

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПРИБОРТОВЫХ МАССИВОВ НА РАЗРЕЗЕ «КАРАКОМИР»**

*Данила Александрович Горохов*

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, докторант, ст. преподаватель кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: gorokhov\_danila@mail.ru

*Никита Александрович Дорош*

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, преподаватель кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: varning\_777@mail.ru

*Елена Викторовна Абуева*

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, докторант, кафедра разработки месторождений полезных ископаемых, тел. (701)312-75-92, e-mail: laimary89@mail.ru

В данной статье рассмотрен вопрос применения лазерного сканирования для мониторинга состояния прибортовых массивов на разрезе «Каракомир». Получение трехмерной модели и выявление на ней линейных деформаций, угла наклона уступов в районе оползней.

**Ключевые слова:** лазерное сканирование, горный сканер, трехмерное изображение, цифровая модель местности, прибортовой массив.

## **APPLICATION OF LASER SCANNING FOR MONITORING THE CONDITION OF THE NEAR-SURFACE ARRAY ON THE OPEN PIT «KARACOMIR»**

*Danila A. Gorokhov*

Karaganda State Technical University, 56, Prospect Nursultan Nazarbayev St., Karaganda, 100027, Kazakhstan Republic, Postdoc, Senior Lecturer, Department of Surveying and Geodesy, phone: (7212)56-26-27, e-mail: gorokhov\_danila@mail.ru

*Nikita A. Dorosh*

Karaganda State Technical University, 56, Prospect Nursultan Nazarbayev St., Karaganda, 100027, Kazakhstan Republic, Lecturer, Department of Surveying and Geodesy, phone: (7212)56-26-27, e-mail: varning\_777@mail.ru

*Elena V. Abueva*

Karaganda State Technical University, 56, Prospect Nursultan Nazarbayev St., Karaganda, 100027, Kazakhstan Republic, Postdoc, Department of Mineral Resources Work, phone: (7212)56-26-27, e-mail: laimary89@mail.ru

This article discusses the use of laser scanning to monitor the state of the near-side array in the open pit «Karakomir». Obtaining a three-dimensional model and identifying linear deformations on it, the angle of inclination of the ledges in the area of landslides.

**Key words:** laser scanning, mountain scanner, 3D image, digital terrain model, near-surface array.

## ***Введение***

Внедрение технологии наземного лазерного сканирования соответствует современной тенденции перехода от двумерных к трехмерным моделям описанию техногенных объектов и цифровизации горнодобывающих предприятий. Преимущества трехмерных моделей по своей информативности и наглядности бесспорны перед традиционными двумерными планами, картами и чертежами.

## ***Наземное лазерное сканирование***

Внедрение инновационной технологии лазерного сканирования в маркшейдерско-геодезическую практику можно считать важнейшим шагом в направлении цифровизации обеспечения горнодобывающих предприятий.

В рамках выполнения научно-исследовательских работ по мониторингу состояния прибортовых массивов на разрезе «Каракомир» было выполнено трехмерное лазерное сканирование. Сканирование проводилось с использованием горного сканера Leica HDS 8800 (рис. 1).



Рис. 1. Горный сканер Leica HDS 8800

Сущность наземного лазерного сканирования заключается в измерении с высокой скоростью расстояний от сканера до точек объекта и регистрации соответствующих направлений (вертикальных и горизонтальных углов), следовательно, измеряемые величины при наземном лазерном сканировании являются аналогичными, как и при работе с электронными тахеометрами. Однако принцип тотальной съемки объекта, а не его отдельных точек, характеризует НЛС как съемочную систему, результатом работы которой является трехмерное изображение, так называемый скан.

Для производства трехмерного лазерного сканирования в первую очередь производится рекогносцировка объекта сканирования. Точки стояния прибора, с которых будет производиться сканирование, выбираются таким образом, чтобы обеспечить максимальное перекрытие сканируемого объекта. Определение плановых и высотных координат точек стояния лазерного сканера производится с использованием тахеометра (от пунктов государственной геодезической сети), либо GNSS технологий.

Изображения, получаемые НЛС, обычно несут чрезвычайно большой объем информации, являющийся в ряде случаев избыточным, однако значительная часть информации на получаемых сканах может быть исключена без потери качества и функциональности получаемых моделей [1].

