

## Legend

- Легенда  
**НАУКИ О ЗЕМЛЕ:**  
ТЕМА НОМЕРА
- Положение Карьера на 1.09.15
  - Положение Карьера на 1.10.15
  - Отбойка за 09.15
  - Скв ниже СОГ
  - Скв СОГ
  - Баланс
  - Забаланс



**Р.В. Говоруха**  
АО «Полиметалл УК»<sup>1</sup>  
начальник управления мониторинга и моделирования  
профессиональный член «The Institute of Materials,  
Minerals and Mining (IOM3)»  
govorukha@polymetal.ru

УДК 553.048

# Опыт и результаты внедрения процесса горного согласования на предприятиях компании Полиметалл

<sup>1</sup>Россия, 198216, Санкт-Петербург, проспект Народного Ополчения, 2.

Одной из основных проблем для любого действующего горного проекта, является подтверждение запланированных содержаний при добыче и дальнейшей переработке на извлекательной фабрике. Расхождения, обнаруживающиеся между тем, что ожидалось по блочным моделям ресурсов и фактической переработкой, являются часто очень значительными. В статье приводится описание процессов горного согласования, которое, по мнению автора, является одним из главных направлений повышения качества управления горным проектом. Обсуждаются общие принципы горного согласования, приводится практический опыт внедрения процесса на предприятиях Полиметалл. Рассматриваются наиболее часто встречающиеся источники ошибок при оценке ресурсов и рудном контроле, выявленные с помощью соотношения оцененных и измеренных данных или по коэффициентам согласования

**Ключевые слова:** горное согласование; оценка ресурсов; коэффициенты горного согласования; кодекс согласования; контроль содержаний

**Р**абота горного предприятия представляет собой схему, где каждый последующий горный передел добавляет ценность проекту, при этом на каждом переделе используются собственные измерения, стандарты и допущения, что не добавляет прозрачности в оценках. Основной целью горного согласования является выявление источников ошибок и оценка их значимости, чтобы избежать в дальнейшем их повторения, т.к. как значимые ошибки на одном из переделов могут привести к потере целевых показателей добычи, переработки и денежного потока всего проекта.

### Общие принципы согласования и опыт компании Полиметалл

Для каждого горнодобывающего предприятия производственно-технологическая цепочка имеет свои особенности, но все же это довольно стандартный набор операций, который включает в себя оценку минеральных ресурсов (МР), оценку рудных запасов (РЗ), горное проектирование, планирование, процедуры контроля содержания, добычу, перевозку, складирование и производство готовой продукции.

Согласно принятой в компании концепции горного согласования, основные операции производственно-технологической цепочки выделяются в отдельные модули. Проводится анализ эффективности работы, например, горных и геологических подразделений по отдельности и далее – всей цепи в целом. В случае возникновения критического расхождения такая схема позволяет локализовать проблему и персонализировать ответственность. Принципиальная схема горного согласования, принятая в компании, представлена на **рис. 1**.

В рамках принятой схемы производится измерение расхождения между запланированным и достигнутым результатом [1]. С помощью ключевых индикаторов производства (коэффици-

ентов) вычисляется корректность оценки (например, МР или РЗ) и, как следствие – точность планирования и возможные риски. Далее может быть пересмотрена эффективность принятых ранее инженерных решений и допущений с целью внесения корректировок в конкретный производственный цикл – для устранения критического отклонения.

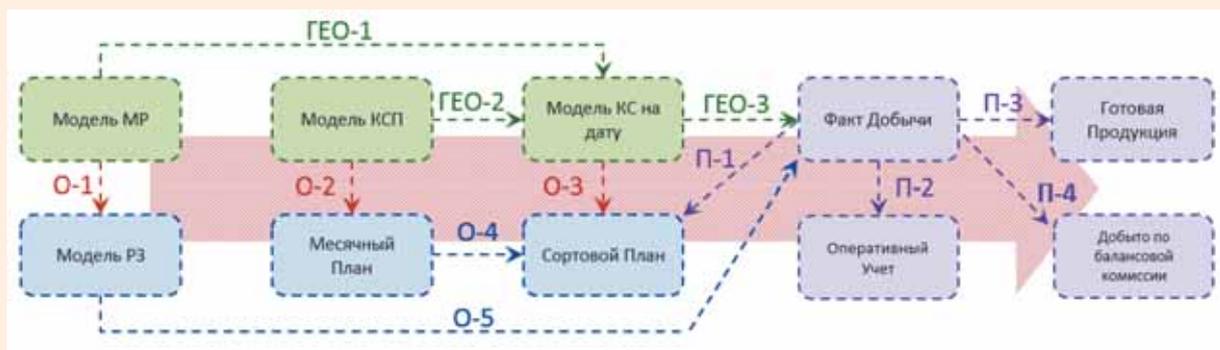
Все сопоставления производятся в единых пространственных (x, y, z), временных (смена, неделя, месяц, полугодие и т.д.) и физических (тонны, г/т и т.д.) единицах. Другими словами, исследуемая порция материала (например, добычной сектор или камера), проходящая через все стадии сопоставлений, должна быть четко идентифицирована на каждом этапе.

