

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ  
ЖУРНАЛ

# МАРКШЕЙДЕРИЯ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

№ 1, январь-февраль 2015 г.

[www.geomar.ru](http://www.geomar.ru)

«Mine Surveying and Subsurface Use»  
«Mine Surveying and Subsurface Use»  
«Mine Surveying and Subsurface Use»  
«Mine Surveying and Subsurface Use»  
«Mine Surveying and Subsurface Use»  
«Mine Surveying and Subsurface Use»



ВЕЗДЕ ГДЕ НУЖНА ТЕХНИКА...



Дробильное оборудование TEREX FINLAY –  
надежный выбор, проверенный временем!



Москва, Ярославское шоссе, 42  
Тел.: +7 (495) 925-0542 / Факс: +7 (499) 183-7056  
[www.tehnoplaza.ru](http://www.tehnoplaza.ru), e-mail: [info@tehnoplaza.ru](mailto:info@tehnoplaza.ru)



**ТЕХНОПЛАЗА**  
ЦЕНТР СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

# ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ

Кольцов П.В.

кандидат технических наук,  
заведующий лабораторией;

Иванов Ю.С.

ведущий научный сотрудник  
ОАО «Уралмеханобр»  
г. Екатеринбург

Систематические инструментальные наблюдения за состоянием бортов карьеров являются одним из основных методов изучения их устойчивости и имеют большое практическое и научное значение. Практическое значение заключается в том, что результаты наблюдений используются как исходный материал для характеристики устойчивого состояния карьерных откосов; на их основе изучают характер протекания деформационных процессов, затрагивающих борта карьеров, делают соответствующие прогнозы, составляют рекомендации по повышению устойчивости. Научное же значение состоит в том, что наблюдения дают возможность уточнить применяемые методики расчета устойчивости откосов. Наиболее полную информацию о зоне распространения деформаций дают традиционные методики инструментальных наблюдений, основанные на установлении координат ряда жестко закрепленных точек (реперов), располагаемых по определенным схемам, и количественной оценке состояния исследуемого объекта (карьера, здания, сооружения) по фиксируемым смещениям. В тоже время высокоточное лазерное сканирование чаши карьера позволяет дополнить обычные наблюдения и получить наиболее полное и наглядное представление о распределении деформаций по поверхности исследуемого объекта. Особое значение инструментальные наблюдения, предусматривающие дистанционное сканирование поверхности карьеров или их участков, приобретают в случаях, когда имеют место активные деформации карьерных откосов, исключающие применение обычных методик наблюдений в отсутствие безопасного доступа к исследуемому участку. Принцип тотальной съемки объекта, а не его отдельных точек как при съемке электронным тахеометром, характеризует наземное лазерное сканирование как съемочную систему, результатом работы которой является трехмерное изображение, или так называемый скан. Формой представления результатов наземного лазерного сканирования является массив точек лазерных отражений от объектов, находящихся в поле зрения сканера, с пятью характеристиками, а именно пространственными координатами (X, Y, Z), интенсивностью отражения и реальным цветом. Для мониторинга устойчивости бортов карьеров ОАО «Уралмеханобр» используется наземная лазерная сканирующая система Riegl VZ-1000, которая позволяет выполнять сканирование в радиусе 1400 метров и имеет максимальную погрешность измерений 8 мм. Опорной основой для лазерного сканирования является сеть рабочих реперов наблюдательной станции и временных съемочных точек, координаты которых

предварительно определяются по результатам спутниковых наблюдений. Точки выбираются исходя из конфигурации карьерной выемки для обеспечения перекрытия облаков точек, то есть полноты съемки объекта (рис. 1).

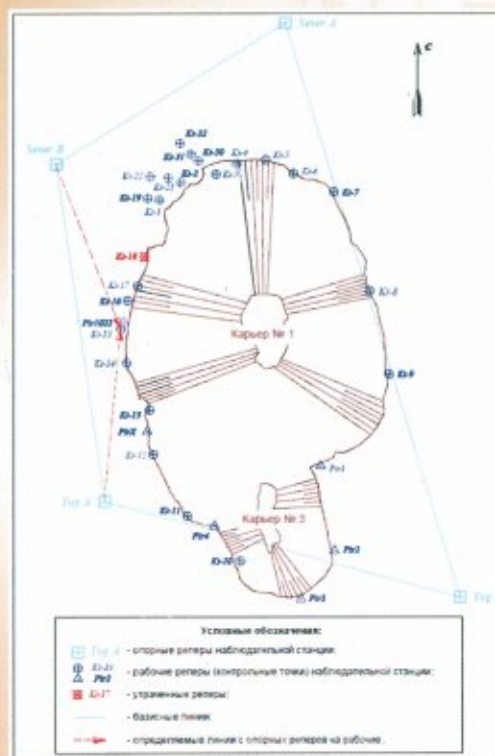


Рис. 1. Сеть реперов для мониторинга устойчивости бортов Гайского карьера

Получаемые с каждой сканпозиции облака точек объединяются в единую систему координат в программной среде RiscanPRO, в результате чего формируется единая высокоточная точечная трехмерная модель карьера. После проведения фильтрации данных строится цифровая модель рельефа в виде топоповерхности (представленной сетью треугольников MESH-поверхность), которая является конечным продуктом наземного лазерного сканирования карьеров (рис. 2). Благодаря интегрированной фотокамере совместно со сканированием ведется фото-съемка объекта, что позволяет раскрасить создаваемую модель карьера в реальные цвета.