### ***Обработка данных и определение деформаций прибортовых массивов***

Обработка полученных данных выполнено в программе Maptek I-site. Сканы импортируются в программу, при необходимости сшиваются. В результате сканирования была получена трехмерная топологическая модель разреза «Каракомир» (рис. 2).

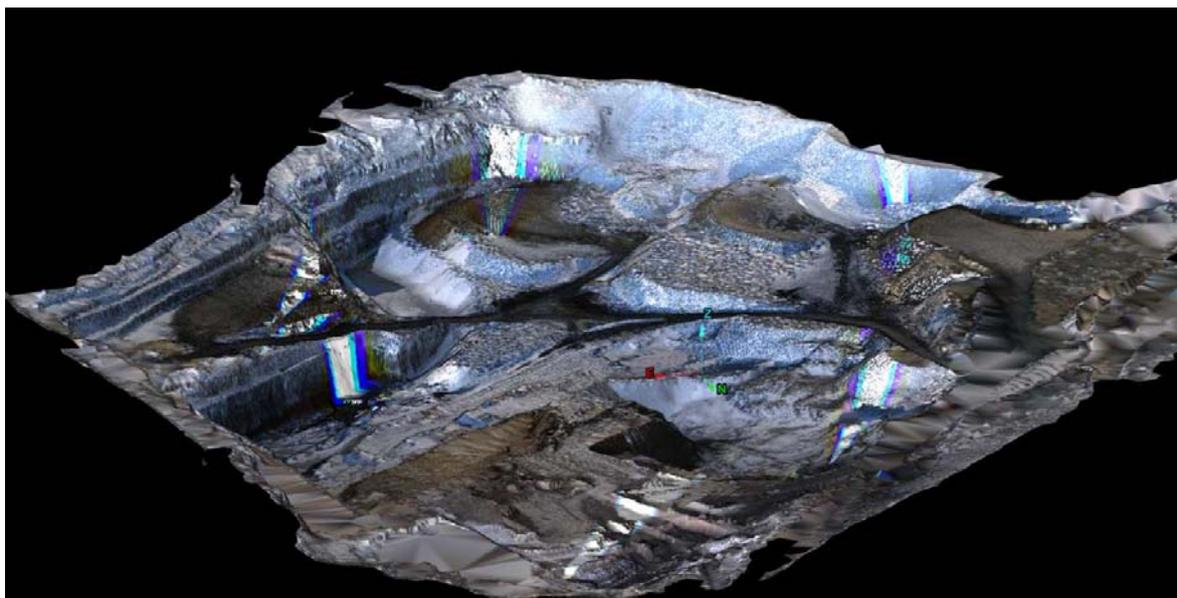


Рис. 2. Результат сканирования в виде трехмерной топологической модели разреза

Работа с полученной трехмерной моделью включает в себя получение каких-либо геометрических параметров отсканированного объекта, отрисовка элементов объекта (откосы, бермы, бровки), определение углов падения и простираения отдельных элементов объекта, определение характеристик отдельных точек (плановое положение, высотная отметка), подсчеты объемов и т. д.

На основе полученной модели разреза были определены линейные размеры деформаций, угол наклона группы, а также отдельных уступов в районе оползней (рис. 3–6).



Рис. 3. Линейные параметры 1-го участка (северный борт)

