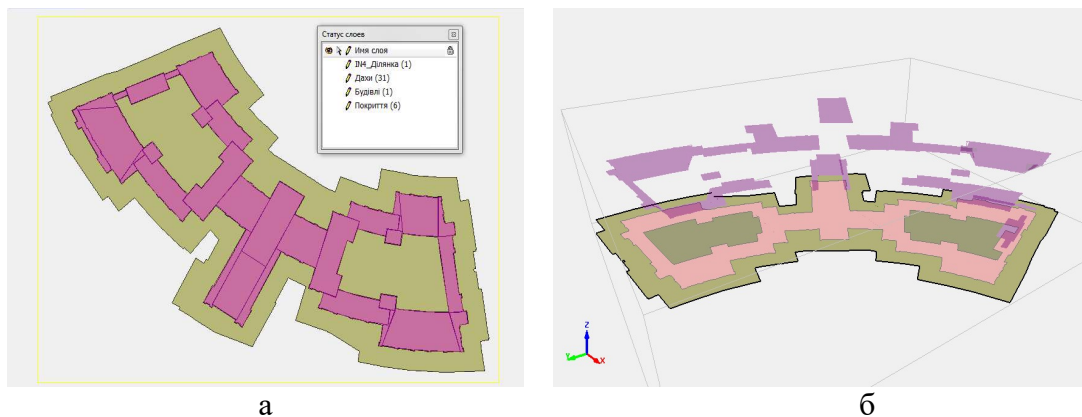


Рис. 2. Впорядковані векторні топографічні дані для побудови ЦМР головного корпусу Каразінського університету у вигляді 2D (а) та 3D (б)

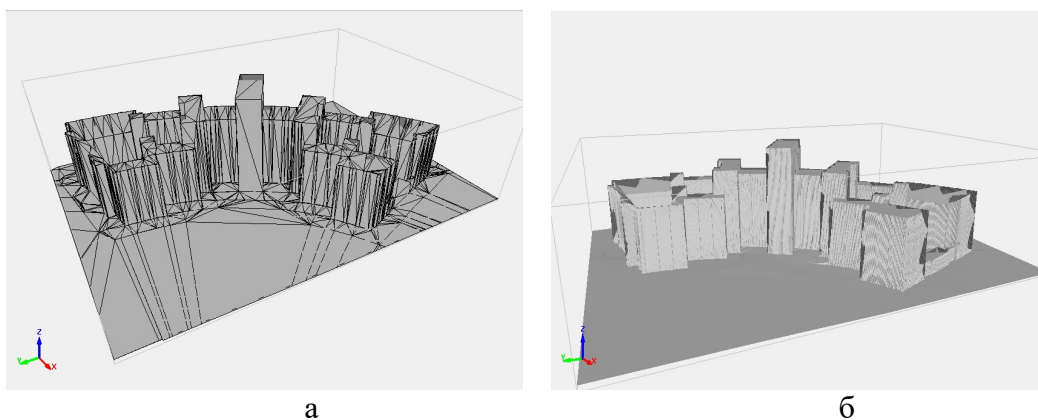


Рис. 3. Векторна ТІН-модель (а) та растрова ЦМР (б) головного корпусу Каразінського університету

Під геліоенергетичним потенціалом розуміють кількісні характеристики потоків сумарної сонячної інсоляції та можливість їхнього використання для роботи різних типів сонячних установок. Найчастіше інформацію про кількість сонячної радіації у межах значних за площею територій отримують за допомогою обробки даних метеорологічних спостережень. Проте, ці дані часто сильно змінюються на коротких відстанях через топографічні особливості окремих об'єктів, тому не можуть бути достовірними для локальних місцеположень.

Для розрахунку інсоляції у межах всієї обраної території використано інструмент Area Solar Radiation модуля Spatial Analyst геоінформаційної системи ArcInfo. Під час розрахунків програма враховує атмосферні явища, широту, висоту, крутизну та напрямок за компасом (експозицію), щоденні та сезонні зміни кута падіння сонячних променів, а також ефекти тіней оточуючих об'єктів.

