

УДК 622.1:528

А. С. ИВАНЧЕНКО (ОАО «Архангельскгеолдобыча»)

СОЗДАНИЕ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ И МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ им. В. ГРИБА



А. С. ИВАНЧЕНКО,
главный
маркшейдер

Рассмотрен актуальный аспект деятельности горнодобывающих предприятий, особенно строящихся и развивающихся, — создание опорной геодезической сети, обеспечивающей эффективное решение геолого-маркшейдерских задач на основе современных методов и технико-технологического оснащения. Особое внимание уделено маркшейдерскому мониторингу устойчивости уступов и бортов карьера ГОКа им. В. Гриба в связи с низкой несущей способностью разрабатываемых покрывающих и вмещающих пород.

Ключевые слова: месторождение алмазов, карьер, маркшейдерское обеспечение, опорная геодезическая сеть, мониторинг устойчивости, техническое оснащение.

За весь период инженерно-геологических изысканий на территории месторождения им. В. Гриба практически никаких специальных работ по созданию опорной геодезической сети (ОГС) не проводили. Текущие разбивки и привязки геологических выработок выполняли работники геологоразведочных организаций теодолитными и тахеометрическими ходами от пунктов триангуляции, расположенных в 3–5 км от района работ. В 2009 г. в начале подготовительных работ по вскрытию месторождения было принято решение о развитии ОГС на основе ближайших пунктов государственной геодезической сети триангуляции третьего (Волчий, Верхнее Ернозеро, Падун) и второго (оз. Черное) классов.

Для геодезического обеспечения текущих инженерно-геологических и строительных работ методом спутниковых определений маркшейдерской службой ОАО «Архангельскгеолдобыча» были созданы шесть пунктов геодезической сети на территории проектируемого строительства ГОКа им. В. Гриба, что позволило проверить положение пробуренных скважин, уточнить параметры местной системы координат и высот, при необходимости

внести соответствующие поправки в каталоги координат геологических выработок.

Далее к созданию ОГС на территории месторождения была привлечена специализированная изыскательская организация — ОАО Архангельский трест инженерно-строительных изысканий (ОАО «АрхангельскТИСИЗ»), силами которого заложено 32 пункта ОГС и выполнена топографическая съемка в масштабах 1:1 000, 1:5 000*. Закладку пунктов проводили с учетом их долговременной сохранности и возможности проведения качественных спутниковых определений. В качестве внешнего оформления на пунктах установлены опознавательные металлические столбы с пластиной, окопка выполнена в соответствии с «Правилами закладки центров и реперов». На все установленные пункты составлены карточки-кроки.

После закладки пунктов проведены инженерно-геодезические работы по созданию ОГС на территории месторождения методом спутниковых определений с предельной погрешностью линейных измерений 1:10 000. В создаваемую опорную сеть включены также шесть ранее установленных работниками маркшейдерской службы пунктов (рис. 1). Перед началом полевых работ, с учетом используемых исходных данных и применяемого спутникового оборудования, определена конфигурация создаваемой сети и обеспечена видимость между смежными пунктами ОГС. Наибольшая длина стороны ОГС составляет 9332,494 м, наименьшая — 238,946 м, средняя — 1725,477 м.

Для определения плановых координат пунктов сети на основе спутниковых измерительных технологий выбран сетевой метод замкнутых полигонов с использованием статического режима наблюдений комплектом из трех спутниковых приемников Trimble 5700. Продолжительность сеанса наблюдений (не менее 2 ч) устанавливали с учетом необходимого времени наблюдения максимальной стороны сети. Уравнивание сети на участке работ выполнено в программе Trimble Geomatics Office. Окончательная оценка точности результатов выполненных спутниковых геодезических определений проведена по среднеквадратичным отклонениям (СКО) определения координат пунктов ОГС и значению относительной погрешности измерения длины определяемой линии к принятым исходным данным.

* Создание опорной геодезической сети : технический отчет. Т. 23а. Инженерно-геодезические работы / ОАО «АрхангельскТИСИЗ». — Архангельск, 2010.