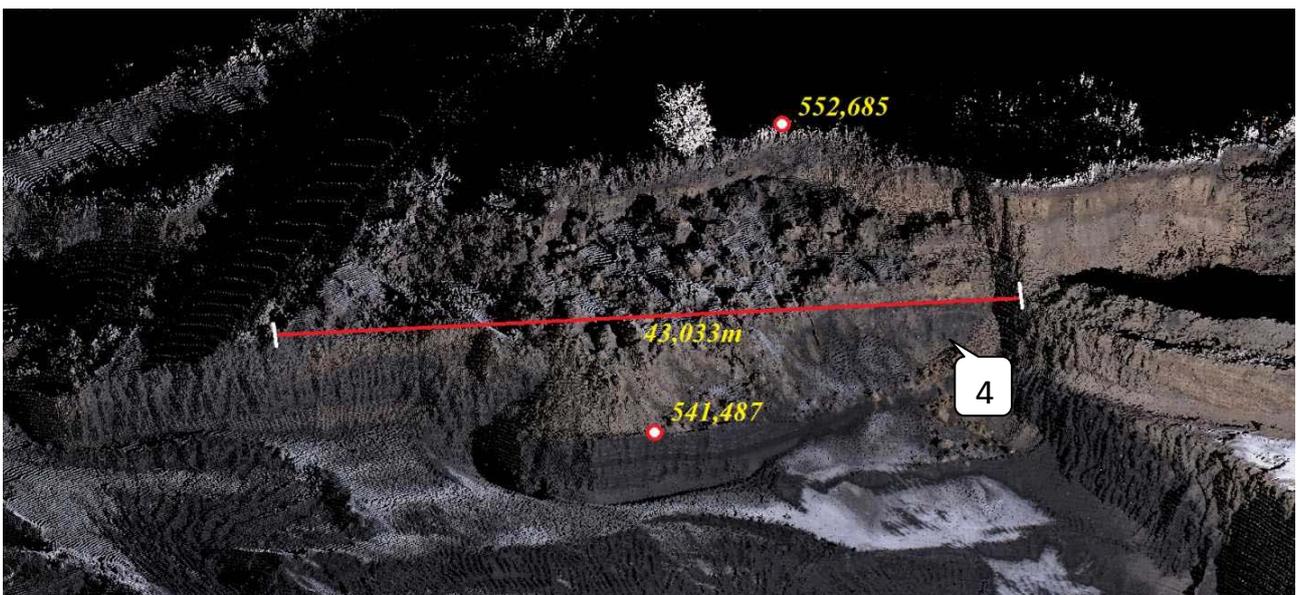


Рис. 4. Линейные параметры 2-го участка (северный борт)

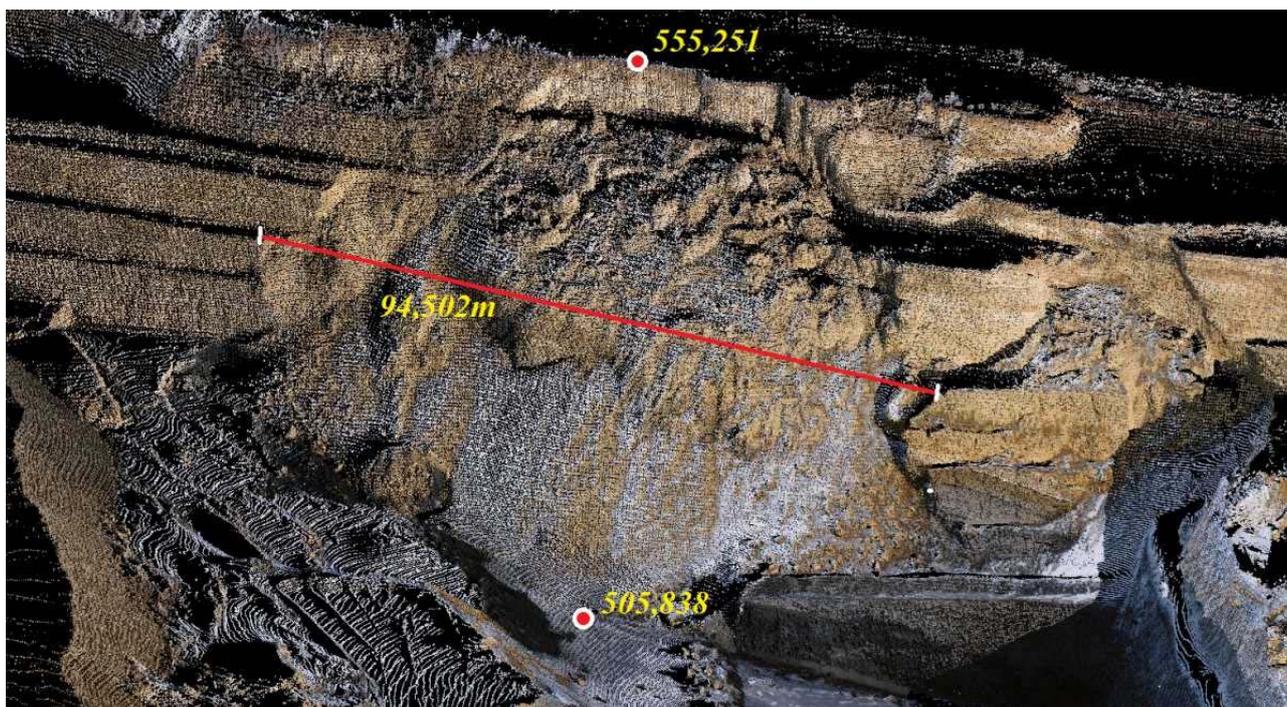


Рис. 5. Линейные параметры 3-го участка (восточный борт)

