

ЗОЛОТО, ЛЕД И LEICA MS50

Н.В. Чунаков («НАВГЕОКОМ»)

В 2013 г. окончил факультет прикладной космонавтики и фотограмметрии МИИГАиК по специальности «аэрофотосъемка и фотограмметрия». После окончания университета работал в компании «ГМУ-строй». С 2014 г. работает в компании ООО «НАВГЕОКОМ», в настоящее время — специалист технической поддержки.

В апреле 2015 г. на месторождении Каральвеем компания ООО «НАВГЕОКОМ» реализовала проект по внедрению в рабочий процесс роботизированного сканирующего тахеометра Leica MS50. Задача состояла в замене традиционных маркшейдерских методов контроля (определения объемов добычных камер, вычисления геометрии подземных тоннелей, определения координат устьев разведочных скважин и т. д.) более эффективными, основанными на применении современного геодезического оборудования, отвечающего требованиям крупнейшего золотодобывающего предприятия.

Вопрос оперативного контроля остро стоит в любой горнодобывающей компании. Ежедневно маркшейдеры таких предприятий сталкиваются с необходимостью выполнять исполнительную съемку достоверно и, что еще важнее, безопасно. Действующий рудник диктует свои требования как к точности геометрических параметров и объемов рудных тел, так и к скорости их определения, иначе невозможно будет обеспечить безопасность маркшейдерских работ и бесперебойность основного производства.

Месторождение Каральвеем расположено в 20 км к северо-западу от г. Билибино (рис. 1) и является вторым по объему добычи золота в Чукотском автономном округе, выпуская около 1,8 тонн золота в год. Оно было открыто в 1957 г. и в настоящее время состоит из пяти рудных зон: Безымянный, Промоина, Озерный, Встречный и Торго-

вый. ОАО «Рудник Каральвеем» входит в группу Auramine Resources Ltd., которая управляет золоторудными активами международной корпорации LevievGroup в России с суммарной оценкой запасов золота около 400 тонн. Поэтому вопрос повышения эффективности и безопасности работ на месторождении является ключевым.

Проект, реализованный компанией «НАВГЕОКОМ» совместно с маркшейдерской службой месторождения, был направлен на повышение производительности маркшейдерских работ. Следует отметить, что в компании накоплен значительный опыт, полученный при реализации более 100 инновационных проектов в России, в том числе в горной и нефтегазовой отраслях.

На руднике Каральвеем была отработана и внедрена методи-

ка выполнения работ по маркшейдерскому контролю с помощью уникального роботизированного сканирующего тахеометра MS50 компании Leica Geosystems AG (Швейцария) — рис. 2.

Компания Leica Geosystems уже практически 100 лет производит высокоточное измерительное оборудование, которое российские специалисты ценят, прежде всего, за высокое качество и надежность. Прибор Leica MS50 в настоящее время не имеет аналогов в мире, поскольку совмещает в себе функции высокоточного тахеометра и лазерного сканера. Надежность и инновации — именно эти два фактора играли ключевую роль при выборе технологии.

Каждый день маркшейдерской службе предприятия приходится сталкиваться с задачей точного и быстрого определе-



Рис. 1
Географическое положение месторождения Каральвеем



Рис. 2

Тахеометр Leica MS50 на руднике Каральвеем

ния координат, площадей и объемов. При этом месторождение является зоной повышенной опасности, поэтому присутствие персонала непосредственно на объекте во многих случаях невозможно, а длительное нахождение в зоне работ сопряжено с повышенным риском и задержкой в работе производственных подразделений.

