

Ігор Козак, Ганна Козак, Павліна Ольшовська (м. Люблін)

Дослідження неіснуючого українського села Старе Брусно у Польщі із застосуванням даних лазерного сканування

Мета дослідження полягала у тому, щоб показати можливості вивчення сакральних об'єктів і будинків неіснуючого українського села Старе Брусно із використанням даних лазерного сканування (ALS - Airborne Laser Scanning) або так званих даних лідарових (LIDAR - airborne light detection and ranging).

У праці зроблено огляд історичної літератури про село Старе Брусно, а також аналізовано літературу, пов'язану із повітряним лазерним скануванням та наукові статті, у яких ALS був використаний у якості методу інвентаризації археологічних об'єктів, які у значній мірі допомогли у проведенні наших досліджень неіснуючого села.

Описано застосовану методичку у даному дослідженні. А саме, способи порівняльного аналізу історичних карт в ArcMap із даними ALS. Це дозволило знайти місця, де були колись сакральні об'єкти і будівлі. До цього використано також дані ALS щодо крутизни схилів.

На підставі цих результатів можна зробити висновок про те, що надземне лазерне сканування дозволяє після фільтрування рослинності детально відновити сакральні об'єкти і колишні будівлі, дороги, а також візуалізувати існуючий рельєф місцевості, як це зроблено для території неіснуючого на сьогодні українського села Старе Брусно.

Використання даних лазерного сканування відкриває нові перспективи. Сканування генерує детальні дані і може застосовуватись в аналізі територій, на яких об'єкти були знищені раніше і не існують сьогодні.

Ключові слова: лазерне сканування, археологія, Старе Брусно, не існуюче українське село.

Ihor Kozak, Hanna Kozak, Pavlina Olshovska

The research of non-existent Ukrainian village in Poland – Stare Brusno with the use of laser scanning data

The aim of the study was to show the possibilities of studying sacral objects and buildings in non-existent Stare Brusno village applying laser scanning data (ALS - Airborne Laser Scanning), or lidar data (LIDAR - airborne light detection and ranging).

The paper reviews the literature on the history of Stare Brusno village and analyzes literature concerning the Airborne Laser Scanning and scientific articles in which ALS has been used as a method of inventory of archaeological sites, that contributed to conducting our research on non-existent village.

The methodology applied in this study was described in the paper as well. Specifically, the methods of comparative analysis of historical maps in ArcMap with Airborne Laser Scanning data. That enabled finding places where once there were sacral objects and buildings. For that reason ALS data on steep slopes was used.

Based on these results it possible to reach a conclusion that laser scanning enables, after filtering vegetation, to accurately recover sacred objects and old buildings, roads, as well as visualize existing terrain as shown for the area of non-existing these days village of Stare Brusno.

The application of laser scanning data introduces new perspectives. Scanning generates detailed data and enables the analysis of areas where objects were destroyed and do not exist these days.

Key words: laser scanning, archaeology, Stare Brusno, non-existent Ukrainian village.

Исследование несуществующего украинского села Старое Брусно в Польше с применением данных лазерного сканирования

Цель исследования состояла в том, чтобы показать возможности изучения сакральных объектов и домов несуществующего села Старое Брусно с использованием данных лазерного сканирования (ALS - Airborne Laser Scanning).

В работе сделан обзор исторической литературы о деревне Старое Брусно, а также проанализировано литературу связанную с лазерным сканированием в которой ALS был использован в качестве метода инвентаризации археологических объектов и которая в значительной степени помогла в проведении наших исследований несуществующего села.

Описано методiku примененную в данном исследовании. В частности, способы сравнительного анализа в ArcMap исторических карт с данными ALS. Это позволило найти места, где были когда-то сакральные объекты и здания. К этому использовано также данные ALS относительно крутизны склонов.

На основании этих результатов можно сделать вывод о том, что наземное лазерное сканирование позволяет после фильтрации растительности точно восстановить сакральные объекты и бывшие здания, дороги, а также визуализировать существующий рельеф местности как это показано для территории несуществующего на сегодня села Старое Брусно.

Использование данных лазерного сканирования открывает новые перспективы. Сканирование генерирует подробные данные, и может применяться в анализе территорий, на которых объекты были уничтожены раньше и не существуют сегодня.