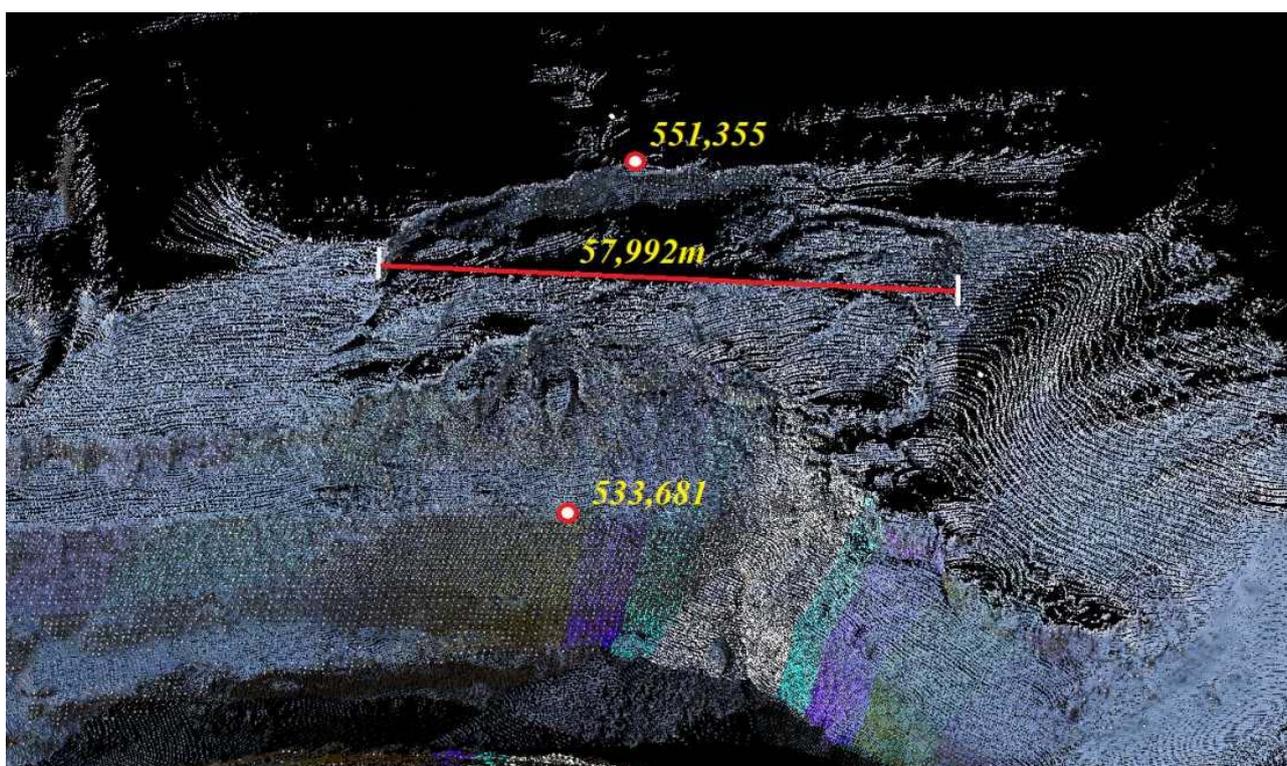


Рис. 6. Линейные параметры 4-го участка (южный борт)

Опыт применения наземных лазерных сканирующих систем для решения прикладных задач в маркшейдерии позволяет утверждать об уверенном вне-

дрении данной технологии в повседневную практику. Концепция полной автоматизации при сборе пространственных данных об объектах средствами лазерной локации позволяет решить две важные проблемы: увеличить производительность работ и повысить качество и надежность получаемой продукции. Высокая надежность результатов сканирования обусловлено, прежде всего, снижением влияния человеческого фактора при работе с прибором.

