

DOI: 10.32347/2076-815X.2024.87.308-316

УДК 358.3:528

доктор філософії **Булгаков А.А.**,
bulgandriy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4139-6761,
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України,
Бондар С.А.,
bondar.sa@knuba.edu.ua ORCID 0000-0002-9378-6588,
к.т.н., доцент **Дем'яненко Р.А.**,
legend.geodesy@gmail.com ORCID 0000-0002-5405-3840,
доцент **Медведський Ю.В.**,
medvedskyi.iuv@knuba.edu.ua ORCID 0000-0003-0342-7088,
к.т.н., професор **Кузьмич О.Й.**,
kuzmych.oy@knuba.edu.ua ORCID 0000-0003-1762-6344,
Київський національний університет будівництва і архітектури

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ LIDAR ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ПІДТРИМКИ ВІЙСЬК (СИЛ) У БОЙОВИХ УМОВАХ

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю підвищення ефективності виконання завдань геопросторової підтримки військ (сил) та запобігання втрат серед особового складу військових частин (підрозділів), що виконують ці завдання у ході ведення бойових дій за допомогою сучасних технологій. Дана стаття спрямована на виявлення перспектив використання LiDAR-систем для підвищення ефективності виконання завдань зі створення та оновлення геопросторових даних у бойових умовах.

Ключові слова: геопросторові дані; технології; підтримки військ (сил); дистанційне зондування Землі; LiDAR-систем

Постановка проблеми в загальному вигляді. Результати аналізу виконання військовими частинами (підрозділами) геопросторової підтримки військ (сил) завдань за призначенням у ході відбиття широкомасштабної агресії РФ проти України виявили серйозні прогалини у сфері забезпечення військ (сил) геопросторовими даними [1]. Зокрема, з огляду на незадовільний стан картографічних матеріалів, застосовують дистанційні методи збирання, створення (оновлення) геопросторових даних. Пріоритетного значення набуло використання матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з високою роздільною здатністю.

Одним із різновидів технології ДЗЗ є LiDAR-системи (3D-лазерне

сканування). Однак, у ЗС України ця технологія у сфері геопросторової підтримки військ (сил), особливо в умовах ведення бойових дій, майже не використовується. Тому використання LiDAR-систем у цій сфері є актуальним та потребує ретельного аналізу сучасного стану, перспектив розвитку та застосування цієї технології за згаданим напрямом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженнях [2]–[4] автори стверджують, що LiDAR-системи мають унікальні властивості, використання яких надає можливість оперативно виконувати різноманітні бойові завдання на підставі геопросторових даних:

виявлення повітряних і наземних цілей, точне наведення засобів ураження та знищення цих цілей в заданому районі;

контроль смертельно небезпечної концентрації бойових (отруйних), сильнодіючих отруйних і радіоактивних речовин;

контроль радіаційної і хімічної обстановки в зоні бойових дій з урахуванням метеорологічних, погодно-кліматичних даних у разі аварій і руйнувань потенційно небезпечних хімічних і ядерно-радіаційних об'єктів.

Ще одне важливе дослідження [5]–[8] присвячене вивченню сучасних технологій у сфері геодезії та землеустрою. Автори детально аналізують застосування безпілотних систем під час вирішення завдань зі збирання, створення (оновлення) геопросторових даних, висвітлюють закордонний досвід використання даних LiDAR-систем у цій галузі.

У дослідженні [9] здійснено класифікацію сучасних геоінформаційних методів збирання геопросторових даних, а також попередній аналіз їхньої спроможності задовольняти вимогам топографічних знімачів, визначено предметну галузь досліджень під час створення сучасних нормативно-технічних документів, які відкривають шлях до застосування новітніх технологій у картографуванні.

Дослідження [10] підкреслює необхідність розвитку та використання однофотонних технологій аеродинамічного лазерного сканування для забезпечення швидкого та точного отримання геопросторових даних.

