

Комплекс маркшейдерских работ при разработке золоторудного месторождения подземным способом

В. С. Писарев^{1, 2✉}

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», г. Новосибирск, Российская Федерация

²ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н. В. Мельникова» Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация

✉ v.s.pisarev@sgugit.ru

Аннотация: Приведены результаты исследований по описанию основных параметров добычи и систем разработки, применяемых на руднике Веселый, расположенном в Республике Алтай. Установлены горнотехнические условия, гидрогеологические, а также технология проведения горных выработок. В соответствии с определенными параметрами представлены методы ведения маркшейдерских работ, состав и численность службы главного маркшейдера, требования к безопасному ведению горных работ.

Ключевые слова: золоторудное месторождение, геотехнический мониторинг, маркшейдерские работы, геометризация месторождения, система разработки, вскрытие, маркшейдерские работы в подземных горных выработках, маркшейдерские работы на поверхности

Благодарность: Автор выражает благодарность руководству рудника Веселый и отдельно М. А. Давыдовой, главному маркшейдеру рудника, за помощь в организации и проведении производства работ.

Для цитирования: Писарев В.С. Комплекс маркшейдерских работ при разработке золоторудного месторождения подземным способом. *Маркшейдерия и недропользование*. 2025;25(5):68-75. <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-5-68-75>.

A complex of mining surveying works in the development of a gold deposit by underground method

V. S. Pisarev^{1, 2✉}

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

²Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

✉ v.s.pisarev@sgugit.ru

Abstract: The article presents the results of research describing the main parameters of production and development systems used at the Vesely mine located in the Altai Republic. Mining engineering conditions, hydrogeological conditions, as well as mining technology have been established. In accordance with certain parameters, the methods of conducting mining operations, the composition and number of the chief surveyor's service, and the requirements for safe mining operations are presented.

Keywords: gold deposit, geotechnical monitoring, surveying, geometrization of the deposit, mining system, opening, surveying in underground mining, surface surveying

Acknowledgments: The author express their gratitude to the management of the Vesely Mine and separately M.A. Davydova, the mine's Chief Surveyor for their assistance in organizing and conducting the work.

For citation: Pisarev V. S. A complex of mining surveying works in the development of a gold deposit by underground method. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025;25(5):68-75. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-5-68-75>.

Введение

Месторождение рудного золота Синюхинское было открыто в 1950 году в процессе разведочных работ на россыпное золото в верховьях реки Синюхи. В 1952 году рудопроявление, получившее название «Первый Рудный», было передано для детальной разведки и опытной эксплуатации участку Веселый треста «Запсибзолото» (Катуно-Бийский прииск треста «Запсибзолото» ГУ МВД СССР).

В последующие годы в результате расширения фронта геологоразведочных работ были выявлены участки: Сиинский, Горбуновка, Черемуховая, Ыныргинский, Рудная Сопка, Новый, Файфановский, Западный.

Приказом Западно-Сибирского государственного треста золотой промышленности «Запсибзолото» Министерства цветной металлургии вместо ликвидированного Катуно-Бийского прииска с 1 января 1957 года был организован рудник Веселый и началась промышленная эксплуатация Синюхинского месторождения, продолжающаяся до настоящего времени. Предприятие – действующее и имеет наработанную технологическую схему ведения горных работ, а также определенную годами систему отработки.

Объект исследований

Синюхинское золоторудное месторождение располагается на территории Чойского района Республики Алтай, в 30 км от районного центра, в 105 км от республиканского центра г. Горно-Алтайска, в 200 км от ближайшей железнодорожной станции и речной пристани – г. Бийска. Сообщение между указанными населенными пунктами осуществляется по автомобильным дорогам. Указанные дороги обеспечивают круглогодичную перевозку грузов и движение рейсовых автобусов.

Обзорная карта района расположения района работ представлена на рисунке 1.

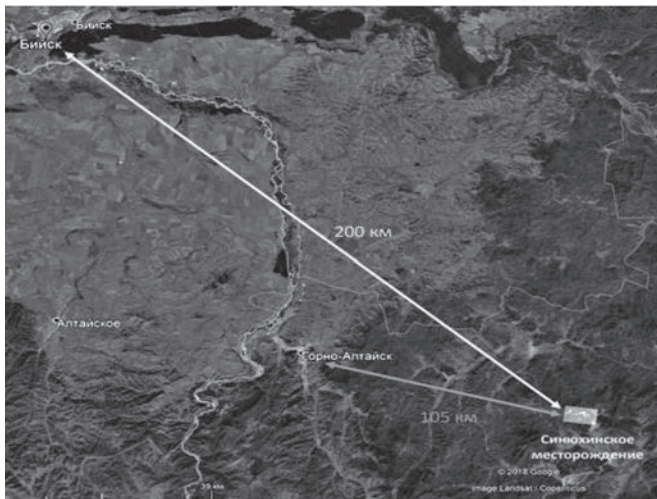


Рис. 1. Обзорная карта расположения района работ /
Fig. 1. Overview map of the work area location

