

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЪЕМОК ПРИ ОСВОЕНИИ ХРОМИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

М. Б. Нурпеисова, Г. С. Сердалина,

*Казахский национальный исследовательский технический университет (КазННТУ) имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан;*

И. М. Бородин, Ф. А. Калабаев,

Донской горно-обогатительный комбинат, г. Хромтау, Республика Казахстан

Аннотация: Рассмотрено применение современных приборов, в том числе лазерных сканеров при ведении наземных и подземных маркшейдерских работ. Приведены результаты определения объема товарной руды лазерным сканером. Полученные результаты использованы в диссертационных работах магистрантов и докторантов, а также в учебном процессе КазННТУ имени К. И. Сатпаева.

Ключевые слова: месторождения, склады, лазерный сканер, трехмерная модель, полезные ископаемые, маркшейдерские замеры, съемка.

Для цитирования: Нурпеисова М. Б., Сердалина Г. С., Бородин И. М., Калабаев Ф. А. Инновационные методы маркшейдерских съемок при освоении хромитовых месторождений // Маркшейдерия и недропользование. - 2024. - № 2. - С. 20-24. DOI: 10.56195/20793332_2024_2_20_24.

INNOVATIVE METHODS OF SURVEYING SURVEYS DURING THE DEVELOPMENT OF CHROMITE DEPOSITS

M. B. Nurpeissova, G. S. Serdalina,

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan;

I. M. Borodina, F. A. Kalabaev,

Don Mining and Processing Plant, Khromtau, Republic of Kazakhstan

Abstract: The article discusses the use of modern devices, including laser scanners in the conduct of ground and underground surveying. The results of determining the volume of commercial ore by a laser scanner are presented. The results obtained were used in the dissertations of undergraduates and doctoral students, as well as in the educational process of Satbayev University.

Keywords: deposits, warehouses, laser scanner, three-dimensional model, minerals, surveying measurements, survey.

For citation: Nurpeissova M. B., Serdalina G. S., Borodina I. M., Kalabaev F. A. Innovative methods of surveying surveys during the development of chromite deposits. Surveying and subsoil use. 2024;(2):20-24. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_2_20_24.

В Донском ГОКе (Актюбинская область, Казахстан) от момента открытия месторождения до сегодняшнего дня решаются различные технологические вопросы, важнейшей задачей которых является маркшейдерское обеспечение ведения горных работ. В последние годы в маркшейдерско-геодезической практике работы шагнули далеко вперед. В связи с этим перед инженерно-техническим персоналом встал задача, связанная с внедрением в производство высокотехнологичных методов ведения маркшейдерских работ. Создание и внедрение в практику маркшейдерских работ современных цифровых, лазерных и GPS-приборов явилось значимым этапом развития инновационных технологий в маркшейдерии. Одним из реальных примеров является внедрение лазерного сканирования на рудниках Донского ГОКа при маркшейдерском контроле учета добычи [1].

При добыче полезных ископаемых производится контроль горных работ в соответствии с утвержденным проектом [2]. Способом такого контроля является производство ежемесячных замеров горных работ с последующим подсчетом объемов добычи, для чего проводится съемка складов полезного ископаемого и отвалов породы различными (тахеометрический, фототеодолитный, лазерный) способами (рис. 1).

Цель работы

Использование современных маркшейдерских технологий при определении объемов техногенных отвалов.

Объект исследования: хромитовые месторождения, разрабатываемые Донским горно-обогатительным комбинатом.

Методика

Лазерное сканирование является сегодня новейшей технологией несмотря на относительно небольшой срок сущес-



Рис. 1. Внешний вид отвалов и штабелей на рудниках Донского ГОК
Fig. 1. Appearance of dumps and stacks at the mines of the Donskoy GOK

тования. Этот метод съемки позволяет создавать цифровую модель окружающих объектов, которая представлена в виде «3D-облака точек» с координатами. Основной особенностью лазерного сканирования является высокая скорость измерений. Скорость съемки сканирования может достигать от 40 тысяч до 2 миллионов точек в секунду. Сканирование может производиться совместно с фотографированием, что позволяет более быстро и детально построить модель. Сканирование объектов ситуации выполняется со всех сторон для получения аналога цифровой модели. Путем 3D-сканирования получается облако точек с координатами высокой точности, по скану строится каркасная модель данного объекта, по которым можно быстро и оперативно рассчитать объемы и площади [3-6].

Мгновенная трехмерная визуализация, высокая точность и степень детализации, высокая производительность труда, комфортные условия полевых работ, получение результата при любых условиях освещения, обеспечение безопасности при съемке труднодоступных и опасных объектов — вот главные из многочисленных преимуществ метода перед тахеометрической съемкой и другими наземными видами съемки. На сегодняшний день имеются несколько видов лазерных сканеров (рис. 2).