Однак усі ці джерела не в повному обсязі або взагалі не торкалися розгляду питань щодо перспектив використання фахівцями геопросторової підтримки військ (сил) LiDAR-систем для виконання завдань за призначенням у ході ведення бойових дій. Тому виникає нагальна потреба у виборі таких технологій, які б дозволяли своєчасно, безпечно, економічно вигідно та з високою точністю збирати, створювати (оновлювати) геопросторові дані.

Формулювання мети статті. Викладена робота має за мету встановити перспективи практичного використання LiDAR-систем для виконання завдань геопросторової підтримки військ (сил) у ході ведення бойових дій.

Викладення основного матеріалу дослідження. Геопросторові дані є ключовим аспектом у виконанні завдань геопросторової підтримки військ (сил). Для збирання, створення (оновлення) цих даних застосовуються різноманітні методи топографічних знімачів. Ці методи поділяються на наземні та дистанційні (аерокосмічні) [9].

Дистанційні методи дозволяють уникнути бойових втрат серед особового складу, оскільки не потребують безпосередньої присутності на території ведення бойових дій; також суттєво скорочують час виконання спеціальних робіт, заощаджують фінансові витрати.

Слід зауважити, що, на відміну від існуючих (традиційних) технологій дистанційних методів збирання геопросторових даних (аерофотознімання), сучасний розвиток LiDAR-систем є технологічним проривом у галузі геодезії і картографії. Сканувальні лідар-засоби в системах машинного зору формують двовимірну або тривимірну картину навколишнього простору, що вдало коригується з можливостями ГІС-платформ надавати тривимірну візуалізацію у вигляді так званої 3D-Сцени [11, 12].

Ефективність технології LiDAR пояснюється її здатністю 3D-вимірювання та проникнення променів крізь рослинність для збирання інформації про довкілля та поверхню землі. Отримання інформації ґрунтується на принципах лазерного спектра.

За визначеною у [9] класифікацією геоінформаційних методів збирання геопросторових даних LiDAR-системи застосовуються під час наземних та дистанційних методів топографічного знімання.

Зважаючи на те, що нині завдання геопросторової підтримки військ (сил) виконуються в бойових умовах, застосування методів наземного сканування, особливо на територіях, де ведуться активні бойові дії, є небезпечним та нерентабельним.

На відміну від наземних методів топографічного знімання, дистанційні методи, у період підготовки та ведення бойових та антитерористичних дій, надають значні переваги як у технологічному, так і в економічному аспектах, істотно скорочуючи час отримання кінцевого результату. Тому ці методи мають пріоритетне право на застосування у бойових умовах.

Традиційно до дистанційних або аерокосмічних методів топографічного знімання належать ті методи, які дозволяють отримати інформацію про об'єкти земної поверхні, явища і процеси з космосу чи повітря і ґрунтуються на неназемній реєстрації електромагнітного випромінювання земної поверхні в різних діапазонах спектра [13].

Лазерне сканування належить до активних методів дистанційного зондування та виконується лазерними знімальними системами, які

встановлюють на борту літака, аероплана, гелікоптера, БпЛА, у видимому та близькому інфрачервоному діапазоні. Цей метод застосовують з метою побудови цифрових моделей рельєфу навіть для важкодоступних та недоступних територій, за наявної рослинності та несприятливих погодних умов, створення ортофотозображень та мозаїк, картографування територій та у завданнях з оцінювання явищ і процесів, спричинених надзвичайними ситуаціями природного і техногенного (воєнного) характеру. Дистанція зондування (до 15 км для атмосферного розсіювання і до 30–40 км у разі використання природних топографічних відбивачів) забезпечує ефективне і безпечно застосування LiDAR-систем у різних умовах: на територіях військових дій, під час проведення спеціальних і антитерористичних операцій.

Перевагами методу є: незалежність від погоди і освітленості, висока продуктивність за менших фінансових витрат порівняно з іншими методами [14]. Технологія повітряного лазерного сканування має короткий технологічний ланцюжок, що дозволяє відмовитись від наземних геодезичних робіт для планово-висотного обґрунтування, а також забезпечує високу точність вимірювань та продуктивність робіт з подальшим широким спектром застосування матеріалів лазерної локації.