Единственным промышленным предприятием района является рудник Веселый с его базовым поселком Сейка. В настоящее время ведется добыча коренного золота подземным способом. Район представляет собой типичную горно-таежную страну и характеризуется низко-среднегорным рельефом с колебанием абсолютных отметок от

500 м (в долинах рек Сёйка, Синюха, Ынырги) до 800–900 м (на вершинах сопок). К югу наблюдается постепенное увеличение высот. Среднее значение абсолютных отметок – 500–650 м, средние относительные превышения – 200–250 м. Рельеф района благодаря сильному воздействию процессов денудации отличается преобладанием мягких сглаженных форм.

Для месторождения рассчитаны коэффициент рудоносности (линейный), показатель сложности и коэффициент вариации мощностей и содержаний золота (табл. 1) при бортовом содержании 2,0 г/т.

Таблица 1 / Table 1

Статистические параметры, характеризующие сложность месторождения /

Statistical parameters characterizing the complexity of the deposit

Бортовое содержание, г/т	Изменчивость формы			Изменчивость содержания
	коэффициент рудоносности K_p	показатель сложности q	коэффициент вариации мощностей $V_m, \%$	коэффициент вариации содержания $V_c, \%$
2,0	0,71	0,31	205	218

При анализе полученных показателей становится очевидно, что месторождение имеет сложный характер геологического строения. Так, коэффициент рудоносности соответствует 2-й группе, показатель сложности и коэффициенты вариации мощностей и содержаний однозначно можно отнести к 4-й группе.

В соответствии с «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», Синюхинское месторождение относится к 4-й группе как месторождение с мелкими и средними по размерам телами, характеризующимися резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого и прерывистым гнездовым распределением основных ценных компонентов [1].

Руды Синюхинского месторождения тесно ассоциируются со скарновыми залежами. Минеральный состав руд на месторождении изучен достаточно подробно. К настоящему времени в рудном поле описано свыше 30 гипогенных рудных минералов.

Руды Файфановского участка относятся к золото-скарновому типу (сульфидные руды). Основная масса рудных минералов представлена сульфидами меди, среднее содержание которых составляет до 5 %. Одним из основных особенностей месторождения является весьма сложная морфология рудных тел и высокая изменчивость содержания золота. Минералогический состав руды приведен в таблице 2.

На руднике уделяется внимание внедрению и усовершенствованию систем автоматизированного мониторинга, а также разработке методик и оборудования для контроля объектов [2].

Цель работы: рассмотреть комплекс маркшейдерско-геодезических работ, применяемых на руднике с целью анализа и выявления неточностей и последующей оптимизации ведения данных работ.

Таблица 2 / Table 2

**Минеральный состав руды /
Mineral composition of the ore**

Группа минералов	Содержание, %
Кварц, халцедон, опал и другие соединения кремния, полевые шпаты, мусковит	10,3
Кальцит, арагонит	7,1
Пироксенит, амфиболы, эпидот, гранаты, хлорит, тальк	81,7
Примеси: апатит, циркон, сфен, рутил, флюорит, магнетит	0,2
Сульфиды: борнит, халькопирит, пирит, халькозин, ковеллин, галенит, сфалерит, блеклые руды, аргентит, тетрадимит и др.	0,7
Всего	100,0

Методика исследований

На данный момент подземные горные работы ведутся на четырех горизонтах.

Верхний рабочий горизонт рудника (горизонт +425 м) имеет четыре вскрывающие его выработки: вертикальный клетевой ствол шахта № 2, вертикальный разведочно-эксплуатационный штрек РЭШ-5, штольню 13 и транспортный уклон горизонт +520 – +340 м.

Вертикальный клетевой ствол шахта № 2 имеет сечение 3960×2160 мм. Нижняя отметка ствола составляет +425 м. Ствол имеет деревянное крепление, армировка также выполнена из дерева. Для спуска и подъема груза, оборудования, материалов и людей ствол оборудован двумя клетями. Максимальный объем грузовой вагонетки, предназначенной для выдачи горной массы по стволу шахта № 2, составляет $0,7 \text{ м}^3$.