Рис. 2. Трехмерная модель карьера, построенная по результатам сканирования

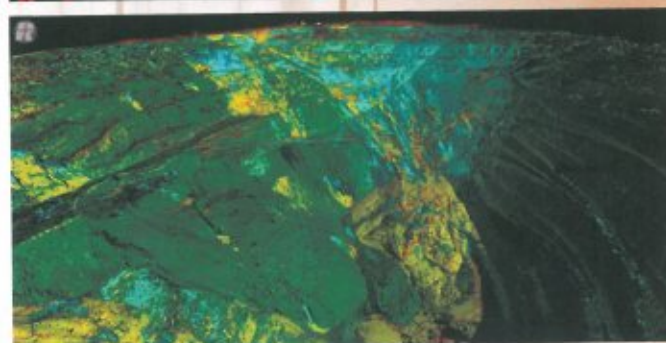


Рис. 3. Результаты сравнения двух серий лазерного сканирования, м.

На рис. 3 показан сравнительный анализ двух серий сканирования чаши Гайских карьеров № 1 и № 3. При сравнении моделей карьера за критическую величину изменения контура, превышение которой позволяет судить о развитии деформаций, принята величина 0,2 м.

На рисунке видно, как в верхней части деформирующегося северного борта карьера происходят просадки поверхности (участок голубого цвета), а на нижних горизонтах – подток оползневых масс (участок желтого цвета). Изменения, фиксируемые в юго-западной части карьера обусловлены ведением горных работ: выемка горной массы, и отсыпка внутреннего отвала. Локальные деформации уступов верхних горизонтов видны на юго-восточном борту карьера. Результаты лазерного сканирования подтверждают выводы, сделанные по результатам спутниковых наблюдений по контрольным точкам и обследования бортов карьеров. Внедрение методов лазерного сканирования на ОАО «Гайский ГОК» позволило существенно дополнить классическую наблюдательную станцию и получить объемную модель деформирования бортов карьеров № 1 и 3.

Для контроля результатов лазерного сканирования выполнено сравнение результатов, полученных по наблюдательной станции, состоящих из сети контрольных реперов,

заложенных по периметру карьера. Координирование контрольных точек осуществляется с помощью системы спутниковой геодезии GPS-ГЛОНАСС Trimble R8. Контрольные точки (рабочие реперы) наблюдательной станции закладываются по периметру карьера в различных горно-геологических и горнотехнических условиях постановки бортов в предельное положение, и прежде всего на участках, характеризующихся наименьшей устойчивостью, подработанных подземными горными работами участках бортов, а также в районе размещения на прибортовой поверхности подлежащих охране объектов. Для условий Гайских карьеров № 1 и № 3 к наблюдениям была принята 21 контрольная точка основного периметра. Часть из них представлены грунтовыми реперами забивного типа, а другие – пунктами опорного маркшейдерского обоснования (рис. 1). Анализ положения контрольных точек по результатам последовательных серий инструментальных наблюдений позволяет установить, находится ли участок борта в стабильном состоянии, характеризующемся коэффициентом запаса устойчивости  $n$  и более 1,3, либо выявить на начальной стадии развитие деформационных процессов, когда фактическая устойчивость борта оценивается ниже нормативной. При этом учитываются результаты визуального обследования состояния бортов карьера. На рис. 4 показано построение векторов горизонтальных смещений контрольных точек по результатам инструментальных наблюдений и деформационная модель, построенная по результатам GPS-наблюдений.

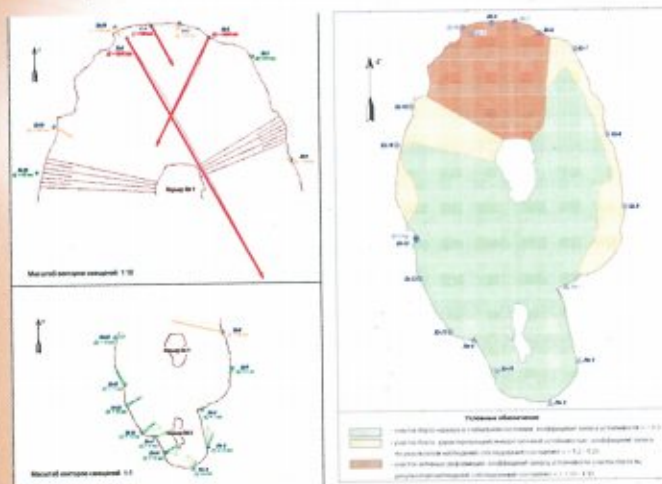


Рис. 4. Результаты сравнения двух GPS-наблюдений по контрольным точкам, м.