### *Заключение*

За последние годы технология описания объектов с помощью трехмерного компьютерного моделирования стала реальностью и повседневной практикой. В этой связи наземные лазерные сканеры становятся новым измерительным средством, позволяющим получать трехмерные модели различных объектов, а технология наземного лазерного сканирования если не полностью вытеснит, то, по крайней мере, займет ведущее положение в области прикладной геодезии и маркшейдерии.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наземное лазерное сканирование : монография / В. А. Середович, А. В. Комиссаров, Д. В. Комиссаров, Т. А. Широкова. – Новосибирск : СГГА, 2009. – 261 с.
2. Проект промышленной разработки списанных и балансовых запасов каменного угля на шахтных полях 3, 3бис, 17, 26 Промышленного участка Карагандинского бассейна Том II. Отработка пласта К<sub>10</sub> на участке открытых горных работ полей бывших шахт №№ 17, 26 Книга 1. Технологическая часть. – Караганда, 2012. – 102 с.
3. Инструкция по наблюдению за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – Л. : ВНИМИ, 1971. – 188 с.
4. ВНИМИ. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. – Л., 1972. – 165 с.
5. Природные и техногенные основы управления устойчивостью уступов и бортов карьера / И. И. Попов, Ф. К. Низаметдинов, Р. П. Окатов, В. Н. Долгоносков. – Алматы : Гылым, 1997. – 215 с.
6. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. Согласованы приказом Комитета по государственному контролю за чрезвычайными ситуациями и промышленной безопасностью Республики Казахстан от 22 сентября 2008 г. № 39.
7. Решение горно-геометрических задач с использованием программ 3D-моделирования на месторождениях Казахстана / Хмырова Е. Н., Бесимбаева О. Г., Олейникова Е. А. и др. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 2. – С. 175–180.
8. Исследование процесса деформирования прибортового массива Качрского карьера на основе внедрения инновационных технологий / Е. Н. Хмырова, О. Г. Бесимбаева, Е. А. Олейникова, Е. А. Токкужин // Горные науки и технологии. – 2016. – (4). – С. 10–23.
9. Низаметдинов Ф. К. Состояние и перспективы развития геометрического обеспечения открытых горных работ / [Хмырова Е. Н., Ожигин С. Г., Низаметдинов Ф. К. и др.] // XV International ISM Congress (Deutscher Markscheider-Verein e.V.-DMV – Aachen, 2013. – Сб. материалов. – С. 338–349.

10. Мониторинг устойчивости бортов карьеров Казахстана / Низаметдинов Ф. К., Ожигин С. Г., Ожигина С. Б., Ожигин Д. С. // Маркшейдерский вестник. – 2013. – № 3. – С. 19–24.
11. Овсяченко Н. И., Акопов Д. Н. Лазерное сканирование и мониторинг оползневых склонов // Инженерные изыскания. – 2012. – № 2. – С. 40–45.
12. Канашин Н. В. Съёмка станций методом лазерного сканирования // Путь и путевое хозяйство. – 2008. – № 7. – С. 15–16.
13. Қани Д. Б., Суранчиев Ш. А., Нагибин А. А. Лазерное сканирование карьерных откосов // Междун. научно-техническая интернет-конференция «Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов». – 2016.
14. Комиссаров А. В. Обоснование направлений использования данных цифровой съёмки при наземном лазерном сканировании // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 1 (33). – С. 95–100.
15. Низаметдинов Н. Ф., Низаметдинов Р. Ф. Наземное лазерное сканирование в геодезии // Маркшейдерский вестник. – 2013. – № 3 (95). – С. 25–27.
16. Волкотруб И. Л., Вельмисеева Е. Наземное лазерное сканирование – средство мониторинга оползней // Инженерные изыскания. – 2008. – № 1. – С. 84–85.
17. Eivazy H., Esmaili K., Jean R., Albor F. Application of 3D geotechnical block models in design of open pit mines – A case study at mont wright open pit mine. Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry – Proceedings of the 37th International Symposium, APCOM 2015, 2015, pp. 401–410.
18. Лазаренко С., Хадарович А. Применение технологии наземного лазерного сканирования // Архитектура и строительство. – 2008. – № 20.
19. Комиссаров А. В. Исследование точности построения цифровой модели рельефа по данным наземного лазерного сканирования // ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск : СГГА, 2006. Т. 1, ч. 2. – С. 150–153.

© Д. А. Горохов, Н. А. Дорош, Е. В. Абуева, 2019