Вертикальный разведочно-эксплуатационный штрек РЭШ-5 проходил с целью разведки и дальнейшего использования в качестве эксплуатационного ствола. Диаметр ствола в свету составляет 6,5 м. Нижний горизонт -15 м. Крепление ствола бетонное, армировка выполнена из металла. Ствол имеет отделение для размещения лестниц, а также труб и электрических кабелей. Эксплуатация ствола в настоящее время приостановлена.

Штольня 13 и транспортный уклон, пройденный прямоугольно-сводчатым сечением площадью 9 м^2 , соединяет промышленную площадку устья штольни 13 горизонт +520 м и горизонт +353 м, длина уклона составляет 600 м. Уклон оснащен конвейером КЛС В800, тип 8080Ф-160-2.

Горизонтальное вскрытие горизонта +425 м осуществлено квершлагом 34, пройденным от околоствольного двора. Запасным выходом с горизонта является штольня 13 горизонт +520 м. Связь между двумя горизонтами осуществляется через штрек 7 горизонт +435 м, восстающий 29, вентиляционный штрек 12 горизонт +465 м, квершлаг 4 горизонт +520 м.

Выработки околоствольного двора ствола шахта № 2 на горизонте +425 м имеют тупиковый тип. В выработках, подходящих к околоствольному двору, размещены насосная камера главного водоотлива с горизонта, центральная подземная электрическая подстанция, которая оснащена понижающими и тяговыми трансформаторами, а также резервный источник электрической энергии. Подходной выработкой для транспортировки грузов в околоствольный двор является квершлаг 34. Выработки околоствольного двора на горизонте +425 м предназначены для транспортировки и

выдачи на-гора вагонеток с горной массой, а также доставки материалов и оборудования.

Транспортный уклон с горизонта +425 м на горизонт +390 м имеет прямоугольно-сводчатое сечение 9 м^2 . Уклон пройден без крепления, оборудован скиповым подъемом с использованием вагонетки ВБ-2,5. Уклон предназначен для выдачи руды и породы с горизонта +390 м. По лестничному отделению уклона осуществляется спуск-подъем людей на горизонт. Спуск-подъем материалов и оборудования на горизонт +390 м осуществляется через восстающий 401 с использованием грузовой лебедки.

Шестой от поверхности горизонт с высотной отметкой +390 м вскрыт транспортным уклоном и вентиляционно-ходовыми восстающими, имеющими выход на верхние горизонты.

Горизонтальное вскрытие горизонта +390 м осуществлено квершлагом 1. В околоствольном дворе горизонта +390 м сооружены: насосная камера, сбитаая водотрубным ходком с уклоном; пункт разгрузки вагонеток УВО-0,8 для погрузки руды и породы в подъемный сосуд уклона. Запасными выходами являются вентиляционно-ходовые восстающие, имеющие выход на вышележащие горизонты.

Горизонт +353 м вскрыт горизонтальными выработками штрек 2 и квершлаг 1. В околоствольном дворе горизонта +353 м расположена насосная камера участкового водоотлива (штрек 2), илоотстойники, водосборники, место разгрузки вагонеток УВО-0,8, оборудованное колосниковыми решетками для пропуска руды нужной фракции. Также на месте разгрузки установлен бутбой для дробления негабаритной фракции горной массы. Из бункеров горизонта +353 м горная масса поступает в приемный бункер качающегося питателя, грузится на конвейерную ленту и выдается на-гора.

Проведение подземных горных выработок включает в себя ряд технологических действий, которые образуют проходческий цикл.

Работы, которые входят в цикл по проходке, можно описать следующими операциями:

- бурением шпуров в забое согласно паспорту;
- выполнением работ по заряданию шпуров и последующему взрыванию;
- проведением пыле-вентиляционных мероприятий;
- зачисткой взорванной горной массы.

Отбойка породы осуществляется буровзрывным способом. Шпуров бурятся перфораторами ПП-63 глубиной 1,6 м для горизонтальных выработок и перфораторами ПТ-45 длиной шпура 1,5 м для вертикальных выработок диаметром 40 мм. В качестве взрывчатого вещества используется аммонит № 6-ЖВ, способ инициирования – электрический. Конструкция заряда – с обратным инициированием. Вруб – клиновой для горизонтальных выработок и прямой призматический, смещенный в сторону грузового отделения для вертикальных выработок.

Для проветривания горизонтальных выработок длиной до 400 м возможно применение (с запасом) имеющегося на руднике вентилятора местного проветривания типа ВМ-5, ВМ-6.

Уборка породы

При проведении горизонтальных выработок породу убирают при помощи породопогрузочных машин или скреперных лебедок. В горизонтальных выработках с площадью

сечения более 5 м² основное применение находят малогабаритные погрузочные машины ковшового типа ППН-1с. Схема уборки горной массы с применением малогабаритных погрузочных машин ковшового типа приведена на рисунке 2.

