

І. Р. Савчин^{1,*}, Є. О. Шило¹, І. М. Бубняк¹, А. М. Бубняк²

¹ Інститут геодезії, Національний університет "Львівська політехніка", вул. С. Бандери 12, Львів, 79013, Україна

² Геолог-консультант, вул. Зимова 35/30, Львів, 79020, Україна

* Автор для кореспонденції: ih.savchyn@gmail.com

Попередні результати дослідження відслонення Woozle Hill (Західна Антарктида)

Реферат. **Мета роботи.** Продемонструвати можливість застосування новітніх методів, а саме цифрової фотограмметрії, для побудови віртуальних геологічних відслонень, що знаходяться в складних природних умовах, а також виявити переваги та недоліки цього підходу. **Методика.** Запропоновано та використано алгоритм досліджень, який базується на плануванні, польових вимірюваннях, опрацюванні та аналізі результатів. Планування включало рекогностування ділянки та створення робочого проекту. На етапі польових вимірювань виконували закріплення та визначення координат контрольних та базисних точок, а також цифрове фотограмметричне знімання. Фотограмметричне знімання виконано з використанням цифрової камери Canon 5D Mark III. При опрацюванні результатів здійснено: зовнішнє орієнтування знімків, вибір характерних зв'язуючих точок, побудова цифрової моделі рельєфу. Для опрацювання отриманих результатів використовували програмне забезпечення Agisoft Metashape. Аналіз результатів передбачав: оцінку точності побудованої цифрової моделі рельєфу, екстрагування площин, побудову стереограм тріщин. Для отримання аналізу результатів використано програмне забезпечення Cloud Compare. **Результати.** Використовуючи нормальний та відхилений випадки 14 лютого 2019 року виконано фотограмметричне знімання відслонення, розташованого у північній частині Woozle Hill (пагорб Вузол) на острові Галіндез. В результаті знімання отримано 177 знімків, на основі яких побудована 3D модель. **Висновки.** На основі даної моделі отримана інформація про орієнтацію тріщин. Побудовано стереограму та розо-діаграму орієнтації тріщин. Виявлено переважаючі напрями тріщин та кути їх падіння. Продемонстровано переваги запропонованого підходу для вивчення відслонень у важкодоступних місцях, вказано на їх високу точність. Серед недоліків слід вказати на залежність робочого процесу від погодних умов. Серед інших можливих застосувань отримана модель може бути використана при візуалізації відслонення Woozle Hill, а також при створенні віртуальних екскурсій.

Ключові слова: Woozle Hill, Антарктида, цифрова фотограмметрія, тріщини.

ВСТУП

Левову частку часу геологічних досліджень займають польові роботи, що включають опис відслонень, різноманітні заміри, відбір зразків. Від

Цитування: Савчин І. Р., Шило Є. О., Бубняк І. М., Бубняк А. М. Попередні результати дослідження відслонення Woozle Hill (Західна Антарктида). *Український антарктичний журнал*, 2019. № 2 (19), 38–46.

точності та детальності вказаних досліджень залежать подальші побудови та моделі, що будуть використані для висновків про те чи інше явище, процес та будову вибраної ділянки земної кори. Суттєву допомогу польовому геологу надає фотоапарат. Одразу після винайдення фотоапарату її інтенсивно почали використовувати при польових роботах. Використання фотоапарата допомагає фіксувати велику кількість інформації

ції. Наступним кроком було встановлення фотоапаратів на різні літальні апарати (кулі, дирижаблі, літаки). Це значно розширило отримання інформації з великих територій. Детальну інформацію про використання фотограмметрії можна знайти в низці монографій та статей (Дорожинський, Тукай, 2008; Linder, 2009; Tucci et al., 2019; Romeo et al., 2019). Поява цифрової фотографії суттєво змінила підходи в отриманні просторової інформації. Проводяться роботи, які досліджують переваги та недоліки фотограмметричного методу в геології. Щорічна кількість публікацій перевищує тисячі найменувань. Досліджуються та порівнюються різні підходи отримання просторової інформації – лазерне сканування, фотограмметрія (Wilkinson et al., 2016; Baltsavias, 1999). Підходи та методи цифрової фотограмметрії використовують у багатьох галузях наук про Землю. Далеко не повний перелік включає геоморфологію, седиментологію, структурну геологію, інженерну геологію, охорону довкілля, гірництво (Jaboyedoff et al., 2015; Fawcett et al., 2019; Jang et al., 2019; Brook, Merkle, 2019; Liu, Xue, 2019).

Прилади, що їх тепер називають «гаджетами», також є помічниками геолога при польових роботах. Серед інших, насамперед слід назвати ГНСС-приймачі. Але справжній прорив в отриманні просторово-координованої інформації здійснено з виходом на арену лазерного сканування та цифрової фотограмметрії. Здешевлення приладів, можливість повсюдного використання Інтернету, поява нових поколінь безпілотних літальних апаратів (БПЛА), створення програмного забезпечення для опрацювання даних привели до нових підходів та методів польових геологічних відслонень. З'являються нові поняття «вертикальна геологія» (Jaboyedoff et al., 2015) та «віртуальне геологічне відслонення» (Xu et al., 2000; Hodgetts, 2013). Створюють веб сторінки, на яких розмішують відслонення з різних частин світу (<https://safaridb.com/home>). На сьогодні проведено три міжнародні конференції, присвячені зазначеній тематиці (Cirg, 2018).

