

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БОРТОВ КАРЬЕРОВ

**Б.Н. Заровняев** (Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск)

В 1976 г. окончил инженерно-технический факультет Якутского государственного университета (в настоящее время — Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова) по специальности «разработка месторождений полезных ископаемых». С 1976 г. работает в университете, в настоящее время — декан горного факультета, профессор кафедры открытых горных работ. Доктор технических наук.

**Г.В. Шубин** (Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск)

В 1980 г. окончил инженерно-технический факультет Якутского государственного университета (ЯГУ) по специальности «технология и комплексная механизация подземной разработки месторождения полезных ископаемых, горный инженер». С 1980 г. работал в университете, с 1983 г. проходил обучение в очной аспирантуре Московского горного института. С 1987 г. работал в ЯГУ, с 1994 г. — в Нерюнгринском филиале (Технологический институт) ЯГУ, с 2001 г. — в «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА» (филиал, г. Удачный). С 2009 г. работает в Северо-Восточном федеральном университете им. М.К. Аммосова (до 2010 г. — ЯГУ), в настоящее время — заведующий кафедрой открытых горных работ горного факультета, доцент. Кандидат технических наук.

**И.В. Васильев** (Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск)

В 2010 г. окончил горный факультет Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова по специальности «открытые горные работы» и получил квалификацию «горный инженер». С 2010 г. работает в университете, в настоящее время — заведующий лабораторией кафедры открытых горных работ горного факультета.

Научно-образовательный центр (НОЦ) «Геотехнологии Севера им. М.Д. Новопашина» был создан в 2011 г. решением ученого совета Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова (СВФУ) на базе горного факультета университета при участии Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН и Института проблем нефти и газа СО РАН. Центр является структурным подразделением Арктического инновационного центра СВФУ.

Создание НОЦ «Геотехнологии Севера им. М.Д. Новопашина» было вызвано необходимостью интеграции научного и лабораторного потенциала ака-

демических институтов для повышения качества подготовки специалистов, высококвалифицированных научно-педагогических кадров, выполнения научно-исследовательских работ в области механики, стабилизации грунтов, геомеханики, теплофизики, геофизики, геотехнологий, рудничной аэрологии и проблем проектирования горных предприятий, технологических дорог в условиях криолитозоны и выполнения опытно-конструкторских, проектных работ для промышленных предприятий и других организаций.

НОЦ располагает тремя лабораториями:

— технологии открытой и подземной разработки место-

рождений полезных ископаемых;

— физики и разрушения горных пород;

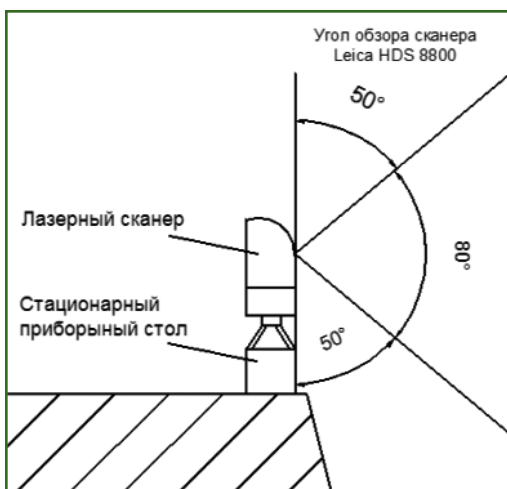
— технологических процессов стабилизации грунтов и укрепления массива горных пород.

Основные научные направления НОЦ «Геотехнологии Севера им. М.Д. Новопашина» — исследования и разработки в области механики, стабилизации грунтов, геомеханики, теплофизики, геофизики, геотехнологий, рудничной аэрологии, а также решение проблем проектирования горных предприятий и технологических дорог в условиях криолитозоны.

В рамках научно-исследовательской деятельности специа-

листы НОЦ применяют современное измерительное оборудование, с помощью которого выполняют сложные инженерные проекты. Один из них был посвящен проблеме своевременного обнаружения и предотвращения оползней и обрушений откосов на карьерах, разработке комплекса мероприятий, снижающих вредное воздействие деформаций уступов, бортов, отвалов и территорий, прилегающих к карьеру, что является необходимым условием бесперебойной работы горного предприятия.

Научные сотрудники НОЦ выполнили ряд исследований по мониторингу за деформацией бортов, откосов, уступов и отвалов на дневной поверхности открытых карьеров с помощью технологии наземного лазерного сканирования. Для этих целей использовалась система Leica HDS 8800, которая отличается высокой скоростью сканирования, дальностью съемки до 2000 м, а также простотой в управлении и удобством в эксплуатации. Кроме высокоскоростного сканера с углом обзора в  $80^\circ$  (рис. 1), система также включает: цифровую панорамную фотокамеру с разрешением 70 МПикселей, позволяющую получать высококачественные



**Рис. 1**  
Угол обзора сканера Leica HDS 8800



**Рис. 2**  
Сканер Leica HDS 8800, установленный на штативе



**Рис. 3**  
Результаты лазерного сканирования бортов карьера «Удачный»

цифровые снимки; планшетный полевой компьютер (ППК) Xplore, надежно защищенный от внешних негативных воздействий; подставку (трегер), обеспечивающую центрирование лазерного сканера на стационарном пункте или штативе, а также его стабильное пространственное положение во время измерений.

Система лазерного сканирования Leica HDS 8800 позволяет:

- измерять горизонтальные и вертикальные углы;
- определять расстояния;
- выполнять съемку (картографирование) объектов открытых горных работ и различных породных обнажений;
- вычислять объемы выработанных пространств и отвалов.