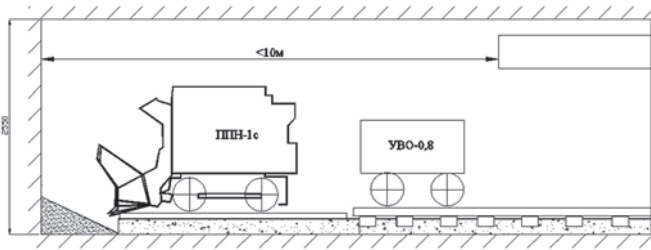


Рис. 2. Схема уборки породы от проходки машиной ППН-1с /
Fig. 2. The scheme of rock removal from the sinking machine PPN-1c

Результаты исследований

Топографо-геодезические исследования

В топографо-геодезическом отношении район работ изучен достаточно хорошо. В районе участка работ и вблизи него расположены пункты триангуляции, полигонометрии и нивелирования, определенные в разные годы на территории Чойского района Республики Алтай, рядом с районом работ.

Геодезической основой для создания съемочного обоснования при съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем служат следующие геодезические построения:

- государственные геодезические сети: триангуляция и полигонометрия 1, 2, 3-го и 4-го классов; нивелирование 1, 2, 3-го и 4-го классов;
- геодезические сети сгущения: триангуляция 1-го и 2-го разрядов, полигонометрия 1-го и 2-го разрядов; техническое нивелирование;
- съемочное обоснование: плановые и планово-высотные съемочные сети или отдельные пункты (точки).

Плотность съемочной сети определяется масштабом съемки, высотой сечения рельефа и требованиями обеспечения точности геодезических, маркшейдерских и других работ при дальнейшей разработке месторождения.

Маркшейдерские планы земной поверхности отображают координатную сетку как в государственной системе координат ГСК-2011, так и в условной. Смещения координатной сетки по координатам X и Y – прямоугольные.

В непосредственной близости от устья ствола, обеспечивающей прямую видимость, закладываются репера группами по 3 пункта в соседних вершинах, далее – по выработкам через 300–500 м друг от друга, расстояние между расположенными рядом пунктами должно быть не менее 50 м [3–5].

Для определения дирекционного угла сторон, которые составляют опорную подземную маркшейдерскую сеть, необходимо выполнить гироскопическое или геометрическое ориентирование. При определении координат пунктов подземной опорной маркшейдерской сети (центрирование подземных опорных маркшейдерских сетей) используются способы примыкания к отвесам, которые опущены и установлены в вертикальных горных выработках.

Для ориентирования и центрирования подземных маркшейдерских сетей, которые являются опорными, в качестве исходных пунктов следует использовать пункты опорной сети на земной поверхности. Исходные пункты должны [5]

находиться не далее чем на 300 м от устьев шахтных стволов. Подходный пункт и не менее двух смежных с ним пунктов опорной маркшейдерской сети на земной поверхности закладываются в виде постоянных и долговременных маркшейдерских знаков (постоянный центр, репер).

Установка их целесообразна в капитальных горных выработках.

Точки, которые являются узловыми в полигонометрических ходах, закрепляются с учетом их сохранности на длительный период.

При выборе места заложения точек следует придерживаться следующих рекомендаций:

- обеспечить видимость соседних (смежных) пунктов;
- расстояние между пунктами должно быть как можно больше;
- обеспечить сохранение пунктов на длительное время;
- место должно быть удобным, безопасным и комфортным для проведения измерений.

Постоянные пункты закрепляются в кровле выработки. Конструкция постоянного пункта представляет собой арматуру с отверстием для отвеса. Арматура вбивается в пробуренный шпур, который заливается бетонным раствором. На борту выработки краской пишется номер закрепленного пункта. Пункты ходов, которые не являются постоянными, фиксируются как временные знаки. При заложении пунктов на месте составляется абрис расположения пункта, отличительные знаки пункта и его конструкция. Конструкция временных пунктов в горных выработках представляет собой деревянную пробку, в которую забивается маркшейдерский гвоздь (рис. 3), марка с номером пункта.

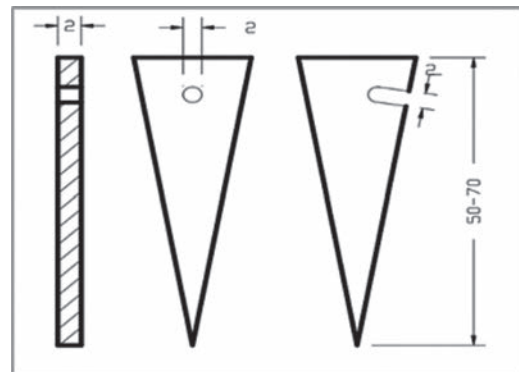


Рис. 3. Конструкция гвоздя маркшейдерского /
Fig. 3. Construction of the surveyor's nail

Порядок нумерации выбирает главный маркшейдер; не допускается повтор номеров пунктов в одной и той же горной выработке.