© Иванченко А. С., 2014

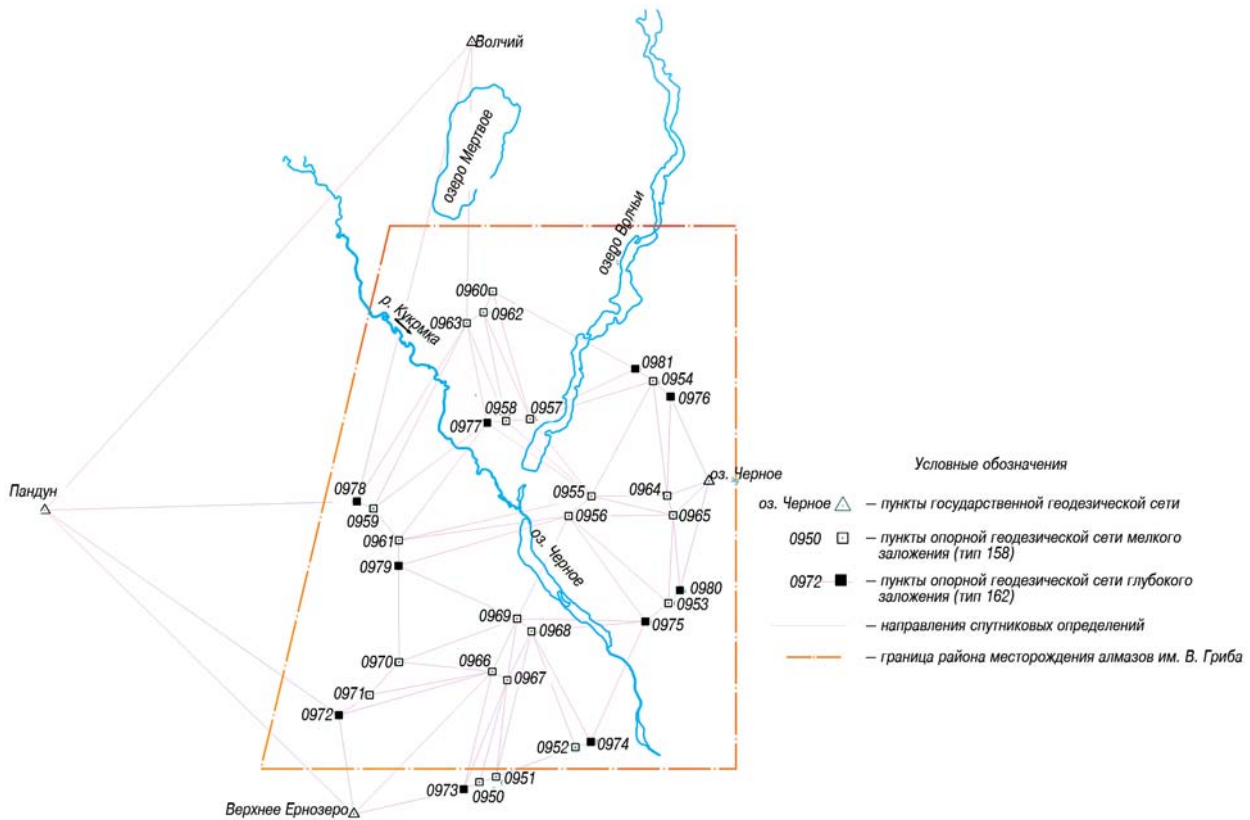


Рис. 1. Схема спутниковых определений на пунктах опорной геодезической сети территории месторождения им. В. Гриба

Высотное обоснование выполнено сетью нивелирных ходов IV класса нивелиром Sokkia C330 по установленным пунктам ОГС и представляет собой систему из 20 ходов с 11 узловыми точками. Максимальная длина хода составляет 7,1 км, минимальная — 0,6 км (рис. 2). В качестве исходных пунктов использованы: пункт триангуляции третьего класса Верхнее Ерн-озеро с высотной отметкой нивелирования III класса; пункт триангуляции третьего класса Падун с высотной отметкой нивелирования IV класса. Расчетная средняя квадратическая ошибка нивелирования IV класса на 1 км хода равна 2,66 мм.

С начала горно-капитальных и строительных работ на объектах ГОКа им. В. Гриба в качестве основы маркшейдерской сети принята ОГС, созданная на стадии проведения инженерных изысканий и позволяющая обеспечивать стабильность сети на весь срок существования горного предприятия, а также легко восстанавливать утерянные из-за горных работ или при строительстве пункты. Основными направлениями маркшейдерских работ являются: сгущение существующей опорной сети; съемка карьера и отвалов; разведочные выработки и элементы геологического строения месторождения, видимые в натуре; горные выработки, уступы, съезды, траншеи, дренажные выработки, водоотводные каналы, границы опасных зон; транспортные пути в карьере и на отвалах; эстакады, электроподстанции, установки гидромеханизации.