Ключевые слова: *лазерное сканирование, археология, Старое Брусно, не существующую украинское село.*

Лазерне сканування (ALS) є одним із найсучасніших методів дистанційного зондування для роботи безпосередньо із просторовими даними. Воно має багато переваг, які запевнюють швидкий і точніший аналіз великих територій. У процесі повітряного лазерного сканування із літака чи вертольоту висилаються сигнали (кожен із яких – це 8 імпульсів), які відбиваючись від рослинності та ґрунту, та записуються¹. Детальність такого сканування – до 12 пунктів на 1 квадратний метр. Із даних створюється хмара точок, яка далі класифікується. За допомогою алгоритмів усі компоненти хмари на основі їх розташування і характеристики призначаються до певного класу (рослинність різної висоти із виділенням класу дерев, кушів, трав, ґрунту, будинки і т.д.). Можна створити власний алгоритм. Найчастіше використовуються алгоритми створені Амери-

канським товариством фотограмметрії і дистанційного зондування (ASPRS 2012).

Завдяки інтеграції ALS та географічної інформаційної системи (ГІС) його використовують в археології, історії для знаходження курганів, знищених будівель та інших об'єктів².

Мета статті показати перспективи використання даних лазерного сканування для інвентаризації сакральних об'єктів та будівель на прикладі неіснуючого українського села Старе Брусно у південно-східній Польщі.

Вибране для дослідження неіснуюче село Старе Брусно було розташоване у південно-східній частині Польщі у Любачівському повіті (Рис. 1а). Зараз село не існує (Рис. 1б). Українці Старого Брусна зробили значний вклад у розвиток культури Бруснівського каменярства – тому детальніше зупинимось на описі самого об'єкту села.

¹ Особливості відтворення гідрологічних об'єктів за матеріалами лазерного сканування місцевості / Х. Бурштинська, А. Бабушка, І. Тарнавська І. Василюха. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2008. – №1. – С. 200–213

² Johnson K. Rediscovering the lost archaeological landscape of southern New England using airborne light detection and ranging (LiDAR), Journal of Archeological Science / K. Johnson, W. Ouimet. // Journal of Archeological Science. – 2014. – №43. – С. 9–20.



Рис. 1. Старе Брусно: а – існує на карті 1937 року³, б – не існує на карті 2015 року⁴

Брусно, давнє українське поселення біля підніжжя гори Кам'яної, схили якої порізані численними потоками і багаті кам'яними покладами. Хоча перша письмова згадка про село належить до 1531 року, але поселення було тут значно раніше, ще в епоху бронзи (це доводять археологічні розкопки Старого Брусна), а згодом набуло розвитку на основі руського права⁵.

До 1947 року Старе Брусно було майже сто відсоткове українське село у Любачівському повіті. У 1939 році проживало тут 1075 українців, 5 поляків, 20 римо-католиків із українською мовою спілкування, 50 євреїв⁶. У другій половині 1920-х років у Старому Брусні було кілька церков Св. Параскевії: дерев'яна (1676 рік) і мурована (1906 рік), яка розібрана 1956 року після депортації українців⁷. Жило тут 360 родин, діяла «Прогресивна», стояло три будинки бібліотеки-читальні, збудовані з білого бруснівського каміння. Функціонували дві українські школи, кооперативи, молочарський пункт, ремісничі майстерні, водяний млин. Відомо, що з 1839 року, у Старому Брусні

були муровані з каменю житлові та господарські будівлі, опалювальні та пекарські печі⁸.

Природні поклади вапнякового каменю поблизу села відображені у самій назві села Брусно, яка походить від українського слова брус, що означає «чотиригранний шматок каменю чи металу, що застосовуються у будівництві чи обробці»⁹. Поклади каменю посприяли виникненню тут славетного кам'яницького осередку ще від 1500 року. Люстрація 1565 року подає імена трьох майстрів: Савка, Стечко і загородник Стечко, хоч ці імена були відомі уже значно раніше. На 1765 рік у селі уже було 13 гірників-майстрів (лупали із бруснівської гори камінь і обробляли його). Майстри-митці залишили геніальні надмогильні пам'ятники, які можна побачити на цвинтарі, якому загрожує знищення¹⁰.

Цвинтар Старого Брусна знаходиться у лісі, як єдиний свідок знищеного села. Село спалене польським військом 21 вересня 1945 року під час депортації українського населення¹¹. Пам'ятники на цвинтарі (Рис. 2) охоплюють період від 1600-х

³ Tomaszów Lubelski. Mapa WIG, skala 1:100 000 [Електронний ресурс] // Wojskowy Instytut Geograficzny. – 1937. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.mapywig.org>

⁴ Open street map. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.openstreetmap.org>

⁵ Грушевський М. Джерела до історії України-Руси / М. Грушевський. – Львів, 1900. – Т. III. – С. 272–275.