### Маркеры проблемы

Общепризнано, что для благородных металлов хорошее согласование между добычей и переработкой (в рамках года) должно быть равным  $\pm 10\%$  [2]. Однако существуют и другие способы расчета контрольных границ, и они могут подбираться для конкретных предприятий индивидуально. Это может быть величина трех стандартных отклонений от ожидаемого или подбор на основе длительного сбора данных фактической отработки. У каждого из методов есть свои плюсы и минусы.

Если полученные коэффициенты выходят за рамки этого лимита, то в дальнейшем они никогда не должны использоваться как множители для корректировки входных данных. Так, например, при выявлении сверхнормативных расхождений между содержаниями фактической добычи и плановыми оценками содержания в блочной модели правка блочных моделей не производится, т.к. ошибки оценки имеют случайный характер, и их искусственная корректировка приведет в лучшем случае к сглаживанию, а в худшем – к смещенной оценке и, как следствие, истинная причина отклонения не будет выявлена.

**Рис. 1.**  
Принципиальная схема согласования с коэффициентами



Козффициенты	Обозначение	Цель Согласования
Модель МР (погашено) / Модель РЗ (погашено)	О-1 (потери)	Улучшение качества планирования и оптимизации горных работ. Мониторинг за рациональным использованием минерально-сырьевой базы компании
	О-1 (засорение)	Улучшение качества планирования и оптимизации горных работ, через сравнение проектного и фактического засорения
Модель КСД / Факт Добычи	ГЕО-3 (потери)	Улучшение качества проведения горных работ. Мониторинг за рациональным использованием минерально-сырьевой базы компании
	ГЕО-3 (засорение)	Улучшение качества проведения горных работ, через сравнение проектного и фактического засорения
Сортовой План / Факт Добычи	П-1	Улучшить качество проектных, взрывных и добычных работ

**Таблица 1.**  
Номенклатура коэффициентов согласования (отрывок)

**Создание единой номенклатуры**

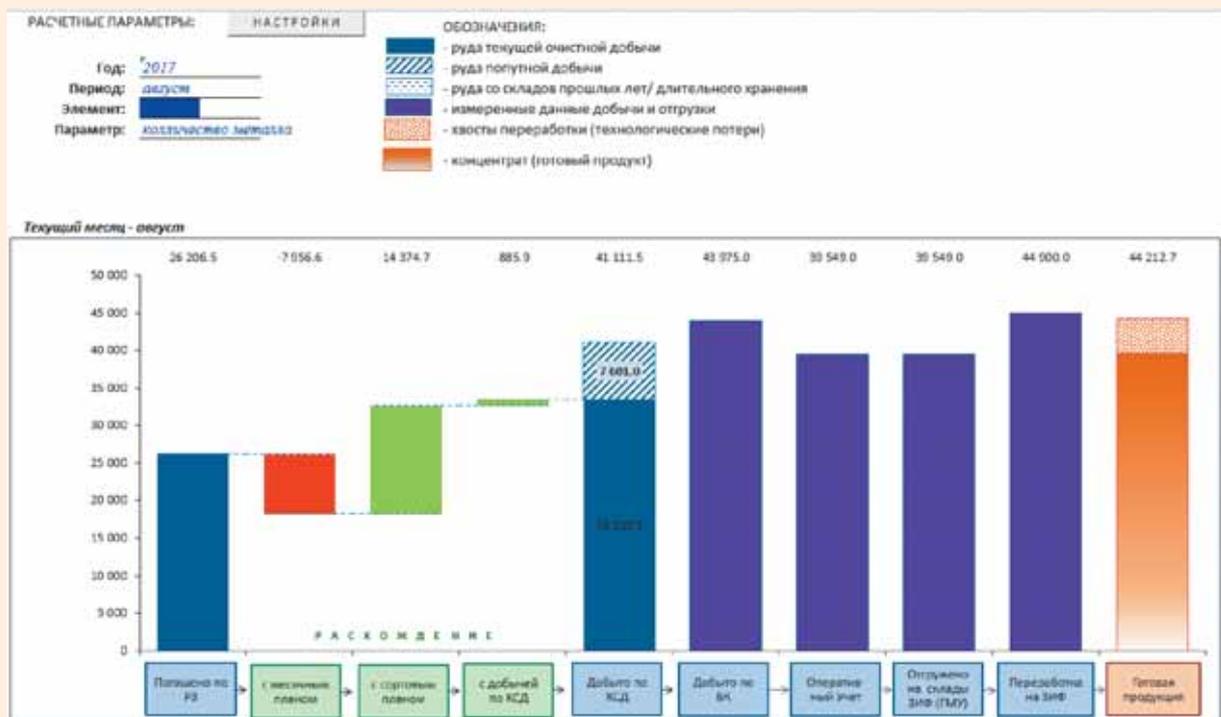
Для того чтобы получить максимум отдачи от процесса горного согласования для компании, которая включает более десятка предприятий с разными типами месторождений и разной системой отработки, потребовалось создание единой системы расчетов коэффициентов и единой номенклатуры отчетности. С этой целью был разработан корпоративный Кодекс Согласования. В **табл. 1** представлен отрывок из стандартизированной номенклатуры коэффициентов