На випромінювання можуть сильно впливати топографічні особливості та об'єкти поверхні, тому для ключового компонента алгоритму розрахунку потрібне створення спрямованої вгору напівсферичної видимості для кожного місцеположення цифрової рельєфної моделі (ЦМР). Саме кількість видимого повітряного простору грає визначну роль в освітленні конкретного місцеположення. Формули для розрахунку глобального випромінювання, що обчислюється програмою як сума прямого і розсіяного випромінювання всіх секторів сонячного освітлення та повітряного простору, визначені дослідженням [2].

Для території головного корпусу Каразінського університету за допомогою інструменту Area Solar Radiation були побудовані карти сумарної або глобальної сонячної радіації для всього 2017 року (рис. 4) та його окремих місяців для порівняння сезонних потенціалів – січня, квітня, липня та жовтня (рис. 5). Забарвлення кожної чарунки растру залежить від конкретного значення глобальної сонячної радіації, обчисленого на дану територію в кіловатах на квадратний метр (кВт·год/м²).

Для дахів головного корпусу Каразінського університету, які за рахунок особливостей свого висотного положення та експозиції мають найбільші значення сумарної сонячної радіації був визначений її середньорічний прихід на одиницю площі (табл. 1). Всього було розглянуто дахи 15 секцій.

Таблиця 1

Секція даху	Назва секції даху	Досліджу вана площа даху, м ²	Абсолютна висота секції даху, м	Експозиція даху	Середнє значення сумарної сонячної радіації на одиницю площі, кВт·год/м ²
I	Корпус 1	506	178,03	Південна	1236
II	Корпус 1а	245	174,60	Південно-західна	1079
III	Корпус 2	304	178,03	Плоский дах	993
IV	Корпус 3	507	192,03	Плоский дах	1281
V	Корпус 4	796	172,03	Північна	1039
VI	Корпус 5	414	179,16	Плоский дах	1217
VII	Корпус 6	409	187,88	Плоский дах	991
VIII	Корпус 7	596	205,09	Плоский дах	1306
IX	Корпус 8	542	159,43	Плоский дах	1137
X	Корпус 9	412	187,86	Плоский дах	854
XI	Корпус 10	502	192,03	Плоский дах	1275
XII	Корпус 11	418	178,01	Плоский дах	1166
XIII	Корпус 12	768	172,01	Південно-східна	1102
XIV	Корпус 13	308	178,01	Плоский дах	994
XV	Корпус 14	479	178,01	Плоский дах	1264