Маркшейдерскую съемку карьера и отвалов выполняют с периодичностью два раза в месяц, для чего на основе пунктов опорной сети на этих объектах создают съемочные сети. В ка-

рьере выполняют съемку горизонтов, которые находятся в движении, и в связи с этим центры съемочных пунктов периодически уничтожаются в результате ведения горных работ и затем восстанавливаются для съемки на следующем горизонте уступа. Поэтому в каждом случае при выборе способа создания съемочной сети учитывают максимально возможную продолжительность сохранности пунктов, удобство пользования и необходимость точного определения положения отдельных пунктов съемочной сети относительно пунктов опорной маркшейдерской сети. В зависимости от глубины и размеров карьера, рельефа земной поверхности, горно-геологических условий в карьере ГОКа им. В. Гриба применяют следующие способы создания съемочных сетей: геодезические засечки, проложение теодолитных ходов, полярный способ. Во всех случаях погрешность определения пунктов съемочной сети относительно пунктов опорной сети в плане не должна превышать 0,4 мм в принятом масштабе съемки и 0,2 мм по высоте.

Маркшейдерские работы на отвалах включают: обеспечение подготовки земельных границ и площадей для развития отвалов вскрышных пород и некондиционных руд, складов полезного ископаемого; перенесение в натуре проектного положения транспортных коммуникаций; периодическое выполнение съемки отвалов для наблюдения за их деформациями, а также составление необходимой графической документации в масштабе 1:2 000. Перед началом маркшейдерских работ проводят рекогносцировку местности. С пунктов съемочной сети, расположенных вокруг карьера и отвалов, проводят съемку полярным