Представники Інституту геодезії Національного університету «Львівська політехніка» протягом останніх десяти років успішно використо-

вують лазерне сканування та цифрову фотограмметрію для вирішення задач геодезії, архітектури та будівництва (Кузик та ін., 2017). За цей час було досліджено понад 50 дерев'яних церков заходу України з метою побудови їх тривимірних моделей (Маліцький та ін., 2017).

Дослідження відслонень із застосуванням цифрових технологій вперше були проведені авторами із використанням наземного лазерного сканування для Буковецьких складок (Долинський район Івано-Франківської області) (Бубняк та ін., 2014). Подальшим розвитком досліджень стало вивчення можливості застосування цифрової фотограмметрії для побудови цифрових моделей геологічних об'єктів. При цьому порівнювали точність результатів, отриманих наземним лазерним скануванням та цифровою фотограмметрією, переваги одного методу над іншим в залежності від природних умов відслонень, від логістики тощо.

На сьогодні кількість геологічних об'єктів, досліджених вказаними методами, сягає 20. В результаті побудовані тримірні моделі, що використовуються для різноманітних цілей – дослідження тріщин, моделювання складчасто-насувних структур, вивчення внутрішньої будови печер (Bubniak et al., 2019).

Метою цього дослідження є продемонструвати можливість використання цифрової фотограмметрії для побудови цифрової моделі відслонення, розташованого у північній частині *Woozle Hill* (пагорб Вузол) ($65^{\circ}14'54''$ S, $64^{\circ}14'44''$ W) на острові Галіндез архіпелагу Аргентинські острови (рис. 1), виявити переваги та недоліки цього підходу.

Другим завданням є отримання різного роду інформації, насамперед орієнтації структурних елементів із цифрової моделі відслонення, що в подальшому буде використана для моделювання утворення цих мезоструктур.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для проведення досліджень запропоновано алгоритм, який включає такі основні етапи робіт.

Планування робіт:

- рекогностування ділянки;