Сгущение опорной сети для обеспечения съемок на участке горных работ заключается в проложении теодолитных, полигонометрических и тахеометрических ходов по выработкам.

В период разработки месторождения (эксплуатации лицензионного участка) все вновь пройденные горные выработки, которые имеют выход на дневную поверхность, используют для примыкания подземной опорной сети к пунктам опорной маркшейдерской сети на поверхности.

По мере проходки горных выработок подземная опорная маркшейдерская сеть (ОМС) должна пополняться. Расстояние от пунктов полигонометрических ходов опорной мар-

кшейдерской сети до забоев горных выработок не должно превышать 500 м.

Показатели точности измерений в подземных полигонометрических ходах ОМС:

- средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов – не более 20", вертикальных – не более 30";
- разница между измерениями линии, которые произведены независимо дважды, – не более 1:3000 ее длины.

Перед развитием съемочной сети должны измеряться контрольный угол и контрольная длина между пунктами в ходе. Допустимая разница между предыдущими и контрольными измерениями: углов – не более 2'; длин – не более 1:1000 ее длины. В тех случаях, когда пункты подвержены деформации или смещениям, маркшейдерские ходы при развитии должны опираться на стороны, которые ориентированы гироскопически с средней квадратической ошибкой не более 3', или на пункты, которые расположены за пределами зоны сдвига и деформации [5].

При обработке результатов подземного полигонометрического хода выполняется вычисление координат пунктов хода, уравнивание сети, оценка погрешности положения самых удаленных пунктов хода.

Порядок камеральной обработки результатов полевых измерений:

- обработка журналов полевых работ;
- приведение измеренных длин сторон хода;
- вычисление средних значений горизонтальных углов;
- обработка вертикальных углов;
- определение и уравнивание дирекционных углов;
- проведение вычисления приращений, их последующее уравнивание;
- вычисление координат точек;
- проведение вычисления превышений, их последующее уравнивание;
- определение высотных отметок точек хода.

Полигонометрические хода уравнивают раздельно, то есть вначале уравнивают угловые измерения, после уравнивают приращения координат [6–9].

В журналах вычислений координат указывают: горную выработку и ее название; дату проведения съемки; номера и страницы полевого журнала, в котором записывались измерения по съемке; абрис и схему ведения работ по съемке [10].

Соединительные съемки

Примыкание способом соединительного треугольника. При способе с верхнего горизонта на горизонт, который ориентируется, опускаются два отвеса А и В, и решают поставленную задачу. Затем на верхнем горизонте в точке С, которая является конечной точкой стороны с заданным дирекционным углом, устанавливается теодолит и измеряются углы и длины сторон соединительного треугольника a , b и c . Таким же способом на нижнем горизонте теодолитом, установленным в точке C' , измеряются углы ϵ' , δ' , γ' и длины сторон нижнего соединительного треугольника a' , b' и c' . Лучшей по точности формой соединительного треугольника является плоская вытянутая форма, в которой углы α , γ , β' и γ' находятся в пределах 3° в отдельности. Также расстояние между отвесами должно быть максимальным по возможности, а точки установки теодолитов С и C' – максимально приближенными к створу отвесов.

Решение задач по примыканию методом соединительного треугольника разрешается выполнять в том случае, когда вычисленные по формулам (2) средние погрешности острых углов α и β' вытянутых треугольников не превышают $\pm 20''$.

$$M\alpha = \pm a/c m_{\gamma} M\beta = \pm b'/c' m_{\gamma'} \quad (1)$$

Средние погрешности m_{γ} и $m_{\gamma'}$ измерений углов на точках С и C' должны не превышать допуск $\pm 7''$. Чтобы получить такую точность теодолитами 4ТЗ0П, нужно каждый угол измерить не менее чем тремя повторениями, а тахеометрами с средней квадратической погрешностью 3'-5'' – одним полным приемом. Разность $\delta - \epsilon - \gamma$ и $\delta' - \epsilon' - \gamma'$ измеренных углов не должна превышать $\pm 20''$. Направления, которые измерены в точках С и C' , уравниваются – невязки распределяются во все углы с обратным знаком. При измерении углов методом круговых приемов вычисляют средние значения одноименных направлений, приведенных к нулю.