Роботизированный сканирующий тахеометр Leica MS50 позволяет решить сразу несколько задач, стоящих перед маркшейдерами на руднике:

- быстро и точно определить координаты устьев разведочных скважин, контрольных марок и т. д.;

- обеспечить безопасность работ. Тахеометр Leica MS50 является роботизированным, т. е. оснащен дистанционным управлением, что снимает вопрос о необходимости нахождения персонала в особо опасных зонах, а, благодаря программно-аппаратным свойствам, позволяет выполнять измерения быстрее, чем традиционным тахеометром, исключая простои основного производства;

- оперативно и детально измерить геометрические параметры и точно определить объемы. Сканирующий функционал тахеометра Leica MS50 позволяет использовать его как полноценный лазерный сканер. В

настоящее время облако точек, получаемое в результате лазерного сканирования, является наиболее точным источником данных для вычисления объемов и геометрических параметров, особенно, по сравнению с традиционной тахеометрической съемкой;

- достичь дополнительного экономического эффекта. Благодаря тому, что Leica MS50 является высокоточным инженерным тахеометром и лазерным сканером одновременно, его функционал позволяет проводить измерения как с помощью двух разных приборов, что гарантирует более качественный маркшейдерский контроль при меньших затратах.

В рамках проекта у компании «НАВГЕОКОМ» было две цели: разработать методику выполнения маркшейдерских работ с применением Leica MS50 и доказать целесообразность его дальнейшего внедрения в производственные процессы (при условии повышения скорости, надежности и эффективности по сравнению с методиками измерений, применявшимися ранее). Проект включал решение трех стандартных маркшейдерских задач:

- проверку геометрии спирального спуска (определение ширины, высоты, площади сечений);

- проверку корректности определения объемов выемочных камер;

- контроль достоверности определения координат устьев разведочных скважин.

По просьбе маркшейдерской службы месторождения специалисты компании «НАВГЕОКОМ» занимались разработкой технологической схемы выполнения измерений и обработки полученных данных, обучали работе с оборудованием и программным обеспечением и консультировали персонал, оптимизировали рабочий процесс — все это позволило успешно внедрить новые технологии на руднике в рекордно короткие сроки. Измерения выполнялись тахеометром Leica MS50, а их результаты обрабатывались в программном комплексе 3D Reshaper (Hexagon Metrology). В качестве контрольных данных и сравнения полученных результатов использовались материалы предыдущих маркшейдерских съемок.

▼ Задача 1. Проверка геометрии спирального спуска

Для проверки геометрии спирального спуска был выбран метод лазерного сканирования с последующим построением поперечных сечений. Сканирование поверхности спирального спуска (горизонт 325–310) выполнялось с линейным шагом сканирования 20x20 см. Время сканирования всей поверхности составило около 9 минут, в течение которых было получено свыше 94,5 тыс. точек. По результатам был сделан вывод о том, что количество точек являлось избыточным, а значит можно в дальнейшем сократить время измерений без ущерба для надежности получаемых результатов. Сканирование всей поверхности выполнялось с одной точки стояния прибора, координаты которой были определены методом обратной геодезической

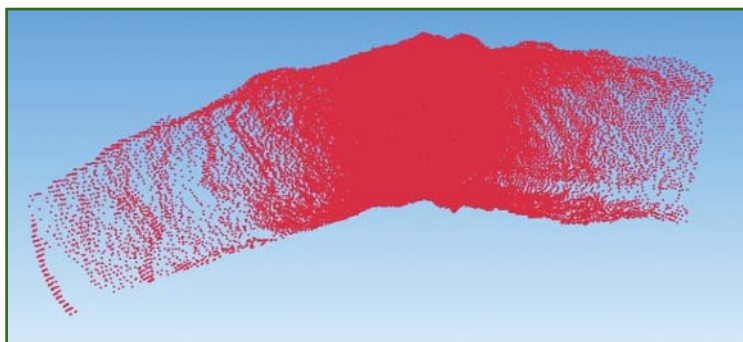


Рис. 3
Очищенное облако точек поверхности спирального спуска

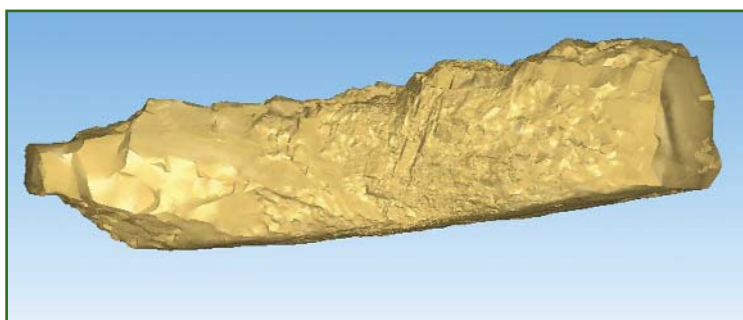


Рис. 4
Трехмерная модель поверхности спирального спуска, построенная по очищенному облаку точек