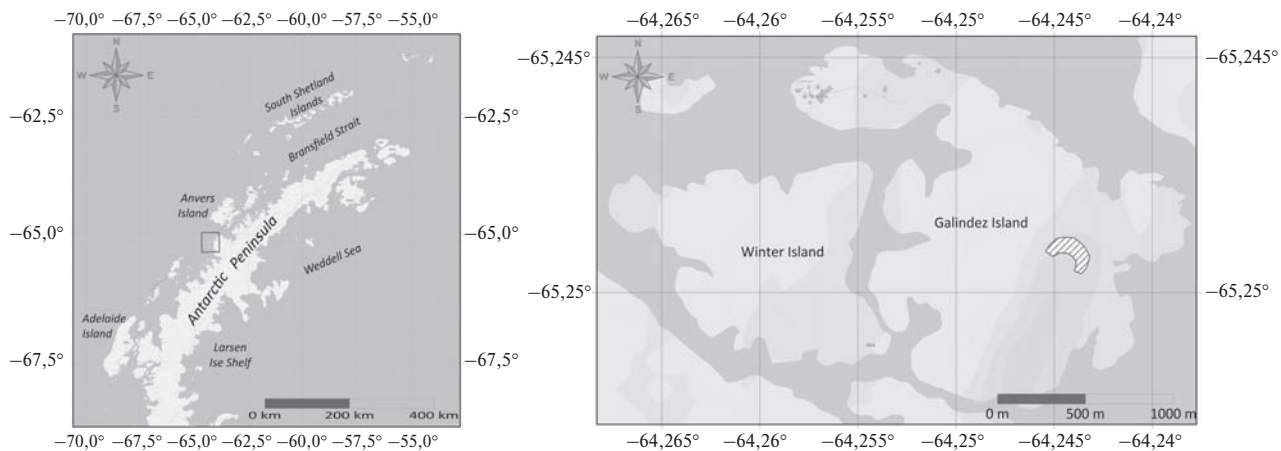


Рис. 1. Географічне розміщення об'єкту досліджень

Fig. 1. Geographic location of the research object

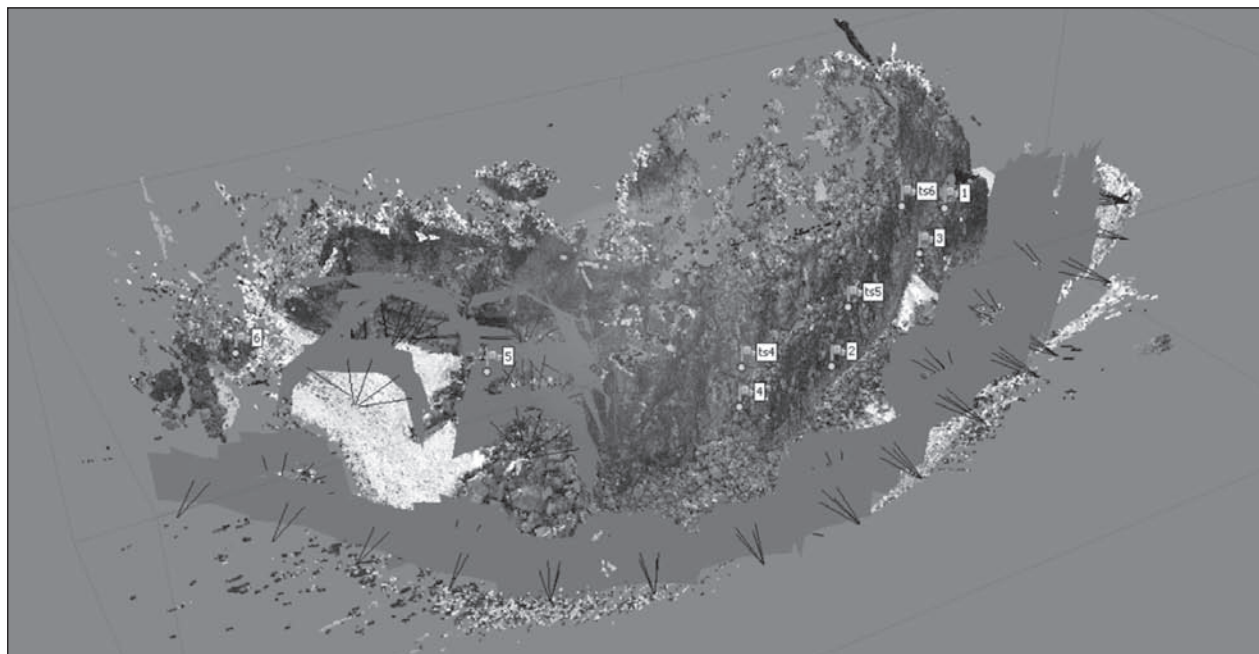


Рис. 2. Розміщення знімків і контрольних точок на відслоненні Woozle Hill

Fig. 2. Position of snapshots and control points on the Woozle Hill outcrop

• складання робочого проекту фотограмметричного знімання.

Польові вимірювання:

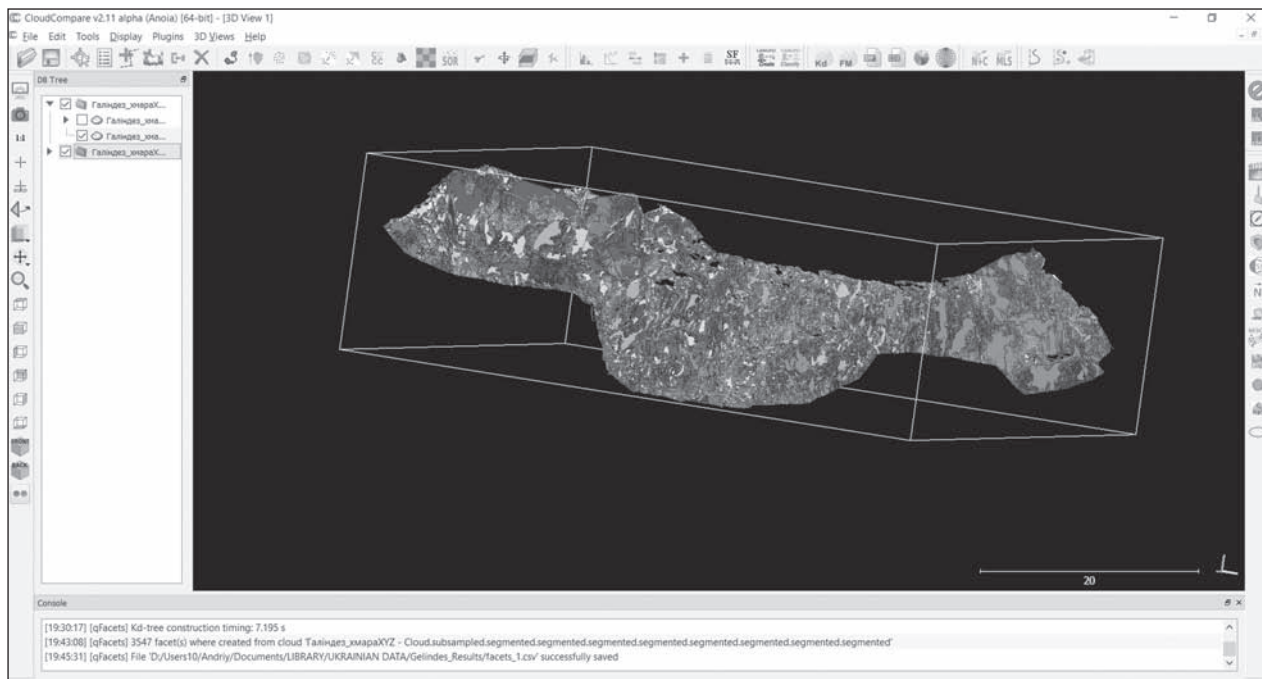
- закріплення контрольних та базисних точок;
- визначення координат контрольних та базисних точок;
- цифрове фотограмметричне знімання.