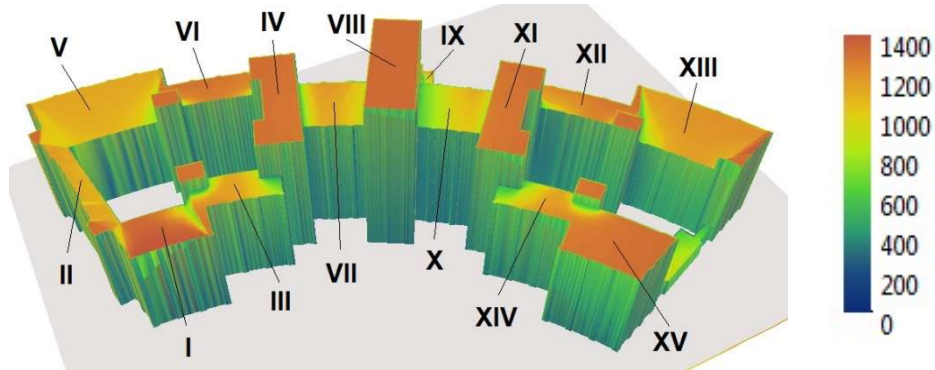


Рис. 4. Значення сумарної сонячної радіації (кВт·год/м²) за 2017 рік

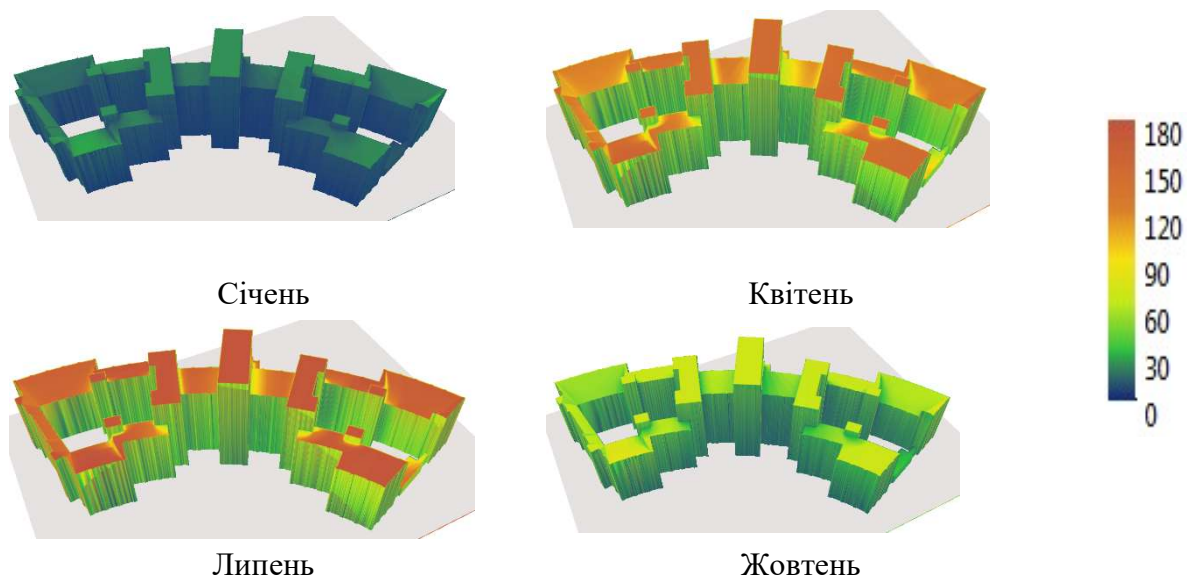


Рис. 5. Значення сумарної сонячної радіації (кВт·год/м²) за січень, квітень, липень та жовтень 2017 року

З даних таблиці 1 можна підсумувати, що найбільшу кількість сумарної сонячної радіації отримують плоскі дахи найвищих будівель та дах з південною експозицією корпусу 1.

Висновки. Бази топографічних даних доцільно використовувати для створення цифрових моделей рельєфу (ЦМР), цифрових моделей місцевості (ЦММ), що є складовими 3D-моделювання. Векторні топографічні дані відрізняються своєю високою точністю у порівнянні з космічними знімками та результатами аерофотозйомки. Використання ГІС-інструментів набору Solar Radiation для підрахунку значень сумарної сонячної радіації дозволили отримати точну інформацію про геліоенергетичний потенціал окремих елементів складного архітектурного комплексу головного корпусу Каразінського університету, враховуючи такі параметри як географічна широта території, орієнтація, висоти досліджуваної поверхні та атмосферні умови. Встановлено, що річні значення сумарної сонячної радіації значно коливаються на коротких відстанях через особливості конфігурації будівлі. Найбільшу річну кількість променистої енергії отримують плоскі дахи найвищих частин навчального корпусу та дахи з південною експозицією. Також чітко прослідковуються сезонні зміни кількості надходження сонячної енергії, пов'язані зі зміною кута падіння сонячних променів у різні пори року. Отримана інформація про особливості розподілу інсоляційного потоку у різних місцезположеннях дахів досліджуваної будівлі в майбутньому дозволить перейти до

оцінки її геліоенергетичного потенціалу та обґрунтування доцільності встановлення сонячних енергетичних установок.