Рис. 2. Виды 3D-лазерных сканеров: а - Faro Focus 3D; б - сканер MINEi; в - 3D-сканер 6DOF; г - процесс съемки
Fig. 2. Types of 3D laser scanners: а - Faro Focus 3D; б - MINI scanner; в - 6DOF 3D scanner; д - shooting process

Результаты

FARO Focus 3D X130 (США) (рис. 2а) — высокоскоростной 3D-сканер для детализированных измерений и документации. Focus использует лазерные технологии для создания превосходных трехмерных изображений окружающей среды и геометрии за несколько минут. Focus оснащен сенсорным экраном для управления функциями

и параметрами сканирования [7-9]. Получаемое изображение представляет из себя облако из миллионов 3D-точек в цветном формате, что обеспечивает точную цифровую репродукцию существующей обстановки. Небольшие размер и вес, а также сенсорное управление Focus позволяют легко работать с ним и сокращают на 50 % время сканирования по сравнению с традиционными сканерами. Снимаемый лазерным сканером Faro Focus 3D отвал на территории ДОФ-1 имел форму призмы.

Trimble RealWorks — это многофункциональное офисное ПО для обработки данных лазерного сканирования и создания 3D-модели (рис. 3, см. цветную вклейку стр. 28).

Результат вычислений площади поверхности и объема сразу отображается на экране в окошке сверху, где он показан красной стрелкой (рис. 3а, см. цветную вклейку стр. 28), а результат определения объема показан на рисунке 3б (см. цветную вклейку стр. 28) синим цветом [10-12].

Усовершенствованное управление данными и возможность визуализации в сочетании с высоким уровнем автоматизации позволяют быстро обрабатывать данные лазерного сканирования с высокой точностью. Trimble RealWorks предлагает эффективные инструменты для точного измерения сложных 3D-объектов, проведения специализированных проверок с возможностью создания подробных отчетов. Например, с помощью этой программы был получен объем 450,677 м³ (рис. 4, см. цветную вклейку стр. 28).

В настоящее время практически во всех отраслях применяются новые технологии для выполнения топографо-геодезических работ. При постоянном стремлении к повышению производительности и сокращению штата маркшейдерского отдела требования к скорости и качеству, а также безопасному ведению измерительных работ возрастают.

Одним из реальных примеров внедрения лазерного сканирования является опыт работы сканером CMS MINEi (Канада) при съемке подземных выработок. Система MINEi (рис. 2б) — это надежная быстрая беспроводная система, позволяющая проанализировать пустоты по вертикали или под уклоном. Система обеспечивает безопасность горняков и увеличение производительности горных работ [13-15].

Наземное лазерное сканирование — на сегодняшний день самый оперативный и производительный способ получения точной и наиболее полной информации о пространственном объекте. Для съемки пустот на руднике «Молодежный» используется портативный лазерный 3D-сканер BLK2Go производства Leica Geosystems. BLK2Go — это портативный беспроводной 3D-сканер с компактными габаритами, предназначенный для сканирования окружающего пространства

в режиме реального времени с шестью степенями свободы (6DOF).

Сканирование проводилось на руднике «Молодежный». Измерение осуществлялось со скоростью 1 тысяча измерений в секунду и более в зависимости от моделей. При проведении съемки специалист мог перемещаться по объекту без остановок, для качественного результата не требовалась стационарная установка или перерывы. Скорость работы Leica BLK2GO – 420 тысяч точек в секунду.

Результаты съемки были обработаны в Micromine, вывелись сканы в разрезе, и получалось четкое сканирование горных выработок (рис. 5). На рисунке хорошо видны уклоны/подъемы, целики, почва, т. е. маркшейдер может четко наблюдать за состоянием горных выработок [16].

Преимущества лазерного 3D-сканирования объектов горнодобывающей отрасли:

- ✦ обмерные работы проводятся без прямого контакта с оборудованием установки, что позволяет проводить сканирование подвижных или нагретых элементов без остановки производства;
- ✦ высокая скорость работ не зависит от их объема и трудоемкости;
- ✦ возможность проведения работ в любое время суток;
- ✦ получение более точных и полных данных, которые невозможно обеспечить тахеометрической съемкой;
- ✦ за счет снижения трудозатрат наземное лазерное сканирование позволяет сократить стоимость работ.



Рис. 5. Результаты сканирования рудника «Молодежный»

Fig. 5. Scan results of the Molodezhny mine

Выводы

Объем товарной руды с высокой точностью определен методом лазерного сканирования.