У [10] наголошується, що серед існуючих технологій LiDAR-систем однофотонна технологія є технологічною інновацією для аеродинамічного лазерного сканування. Для однофотонних систем потрібен лише один виявлений фотон порівняно із сотнями або навіть тисячами фотонів у звичайному LiDAR-сканері. Як результат, щільність імпульсів може бути у десять – сто разів вищою порівняно зі звичайними датчиками. Крім того, чутливість детектора до енергій в діапазоні одного фотона дає можливість системам досягати вищих максимальних діапазонів і залишатися безпечними для очей.

Слід зазначити, що в умовах відсічі широкомасштабній агресії рф проти України, аерофотознімання виявилось неможливим. Беручи до уваги те, що оновлення даних про той чи інший об'єкт є досить затратним, альтернативою класичному аерофотозніманню з літаків є використання БпЛА, що нині широко застосовують в Україні та світі [15]–[17]. Крім високої економічної ефективності (здешевлення в десятки разів), БпЛА мають додаткові переваги порівняно з традиційним аеро- та космічним зніманням [18]:

- невелика висота знімання – можна виконувати знімання на висотах від 10 до 200 метрів для отримання надвисокого розрізнення (одиниці й десятки сантиметра) на місцевості;

- точковість – можливість детального знімання невеликих об'єктів і малих ділянок там, де це цілком нерентабельно або технічно неможливо зробити

іншими способами, наприклад, в умовах міської забудови;

– мобільність – не потрібні аеродроми або спеціально підготовлені злітні майданчики, БпЛА легко транспортуються легковими автомобілями (або їх переносять вручну), немає потреби у складній процедурі дозволів і узгодження польотів;

– висока оперативність – весь цикл, від виїзду на знімання до отримання результатів, триває кілька годин;

– безпека польотів – використовуються малопотужні бензинові або безшумні електричні двигуни, забезпечується практично нульова імовірність загибелі особового складу.

У статті [19] розглянуті питання визначення оптимального діапазону розташування опорних цілей під час виконання сканування для забезпечення найвищої точності визначення їх координат, що суттєво підвищує оперативність військових операцій.

У статті [20] автори пропонують новітні ВІМ-технології геодезичного забезпечення, які дозволяють покращити точність та якість сканування під час військового стану.

Висновки та перспективи подальших досліджень. На підставі наведеного можна стверджувати, що використання технологій ДЗЗ, а саме LiDAR-систем, для виконання завдань геопросторової підтримки військ (сил) у ході ведення бойових дій є найбільш ефективним та перспективним порівняно з існуючими (традиційними) методами збирання геопросторових даних, оскільки це усуває їхні недоліки та обмеження, дозволяє зменшити час на виконання технологічних процесів та, безумовно, ці технології більш безпечні для особового складу в районах ведення бойових дій. Пропонується також звернути увагу на використання однофотонних технологій LiDAR-систем у комплексі з автономними та довготривалими у застосуванні БпЛА, відповідним програмним забезпеченням, адже це ефективний інструмент дослідження місцевості та об'єктів на ній, де ведуться військові операції (бойові дії).

З огляду на стрімкий розвиток новітніх методів збирання й оброблення геопросторових даних, питання, які було порушено у цій статті, потребують додаткових досліджень, серед яких можуть бути:

розроблення нових нормативно-технічних документів, які регламентують виконання завдань геопросторової підтримки ЗС України за напрямом підготовки геопросторових даних;

розроблення концептуальної моделі збирання геопросторових даних для оперативного геоінформаційного моделювання території проведення операцій (бойових дій).

