

И. Т. Андреев ^{1✉}, А. А. Гребенников ¹

Применение комбинированного метода съемки для маркшейдерского обеспечения добычи руды способом подход-отход

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: vano.tim0feevich@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается методика маркшейдерского обеспечения отработки рудных блоков способом «подход-отход» на примере одного из золоторудных месторождений. Детально описан процесс съемки: от выставления проектного контура и тахеометрической съемки уступов до постобработки данных в среде Civil 3D. Представлен анализ точности применяемых приборов (GNSS-приемник Trimble R8s и электронный тахеометр Sokkia IM-105) и методика «срачивания» точек подхода и отхода для получения фактического контура добычи. На основе полученных данных выполнен сравнительный анализ с ПиР (потери и разубоживание), определены фактические потери и разубоживание. Результаты работы демонстрируют высокую эффективность предложенного подхода для контроля качества отработки и повышения полноты извлечения запасов.

Ключевые слова: маркшейдерское дело, рудный блок, GNSS, тахеометр, Civil 3D, потери и разубоживание, лазерное сканирование, Trimble R8s, Sokkia IM-105

I. T. Andreev ^{1✉}, A. A. Grebennikov ¹

Application of a combined survey method for mine surveying during approach-and-retreat mining

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: vano.tim0feevich@mail.ru

Abstract. The article discusses the methodology of surveying support for the mining of ore blocks using the "approach-retreat" method on the example of one of the gold deposits. The surveying process is described in detail: from setting out the design contour and tachymetric surveying of benches to post-processing of data in the Civil 3D environment. An analysis of the accuracy of the used instruments (Trimble R8s GNSS receiver and Sokkia IM-105 electronic total station) and the method of "merging" the approach and retreat points to obtain the actual mining contour are presented. Based on the obtained data, a comparative analysis with the design was performed, and actual losses and dilution were determined. The results of the work demonstrate the high efficiency of the proposed approach for controlling the quality of mining and increasing the completeness of reserve extraction.

Keywords: surveying, ore block, GNSS, total station, Civil 3D, losses and dilution, laser scanning, Trimble R8s, Sokkia IM-105

Введение

Современные условия разработки месторождений полезных ископаемых предъявляют жесткие требования к точности отработки рудных тел. Особенно

остро этот вопрос стоит при селективной выемке, где отклонение от проектного контура на десятки сантиметров может привести к значительным потерям металла или разубоживанию руды [1]. На большинстве горнодобывающих предприятий контроль за отработкой блоков осуществляется эпизодически, что не позволяет оперативно влиять на качество добычи.

Целью данной работы является демонстрация эффективной методики маркшейдерского обеспечения цикла «взрыв – выемка – контроль» на примере способа «подход-отход». Данная методика не только позволяет повысить точность отработки, но и создать цифровую базу для анализа потерь и разубоживания по каждому блоку [3, 4].

Методы и материалы

Объектом исследования является рудный блок (рис. 1), обрабатываемый открытым способом.

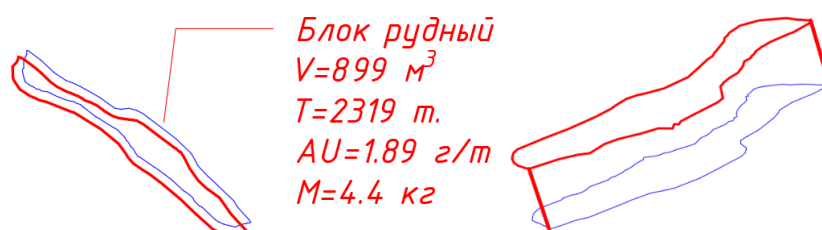


Рис. 1. Сортовой план исходного рудного блока

Для выполнения полевых маркшейдерских измерений применялся комплект высокоточного геодезического оборудования. Для выноса в натуру проектных контуров рудного сектора, а также для съемки точек верхней и нижней бровок использовался ГНСС-приемник Trimble R8s [2, 5] (рис. 2), а для съемки бортовых линий – тахеометр Sokkia IM-105 [6] (рис. 3).



Рис. 2. ГНСС-приемник Trimble R8s и контроллер TSC3



Рис. 3. Тахеометр Sokkia IM-105

В таблицах 1 и 2 представлены основные технические характеристики используемых приборов.