Технологии лазерного сканирования позволяют получать трехмерную модель объекта. Мгновенная трехмерная визуализация, высокая точность и степень детализации, высокая производительность труда, получение результата при любых условиях освещения, обеспечение безопасности при съемке труднодоступных объектов – вот главные из многочисленных преимуществ метода перед тахеометрической съемкой и другими наземными видами съемки. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы наземно-сканирующей съемки / В. Н. Гусев, А. И. Науменко, Е. М. Волохов [и др.]. – СПб., 2008. – 80 с.
2. Каплунов, Д. Р. Устойчивое развитие горнотехнических систем как переход от добычи полезных ископаемых к освоению георесурсов и сохранению недр / Д. Р. Каплунов, В. С. Федотенко // Горный журнал. – 2021. – № 8. – С. 4-7. DOI 10.17580/gzh.2021.08.01.
3. Середович, В. А. Наземное лазерное сканирование: монография / В. А. Середович – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.
4. Сайлыгараева, М. А. Космический мониторинг смещений высотных зданий на урбанизированных территориях / М. А. Сайлыгараева, Ж. Д. Байгулин, Н. А. Милетенко, Ж. Т. Кожаев // Маркшейдерия и недропользование. – 2022. – № 2(118). – С. 57-60.
5. Рысбеков, К. Б. Основы лазерного сканирования: учебник / К. Б. Рысбеков, М. Б. Нурпеисова. – Алматы: КазННТУ, 2021. – 248 с.
6. Середович, А. В. Применение программного продукта RISCAN PRO для регистрации сканов / А. В. Середович // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2011. – № 2.
7. Нурпеисова, М. Б. Инновационные методы съемки подземных полостей / М. Б. Нурпеисова, С. Т. Солтабаева, Ж. Т. Кожаев // Горный журнал Казахстана. – 2017. – № 7. – С. 25-30.
8. Низаметдинов, Н. Ф. Наземное лазерное сканирование / Н. Ф. Низаметдинов // Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумлева. – 2012. – № 2. – С. 156-160.
9. Лазерный сканер RIEGL VZ-400 [Электронный ресурс]. – URL: <https://gd-geo.ru/katalog/3d-skanery/riegl-vz-400> (режим доступа: 21.02. 2024).
10. Leica TPS400 Series Easy, quick, reliable and powerful [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.leica-geosystems.com/common/shared/downloads/inc/downloader.asp?id=2226> (режим доступа: 13.02. 2024).
11. Хмырова, Е. Н. Мониторинг технического состояния уникальных сооружений в г. Астана с использованием инновационных методов / Е. Н. Хмырова, О. К. Кошеров // Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумлева. – 2012. – № 2. – С. 163-167.
12. Гусев, В. Н. Методические подходы к съёмке карьеров лазерно-сканирующими системами / В. Н. Гусев // Маркшейдерский вестник. – 2009. – № 4. – С. 19-24.
13. Nurpeissova, M. B. Innovative ways to capture of solid violations and processing of result / M. B. Nurpeissova, D. Kirgizbayeva, K. Kopzhasaruly // Bulletin of the DSU. – 2016. – Vol. 2. – P. 5-18.
14. Азаров, Б. Ф. Современные методы геодезических наблюдений за деформациями инженерных сооружений / Б. Ф. Азаров // Ползуновский вестник. – 2011. – № 1. – С. 19-29.
15. Geodetic monitoring methods of high-rise Constructions deformations with modern Technologies application / M. Kuttykadamov, K. Rysbekov, I. Milev, [et al.] // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2016. – Vol. 93, № 1. – P. 24-31.
16. Овчаренко, А. В. Сканирование подземных пустот и полостей / А. В. Овчаренко // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей. – Пермь, 2015. – С. 161-163.