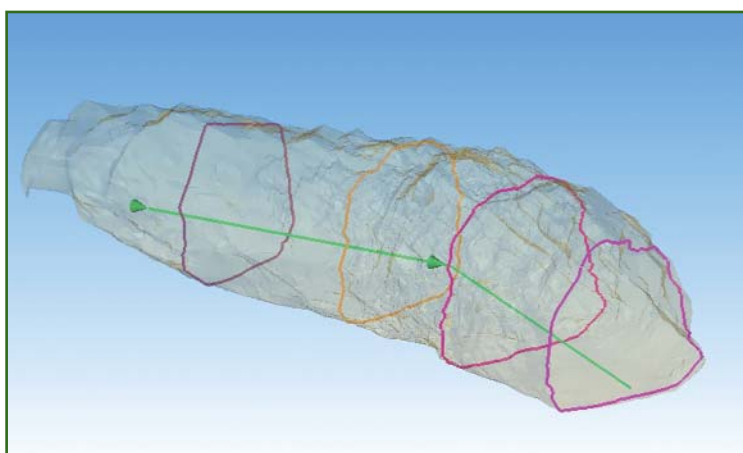


Рис. 5
Сечения, построенные вдоль оси спирального спуска

засечки по кровельным реперам.

Камеральная обработка полученного облака точек предполагала отбраковку оператором нерелевантных (незначимых) данных — объектов, случайно оказавшихся в области сканирования (вентиляционные короба, кейс от оборудования и т. п.), и элементов восходящего участка (рис. 3). Очищенное об-

лако точек позволило построить трехмерную модель поверхности спирального спуска, и в дальнейшем работа велась с этой моделью (рис. 4).

Поскольку проверка геометрии спирального спуска осуществляется по его сечениям, для их построения оператором была задана ось участка. Относительно этой оси автоматически были построены сечения с шагом 5 м,

со сдвигом от забоя на 6 м (рис. 5).

Площадь сечения, ближайшего к забою, определялась автоматически и составила 151,1 м², что совпадает с референсными значениями по площади и геометрии. Для контроля пространственного положения спирального спуска модель была экспортирована в формате DXF и совмещена с существующим планом.

Опыт определения площади сечения показал себя как крайне успешный, поскольку результат был получен существенно быстрее, чем позволяют традиционные методы. На измерения потребовалось всего 9 минут, а на камеральную обработку — 20 минут. Позже, для оптимизации процесса, был проведен эксперимент с увеличенным шагом сканирования. Повторные измерения показали, что можно сократить время сканирования до одной минуты без снижения надежности и точности конечного результата. Более того, время камеральной обработки также сократилось, так как уменьшился объем полученных данных.

▼ **Задача 2. Проверка корректности определения объемов выемочных камер**

Работы по определению объемов выемочных камер также выполнялись методом лазерного сканирования в блоке 74.1. Для охвата наибольшего объема камеры и сокращения числа станций (точек установки прибора) был предложен вариант размещения сканирующего тахеометра Leica MS50 в двух точках камеры, максимально удаленных друг от друга. При этом прибор предполагалось размещать на специальной консоли, установленной в задней части погрузочно-доставочной машины (ПДМ), а управление процессом измерений вести дистанционно при помощи контроллера. Координаты обе-