Таблица 1 – Основные технические характеристики тахеометра Sokkia IM-105

Характеристика	Показатель
Угловая точность	5"
Точность измерения расстояний (на призму)	2 + 2 ppm (DIN)
Точность измерения расстояний (безотраж.)	3 + 2 ppm
Компенсатор	Двухосевой, диапазон $\pm 6'$
Увеличение зрительной трубы	30х
Диапазон рабочих температур	От -35°C до $+50^{\circ}\text{C}$
Пылевлагозащита	IP66
Время непрерывной работы	До 8 часов
Масса (с батареей и тригером)	5,6 кг

Таблица 2 – Основные технические характеристики ГНСС-приемника Trimble R8s

Характеристика	Показатель
Количество каналов	440
Принимаемые сигналы	GPS (L1, L2, L2C, L5), ГЛОНАСС (L1, L2, L2P, L3), Galileo, BeiDou, SBAS, QZSS
Точность измерений в режиме RTK (в плане)	8 мм + 1 мм/км
Точность измерений в режиме RTK (по высоте)	15 мм + 1 мм/км
Время инициализации	Менее 8 секунд
Встроенная память	2 ГБ
Диапазон рабочих температур	От -40°C до $+65^{\circ}\text{C}$
Пылевлагозащита	IP67
Время непрерывной работы	До 3 часов
Масса (с батареей)	1,52 кг

Технологическая схема обработки блока способом подход-отход включает следующие этапы:

– буровзрывные работы (породный блок). Производится взрыв породного массива, после чего маркшейдерской службой выполняется вынос в натуру проектного контура подхода рудного сектора. Для этого с помощью GNSS-приемника выносятся характерные точки контура (бровки, углы поворота), которые закрепляются сигнальными вежами и лентой (рис. 4);

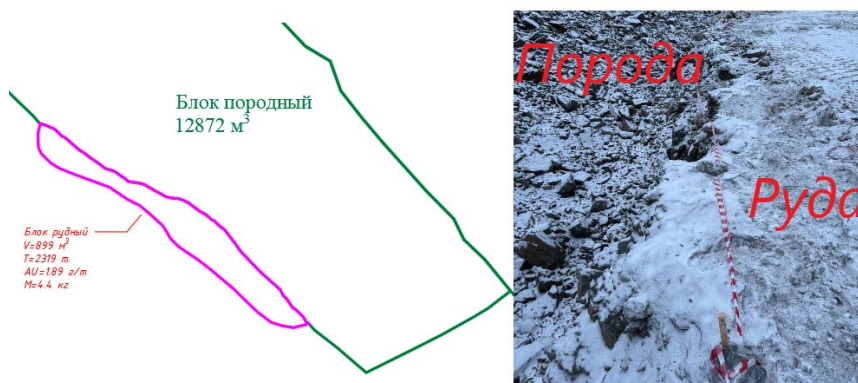


Рис. 4. Вынос подхода к рудному блоку в натуру после выполнения взрывных работ

– обработка подхода. Горная служба проводит выемку взорванной породы строго до выставленного контура, формируя рудную стенку. После завершения этого этапа производится съемка фактического положения верхов и низов уступа;

– съемка подхода. Комбинированная съемка выполняется двумя приборами: GNSS-приемником снимаются основные точки контура (верхняя и нижняя бровки), а тахеометром выполняется детальная съемка двух линий по борту для построения точной модели стенки (рис. 5);

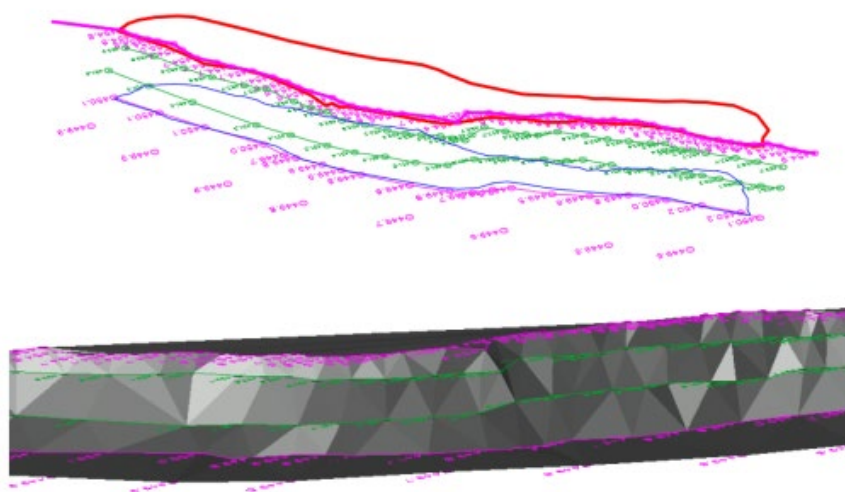


Рис. 5. Итоговая съемка подхода и полученная поверхность рудной стенки

- проектирование и взрыв блока БВР. На основе полученной модели рудной стенки проектируется блок буровзрывных работ для отбойки рудного сектора;
- отработка рудного блока и съемка отхода. После отгрузки рудной массы выполняется съемка отхода для фиксации фактического контура задней стенки выработанного пространства (рис. 6).