Длины сторон соединительных треугольников измеряются рулеткой не менее двух раз с постоянным натяжением, отсчеты берут с точностью до миллиметров. Разница между крайними отсчетами не должна превышать ± 2 мм. Окончательным результатом является среднее арифметическое значение.

Последовательность решения соединительного треугольника и нахождение дирекционного угла, координат точек исходной стороны $C'D'$ подземных съемок с необходимым контролем приведем ниже (рис. 4).

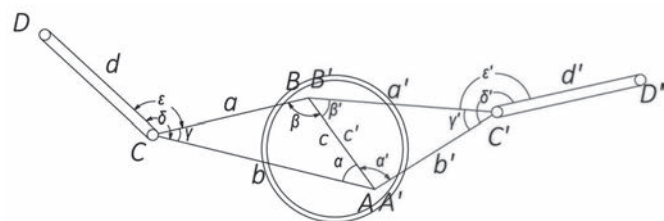


Рис. 4. Схема соединительного треугольника /
Fig. 4. Diagram of the connecting triangle

Углы соединительных треугольников, используемые при дальнейшей обработке, вычисляют, если острые углы α и β не превышают 20° , по формулам синусов:

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma; \sin \beta' = \frac{b'}{c'} \sin \gamma'; \quad (2)$$

$$\sin \alpha' = \frac{a'}{c'} \sin \gamma' \sin \beta' = \frac{b'}{c'} \sin \gamma'. \quad (3)$$

Далее если $\alpha (\beta') > 20^\circ$ и $\beta (\alpha') < 160^\circ$, то применяются формулы вычисления сторон:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}}, \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{p(p-b)}}, \quad (5)$$

$$\text{где } p = \frac{1}{2} (a + b + c)$$

Для вычисления углов α и β' применяются такие же формулы.

Чтобы проконтролировать правильность вычисления углов по предложенным формулам, нужно получить

суммы углов соединительного треугольника, которые не должны отличаться от 180° больше чем на $10''$. Невязку, которую получили, распределяем поровну на все вычисленные углы.

Для контроля правильности измерений длин сторон соединительного треугольника необходимо вычислить расстояния между двумя отвесами по формуле

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma}. \quad (6)$$

Разность между вычисленным и измеренным значением расстояния между двумя отвесами не должна превышать ± 3 мм для треугольников на поверхности и ± 5 мм – для подземных треугольников.

Для вычисления дирекционного угла стороны $C'D'$ и координат точки C' применяют формулы обработки теодолитного хода двумя путями: вначале через отвес А, затем через отвес В.

В этом случае получают два значения дирекционного угла

$$(\angle C'D') = (DC) + \varepsilon - \beta - \beta' + \varepsilon' - 180^\circ, \quad (7)$$

$$(\angle C'D') = (DC) + \delta + \alpha + \alpha' + \delta' - 3 \cdot 180^\circ. \quad (8)$$

После уравнивания полученные значения дирекционного угла должны полностью совпадать. Таким же способом двумя путями получаем координаты точки C' , которые должны совпадать в пределах точности измерения длин сторон треугольников, а именно в пределах 2–3 мм.

Маркшейдерские высотные опорные сети в подземных горных выработках должны состоять из ходов геометрического и тригонометрического нивелирования, которые прокладываются по капитальным и горно-подготовительным выработкам.

Геометрическое нивелирование выполняют по выработкам, в которых угол наклона не превышает 5° . По наклонным выработкам выполняют тригонометрическое нивелирование, которое допускается производить во время проложения полигонометрического хода.

Перед началом нивелирования необходимо проверить устойчивость реперов, которые используют в качестве опорных. Допускается разница между исходными реперами и проверкой не более 15 мм при техническом нивелировании.

При проведении горнопроходческих и очистных выработок в выемочных участках и очистных блоках маркшейдерские работы называют съемочными.

Эти работы являются наиболее важной задачей службы главного маркшейдера. Срок службы таких выработок относительно небольшой.

От своевременной и качественной съемки зависят эффективная производственная деятельность горного цеха, обеспечение безопасности ведения горных работ, полнота и качество выемки сырья [11–13].

Помимо традиционных маркшейдерских методов наблюдений за деформациями земной поверхности существует метод радарной интерферометрии. Радарная интерферометрия находит применение в маркшейдерской деятельности [14]. А

также помимо геофизических методов для предотвращения чрезвычайных ситуаций своевременное обследование состояния бетонной обделки горных выработок с выявлением мест, в которых возможно разрушение обделки методами от визуального обследования до лазерного сканирования с построением трехмерной модели горной выработки с миллиметровой точностью [15].