Опрацювання результатів:

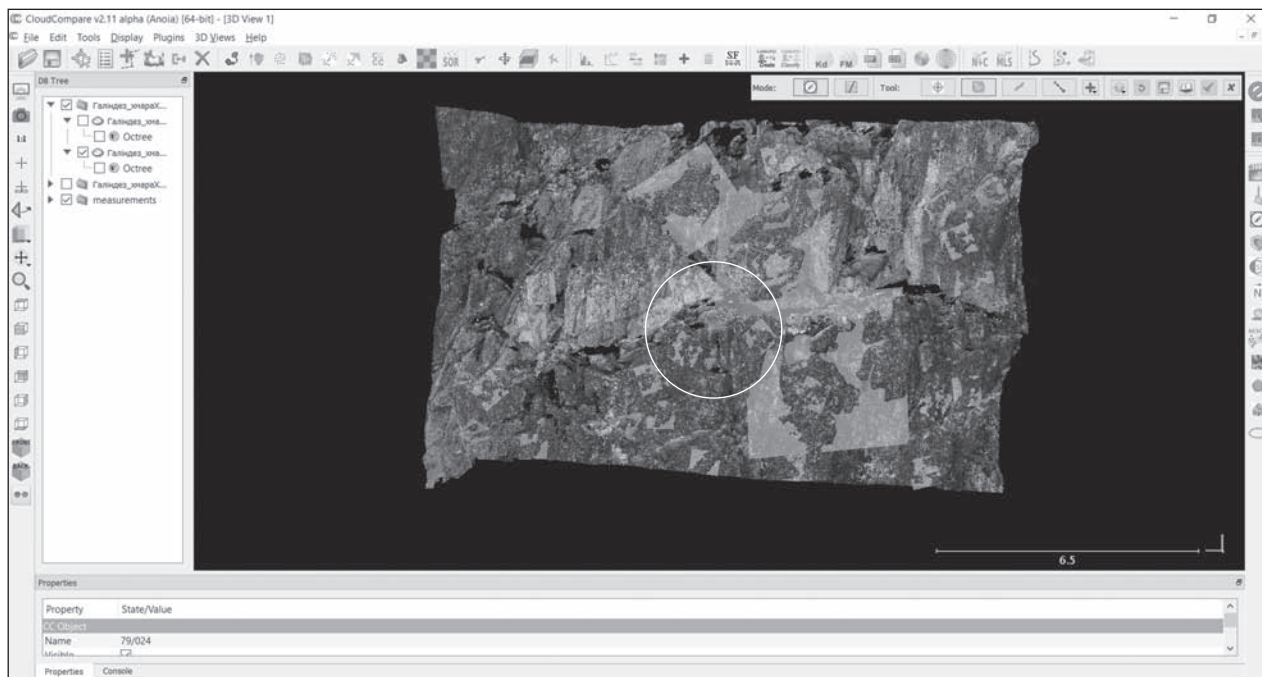
- зовнішнє орієнтування знімків;
- вибір характерних зв'язуючих точок;
- побудова цифрової моделі рельєфу.

Аналіз результатів:

- оцінка точності побудованої цифрової моделі рельєфу;



a



б

Рис. 3. Цифрова модель відслонення Woozle Hill із екстрагованими площинами (*a* — апроксимація тріщин до площин, *б* — фрагмент відслонення)

Fig. 3. Digital model of the Woozle Hill outcrop with extracted planes (*a* — approximation of joints to planes, *б* — fragment of the outcrops)