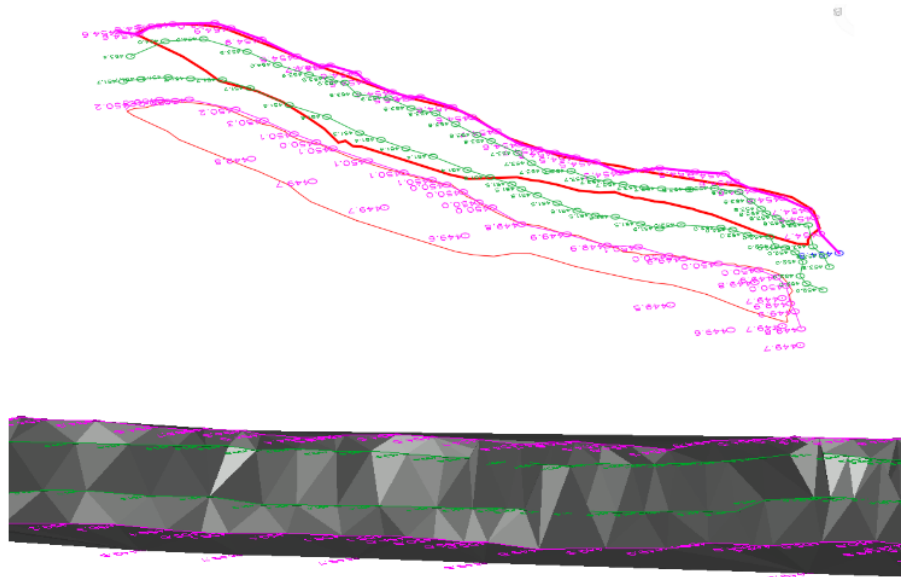


Рис. 6. Итоговая съемка отхода и полученная поверхность задней стенки

Результаты и обсуждение

После завершения съемок подхода и отхода ключевым этапом являлось «сращивание» двух съемок: путем построения поверхностей по облакам точек подхода и отхода. Полученная фактическая поверхность сравнивалась с проектной моделью блока (рис. 7), на основе чего строились разрезы и рассчитывались фактические показатели потерь и разубоживания.

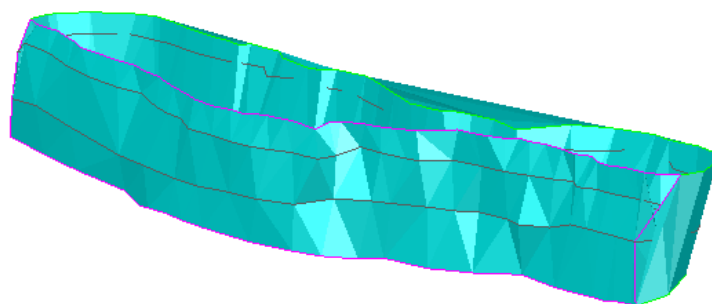


Рис. 7. Построенная модель факта добычи рудного сектора

Для визуальной оценки и количественного анализа были построены вертикальные разрезы и картограммы отклонений. На рис. 7 представлены характерные сечения, демонстрирующие фактические контуры отработки относительно проектных границ рудного тела. Визуальный анализ разрезов показывает хорошую сходимость проектных и фактических контуров в центральной части блока. Однако в приконтактной зоне зафиксированы отклонения. Максимальные значения отклонений составляют 0,4–0,5 м, которые зафиксированы в зонах, прилегающих к временно нерабочему борту карьера, что связано с повышенной трещиноватостью массива и его осыпанием после массового взрыва (рис. 8).