⁶ Kubijovyc V. Ethnic groups of the South-Western Ukraine (Galyčyna-Galicia) 1.1.1939 / V. Kubijovyc. – München: Logos, 1983.

⁷ Apokryf Ruski. [Електронний ресурс] // Otwarte Ukraińskie zasoby naukowe, – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.apokryfruski.org/>

⁸ Gajerski S. F. Materiały źródłowe dotyczące historii Bruśnińskiego ośrodka kamieniarskiego okresu gospodarki folwarczno - pańszczyźnianej / S. F. Gajerski. // Polska Sztuka Ludowa, – 1969. – Т.23. (3, 4) – С. 219–227.

⁹ Lew S. Ludowy ośrodek kamieniarski w Bruśnie / S. Lew // Rocznik Przemyski – 1967. – С. 193.

¹⁰ Gajerski S. F. Materiały źródłowe dotyczące historii Bruśnińskiego ośrodka kamieniarskiego okresu gospodarki folwarczno - pańszczyźnianej / S. F. Gajerski. // Polska Sztuka Ludowa, – 1969. – Т.23. (3, 4) – С. 219–227.

¹¹ Apokryf Ruski. [Електронний ресурс] // Otwarte Ukraińskie zasoby naukowe, – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.apokryfruski.org/>

до 1947 року і становлять своєрідний запис історії громади Старого Брусна та витвір її геніальних майстрів. Цвинтар Старого Брусна – чи не найпишніша у світі колекція українського цвинтарного мистецтва. Це наче музей під відкритим небом. У польськомовних публікаціях замовчується приналежність Старого Брусна до візантійсько-руського цивілізаційного кола історичного українського етнічного ареалу, а осередок народного каменярства не міститься у межах українського мистецтва – функціонує як, на жаль, вирваний із культурного контексту, але відомий осередок каменярства¹².

Працювали у Брусні майстри цілими сім'ями, батьки із синами: Хмілі, Любицькі, Кузневичі, Підгорецькі, Захарки, Гриціви, Грабціви, Грабовичі, Космини, Васильківи, Галабурди та ін.

Найвидатнішим із них був бруснівський майстер Григорій Кузневич (1871–1948) як особистість європейського рангу. Його називають українським Донателло. Від самоука він дійшов до вершин досконалості: навчання у Львові і Римі, здобуття 2-ї нагороди за найкращу скульптуру («Гончар», «Перший хлібороб») у Римі. Розповсюдив символи й алегорії, наситив ліризмом свої фігури, із неймовірною легкістю формував кам'яний одяг і драпування. Це усе відповідало найновішим тенденціям у європейській скульптурі. Після подорожей (у тому числі до США) весь час повертався творити до рідного Брусна аж до 1947 року, коли був вигнаний із рідної до-

мівки. Помер і похований в Україні у селі Ганачівка Перемишлянського району Львівської області.

На сьогодні територія села повністю заросла лісом і важко наочно відшукати знищені будівлі. Тому ALS (Airborne Laser Skanning) виявився найбільш точним аналітичним методом. Він дозволив заглянути під рослинність і знайти, після фільтрації шарів лісової рослинності, фундаменти сакральних, житлових об'єктів та господарських будинків. Застосовано ALS як один із найсучасніших і найбільш часто використовуваних методів для створення цифрових моделей рельєфу. Для поглибленого аналізу скористалися функцією HILLSHADING, яка допомогла виділити ряд форм зруйнованих стін та фундаментів будівель.

Першим кроком був аналіз старих карт для села Старе Брусно із відображеною забудовою, сакральними об'єктами, присілками. Для аналізу вибрані карти, а саме Kummersberga (1855)¹³ та аркуш Томашова Люблінського Військового географічного інституту (1937)¹⁴.