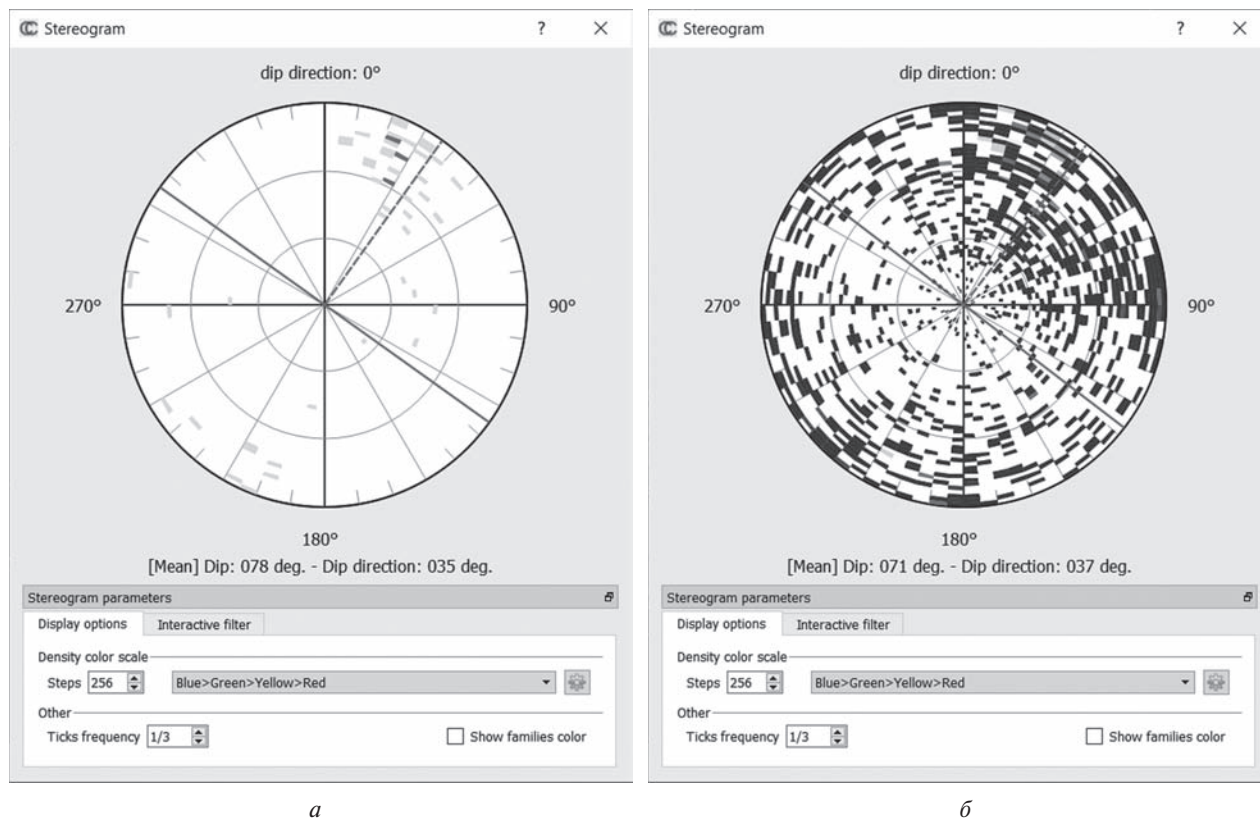


Рис. 4. Стереограми орієнтації тріщин відслонення Woozle Hill (а — напівавтоматичне екстрагування, б — автоматичне екстрагування)

Fig. 4. Stereograms of joint orientation on the Woozle Hill outcrop (a — semi-automatic extraction, б — automatic extraction)

- екстрагування площин;
- побудова стереограм тріщин.

Відповідно до запропонованого алгоритму досліджень, 11 лютого 2019 року проведено рекогноситування відслонення Woozle Hill, визначено приблизні розміри об'єкту та доступність до нього і складено робочий проект фотограмметричного знімання, який включав місця закріплення контрольних та базисних точок, а також послідовність проведення знімання.

Закріплення контрольних та базисних точок, визначення їх координат, а також фотограмметричне знімання виконано 14 лютого 2019 року. Слід зазначити, що закріплення контрольних точок виявилось достатньо складним завданням, оскільки відслонення Woozle Hill майже прямовисне, тому в деяких випадках необхідно було

змінити їх положення відносно проектного. Прямовисність відслонення унеможливила використання ГНСС-технологій для визначення координат контрольних точок. Тому було вирішено використати комбінацію класичних ГНСС та лінійно-кутових вимірювань. Координати базисних точок, які розміщувались на відкритому горизонті, визначались методом швидкої статки (Rapid Static). Основною перевагою методу швидкої статки є відносно короткий час вимірювань. Вимірювання виконували із використанням 2-х ГНСС-приймачів Leica GPS1200 (точність вимірювань у режимі швидкої статки становить 10 mm + 1ppm). В якості вихідного пункту використовували пункт sc02, який закладений в рамках SCAR GPS 2002 кампанії (Dietrich, 2001; Dietrich, Rülke, 2002) та знаходився на відстані приблизно 500 м

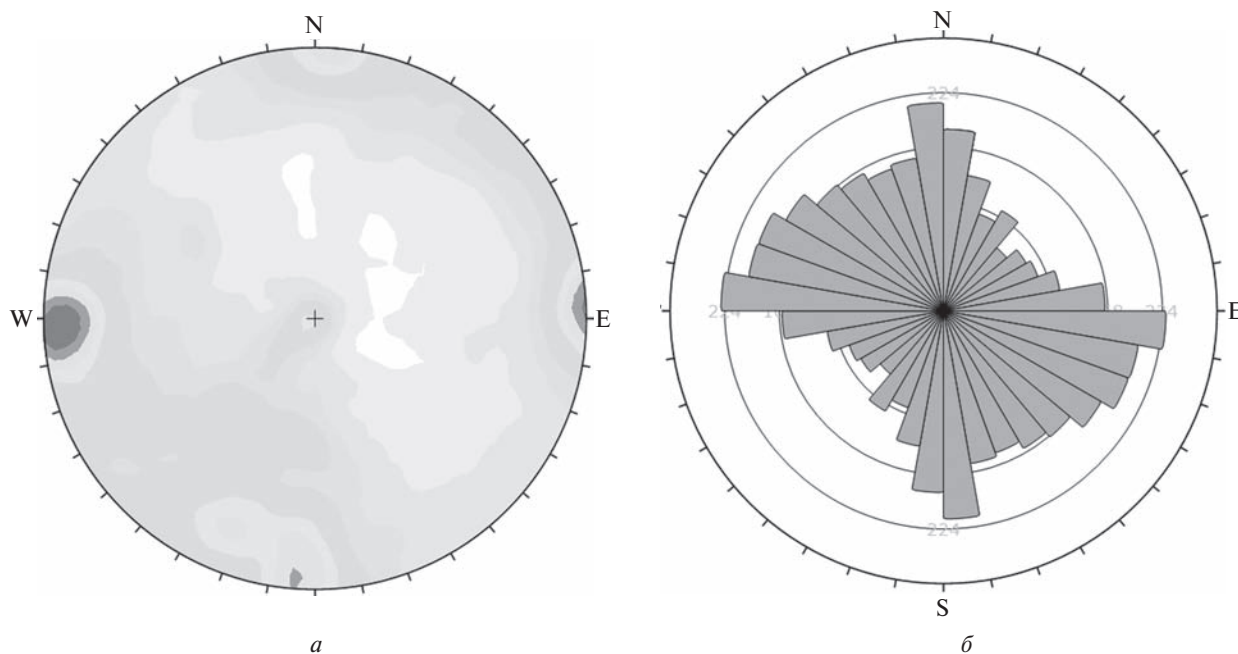


Рис. 5. Орієнтації тріщин відслонення Woozle Hill (*a* — контурна діаграма, *б* — роза-діаграма)