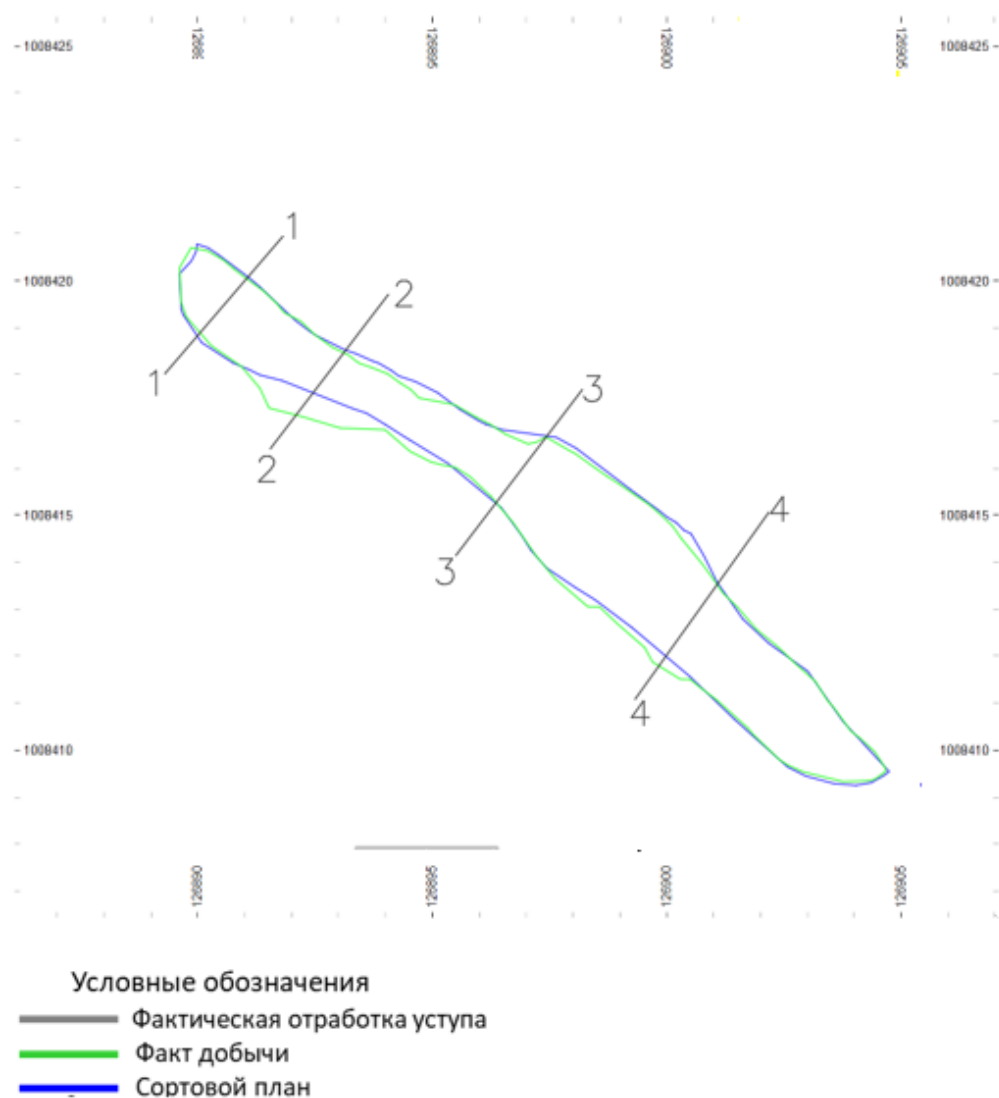


Рис. 7. Сечения фактических контуров отработки рудного тела

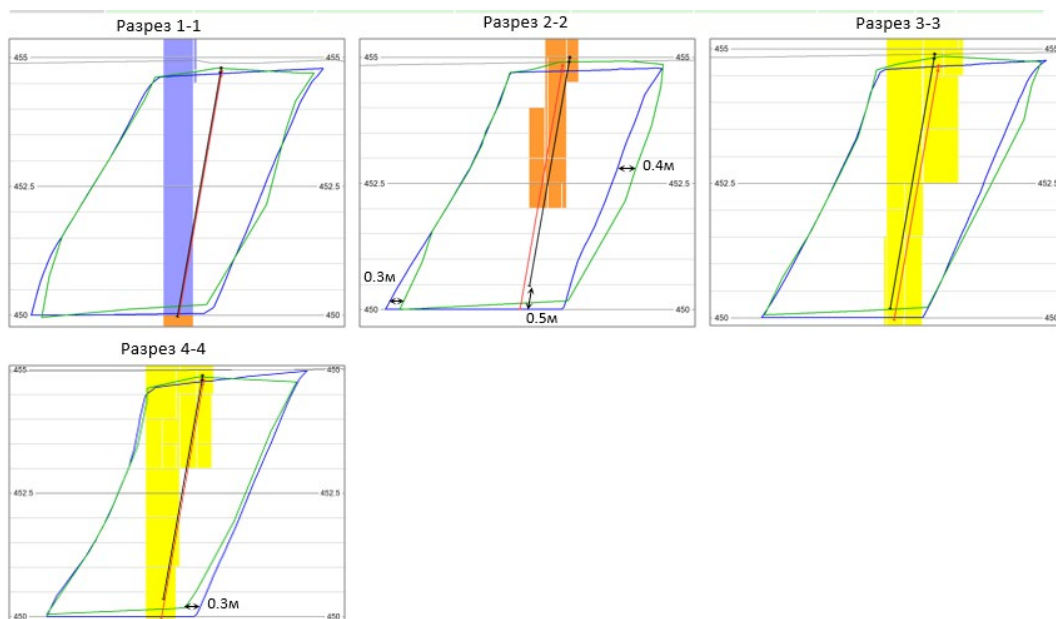


Рис. 8. Разрезы модели факта добычи рудного сектора

На основе построенных моделей были рассчитаны фактические показатели потерь и разубоживания [7]. Расчеты потерь и разубоживания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет ПиР

	Товарная руда, м ³	Балансовая руда, м ³	Порода		Потери			
			м ³	%	м ³	т	г/т	кг
План	899,44	180,24	719,20	80,00	6,34	17,72	5,84	0,10
Факт	913,51	180,13	733,38	80,28	3,10	8,31	6,31	0,05

Сравнение проектного объема руды в блоке с объемом, ограниченным поверхностями подхода и отхода, позволило определить коэффициент извлечения. Предварительный анализ показал, что потери руды в среднем по блоку не превысили проектных 5%, однако разубоживание в приконтактных зонах достигло 8–10% за счет прихвата вмещающих пород при зачистке. Эти цифры подтверждают необходимость более строгого контроля за ведением взрывных работ и выемкой именно в этих локальных участках, выявленных благодаря детальной съемке.

Заключение

Методика маркшейдерского обеспечения отработки способом подход-отход доказывает свою эффективность. Комбинация ГНСС-съемки и тахеометрической съемки позволяет с необходимой точностью и скоростью фиксировать фактические контуры добычи.

Основные выводы по работе:

– точность контроля. Методика позволяет выявлять отклонения от проекта с точностью до 0,1 м, что критически важно для селективной выемки;

– цифровизация процессов. Использование Civil 3D для обработки съемок и построения моделей автоматизирует процесс подсчета объемов и анализа показателей;

– оперативное реагирование. Ежемесячный анализ данных (ПиР) дает возможность геологам и маркшейдерам своевременно корректировать планы горных работ и влиять на качество добычи;