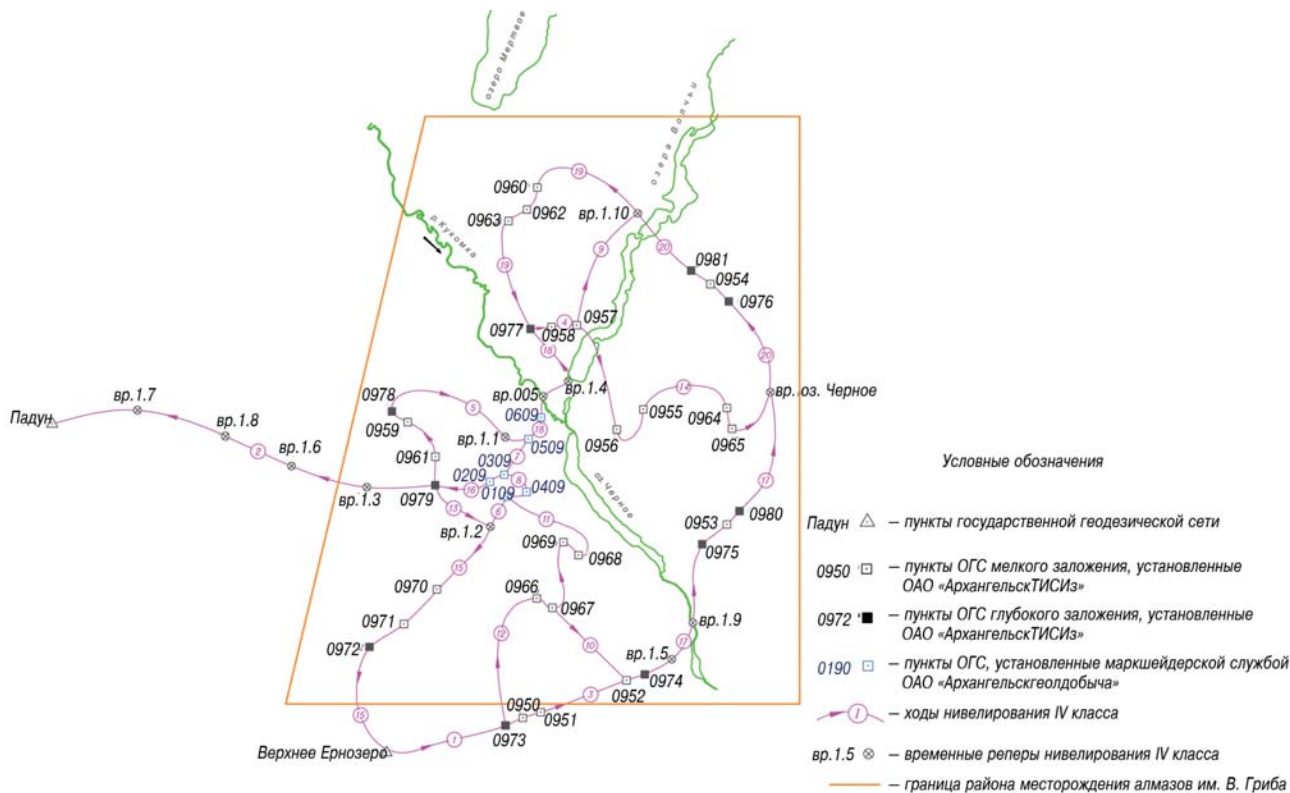


Рис. 2. Сеть нивелирных ходов IV класса по пунктам опорной геодезической сети

методом участков ведения горных работ за текущий период, а также набирают контрольные точки для проверки положения забоев, дорог, берм, канав.

Съемку карьера и отвалов в масштабе 1:2 000 с сечением рельефа горизонталями через 0,5 м выполняют с точек плано-высотного съемочного обоснования тахеометрическим способом электронными тахеометрами Sokkia SET 550RX. В настоящее время все чаще используют спутниковые технологии. В частности, маркшейдерская служба ОАО «Архангельскгеолдобыча» для съемки карьера и отвалов использует комплект спутниковых наблюдений фирмы JAVAD, в состав которого входят: три приемника Trimph-1; два полевых контроллера Victor; внешний радиомодем НРТ435ВТ 406-470 MHz; радиоантенны. Текущие маркшейдерские работы в карьере, а также на объектах строительства ГОКа, съемку карьера и отвалов выполняют методом спутниковых определений с использованием системы GPS. Съемка производится кинематическим методом (RTK) спутниковых определений, при котором один из приемников устанавливают на исходном пункте опорной сети (базовая станция), другой (подвижный) — на съемочных пикетах. Один из пунктов опорной маркшейдерской сети используют в качестве контрольного для определения координат и высот съемочных пикетов при выполнении съемки. Контрольные измерения проводят перед началом и после окончания работ.



Рис. 3. Трехмерная модель карьера ГОКа им. В. Гриба

При камеральной обработке материалов съемки данные полевых измерений передают с электронного тахеометра и с контроллера Victor на персональные компьютеры, после чего, используя программу Credo_Dat-4, проводят уравнивание пунктов плано-высотного съемочного обоснования и ситуационных точек. При помощи системы AutoCAD Civil 3D создают 3D-поверхность карьера и определяют объем выполненных горных работ за отчетный период (рис. 3). Параллельно выполняют камеральную обработку полевых материалов в системе Micromine, в которой создается каркасная модель карьера, выполняется контрольный подсчет объемов горных работ по горизонтам и блокам.