ЛІТЕРАТУРА

1. СОУ 71.12-37-944:2014. База топографічних даних. Загальні вимоги [Електронний ресурс] // Київ : Міністерство аграрної політики України, 2014. – 15 с. (Стандарт Мінагрополітики України) – Режим доступу до ресурсу: <http://nsdi.land.gov.ua/ua/standarts>.
2. Fu P. Design and implementation of the solar analyst: An Arcview extension for modeling solar radiation at landscape scales / P. Fu, P. Rich. // Proceedings of the Nineteenth Annual ESRI User Conference. – 1999.
3. Redweik P. Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape / P. Redweik, C. Catita, M. Brito. // ScienceDirect. – 2013. – №97. – P. 332–341.
4. Modelling solar potential in the urban environment: State-of-the-art review / S.Freitas, P. Redweik, C. Catita, M. Brito. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – №41. – P. 915–931.
5. Falklev E. H. Mapping of solar energy potential on Tromsøya using solar analyst in ArcGIS / E. H. Falklev. – Tromsø: The Arctic University of Norway, 2017. – 99 с.
6. Боровий В. О. 3D візуалізація як більш повне бачення шляхів планування та експлуатації зонінгу за допомогою ГІС-технологій / В. О. Боровий, О. В. Зарицький. // Новітні технології. – 2016. – №2. – С. 6–10.

Borovyi V., Aharova O., Zarytskyi O., Klypko A.

USING TOPOGRAPHIC DATA FOR MODELING THE SOLAR ENERGY POTENTIAL OF THE MAIN BUILDING KARAZIN UNIVERSITY

This article considers opportunities of using vector topographic data for determining parameters of solar energy potential of architectural complexes and urban areas. A set of tools for space modeling of solar radiation had been analyzed. Using of GIS tools for calculating the values of total solar radiation is substantiated.

Also, possibilities for solving problems regarding using results of 3D-modling of buildings are demonstrated. Beside these authors emphasize the importance of streamlining and preparation vector`s topographical data for the construction relief`s digital model.

There were determined how these methods of indication of global solar radiation on the Karazin University roof.

Keywords: topographical data, architectural complex, 3D modeling, solar energy potential, total solar radiation.

REFERENCES

1. SOU 71.12-37-944:2014. Topographic database. General requirements [Electronic resource] // Kyiv : Ministry of agrarian policy of Ukraine, 2014. – 15 p. (Standard of the Ministry of agrarian policy of Ukraine) – Resource: <http://nsdi.land.gov.ua/ua/standarts>.
2. Fu P. Design and implementation of the solar analyst: An Arcview extension for modeling solar radiation at landscape scales / P. Fu, P. Rich. // Proceedings of the Nineteenth Annual ESRI User Conference. – 1999.
3. Redweik P. Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape / P. Redweik, C. Catita, M. Brito. // ScienceDirect. – 2013. – №97. – P. 332–341.
4. Modelling solar potential in the urban environment: State-of-the-art review / S.Freitas, P. Redweik, C. Catita, M. Brito. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – №41. – P. 915–931.

5. Falklev E. H. Mapping of solar energy potential on Tromsøya using solar analyst in ArcGIS / E. H. Falklev. – Tromsø: The Arctic University of Norway, 2017. – 99 p.
6. Borovyi V. O. 3D-visualization as a more complete vision of the ways of planning and operation of zoning using GIS / V. O Borovyi, O. V. Zarytskyi. // The new technologies. – 2016. – №2. – P. 6–10.

Боровой В. О., Агапова Е. Л., Зарицкий А. В., Клычко А. Ю.

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ГЛАВНОГО КОРПУСА КАРАЗИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

В статье рассматриваются возможности использования векторных топографических данных для определения показателей гелиоэнергетического потенциала сложных архитектурных комплексов и городских территорий. Проанализирован набор инструментов для пространственного моделирования солнечного излучения. Обосновано использование ГИС-инструментов для подсчета значений суммарной солнечной радиации.

Продемонстрированы возможности применения результатов 3D-моделирования зданий для решения данной проблемы. Авторы подчеркивают важность упорядочения и подготовки векторных топографических данных до построения цифровой модели рельефа.

В работе по выбранному методу определяются показатели суммарной солнечной радиации на крышах корпусов Каразинского университета.

***Ключевые слова:** топографические данные, архитектурный комплекс, 3D-моделирование, гелиоэнергетический потенциал, суммарная солнечная радиация.*