На подготовительном этапе по периметру наблюдаемого карьера на дневной поверхности и его уступах оборудуются стационарные пункты, с которых отчетливо просматривается карьер и будут проводиться планируемые исследования с использованием лазерного сканера. Координаты центров стационарных пунктов определяются традиционными геодезическими методами, что позволяет в последующем объединить результаты лазерного сканирования, выполненные на разных пунктах.

При измерениях система Leica HDS 8800, доставленная к стационарному пункту карьера, из транспортного состояния переводится в рабочее. Сканер устанавливается на стационарный приборный стол или на штатив,

центрируется и приводится в горизонтальное положение (рис. 2).

Затем последовательно выполняются следующие операции:

- к сканеру подключается ППК и включается электропитание;

- вводятся необходимые данные (дата, время, номер стационарного пункта, температура и давление атмосферного воздуха, тип аккумулятора);

- настраивается освещенность;

- выбирается область сканирования;

- выполняется настройка прибора на объект сканирования;

- осуществляется предварительный осмотр объекта сканирования;

- проводится сканирование и фотографирование выбранных объектов;

- просматриваются на ППК записанные сканы.

Результаты наблюдений обрабатываются с помощью программы I-Site Studio версии 3.5, которая, кроме фиксации фактического пространственного положения штабелей и породной подушки, позволяет:

- строить стереоизображения любых объектов карьера;

- распознавать структурные нарушения породных массивов берм, откосов уступов карьеров;

- рассчитывать параметры падения и простирания породных слоев;

- анализировать динамику смещений склонов во времени;

- идентифицировать геологические нарушения, трещины и т. д. в структуре склонов;

- оценивать скорости и величины перемещений склонов во времени.

Полученные с одних и тех же точек в разные промежутки времени сканы сопоставляются друг с другом, на основании чего делаются выводы о динамике происходящих деформационных процессов. Результаты лазерного сканирования бортов карьера «Удачный» представлены на рис. 3.

Также сотрудниками и аспирантами НОЦ «Геотехнологии Севера им. М.Д. Новопашина» выполнено наземное лазерное сканирование карьера «Айхал» (рис. 4), Кангаллаского угольного разреза (рис. 5) и карьера строительного камня (рис. 6).

Проведенные исследования показали высокую эффективность мониторинга деформаций бортов, откосов, уступов и отвалов открытых горных выработок дистанционными методами, в частности, с использованием технологии наземного лазерного сканирования. Система Leica HDS 8800, разработанная компанией Leica Geosystems (Швейцария) специально для открытых горных работ, хорошо зарекомендовала себя при вы-

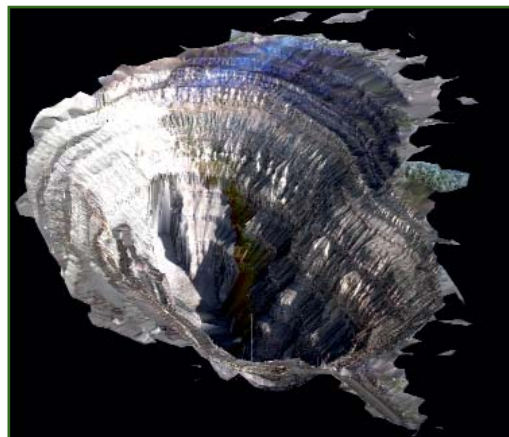


Рис. 4  
Трехмерная модель карьера «Айхал»

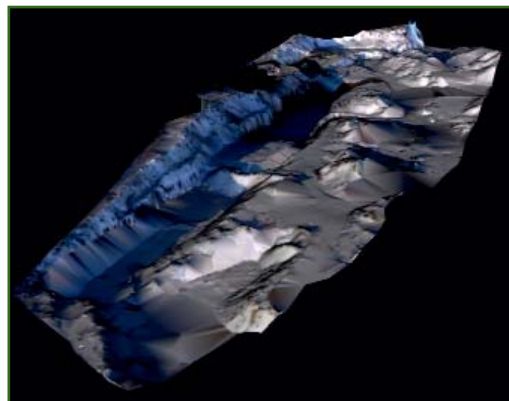


Рис. 5  
Трехмерная модель Кангаллаского угольного разреза

полнении измерений, в том числе в суровых климатических условиях.

**RESUME**

Research data is given for monitoring deformations of boards, slopes, escarpments and dumps at the daylight surface of openpits using the ground laser scanning technique. Efficiency and reliability of the Leica HDS 8800 system usage in severe climatic conditions is marked.

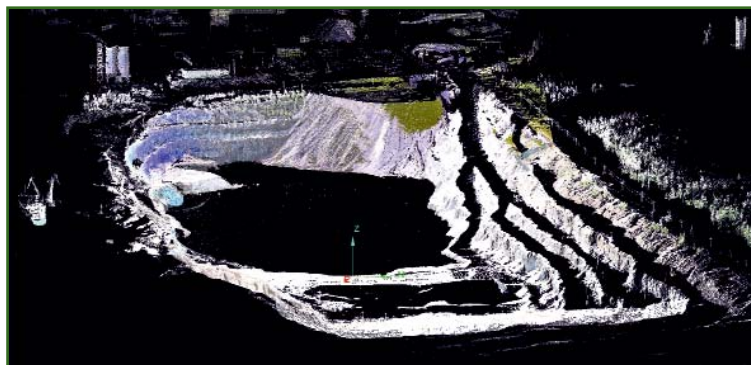


Рис. 6  
Трехмерная модель карьера строительного камня



129626, Москва, ул. Павла Корчагина, 2  
Тел: (495) 781-77-77  
Факс: (495) 747-51-30  
www.navgeocom.ru,  
www.geomagazin.ru