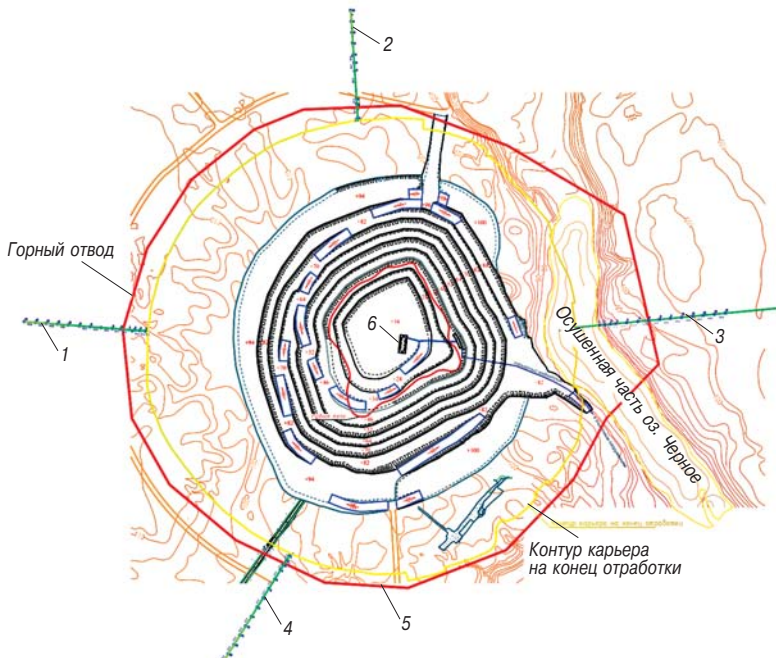


Рис. 4. Профильные линии опорных и рабочих реперов для маркшейдерского мониторинга геодинамической ситуации при развитии открытых горных работ: 1 — профильная линия I-I; 2 — проектируемая профильная линия II-II; 3 — проектируемая профильная линия III-III; 4 — профильная линия IV-IV; 5 — горный отвод; 6 — водосборник карьерных вод (отметка дна +10 м)

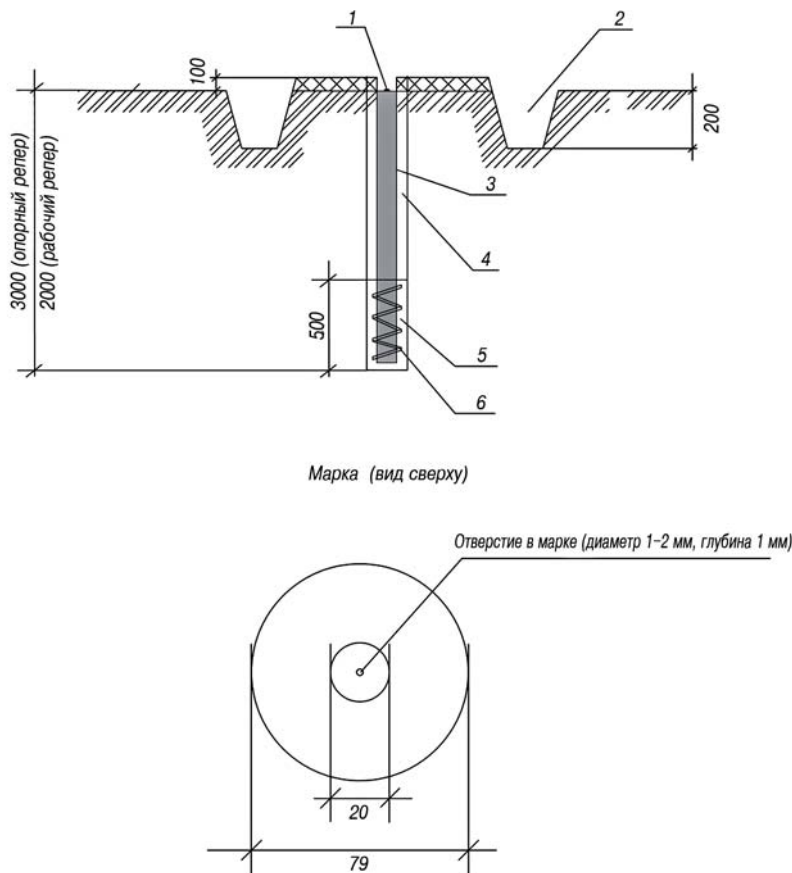


Рис. 5. Закладка и устройство опорного и рабочих реперов: 1 — марка (место передачи координат и высоты); 2 — окопка вокруг репера; 3 — металлическая труба диаметром 79 мм; 4 — скважина диаметром 300 мм; 5 — заливка якоря бетоном; 6 — якорь из арматуры

В связи с низкой несущей способностью и большой мощностью покрывающих и вмещающих пород актуальной задачей маркшейдерской службы предприятия является мониторинг сдвижения пород и земной поверхности при ведении горных работ в карьере ГОКа им. В. Гриба с целью прогнозирования и предотвращения опасных оползней, просадок и обрушений уступов, бортов карьера, отвалов. Целью маркшейдерских наблюдений является определение границ распространения и вида деформаций, фактических и критических величин смещений пород в горизонтальной и в вертикальной плоскости, а также предварительный расчет развития деформаций.