Список літератури

1. Сосса Р., Голубінка Ю. Сучасні виклики до топогеодезичного та картографічного забезпечення сектора безпеки та оборони держави. Вісник Київського нац. ун-ту ім. Т. Шевченка. Київ. 2017. № 1 (36). С. 20–23.
2. Буданов П.Ф., Буданов М.П., Демидов Б.О. Лідари. Основні властивості і перспективи застосування в зразках озброєння і військової техніці. Системи озброєння і військова техніка. 2008. № 1. С. 30–37. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2008_1_8.
3. Marcin Fraćkiewicz. Вивчення прогресу в супутниковій технології LiDAR для спостереження Землі та картографування. TS2 SPACE, LIM Center. URL: <http://surl.li/lvshp/> (дата звернення: 11.07.2023).
4. Рашкевич Н.В. Аналіз наукових досліджень в сфері лазерного зондування повітряного басейну. Вісник Кременчуцького нац. ун-ту ім. Михайла Остроградського. 2017. Кременчук. Вип. № 5/2017 (106). С. 115–121. URL: http://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2017_5_115-121_5-2017.pdf. (дата звернення: 11.07.2023).
5. Люльчик В.О., Русіна Н.Г., Петрова О.М. Лідари: сучасні технології у сфері геодезії та землеустрою. Вчені записки Таврійського нац. ун-ту ім. В. І. Вернадського. Видавничий дім “Гельветика”. Т. 30 (69). Ч. 2. № 6. 2019. С. 215–220.
6. Mäkeläinen A., Saari H., Hippel I., Sarkeala J., Soukkamäki J. 2D-hyperspectral frame imager camera data in photogrammetric mosaicking. The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. UAV-g. 2013. Rostock. 2013. P. 263–267.
7. Droschel D., Schreiber M., Behnke S. Omnidirectional perception for lightweight UAVs using a continuously rotating 3D laser scanner. The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. UAV-g2013. Rostock. 2013. P. 107–112.
8. Road Resurfacing with Drones. URL: <https://www.gim-international.com/content/article/road-resurfacing-with-drones?output=pdf> (дата зв.: 03.08.2023).
9. Карпінський Ю., Лазоренко-Гевель Н. Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування. ResearchGate. URL: <https://www.researchgate.net/publication/349536793> (дата звернення: 11.07.2023).
10. Kukko A., Kaartinen H., Hyypä J. Technologies for the Future: A Lidar Overview. URL: <https://www.gim-international.com/content/article/technologies-for-the-future-a-lidar-overview-2> (дата звернення: 03.08.2023).
11. Костріков С., Кулаков Д., Сегіда К. Програмне забезпечення ГІС для LiDAR-технології дистанційного зондування в цілях аналізу урбогеосистем. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2014. Вип.19. С. 45.
12. Костріков С. Геоінформаційне моделювання природно-антропогенного довкілля. Моногр. Харків. Вид-во ХНУ ім. В.Н. Каразіна. 2014. 484 с.
13. Дистанційне зондування Землі з космосу. Терміни та визначення понять: ДСТУ 4220:2003. Київ. Держспоживстандарт України. 2003. 18 с.
14. Пеньков В.О. Фотограмметрія: конспект лекцій для бакалаврів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій. Харків. ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. 2019. 100 с.
15. Лозинський В. Аналіз сучасних методів отримання даних для визначення об’ємів відходів та донних відкладів. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2015. Вип. 2. С. 87–97.
16. Антонов А. Сканирующие лазерные дальнометры (LIDAR). Современная электроника. 2016. № 1. С. 10–16.
17. Пасічник В., Савчук В., Єгорова О. Мобільні інформаційні технології навігації користувача в приміщеннях. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPICM_2016_854_14 (дата звернення: 20.08.2023).
18. Глотов В., Гуніна А. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів. Зб. наук. пр. “Сучасні досягнення геодезичної науки

та виробництва”. Нац. ун-тет “Львівська політехніка”. Львів. 2014. Вип. II (28). С. 65–70.

19. Адаменко, О., Анненков, А., Медведський, Ю., Циколенко, О., Гаврилов, Є. (2023). Дослідження точності визначення координат сфер лазерним сканером Faro Focus S 120. *Просторовий розвиток*, (5), с.240–257. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.5.240-257>.