Таким образом, комплекс маркшейдерских работ на руднике может включать помимо классических измерений современные геофизические измерения, которые существенно расширяют возможности для анализа и интерпретации и моделирования горнотехнических условий для безопасной отработки месторождения.

Заключение

1. В результате маркшейдерских съемок в нарезных и очистных выработках могут быть получены следующие данные: уточнение формы очистного пространства, условия залегания пород и ее свойства, на основе которых выполняется дальнейшее планирование горно-подготовительных и нарезных работ, также вынос проектного положения элементов горных выработок в натуру и задание им направления и т. п.

2. Объектом исследования съемки являются горная выработка, геологоразведочные скважины, контрольные точки на капитальных сооружениях, элементы и параметры геологического строения месторождения и вмещающих пород, проявление горного давления.

3. Маркшейдерский контроль над проведением горных выработок осуществляют путем их осмотра, замеров, горизонтальных и вертикальных съемок в соответствии с разработанным и утвержденным графиком. Если во время маркшейдерского контроля было обнаружено, что выработка пройдена с отступлением от проекта, то маркшейдер обязан остановить работы для исправления обнаруженных отклонений от проектных решений.

4. В результате выполнения научно-исследовательской работы на руднике проанализирован проект отработки запасов Синюхинского золоторудного месторождения подземным способом и решены следующие задачи:

- изучены горно-геологические и горнотехнические условия разработки месторождения;
- рассмотрены и выделены основные этапы технологического цикла ведения горных работ в рамках проекта отработки запасов Синюхинского золоторудного месторождения;
- рассмотрено маркшейдерское обеспечение горных работ;
- обоснован расчет численности службы главного маркшейдера;
- представлено экономическое обоснование отработки запасов и требования к обеспечению производственной безопасности.