На ГОКе им. В. Гриба маркшейдерский мониторинг деформаций бортов карьера организован с 2011 г. в рамках договора с Санкт-Петербургским горным университетом на выполнение научно-исследовательской работы «Научное сопровождение строительства и эксплуатации карьера на месторождении алмазов им. В. Гриба». В весенне-летний сезон 2012 г. совместно со специалистами Санкт-Петербургского горного университета были определены наиболее перспективные места расположения профильных линий (рис. 4), количество опорных и рабочих реперов на профильных линиях, согласована программа работ, изготовлены трубчатые центры опорных и рабочих реперов.

В соответствии с нормативными требованиями, инструментальные наблюдения за сдвижением горных пород в зоне их возможных деформаций проводят на наблюдательных станциях, состоящих из системы реперов, закладываемых в грунт по профильным линиям, перпендикулярным простиранию борта карьера. Профильная линия состоит из опорных и рабочих реперов. Опорные реперы закладывают вне зоны деформаций на расстоянии от ее границы не менее $1,5H$ (H — глубина карьера). На каждой профильной линии располагается один опор-

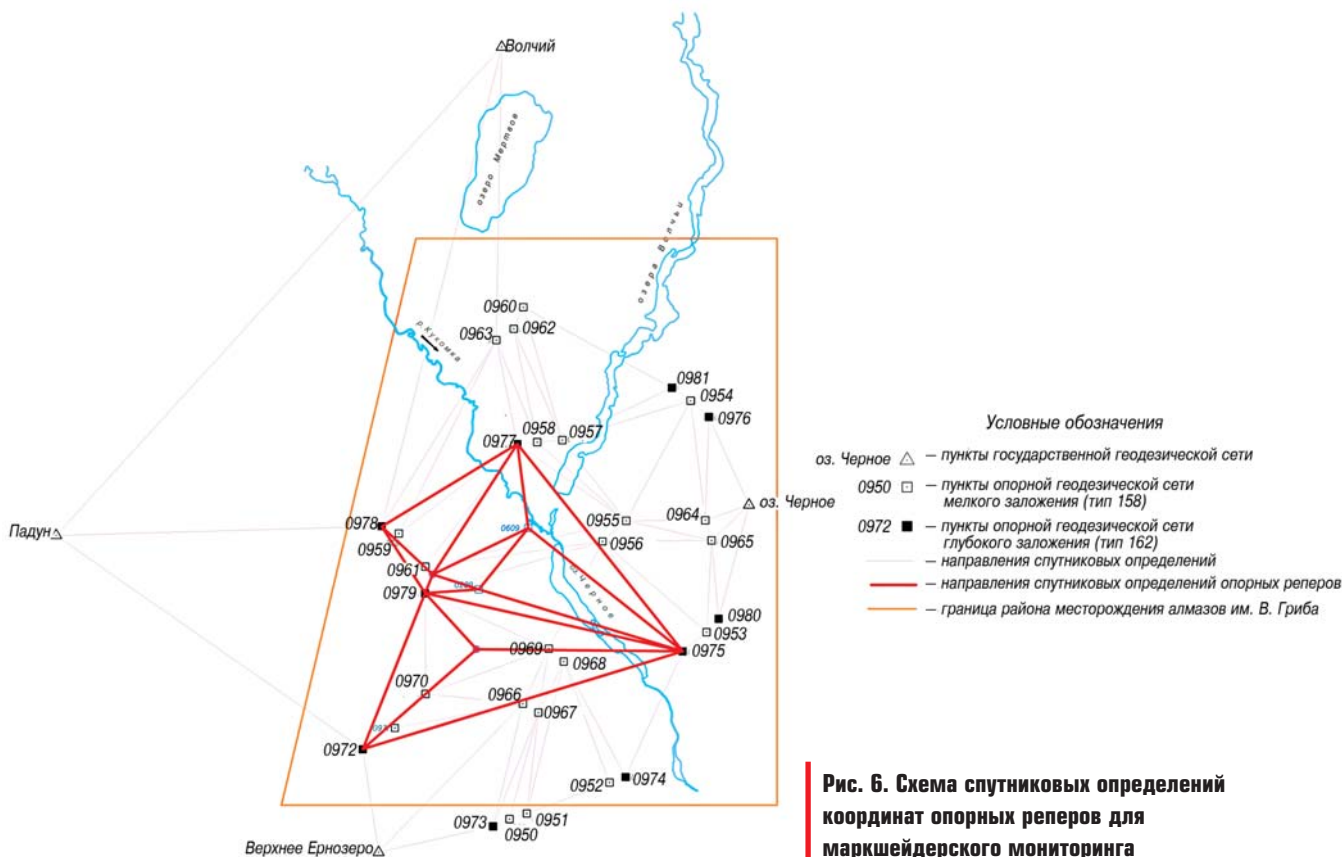


Рис. 6. Схема спутниковых определений координат опорных реперов для маркшейдерского мониторинга