20. Анненков А.О., Дем’яненко Р.А., Куліченко Н. Геодезичний моніторинг будівель, пошкоджених внаслідок військових дій, з використанням ВІМ-технологій. *Збірник наукових праць “Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва”* Вип. 2(46), 2023, стор.85-94.

Ph.D., Professor **Bulhakov Andrii**,
Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine,
Assistant **Bondar Svitlana**,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Demyanenko Roman**,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Medvedskiy Yuri**,
Candidate of Technical Sciences, Professor, **Oleksandr Kuzmych**
Kyiv National University of Construction and Architecture

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF LIDAR TECHNOLOGIES AND THE PROSPECTS OF THEIR USE DURING THE PERFORMANCE OF THE TASKS OF GEOSPATIAL SUPPORT OF ARMIES (FORCES) IN COMBAT CONDITIONS

The results of the analysis of the implementation of geospatial support of troops (forces) by military units in the performance of assigned tasks in the course of repelling the large-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine revealed serious gaps in the provision of geospatial data to troops (forces) [1]. In particular, given the unsatisfactory state of cartographic materials, remote methods of collecting, creating (updating) geospatial data are used. The use of Earth remote sensing materials with high resolution has become a priority.

LiDAR systems (3D laser scanning) are one of the varieties of Earth remote sensing technology. However, in the Armed Forces of Ukraine, this technology in the field of geospatial support of troops (forces), especially in the conditions of hostilities, is rarely used. Therefore, the use of LiDAR systems in this field is relevant and requires a thorough analysis of the current state, prospects for development and application of this technology in the mentioned direction.

In this regard, this article is aimed at identifying the prospects of using LiDAR systems to increase the efficiency of the tasks of creating and updating geospatial data in combat conditions.

The article presents the results of the analysis of the use of LiDAR systems, reveals the advantages and disadvantages of this technology, discovers the prospects for its development and implementation in the Armed Forces of Ukraine, substantiated practical recommendations for its use in combat conditions.

The materials of the article are of practical value for officials of military administrations engaged in planning and implementation of tasks of geospatial support of the Armed Forces of Ukraine during operations, developers and users of geospatial technologies in military affairs, as well as scientists investigating the issue of task transformation in the field of geospatial support of troops (forces).

Keywords: geospatial data; technologies; support of troops (forces); Earth remote sensing; LiDAR systems

REFERENCES

1. Sossa R., Holubinka Yu. Suchasni vyklyky do topoheodezychnoho ta kartohrafichnoho zabezpechennia sektora bezpeky ta oborony derzhavy. Visnyk Kyivskoho nats. un-tu im. T. Shevchenka. Kyiv. 2017. № 1 (36). S. 20–23. {in Ukrainian}
2. Budanov P.F., Budanov M.P., Demydov B.O. Lidary. Osnovni vlastyvoli i perspektyvy zastosuvannia v zrazkakh ozbroiennia i viiskovii tekhnitsi. Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika. 2008. № 1. S. 30–37. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2008_1_8. {in Ukrainian}
3. Marcin Frąckiewicz. Vyvchennia prohresu v suputnykovii tekhnolohii LiDAR dlia sposterezhennia Zemli ta kartohrafuvannia. TS2 SPACE, LIM Center. URL: <http://surl.li/lvshp/>. {in Ukrainian}
4. Rashkevych N.V. Analiz naukovykh doslidzhen v sferi lazernoho zonduvannia povitrianoho baseinu. Visnyk Kremenchutskoho nats. un-tu im. Mykhaila Ostrohradskoho. 2017. Kremenchuk. Vyp. № 5/2017 (106). S. 115–121. URL: http://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2017_5_115-121_5-2017.pdf {in Ukrainian}
5. Liulchuk V.O., Rusina N.H., Petrova O.M. Lidary: suchasni tekhnolohii u sferi heodezii ta zemleustroi. Vcheni zapysky Tavriiskoho nats. un-tu im. V. I. Vernadskoho. Vydavnychi dim “Helvetyka”. T. 30 (69). Ch. 2. № 6. 2019. S. 215–220. {in Ukrainian}
6. Mäkeläinen A., Saari H., Hippel I., Sarkeala J., Soukkamäki J. 2D-hyperspectral frame imager camera data in photogrammetric mosaicking. The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. UAV-g. 2013. Rostock. 2013. P. 263–267. {in Ukrainian}
7. Droschel D., Schreiber M., Behnke S. Omnidirectional perception for lightweight UAVs using a continuously rotating 3D laser scanner. The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. UAV-g2013. Rostock. 2013. P. 107–112. {in Ukrainian}
8. Road Resurfacing with Drones. URL: <https://www.gim-international.com/content/article/road-resurfacingwith-drones?output=pdf>. {in English}
9. Karpynskyi Yu., Lazorenko-Hevel N. Metody zbyrannia heoprostorovykh