Fig. 5. Joint orientation of the Woozle Hill outcrop (*a* — contour diagram, *b* — rose diagram)

від ділянки досліджень. Тривалість вимірювань знаходилась в межах 15–30 хв. Координати базових пунктів використали для визначення координат контрольних точок. Лінійно-кутові вимірювання виконували із використанням електронного тахеометра Trimble M3 (точність кутових вимірювань 5", а точність лінійних вимірювань 3 mm +2·ppm). Визначення координат контрольних точок виконували методом полярної засічки, який полягає у визначенні координат невідомих пунктів відносно одного відомого пункту та напрямку на другий відомий пункт. В результаті було визначено координати 9-ти контрольних точок. Контрольні точки закріплювалися спеціальними марками.

Цифрове фотограмметричне знімання відслонення Woozle Hill виконувалось цифровою камерою Canon Mark III D, з ПЗЗ-матрицею 22,1 млн. пікселів. При зніманні діапазон фокусної віддалі не змінювався і становив 24 мм. Використовуючи нормальний та відхилений випадки знімання, зроблено 177 знімків. На рис. 2 представлено розміщення знімків і контрольних точок на відслоненні Woozle Hill.

Опрацювання отриманих результатів виконано у програмному забезпеченні Agisoft Metashape. В результаті опрацювання було отримано хмару точок та цифрову модель відслонення Woozle Hill.

В результаті проведеної оцінки точності встановлено, що середня квадратична похибка визначення координат точок на моделі становить 0.13633 м (0.834179 пікс).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз отриманих хмари точок та цифрової моделі відслонення Woozle Hill виконано у програмному забезпеченні CloudCompare v2.11. Отримані дані експортовані у форматі *.txt для подальшої обробки. Також слід зазначити, що можна працювати із частиною відслонення. Екстрагування площин виконано в автоматичному та напівавтоматичному режимах. Автоматичний режим дозволяє усунути суб'єктивний фактор, що є важливим моментом при дослідженні мезоструктур. На рисунку 3 представлено цифрову модель від-

слонення Woozle Hill із екстрагованими площинами в обох режимах.

На основі екстрагованих площин побудовано стереограми орієнтації тріщин відслонення Woozle Hill в обох режимах. Тріщини, виділені напівавтоматичним способом, не відрізняються суттєво від тріщин, отриманих за допомогою автоматичного способу. Так, переважаючий кут падіння тріщин, виділених напівавтоматичним методом, становить 78 градусів, тоді як автоматичним — 71 градус, азимуті кутів падіння відрізняються ще менше — 35 і 37 градусів відповідно. Така точність є цілком задовільною для такого типу досліджень (рис. 4).

Аналізуючи отримані результати, можна констатувати наступне.

Загальна кількість замірів становить 3548. Їх положення в просторі приведено на стереограмах (рис. 5). Роза-діаграма, приведена на рис. 5, б, демонструє тенденції в простяганні тріщин району досліджень. Їх простягання є згідним із простяганням основних структур ділянки дослідження. На контурній діаграмі чітко виділяється ортогональна система тріщин (рис. 5, а). Слід зазначити, що подібні результати отримано в Муровская, Бахмутов (2015) класичним методом, використовуючи аналоговий компас, проте це зайняло значно більше часу.

ВИСНОВКИ

1) Застосування представленого алгоритму підходу при дослідженні відслонень суттєво скорочує час, необхідний для вивчення об'єкту, що є важливим моментом в умовах Антарктиди.

2) Точність отриманої моделі є достатньою для мезоструктурних досліджень.

3) Найважливішим моментом при подібних дослідженнях є повнота досліджуваних даних. При традиційних польових дослідженнях лише частина відслонення є доступною для безпосередніх спостережень. У нашому випадку досліджень не втрачається інформація, вона є повною.

4) Серед недоліків дослідження відслонень з використанням описаної вище технології слід вказати велику залежність від погодних умов.

5) Майбутні дослідження повинні включати тестування нових підходів в різних природних умовах для вибору оптимальної методики, яка забезпечить отримання максимальної кількості інформації в найкоротший термін.

Подяка. Автори висловлюють подяку Державній установі Національний антарктичний науковий центр МОН України за надані первинні дані та матеріали, отримані на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський» під час сезонної XXIV Української антарктичної експедиції.

ЛІТЕРАТУРА

Бубняк І., Віхоть Ю., Накапелюх М., Третьак К., Пац Р. Використання наземного лазерного сканування для вирішення проблем структурної геології та тектонофізики. *Матеріали V наукової конференції "Фізичні методи в екології, біології та медицині"*. Львів-Ворохта, 2014. С. 52—55.

Дорожинський О., Тукай Р. Фотограмметрія: підручник. Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2008.

Кузик З., Ставовий А., Ільків Т. Документування та моделювання археологічних об'єктів засобами цифрової фотограмметрії. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2017. № 1 (33), С. 125—130.