ный репер и 12–13 рабочих. В настоящее время установлены две профильные линии (I-I и IV-IV) из проектируемых четырех. Линии II-II и III-III будут заложены позднее. Рабочие реперы непосредственно на бермах уступов будут заложены с развитием карьера до конечных контуров.

Расстояния между рабочими реперами зависят от их расположения на профильной линии. В зоне примыкания профильной линии к конечному контуру карьера на участке призмы, ограниченной наиболее напряженной поверхностью скольжения, четыре рабочих репера заложены через 20 м. Первый ближайший к конечному контуру карьера рабочий репер закладывается в 10 м от верхней бровки карьера. Расстояния между 4–5 и 5–6 реперами составляет 30 м. На остальном участке профильной линии рабочие реперы закладывают через 40 м. Общее число рабочих реперов вместе с опорным на профильной линии составляет 13–14 ед.

Устройство реперов (рис. 5) должно обеспечивать: их сохранность от случайных повреждений и смещений; неизменность положения в массиве на весь срок службы, в том числе устойчивость в условиях сезонных изменений температуры и влажности горных пород, их промерзания и оттаивания, а также удобство пользования. В этих целях пространство между стенками скважины и трубой выше бетонного якоря заполняют песком, щебнем или шлаком и плотно утрамбовывают. Для уменьшения влияния сил морозного выпучивания верхний конец трубы репера необходимо заглублять на 20–30 см от поверхности земли. Для предотвращения скапливания воды в

скважине необходимо окопать репер по периметру водосборной канавой. Опорные реперы закладывают на глубину до 3 м, рабочие реперы за границей карьера — на глубину до 2 м.

Маркшейдерские наблюдения за положением опорных и рабочих реперов на профильных линиях включают высокоточное геометрическое нивелирование и спутниковые определения координат реперов, основанные на применении дифференциальных методов для получения разности геоцентрических координат между пунктами и расстояний от опорных до рабочих реперов или между соседними рабочими реперами. По данным наблюдений выявляют изменения положения отдельных точек борта карьера в плане и по высоте за определенные интервалы времени, а по направлениям векторов смещений реперов — приближенное положение поверхности скольжения в толще пород. На основе анализа данных наблюдений в начальной стадии сдвижений разрабатывают мероприятия по предотвращению недопустимых деформаций бортов карьера и отколов уступов.

Осенью 2012 г. проведен первый цикл наблюдений. В качестве исходных для спутниковых определений использованы пункты глубокого заложения опорной геодезической сети № 0972, 0979, 0978, 0977, 0975, установленные на территории месторождения им. В. Гриба в 2010 г. специалистами ОАО «АрхангельскТИСИЗ». Исходные реперы расположены вне зоны влияния горных работ, а также за пределами зоны возможного оседания земной поверхности под влиянием снижения уровня подземных вод при дренаже карьерного поля. В создаваемую каркасную

сеть, кроме указанных выше исходных пунктов, включены опорные реперы на профильных линиях I–I и IV–IV. Спутниковые определения плановых координат пунктов каркасной сети выполнены сетевым методом замкнутых полигонов с использованием статического режима наблюдений комплектом спутниковой аппаратуры Trimble-1 фирмы Javad. Продолжительность сеанса наблюдений на пункте сети составила не менее 1 ч. Точность определения плановых координат 3 мм + 0,5 ppm (рис. 6).