Після калібрування карт за допомогою Гео-референції на їх основі нарисовані шари забудов та потоків для території села Старе Брусно і прилеглих присілків, які розташовані у межах досліджуваної території. Потім порівняли в ArcMap результати аналізу карт із даними з ALS, які були надані Центральним осередком геодезії і картографії. Застосовано також інструмент SLOP. Це

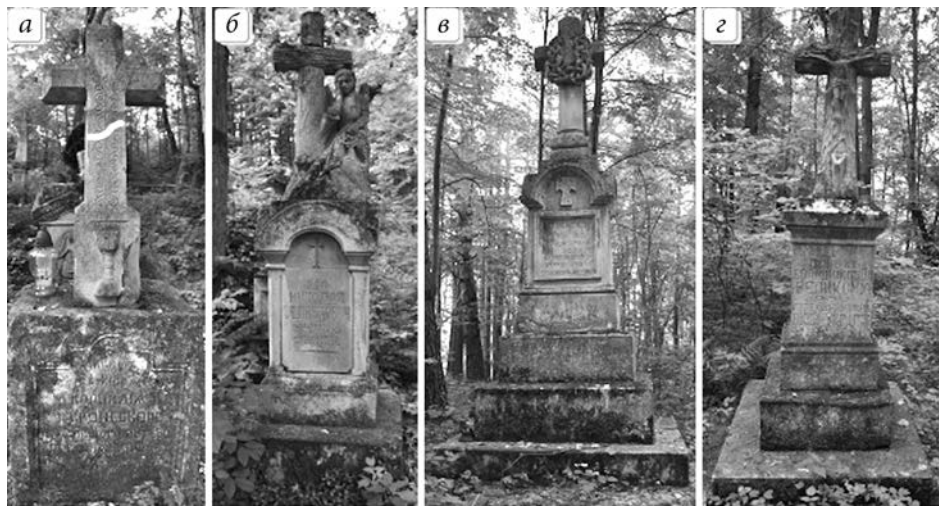


Рис. 2.
Намогильні пам'ятники духовних осіб на цвинтарі Старого Брусна та хрести на місці давніх церков:
а – пам'ятник на могилі пароха Корнелія Стронського; б – пам'ятник на могилі дядка Миколи Величковича; в – пам'ятник Першої місії у парохії на місці старої церкви; з – пам'ятник на честь Володимира Великого у 950-річчя Хрещення Руси-України

¹² Там само.

¹³ Kummersberg C.R. C. Administrativ Karte von den Konigreichen Galizien und Lodomerien. 1:115 000. / C.R. Kummersberg C.R., 1855. – 60 с.

¹⁴ Tomaszów Lubelski. Mapa WIG, skala 1:100 000 [Електронний ресурс] // Wojskowy Instytut Geograficzny. – 1937. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.mapywig.org>

дало можливість по залишках фундаментів уточнити потенціальні місця розташування забудови на схилах до $14,5^{\circ}$. Також застосували інструмент HILLSHADING для кращої візуалізації віднайдених об'єктів при зміні кута падіння світла.

У даний час майже уся територія села, де була забудова, вкрита густим лісом. На основі аналізу даних ALS нам вдалось знайти цвинтар, місце, де стояла на сьогодні не існуюча церква, а також руїни каплички та місця зруйнованих будинків. При інвентаризації об'єктів у процесі

аналізу забрано (відфільтровано) густу рослинність, що дозволило побачити усі старі об'єкти та їх фрагменти, які були під рослинністю. Наприклад, це місця, де була церква та цвинтар (Рис. 3).

Дані ALS дозволили відобразити рельєф території: розміщення церкви, а саме насипу, на якому вона стояла (Рис. 4).

Місце церкви та цвинтаря також вдалось добре відтворити за допомогою тривимірної візуалізації (Рис. 5).

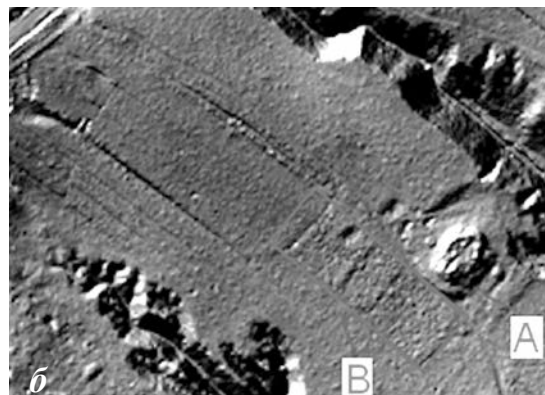


Рис. 3. Розміщення на карті (а) та на даних ALS (б) церкви (А) та цвинтаря (В) – стрілками відзначено їх положення