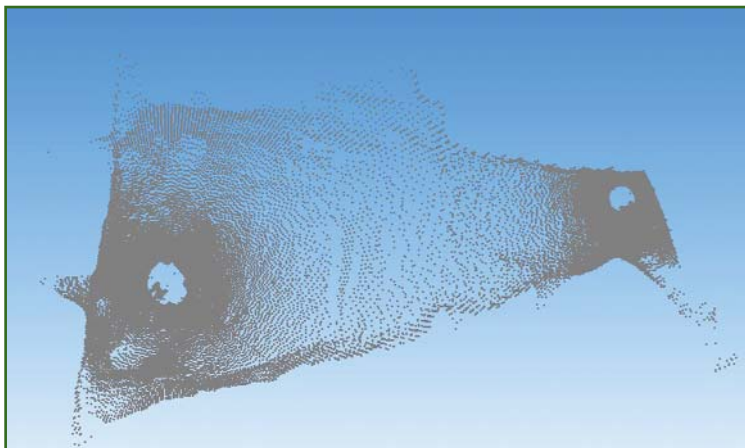


Рис. 6
Облако точек по результатам сканирования выемочной камеры

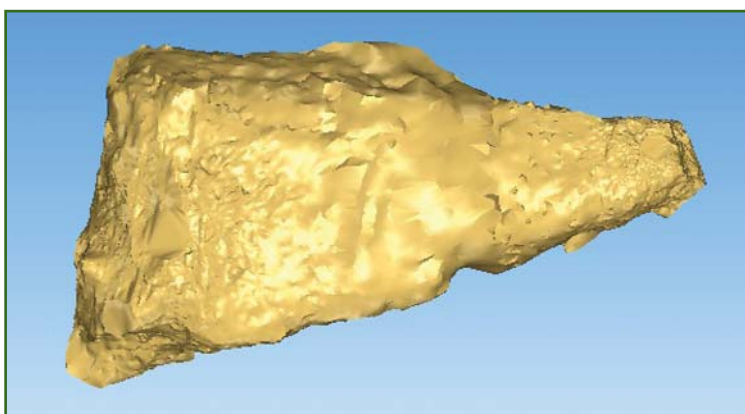


Рис. 7
Трехмерная модель поверхности выемочной камеры

их станций при этом определялись методом обратной геодезической засечки по контрольным маркам. Установка этих марок и определение их координат осуществлялись заранее.

Сканирование поверхности выемочной камеры выполнялось с шагом 50x50 см и потребовало около 4 минут для каж-

дой из двух точек стояния. Полученное число точек в облаке составило 31,2 тыс. (рис. 6).

При первичной камеральной обработке оператор выполнил чистку облака точек — удаление из облака точек незначимой информации (контуры ПДМ и отвалы), а затем в автоматическом режиме была построена

трехмерная модель поверхности выемочной камеры (рис. 7) и вычислен ее объем относительно средней отметки.

Полученный по результатам обработки облака точек объем камеры составил 34 175 м³, а вычисленный ранее маркшейдерской службой месторождения и принятый за контрольный — 34 768 м³. Несовпадение результатов не превысило 2% от общего объема камеры, что удовлетворяет допуску на повторное измерение. Более того, повысилась скорость определения объема выемочной камеры, так как на полевые измерения и камеральную обработку было затрачено всего 38 мин.

Работа на месторождении сопряжена с постоянным риском, поэтому вопросы безопасности являются ключевыми. Применение роботизированного сканирующего тахеометра Leica MS50 не только позволило получить результаты с рекордно высокой скоростью и надежностью, но и гарантировало безопасность маркшейдерских работ, благодаря наличию дистанционного управления прибором при измерениях, что было невозможно при ранее использовавшихся методах.

В процессе отработки методики измерений удалось также внести ряд предложений по оптимизации размещения прибора на ПДМ для улучшения качества дистанционного управления.

Результаты контроля достоверности координат разведочных скважин

| № скважины | Методика измерений | X, м | ΔX, см | Y, м | ΔY, см | H, м | ΔH, см |
|------------|------------------------------|-----------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| 5 | Маркшейдерская Leica MS50 | 66271,624 | +3 | 48609,62 | +3,7 | 490,771 | +2,9 |
| | | 66271,594 | | 48609,583 | | 490,742 | |
| 6 | Маркшейдерская Leica MS50 | 66271,558 | +2,9 | 48609,593 | +2,4 | 489,956 | +2,5 |
| | | 66271,529 | | 48609,569 | | 489,931 | |
| 7 | Маркшейдерская Leica MS50 | 66272,301 | -1,5 | 48609,714 | +1,4 | 489,708 | +2,8 |
| | | 66272,316 | | 48609,7 | | 489,68 | |

▼ **Задача 3. Контроль достоверности определения координат устьев разведочных скважин**

Координаты устьев разведочных скважин измерялись Leica MS50 в режиме тахеометра в буровой камере 10-го штрека. Координаты станции определялись методом обратной геодезической засечки по маркшейдерским кровельным реперам.