Далее проведены спутниковые наблюдения рабочих реперов лучевым методом с повторением измерений через 6 ч. В качестве исходного для наблюдений принят опорный репер на каждой профильной линии. Высотные определения выполнены высокоточным геометрическим нивелированием цифровым нивелиром SDL30 в комплекте с инварными рейками с RAB-кодом BIS30 по методике II класса. С этой целью создана локальная сеть нивелирования II класса, включающая пункты опорной маркшейдерской сети, опорные реперы на профильных линиях и представляющая собой замкнутые полигоны, опирающиеся на исходные пункты опорной сети глубокого заложения. Нивелирование II класса по профильным линиям выполнено прямо и обратно от исходного опорного репера. Уравнивание сети нивелирования II класса выполнено как свободная сеть с одним исходным пунктом в программе Credo DAT.

По результатам расчетов средняя квадратическая ошибка на 1 км хода составила 0,0015 м, одной станции — 0,0003 м.

На протяжении нескольких лет постоянно проводятся сопоставления полученных высотных отметок по результатам спутниковых определений и геометрического нивелирования. На

протяжении будущих 2–3 циклов наблюдений методика выполняемых работ по маркшейдерскому мониторингу не изменится. В перспективе не исключен переход на методику полного использования спутниковых технологий.

Камеральную обработку результатов наблюдений проводят непосредственно по окончании каждого цикла измерений. Она заключается в вычислении плановых и высотных координат реперов (x, y, z) и составлении по каждой профильной линии ведомостей вертикальных смещений реперов, горизонтальных смещений реперов вдоль профильных линий, горизонтальных деформаций (растяжений и сжатий), величин сдвигов и скоростей смещения реперов по направлению векторов смещения. Составление и пополнение графических материалов включает: пополнение плана наблюдательных станций и карьера (отвала); пополнение вертикальных разрезов по каждой профильной линии с уточнением литологии пород и положения горных работ на моменты закладки станции, проведения наблюдений и появления трещин, заколов, других деформаций; составление графиков вертикальных и горизонтальных сдвижений и деформаций по каждой профильной линии, а также скоростей смещения реперов по направлению векторов.

Цикличность наблюдений по программе маркшейдерского мониторинга на ГОКе им. В. Гриба определена два раза в год. При возникновении серьезных деформационных событий цикличность измерений может быть изменена. **ГЖ**

*Иванченко Александр Сергеевич,
тел.: +7 (8182) 63-67-89*

CREATION OF GEODESIC CONTROL NETWORK AND SURVEY PROVISION OF MINING AT GRIB DEPOSIT

Ivanchenko A. S.¹, Chief Surveyor, phone: +7 (8182) 63-67-89

¹ «Arkhangel'skgeoldobycha» JSC (Arkhangel'sk, Russia)

Since the stone drivage and capital construction of the V. Grib Mining and Processing Combine (MPC) had been launched, the surveying network was accepted the survey control deployed at the stage of engineering investigation and ensuring sustained operation within the mine life as well as enabling ready recovery of survey stations in case they get lost in the course of construction or mining.

The basic working range of the surveying includes bridging, survey of the open pit mine and dumps, exploring drives and full-scale visible elements of geological structure of the deposit, production units, benches, ramps, trenches, drainage workings, drainage ditches, hazardous area delineation, transportation routes in the open pit mine and on dumps, scaffold bridges, substations, hydromechanization facilities. Prior to surveying, ground reconnaissance is conducted. The network stations arranged around the open pit mine and dumps survey the current mining areas using the method of radiation. The current mine surveying in the open pit mine and at the construction objects of the Verkhotinsky MPC uses satellite acquisition and GPS.

The bimonthly mine surveying of the open pit mine and dumps uses survey networks deployed on the basis of the survey control stations. Each time when selecting a survey networking method, under consideration are the maximum possible endurance of the stations, usability and pinpointing of the survey network stations relative to the survey control stations.

Aimed at forecasting and preventing dangerous landslides, subsidence and fall of benches and pitwalls, the mine surveying service carries out the rock mass and earth surface movement monitoring. Since 2011 the V. Grib MPC has been monitoring the pitwall deformations. Based on the analysis of the data on early stage movements, measures are developed to prevent unallowable deformation of the pitwalls and bench slopes.

Key words: diamond deposit, open pit mine, surveying support, survey control, stability monitoring, technique.

REFERENCES

1. *Sozdanie opornoy geodezicheskoy seti : tekhnicheskii otchet. Tom 23a. Inzhenerno-geodezicheskie raboty* (Creation of geodesic control network : technical report. Volume 23a. Engineering-geodesic operations). «Arkhangel'skTISlz» JSC. Arkhangel'sk, 2010.