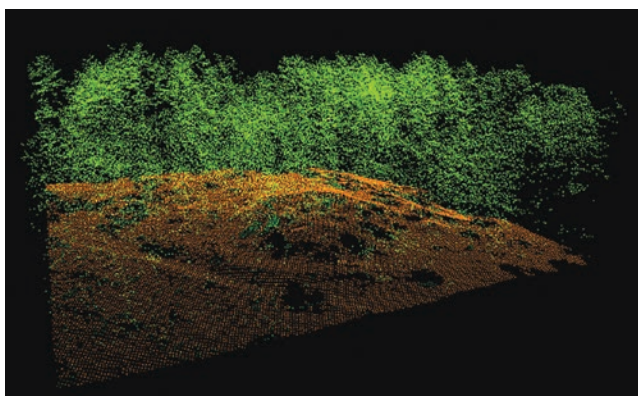


Рис. 4. Тривимірна візуалізація хмар точок для місця, на якому стояла церква

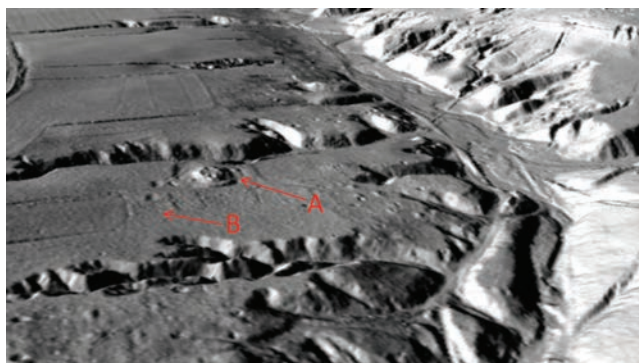
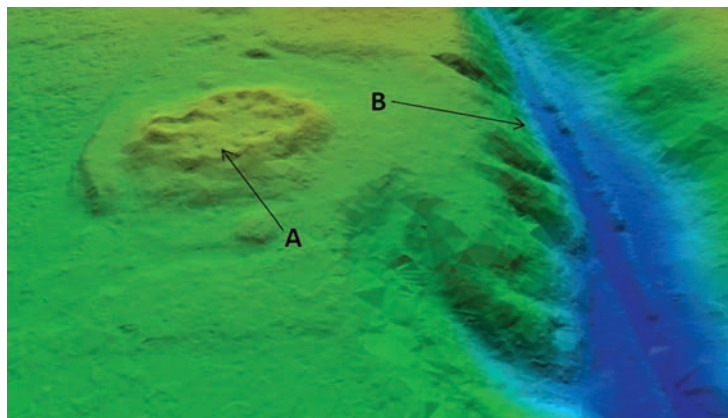


Рис. 5. Тривимірна візуалізація: А – церкви, В – цвинтаря, стрілками показано їх місця розташування

Для покращення візуалізації була створена також цифрова модель території села у постаті сітки нерегулярних трикутників (TIN- Triangular Irregular Network). Фрагмент цієї моделі (Рис. 6) показує територію навколо церкви та долини потоку Бруснівка.

Рис. 6. Цифрова модель території навколо церкви (А) та долини потоку (В)



Цікавим виявився профіль місця, де стояла церква та потоку (Рис. 7) який створений із даних сканування. Як бачимо ця територія повністю поросла лісом.

Показовим також є приклад віднайдення Каплиці святого Миколая та її руїн (Рис. 8) за допомогою ALS.