danykh dlia topografichnoho kartohrafuvannia. ResearchGate. URL: <https://www.researchgate.net/publication/349536793> {in Ukrainian}

10. Kukko A., Kaartinen H., Hyypä J. Technologies for the Future: A Lidar Overview. URL: <https://www.gim-international.com/content/article/technologies-for-the-future-a-lidar-overview-2> . {in English}

11. Kostrikov S., Kulakov D., Sehida K. Prohramne zabezpechennia HIS dlia LiDAR-tekhnologii dystantsiinoho zonduvannia v tsiliakh analizu urboheosystem. Problemy bezpererвної heografichnoi osvity i kartografii. 2014. Vyp. 19. S. 45–52. {in Ukrainian}

12. Kostrikov S. Heoinformatsiine modeliuvannia pryrodno-antropohenoho dovkillia. Monohr. Kharkiv. Vyd-vo KhNU im. V.N. Karazina. 2014. 484 s. {in Ukrainian}

13. Dystantsiine zonduvannia Zemli z kosmosu. Terminy ta vyznachennia poniat: DSTU 4220:2003. Kyiv. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 2003. 18 s. {in Ukrainian}

14. Penkov V.O. Fotogrammetriia: konspekt leksii dlia bakalavriv spetsialnosti 193 – Heodeziia ta zemleustrii. Kharkiv. KhNUMH im. O.M. Beketova. 2019. 100 s. {in Ukrainian}

15. Lozynskiy V. Analiz suchasnykh metodiv otrymannia danykh dlia vyznachennia obiemiv vidkhodiv ta donnykh vidkladiv. Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva. 2015. Vyp. 2. S. 87–97. {in Ukrainian}

16. Antonov A. Skaniruyushchie lazernie dalnomeri (LIDAR). Sovremennaya elektronika. 2016. № 1. S. 10–16. {in russian}

17. Pasichnyk V., Savchuk V., Yehorova O. Mobilni informatsiini tekhnologii navihatsii korystuvacha v prymishchenniakh. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPICM_2016_854_14 . {in Ukrainian}

18. Hlotov V., Hunina A. Analiz mozhlyvostei zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ dlia aeroznimalnykh protsesiv. Zb. nauk. pr. “Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva”. Nats. un-tet “Lvivska politehnika”. Lviv. 2014. Vyp. II (28). S. 65–70. {in Ukrainian}

19. Adamenko, O., Annenkov, A., Medvedskiy, Yu., Tsykolenko, O., Havrylov, Ye. (2023). Doslidzhennia tochnosti vyznachennia koordynat sfer lazernym skanerom Faro Focus S 120. Prostorovyi rozvytok, (5), stor. 240–257. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.5.240-257>. {in Ukrainian}

20. Annenkov A.O., Demianenko R.A., Kulichenko N. Heodezychni monitorynh budivel, poshkodzhennykh vnaslidok viiskovykh dii, z vykorystanniam BIM-tekhnologii. Zbirnyk naukovykh prats “Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva”, Vypusk 2(46), 2023, S. 85-94. {in Ukrainian}