Маліцький А., Голубінка Ю., Бубняк І., Бубняк А. Використання наземного лазерного сканування для збереження пам'ятки архітектури та геології. *Культурна спадщина нафтової столиці Передкарпаття*. Борислав, 2017. С. 71—73.

Муровская А., Бахмутов В. Предварительные результаты полевых тектонофизических исследований в районе западного побережья Антарктического полуострова. *Український антарктичний журнал*. 2015. № 14. С. 66—73.

Baltsavias, E. P. 1999. Airborne laser scanning: basic relations and formulas. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 54 (2—3), 199—214.

Brook, M. S., Merkle, J. 2019. Monitoring active landslides in the Auckland region utilising UAV/structure-from-motion photogrammetry. *Japanese Geotechnical Society Special Publication*, 6 (2), 1—6.

Bubniak, I., Bubniak, A., Gavrilenko, O., Nikulishyn, V., Golubinka, I. 2019. Using laser scanning and digital photogrammetry for creation of virtual geological outcrops: Case studies from the west of Ukraine, *18th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects*. 13—16 May 2019, Kyiv, 1—5.

Cipr, U. (n.d.). News Archive. Retrieved from <http://virtualoutcrop.com/vgc2018/news/>.

Dietrich, R. 2001. Present Status of the SCAR GPS Epoch Campaigns. *SCAR Report*, 20, 15—18.

Dietrich, R., Rülke, A. 2002. The SCAR GPS Campaigns in the ITRF2000. *SCAR Report*, 21, 10—11.

- Fawcett, D., Blanco-Sacristán, J., Benaud, P. 2019. Two decades of digital photogrammetry: Revisiting Chandler's 1999 paper on "Effective application of automated digital photogrammetry for geomorphological research" – a synthesis. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 43 (2), 299–312.
- Hodgetts, D. 2013. Laser scanning and digital outcrop geology in the petroleum industry: A review. *Marine and Petroleum Geology*, 46, 335–354.
- Jaboyedoff, M., Derron, M. H., Buckley, S. J., Scaioni, M. 2015. Introduction to Vertical Geology thematic issue. *European Journal of Remote Sensing*, 48 (1), 479–487.
- Jang, H., Kitahara, I., Kawamura, Y., Endo, Y., Topal, E., Degawa, R., Mazara, S. 2019. Development of 3D rock fragmentation measurement system using photogrammetry. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 1–12.
- Linder, W. 2009. *Digital photogrammetry*. Berlin: Springer.
- Liu, J., Xue, L. 2019. Application of UAV Photogrammetry and 3D Modeling in Mine Geological Environment Monitoring. *Acta Geologica Sinica*, 93, 437–438.
- Romeo, S., Di Matteo, L., Kieffer, D. S., Tosi, G., Stoppini, A., Radicioni, F. 2019. The use of gigapixel photogrammetry for the understanding of landslide processes in alpine terrain. *Geosciences*, 9 (2), 99.
- Tucci, G., Rihal, S., Betti, M., Conti, A., Fiorini, L., Kovacevic, V. C., Bartoli, G. 2019. Ground based 3d modelling (photogrammetry and tIs)-survey, documentation and structural assessment of xx century cultural heritage in India—a case study of the masonry vaults in Dehradun. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42 (2/W11), 1105–1111.
- Wilkinson, M. W., Jones, R. R., Woods, C. E., Gilment, S. R., McCaffrey, K. J. W., Kokkalas, S., Long, J. J. 2016. A comparison of terrestrial laser scanning and structure-from-motion photogrammetry as methods for digital outcrop acquisition. *Geosphere*, 12(6), 1865–1880.
- Xu, X., Aiken, C. L., Bhattacharya, J. P., Corbeanu, R. M., Nielsen, K. C., McMechan, G. A., Abdelsalam, M. G. 2000. Creating virtual 3-D outcrop. *The Leading Edge*, 19(2), 197–202.
- metry. *Modern Achievements of Geodetic Science and Production*, 1 (33), 125–130.
- Malysky, A., Holubinka, Yu., Bubniak, I., Bubniak, A. 2017. Use of the terrestrial laser scanning to preserve architecture and geology monuments. In *Cultural heritage of the oil capital of the Pre-Carpathian region*, Boryslav, 71–73.
- Murovskaya, A. V., Bakhmutov, V. G. 2015. Preliminary results of field tectonophysical study in the West coast of Antarctic Peninsula. *Ukrayinskyi antarktychnyy zhurnal*, (14), 66–73.
- Baltsavias, E. P. 1999. Airborne laser scanning: basic relations and formulas. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 54 (2–3), 199–214.
- Brook, M. S., Merkle, J. 2019. Monitoring active landslides in the Auckland region utilising UAV/structure-from-motion photogrammetry. *Japanese Geotechnical Society Special Publication*, 6 (2), 1–6.
- Bubniak, I., Bubniak, A., Gavrilenko, O., Nikulishyn, V., Golubinka, I. 2019. Using laser scanning and digital photogrammetry for creation of virtual geological outcrops: Case studies from the west of Ukraine, *18th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects*. 13–16 May 2019, Kyiv, 1–5.
- Cipr, U. (n.d.). News Archive. Retrieved from <http://virtualoutcrop.com/vgc2018/news/>.
- Dietrich, R. 2001. Present Status of the SCAR GPS Epoch Campaigns. *SCAR Report*, 20, 15–18.
- Dietrich, R., Rülke, A. 2002. The SCAR GPS Campaigns in the ITRF2000. *SCAR Report*, 21, 10–11.
- Fawcett, D., Blanco-Sacristán, J., Benaud, P. 2019. Two decades of digital photogrammetry: Revisiting Chandler's 1999 paper on "Effective application of automated digital photogrammetry for geomorphological research"—a synthesis. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 43 (2), 299–312.
- Hodgetts, D. 2013. Laser scanning and digital outcrop geology in the petroleum industry: A review. *Marine and Petroleum Geology*, 46, 335–354.
- Jaboyedoff, M., Derron, M. H., Buckley, S. J., Scaioni, M. 2015. Introduction to Vertical Geology thematic issue. *European Journal of Remote Sensing*, 48 (1), 479–487.
- Jang, H., Kitahara, I., Kawamura, Y., Endo, Y., Topal, E., Degawa, R., Mazara, S. 2019. Development of 3D rock fragmentation measurement system using photogrammetry. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 1–12.
- Linder, W. 2009. *Digital photogrammetry*. Berlin: Springer.
- Liu, J., Xue, L. 2019. Application of UAV Photogrammetry and 3D Modeling in Mine Geological Environment Monitoring. *Acta Geologica Sinica*, 93, 437–438.
- Romeo, S., Di Matteo, L., Kieffer, D. S., Tosi, G., Stoppini, A., Radicioni, F. 2019. The use of gigapixel photogrammetry for the understanding of landslide processes in alpine terrain. *Geosciences*, 9 (2), 99.