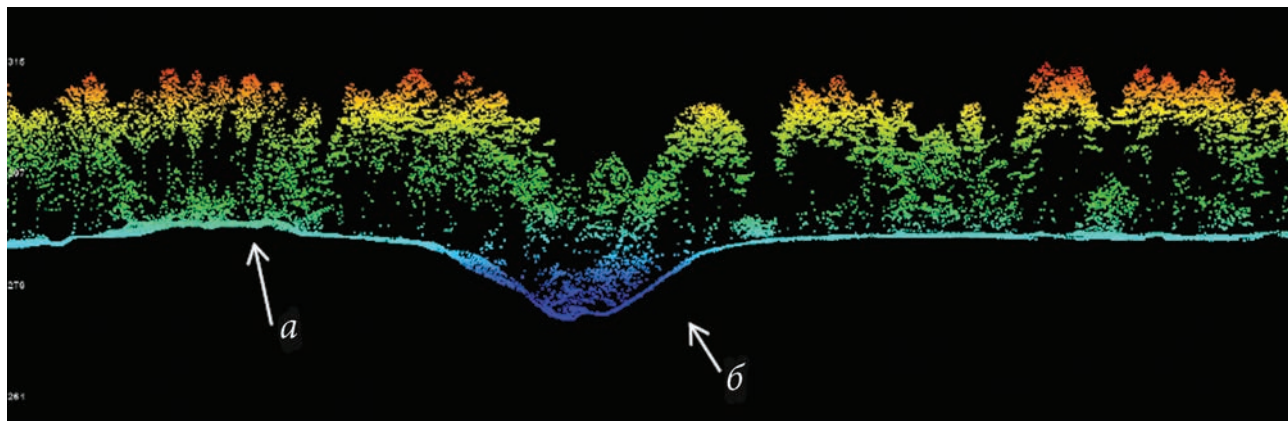


Рис. 7. Профіль місця, де стояла церква (а) із потоком (б)

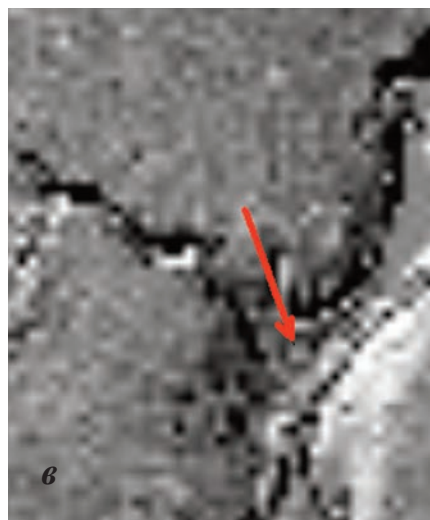


Рис. 8. Положення Каплиці святого Миколая та її руїни: а – на карті, б – фото руїн, в – на моделі ALS вказане стрілкою

Цікавою є можливість віднайдення господарських забудов на 1937 рік (Рис. 9а) із застосуванням функції HILLSHADE (Рис. 9б) та SLOPE (Рис. 9в).

Порівнюючи місця забудов на картах із їх розміщенням на моделях, створених із даних ALS, вдалось встановити, що на основі карт та літературних даних у селі Старе Брусно у 1937 році було 113 господарств. Застосовуючи дані лідача та функції HILLSHADE та SLOPE, ми визначили місця 110 господарств.

Слід зазначити, що відтворене із даних ALS, розташування господарств не завжди співпадає із їх відображенням на карті 1855 і 1937 років. Причиною цього може бути менш детальний масштаб карт і більш детальний у відображенні ALS.

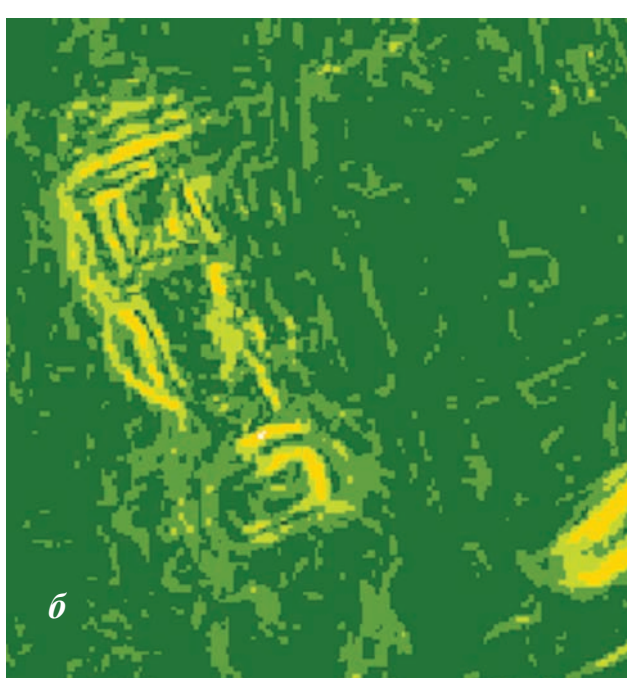


Рис. 9. Господарська забудова у Старому Брусні:

а – на карті 1937 року, *б* – залишки забудови, виявлені з даних ALS із застосуванням функції HILLSHADE, *в* – з даних ALS із застосуванням функції SLOPE

Більшість аналізованих місць забудови в районі дослідження мають різні форми. Виявлені форми прямокутників у більшості своїй мають розміри: 7м x 6м, 6м x 5,3м, 5м x 4м, так що, ймовірно, площа окремих забудов (Рис. 10) становить від 20 м² до 42 м² і це могли бути як будинки для житла так і будинки, які використовувались як робочі майстерні для обробки каміння та виготовлення намогильних пам'ятників.