– выявление причин отклонений. Детальная съемка позволила установить, что основной причиной переборов является осыпание массива после взрыва.

Дальнейшее развитие методики видится в применении мобильного лазерного сканирования для полной оцифровки рудной стенки, что позволит исключить ручной этап съемки и получать максимально детальную картину состояния рудного блока на всех этапах отработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боровков Ю. А. Геодезическое обеспечение горных работ : учеб. пособие / Ю. А. Боровков. – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2019. – 112 с. – ISBN 978-5-8019-4321-7.

2. ГНСС-оборудование в горном деле. – Текст : электронный // Официальный сайт компании «Навгеоком» : [Электронный ресурс]. – URL: <https://ngcm.ru> (дата обращения: 16.03.2026).

3. Инструкция по производству маркшейдерских работ / Науч.-техн. упр. Госгортехнадзора Рос. Федерации. – Санкт-Петербург : Изд-во ВНИМИ, 1997. – 161 с.

4. Попов В. Н. Маркшейдерское дело : учебник для вузов / В. Н. Попов, В. А. Букринский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Горная книга, 2016. – 678 с. – ISBN 978-5-98672-341-9.

5. Технические характеристики ГНСС-приемника Trimble R8s. – Текст : электронный // Официальный сайт компании «Trimble Geospatial» : [Электронный ресурс]. – URL: <https://geospatial.trimble.com> (дата обращения: 16.03.2026).

6. Технические характеристики тахеометра Sokkia IM-105. – Текст : электронный // Официальный сайт компании «Sokkia» : [Электронный ресурс]. – URL: <https://sokkia.com> (дата обращения: 16.03.2026).

7. Шехтман Г. А. Современные геодезические методы при разработке месторождений полезных ископаемых / Г. А. Шехтман. – Текст : электронный // Геопрофи. – 2021. – № 3. – С. 24–28. – URL: <https://geoprofi.ru> (дата обращения: 16.03.2026).

© И. Т. Андреев, А. А. Гребенников, 2026