REFERENCES

- Bubniak, I., Vikhot, Y., Nakapelyukh, M., Tretiak, K., Pats, R. 2014. The use of terrestrial laser scanning in Structural Geology and Tectonophysics. In *Materials of the V Scientific Conference «Physical Methods in Ecology, Biology and Medicine»*. Lviv-Vorokhta, 52–55.
- Dorozhinsky, O. L., Tukay, R. 2008. *Photogrammetry: a textbook*. Lviv: Publishing House of National University of Lviv Polytechnic.
- Kuzyk, Z., Stavovyi, A., Ilkiv, T. 2017. Documentation and modeling of archaeological sites using digital photogram-

Tucci, G., Rihal, S., Betti, M., Conti, A., Fiorini, L., Kovacevic, V. C., Bartoli, G. 2019. Ground based 3d modelling (photogrammetry and tls) survey, documentation and structural assessment of XX century cultural heritage in India—a case study of the masonry vaults in Dehradun. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42 (2/W11), 1105—1111.

Wilkinson, M. W., Jones, R. R., Woods, C. E., Gilment, S. R., McCaffrey, K. J. W., Kokkalas, S., Long, J. J. 2016. A comparison of terrestrial laser scanning and structure-from-

motion photogrammetry as methods for digital outcrop acquisition. *Geosphere*, 12 (6), 1865—1880.

Xu, X., Aiken, C. L., Bhattacharya, J. P., Corbeanu, R. M., Nielsen, K. C., McMechan, G. A., Abdelsalam, M. G. 2000. Creating virtual 3-D outcrop. *The Leading Edge*, 19 (2), 197—202.

Надійшла 21.11.19

Прийнята 21.12.19

I. R. Savchyn^{1,*}, Ye. O. Shylo¹, I. M. Bubniak¹, A. M. Bubniak²

¹ Institute of Geodesy, Lviv Polytechnic National University,
12 S. Bandera Str., Lviv, 79013, Ukraine,

² Consulting geologist,
35/30 Zymova Str., Lviv, 79020, Ukraine

* Corresponding author: ih.savchyn@gmail.com

Preliminary results of the research of the Woozle Hill outcrop (West Antarctica)

Abstract. The purpose of the work. Demonstrate the ability to apply the latest techniques, namely digital photogrammetry, to construct virtual geological outcrops in difficult natural environments, and identify the advantages and disadvantages of this approach. **Method.** A research algorithm based on planning, field measurements, processing and analysis of results is proposed and used. The planning included reconnoitring the site and creating a working project. At the stage of the field measurements were performed fixing and determining the coordinates of the control and basis points, as well as digital photogrammetric shooting. Photogrammetric photography was performed using a Canon 5D Mark III digital camera. When processing the results, the following was performed: external orientation of the images; selection of characteristic connecting points; building a digital terrain model. Agisoft Metashape software was used to process the results. The analysis of the results involves: an assessment of the accuracy of the constructed digital terrain model; extraction of planes; construction of stereograms of cracks. The result analysis used Cloud Compare software. **Results.** Using normal and rejected cases, on February 14, 2019, the photogrammetric survey of the Woozle Hill (Galindez Island) outcrop was performed. As a result of the shooting we obtained 177 pictures, which are the base of the 3D model. **Conclusions.** On the basis of this model information on the orientation of joints was obtained. A stereogram and a rosette were constructed. The predominant directions of joints and their angles of dipping are revealed. The advantages of the proposed approach for the study of outcrops in hard-to-reach areas are demonstrated, and their high accuracy is indicated. The disadvantages are the dependence of the workflow on the weather. Among other possible applications, the model can be used to visualize the Woozle Hill outcrop, as well as to create virtual excursions.

Keywords: Woozle Hill outcrop, Antarctica, digital photogrammetry, joints.