Як показали наші дослідження, дані з повітряного лазерного сканування є перспективними для подальшого застосування. Використовуючи дані ALS, можна віднайти незвідані антропогенні залишки, які збереглися у вигляді городищ, замків, доріг, сільгоспугідь, старих шахт та інших об'єктів, що свідчать про існування минулих поколінь. Великою перевагою є також якість і велика роздільна здатність, яка дозволяє зауважувати відмінності у конфігурації місцевості.

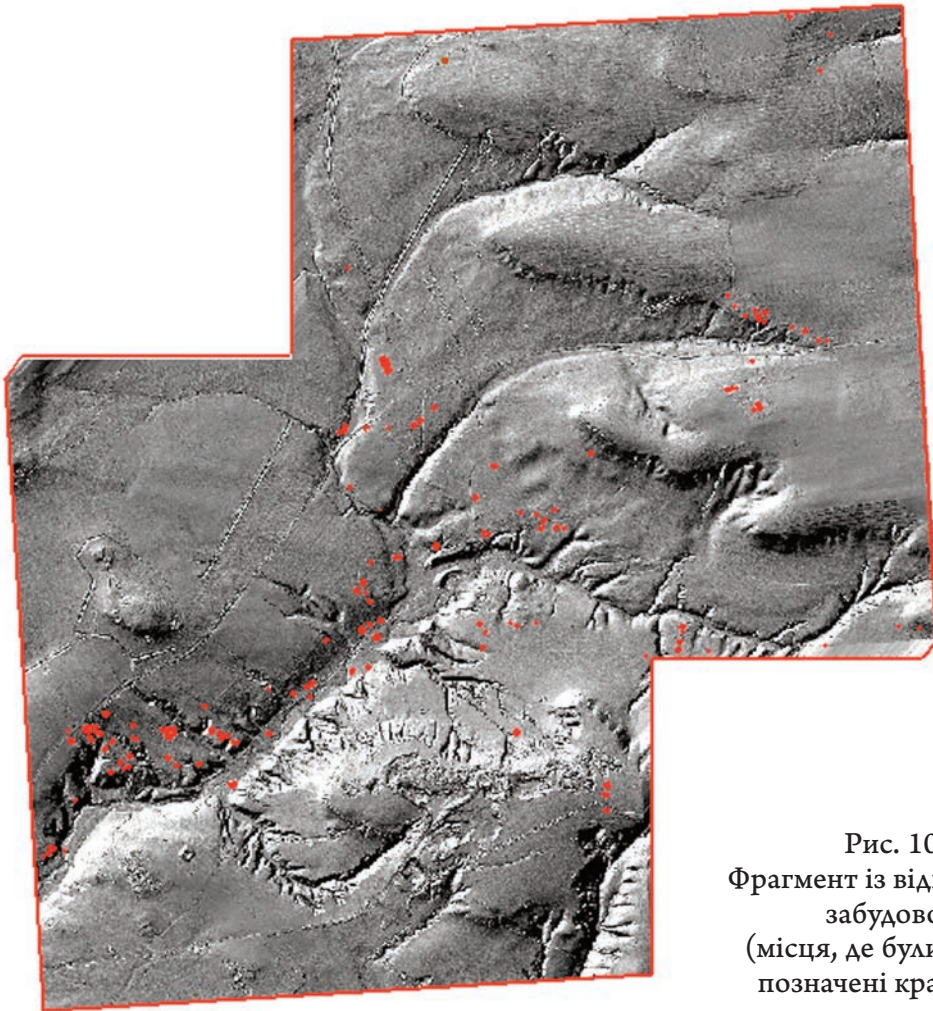


Рис. 10.
Фрагмент із віднайденою
забудовою
(місця, де були будівлі,
позначені крапками)

Можливості лазерного сканування також використовувались іншими дослідниками¹⁵ за спроби дослідити археологічний ландшафт в північній частині Нової Англії, штат Коннектикут, Массачусетс і Род-Айленд (США). Це так як у нас лісиста територія і тому у них вибір лазерного сканування не є випадковим. Вони представили кам'яні стіни, невикористовувані дороги і фундаменти неіснуючих будівель і візуалізували свої результати шляхом порівняння супутникових зображень з лідаровими, а також так як і ми використовували фотографії вже існуючих фундаментів.