В таблице приведено сравнение координат разведочных скважин, определенных роботизированным сканирующим тахеометром Leica MS50, с их контрольными значениями, полученными ранее маркшейдерской службой месторождения.

Расхождения координат составили от 1 до 3 см как в плане, так и по высоте. Эти результаты можно объяснить применением различных методик измерений. Традиционная маркшейдерская съемка велась с помощью штанг с закрепленными на них шестигранными марками, а тахеометром Leica MS50 выполнялись

измерения непосредственно устья скважины. Тем не менее, допуск на повторную съемку был соблюден, и поставленная задача решена. При этом продолжительность полевого и камерального этапов работ составила не более 5 минут. Поражает не только скорость измерений, но и чрезвычайная простота в эксплуатации столь сложного и многофункционального прибора, каким является роботизированный сканирующий тахеометр Leica MS50.

▼ **Внеконкурсное задание. Обзорное сканирование наземных сооружений рудника Каральвеем**

Помимо выполнения трех поставленных задач, специалисты компании «НАВГЕОКОМ» предложили коллегам месторождения Каральвеем также опробовать сканирование объектов инфраструктуры рудника. Сканирование было выполнено с шести точек стояния тахеометра Leica MS50. Измерения проводились в период с 17 по 19

апреля 2015 г., в утреннее время (с 9 до 11 часов), когда температура воздуха составляла от -22°C до -10°C . На работоспособность тахеометра отрицательные значения температуры влияния не оказали.

Управление тахеометром Leica MS50 в режиме сканера осуществлялось с его клавиатуры (в приборе предусмотрено дублирование функций управления с сенсорного экрана).

Сканирование объектов выполнялось как полными сканами (с обзором 360°), так и сканами с заданными зонами. Средняя дальность сканирования составила 30 м. Линейный шаг сканирования варьировался от 20×20 см до 40×40 см. Время сканирования на одной точке стояния занимало около 10 минут.

В результате сканирования было получено облако точек, камеральная обработка которого выполнялась в программе 3D Reshaper (рис. 8). На рис. 9 цвет точек в облаке соответствует скану, полученному на одной станции. После чистки облака точек была построена трехмерная модель объектов инфраструктуры предприятия.

В настоящее время проект по повышению эффективности традиционных маркшейдерских работ на руднике Каральвеем успешно завершен. Решены все поставленные задачи: разработана методика измерений роботизированным сканирующим тахеометром Leica MS50 и подтверждена эффективность ее внедрения в производственный процесс маркшейдерского контроля. По сравнению с традиционными методами методика работ с использованием уникального роботизированного сканирующего тахеометра Leica MS50 гарантирует не только более высокую точность и надежность измерений, но и повышение скорости и безопасности работ.



Рис. 8
Облако точек, полученное в программе 3D Reshaper

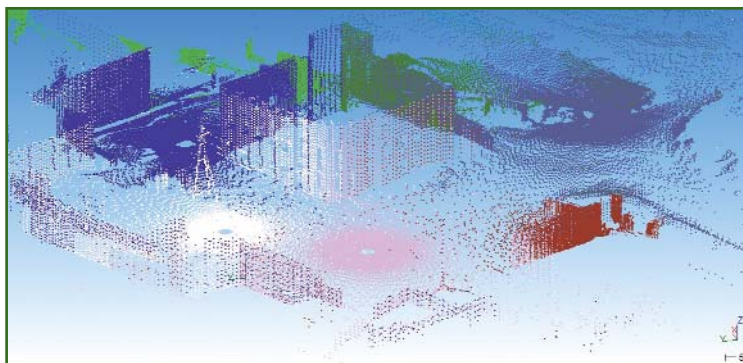


Рис. 9
Результаты сканирования объектов инфраструктуры рудника