REFERENCES

1. Gusev VN, Naumenko AI, Volokhov EM, et al. The basics of ground-scanning photography. St. Petersburg: 2008 (In Russ.).
2. Kaplunov DR, Fedotenko VS. Sustainable development of mining engineering systems as a transition from mining to the development of georesources and conservation of mineral resources. *Gornyj zhurnal*. 2021;8:4-7. DOI 10.17580/gzh.2021.08.01. (In Russ.).
3. Seredovich VA. Ground laser scanning: A monograph. Novosibirsk: SGGA, 2009 (In Russ.).
4. Sailygaraeva MA, Baigurin JD, Miletchenko NA, et al. Space monitoring of displacements of high-rise buildings in urbanized territories. *Surveying and subsoil use*. 2022;2(118):57-60 (In Russ.).
5. Rysbekov KB, Nurpeisova MB. Fundamentals of laser scanning (textbook). Almaty: KazNITU; 2021. (In Russ.).
6. Seredovich AV. Application of the RISCAN PRO software product for registration of scans. *Interexpo Geo-Siberia*. 2011;(2) (In Russ.).
7. Nurpeisova MB, Soltabayeva ST, Kozhaev ZhT. Innovative methods of surveying underground cavities. *Mining Journal of Kazakhstan*. 2017;(8):25-30 (In Russ.).
8. Nizametdinov NF. Ground-based laser scanning. *Bulletin of the L.N.Gumilev ENU*. 2012;(2):156-60 (In Russ.).
9. RIEGL VZ-400 laser scanner. Available from: <https://gd-geo.ru/katalog/3d-skanery/riegl-vz-400>.
10. Leica TPS400 Series Easy, quick, reliable and powerful. Available from: <http://www.leica-geosystems.com/common/shared/downloads/inc/downloader.asp?id=2226>.
11. Khmyrova EN, Kosherov OK. Monitoring of the technical condition of unique structures in Astana using innovative methods. *Bulletin of L.N. Gumilyov ENU*. 2012;(2):163-67 (In Russ.).
12. Gusev VN. Methodological approaches to shooting quarries of laser-scanning systems. *Surveying Bulletin*. 2009;(4):19-24 (In Russ.).
13. Nurpeisova MB, Kirgizbayeva D, Kopzhasaruly K. Innovative ways to capture of solid violations and processing of result. *Bulletin of the DSU*. 2016;(2):5-18.
14. Azarov B. F. Modern methods of geodetic observations of deformations of engineering structures. *Polzunovsky vestnik*. 2011;(1):19-29 (In Russ.).
15. Kuttykadamov M, Rysbekov K, Milev I, et al. Geodetic monitoring methods of high-rise Constructions deformations with modern Technologies application. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2016;93(1):24-31.
16. Ovcharenko AV. Scanning of underground voids and cavities. *Questions of theory and practice of geological interpretation of geophysical fields*. Perm, 2015:161-63 (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Нурпеисова Маржан Байсановна:
доктор технических наук,
профессор,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: marzhan-nurpeisova@rambler.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-3956-5442>



Сердалина Гульдана Саматовна:
магистрант,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: SerdalinaGuldana87@gmail.com,
Guldana.Serdalina@erg.kz



Бородина Ирина Михайловна:
главный маркшейдер,
ДГОК филиал «АО «ТНК Казхром»,
г. Хромтау, Республика Казахстан,
e-mail: Irina.Borodina@erg.kz

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nurpeisova Marzhan Baysanovna:
Doctor of Technical Sciences,
Professor,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: marzhan-nurpeisova@rambler.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-3956-5442>

Serdalina Guldana Samatovna:
PhD doctoral student:
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: SerdalinaGuldana87@gmail.com,
Guldana.Serdalina@erg.kz

Borodina Irina Mikhailovna:
chief surveyor,
DGOK branch of «JSC «TNK KazChrom»,
Khromtau, Republic of Kazakhstan,
e-mail: Irina.Borodina@erg.kz



Калабаев Фархат Ахметович:
маркшейдер,
шахта «10-летия НК» ДГОК филиал «АО «ТНК
Казхром»,
г. Хромтау, Республика Казахстан,
e-mail: Farkhat.Kalabaeyv@erg.kz

Kalabayev Farkhat Akhmetovich:
surveyor,
«10th anniversary of NK» DGOK branch of «JSC «TNK
KazChrom»,
Khromtau, Republic of Kazakhstan,
e-mail: Farkhat.Kalabaeyv@erg.kz

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.



ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Императорский Томский университет был основан в 1878 году – первым на территории Сибири и Дальнего Востока. Сегодня Томский государственный университет – ведущий классический университет исследовательского типа, признанный центр науки, образования и инноваций. Он входит в топ-300 ведущих университетов мира по рейтингу QS (272 место в мире и 4 среди российских вузов), в Золотую лигу Round University Ranking (в тройке лучших вузов РФ).

Годом рождения ГГФ считается 1933-й, когда в ТГУ был организован геолого-почвенно-географический факультет, но при этом подготовка геологов и географов в университете началась в 1917 году на естественном (геолого-географическом) отделении физмата, параллельно с ТТИ (сейчас Томский политехнический университет). А это значит, что Томский Государственный Университет занимается обучением высококлассных специалистов уже больше 100 лет.

Сегодня факультет готовит профессиональных геологов, географов, гидрологов, метеорологов, природопользователей, геоэкологов, деятельность которых основана на использовании всей совокупности знаний, накопленных человечеством, и является базой мировоззренческих наук о Земле.

В 2008 году учёные Геолого-географического факультета открыли новый род динозавров — сибиротитан (Sibirotitan), длина которого могла достигать 20 метров, а вес 50 тонн.

Специалисты геолого-географического факультета ТГУ совместно с коллегами из Карлтонского университета (Канада) составляют детальные карты фрагментов поверхности Венеры.

Сотрудниками кафедры минералогии и геохимии в 2014 году открыты новые минералы: ферро-педрисит и россковскийит.

Адрес: 634050, Томск, пр.Ленина 36, ауд. 128;
телефоны: 8 (3822) 529-772;
e-mail: pk@mail.tsu.ru



WWW.N-GN.RU