Інші дослідники з університету Центральної Флориди також використовували лідарні дані, засновані на аналізі хмари точок і 3D¹⁶.

Лазерне сканування є корисним інструментом у галузі археології. До сих пір безліч археологічних пам'яток у світі не повністю виявлено, на деякі із них дослідники натрапили випадково. Тому поєднання історичних знань із найсучаснішими методами дистанційного зондування дає можливість набагато швидше просунутися шляхом пізнання культури наших предків.

Інвентаризація простору із використанням даних лазерного сканування є перспективною для вивчення тенденції розвитку давньої історії. Перевагою цього способу є можливість із високою роздільною здатністю відтворення великих площ.

Варто відзначити, що у даних ALS, змінюючи азимут, ми змогли виявити ділянки старих будівель, а також знайти конкретні сакральні

¹⁵ Johnson K. Rediscovering the lost archaeological landscape of southern New England using airborne light detection and ranging (LiDAR), *Journal of Archeological Science* / K. Johnson, W. Ouimet. // *Journal of Archeological Science*. – 2014. – №43. – С. 9–20.

¹⁶ Chase A. Lasers in the Jungle [Електронний ресурс] / A. Chase, D. Chase, J. Weishampel // *Archaeology* 63, 4. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: www.archive.archaeology.org/1007/etc/caracol.html

елементи у Старому Брусні, такі як неіснуюча на сьогодні церква Святої Параскеви, каплиця та запушений і порослий лісом цвинтар.

Генерування точок із хмари даних ALS, дозволило представити поточний стан села, тим самим даючи можливість попереднього перегляду фрагментів у вигляді поперечного перерізу чи візуалізації 3D.

Як показали наші дослідження, технологія лазерного сканування дозволила територію знищеного села Старе Брусно «відокремити» з-під лісового покриву. Це дало можливість пізнати частину його історії. Представлена технологія пропонує нові перспективи до інвентаризації української етнічної культури та традиційного будівництва.

References

1. Hrushevskij M. *Dzherela do istorii Ukrainy-Rusy* / M. Hrushevskij Т 3. – Lviv, 1900. – S. 272–275.
2. *Osoblyvosti vidtvorennya hidrolohicznych objektiv za materialamy lazernoho skanuvannja miscivosti* /Burshtynska H., Babushka A., Tarnavska I., Vasylycha I. // *Suzcasni dosjahnennja geodezycnoji nauky ta vyrobnytva*. 2008. – №1. – С. 200–213.
3. Апокриф Рускі. [Електронний ресурс] // *Otwarte Ukraińskie zasoby naukowe*. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.apokryfruski.org/>.
4. Chase A. *Lasers in the Jungle* [Електронний ресурс] / A. Chase, D. Chase, J. Weishampel // *Archaeology* 63, 4. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: www.archive.archaeology.org/1007/etc/caracol.html.
5. Gajerski S. F. *Materiały źródłowe dotyczące historii Bruśnieńskiego ośrodka kamieniarskiego okresu gospodarki folwarczno - pańszczyźnianej* / S. F. Gajerski. // *Polska Sztuka Ludowa*, – 1969. – Т.23. (3, 4) – С. 219–227.
6. Johnson K. *Rediscovering the lost archaeological landscape of southern New England using airborne light detection and ranging (LiDAR)*, *Journal of Archeological Science* / K. Johnson, W. Ouimet. // *Journal of Archeological Science*. – 2014. – №43. – С. 9–20.
7. Kubijovych V. *Ethnic groups of the South-Western Ukraine (Galyčyna-Galicia) 1.1.1939* / V. Kubijovych. – München: Logos, 1983.
8. Kummersberg C.R. C. *Administrativ Karte von den Konigreichen Galizien und Lodomerien*. 1:115 000. / C.R. Kummersberg C.R., 1855. – 60 с.
9. Lew S. *Ludowy ośrodek kamieniarski w Bruśnie* / S. Lew // *Rocznik Przemyski* – 1967. – С. 193
10. Open street map. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.openstreetmap.org>.
11. Tomaszów Lubelski. *Mapa WIG, skala 1:100 000* [Електронний ресурс] // *Wojskowy Instytut Geograficzny*. – 1937. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.mapywig.org>.