5. В целом оптимизирована технология ведения маркшейдерских работ, выбраны методы выполнения измерений, обработки результатов и подготовки графической документации, а также обоснован выбор оборудования для обеспечения производства маркшейдерских работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Писарев В.С. Маркшейдерско-геодезические работы при создании геодинамических полигонов. *Маркшейдерия и недропользование*. 2020; 2 (106): 35-40.
Pisarev V.S. Geodesic and mine surveying works when developing geodynamic field sites. *Mine surveying and subsurface use*. 2020; 2 (106): 35-40. (In Russ.).
2. Владыкина А.В., Никитин В.Н., Писарев В.С. Разработка программного обеспечения для целей инженерных изысканий и мониторинга искусственных сооружений. *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2023; 1 (1): 54-59.
Vladykina A.V., Nikitin V.N., Pisarev V.S. Software development for engineering surveys and monitoring of artificial structures. *Interexpo Geo-Siberia*. 2023; 1 (1) 54-59. (In Russ.). <https://doi.org/10.33764/2618-981X-2023-1-1-54-59>.
3. Ахмедов Б.Н. Построение цифровых трехмерных моделей геопространства. *Инженерная графика и трехмерное моделирование: сборник научных докладов молодежной научно-практической конференции*. Новосибирск, 2016: 9-13.
Ahmedov B.N. Construction of digital three-dimensional models of geospatial. *Engineering graphics and three-dimensional modeling: Collection of scientific reports of the youth scientific-practical conference*. Novosibirsk, 2016: 9-13. (In Russ.).
4. Волков А.В., Еременко А.А., Штирц В.А. Перераспределение зоны максимума опорного давления в днище контура выработанного пространства вглубь вмещающего массива. *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. 2024; 11 (2): 7-16.
Volkov A.V., Eremenko A.A., Stirts V.A. Redistribution of the maximum reference pressure zone in the bottom of the contour of the exhausted space deep into the enclosing massif. *Fundamental and applied issues of mining Sciences*. 2024; 11 (2): 7-16. (In Russ.).
5. Панжин А.А., Мазуров Б.Т., Панжина Н.А. Геодинамический мониторинг и моделирование поля деформаций на коркинском угольном месторождении. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2021; 2: 94-109.
Panzhin A.A., Mazurov B.T., Panzhina N.A. Geodynamic monitoring and modeling of the deformation field at the Korkinsky coal deposit. *News Tula State University. Earth Sciences*. 2021; 2: 94-109. (In Russ.).
6. Басаргин А.А. Применение методов геоинформатики для изучения и оценивания риска последствий землетрясений. *Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий*. 2022; 27 (6): 89-97.
Basargin A.A. Application of geoinformatics methods for studying and assessing the risk of earthquake consequences. *Bulletin of Siberian State University of Geosystems and Technologies*. 2022; 27 (6): 89-97. (In Russ.). <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2022-27-6-89-97>.
7. Антонов Ю.В. Плотностные неоднородности в земной коре. *Геофизика*. 2005; 1: 62-68.
Antonov Yu.V. Density inhomogeneities in the Earth's crust. *Geophysics*. 2005; 1: 62-68. (In Russ.).
8. Мазуров Б.Т., Кафтан В.И. Обзор развития геодинамики и геодезических методов решения геодинамических задач. *Геодезия и картография*. 2020; 81 (2): 25-39.
Mazurov B.T., Kaftan V.I. Review of the development of geodynamics and geodetic methods for solving geodynamic problems. *Geodesy and cartography*. 2020; 81 (2): 25-39. (In Russ.). <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2020-956-2-25-39>.
9. Карпик А.П., Жарников В.Б. О взаимодействии наук о Земле в развитии нефтегазового комплекса страны. *Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий*. 2022; 27 (2): 173-183.
Karpik A.P., Zharnikov V.B. On the interaction of earth sciences in the development of the country's oil and gas complex. *Bulletin of Siberian State University of Geosystems and Technologies*. 2022; 27 (2): 173-183. (In Russ.). <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2022-27-2-173-183>.
10. Середович В.А., Алтынцев М.А., Попов Р.А. Исследование точности создания цифровых моделей рельефа и вычисления объемов насыпи и выемки горных пород на основе данных лазерного сканирования. *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*. 2015; S5: 66-71.
Seredovich V.A., Altyntsev M.A., Popov R.A. Investigation of the accuracy of creating digital relief models and calculating the volumes of embankment and excavation of rocks based on laser scanning data. *News of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography*. 2015; S5: 66-71. (In Russ.).
11. Некрестов Я.А., Гиенко Е.Г. Технология визуального позиционирования для решения геодезических задач. *Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения*. 2023; 2: 20-24.
Nekrestov Ya.A., Gienko E.G. Technology of visual positioning for solving geodetic problems. *Regulation of land and property relations in Russia: legal and geospatial support, real estate valuation, ecology, technological solutions*. 2023; 2: 20-24. (In Russ.).
12. Уставич Г.А., Неволин А.Г., Падве В.А. и др. Анализ технологических схем создания геодезического обоснования на промплощадке. *Записки Горного института*. 2021; 249: 366-376.
Ustavich G.A., Nevolin A.G., Padve V.A., et al. Analysis of technological schemes for creating a geodetic justification at an industrial site. *Notes of the Mining Institute*. 2021; 249: 366-376. (In Russ.). <https://doi.org/10.31897/PMI.2021.3.5>.
13. Репин А.С. О методике геопространственного мониторинга бугров пучения многолетнемерзлых пород. *Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий*. 2021; 26 (3): 28-35.
Repin A.S. On the methodology of geospatial monitoring of the heave mounds of permafrost rocks. *Bulletin of Siberian State University of Geosystems and Technologies*. 2021; 26 (3): 28-35. (In Russ.). <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2021-26-3-28-35>.
14. Величко И.М. Проведение маркшейдерских работ с использованием радарной интерферометрии для выявления подземных пожаров при разработке угля шахтным способом. *Маркшейдерия и недропользование*. 2025; 25 (4): 83-87.
Velichko I.M. Conducting mine surveying using radar interferometry to detect underground fires during coal mining. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025; 25 (4): 83-87. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-4-83-87>.
15. Писарев В.С., Атрушкевич В.А. Обследование ствола шахты фотограмметрическим методом. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2024; 4: 760-768.
Pisarev V.S., Atrushkevich V.A. Inspection of the shaft by photogrammetric method. *Proceedings of Tula State University. Earth Sciences*. 2024; 4: 760-768. (In Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**Виктор Семенович Писарев –**

канд. техн. наук, заведующий кафедрой инженерной геодезии и маркшейдерского дела ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», 630108, г. Новосибирск, Российская Федерация; старший научный сотрудник № 3.1 лаборатории геологоструктурного моделирования ИПКОН РАН, 111020, г. Москва, Российская Федерация;
e-mail: v.s.pisarev@sgugit.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 20.07.2025
Поступила после рецензирования: 29.07.2025
Принята к публикации: 27.09.2025

ABOUT THE AUTHOR**Viktor S. Pisarev –**

Cand. Sci. (Eng.), Head of the Department of Engineering Geodesy and Surveying, Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Novosibirsk, Russian Federation; Senior Researcher No. 3.1, Laboratory of Geostructural Modeling, IPCON RAS, 111020, Moscow, Russian Federation;
e-mail: v.s.pisarev@sgugit.ru

Article info

Received: 20.07.2025
Revised: 29.07.2025
Accepted: 27.09.2025