Проведение последовательных серий лазерного сканирования карьерной выемки с последующим анализом результатов дает возможность решать ряд задач (рис. 4,5), и в частности: осуществлять дистанционный площадной мониторинг распространения деформаций бортов с выделением участков, где имеют место просадки поверхности, либо на которые происходит подток оползневых масс; определять объемы деформирующихся масс; выявлять тенденции протекания деформационного процесса; оконтуривать опасные участки; назначать расчетные разрезы для оценки устойчивости бортов карьера наиболее выгодным образом, так чтобы приурочить их к участкам наиболее активных деформа-

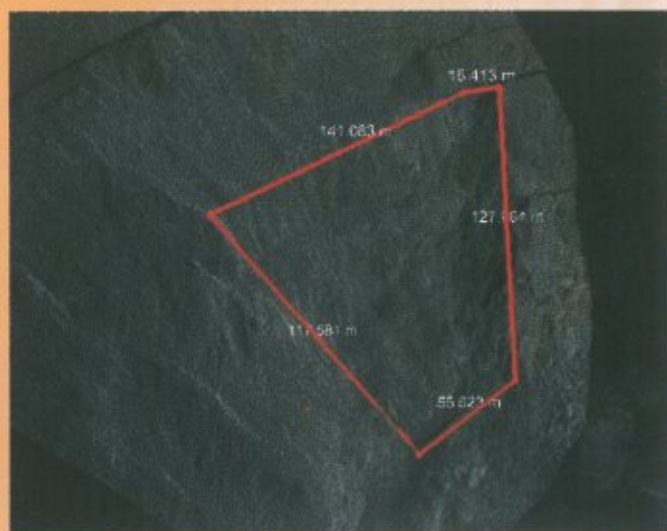


Рис. 4. Высокодетальная съемка участка деформации и паспортизация оползня

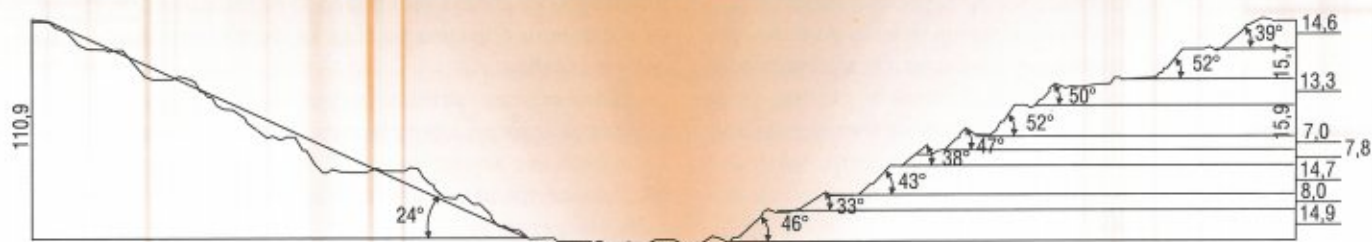


Рис. 5. Разрез по профильной линии, рассчитанный по результатам сканирования.

ций; и вместе с тем вести оперативный маркшейдерский учет объемов выполненных горных работ, в том числе объема вынудой горной массы и объема отсыпки внутренних отвалов.

Институтом «Уралмеханобр» успешно внедрен и ежегодно проводится ком-плексный мониторинг деформационных процессов, включающий лазерное сканирование на ряде объектов Урала.

Системное внедрение лазерного сканирования на карьерах позволяет получить:

- ♦ высокодетальную трехмерную модель карьера (расстояние между точками сканирования от 1 см);

- ♦ оперативное пополнение маркшейдерской графической документации (в том числе опасных и недоступных участков);
- ♦ оперативный подсчет объемов выполненных горных работ;
- ♦ трехмерную модель деформирования бортов.

Таким образом, метод лазерного сканирования, применяемый в комплексе с традиционными маркшейдерскими наблюдениями, является одним из наиболее эффективных и безопасных способов проведения маркшейдерских работ и инструментальных наблюдений на деформирующихся участках бортов карьеров и отвалов. ■



**ОАО «Уралмеханобр».**  
**620144 г. Екатеринбург,**  
**ул. Хохрякова, 87.**  
**Телефон (343) 3442742,**  
**www.umbr.ru; e-mail:**  
**umbr@umbr.ru**