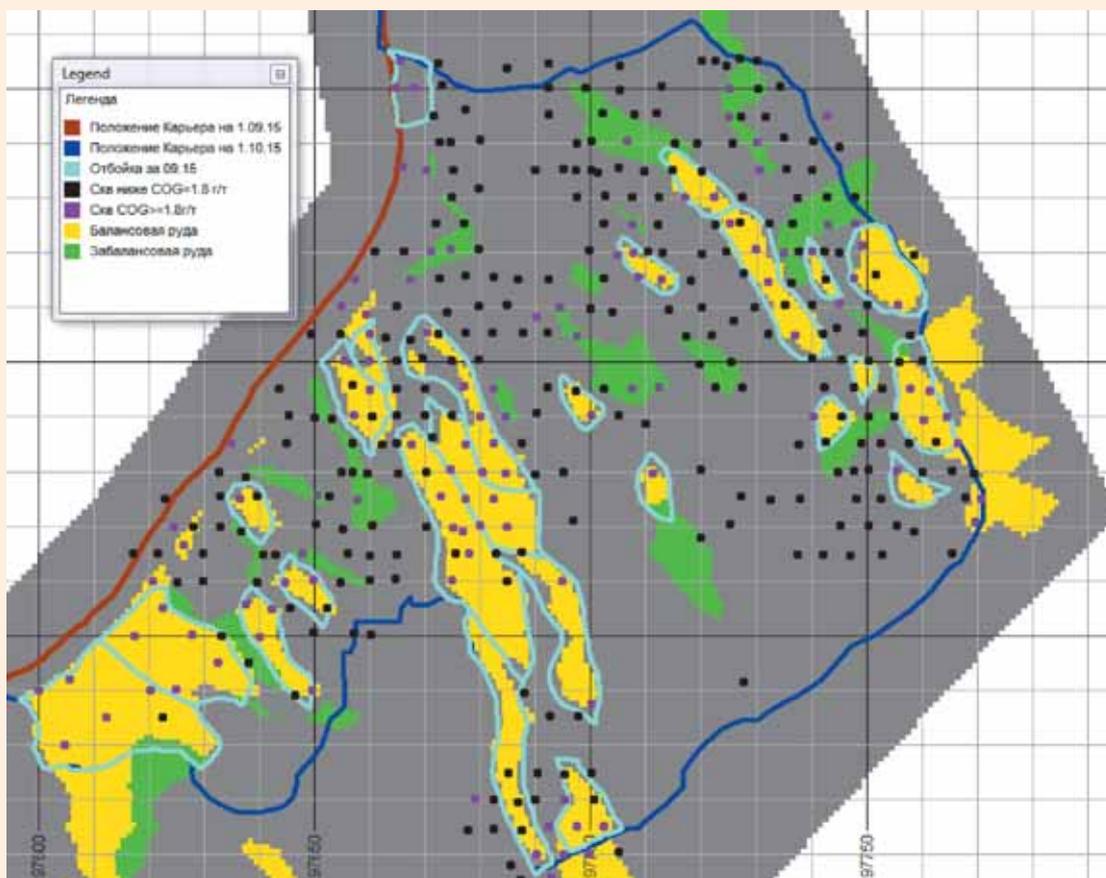
согласования, принятой в компании, которая обеспечивает легкое понимание персоналом, задействованном в работе, смысла проводимого сопоставления и его обозначения.

С целью сокращения влияния «человеческого фактора» при сборе и обработке данных разработаны и используются макросы и скрипты, а доступ к первичной информации и ее обновлению строго регламентированы, что позволяет минимизировать подобного рода влияние на проведение процесса согласования [3].

**Рис. 2.**

Фактический пример сквозного согласования металла одного из действующих предприятий





**Рис. 3.**  
Вид в плане на модель КС в пределах горизонта месячной добычи с легендой

Одной из стадий процесса является создание рабочей отчетности, которая представляет собой набор таблиц и графиков, где все коэффициенты и их составляющие представлены в удобном формате. На **рис. 2** представлен фактический результат сквозного согласования, где рассматривается движение металла через все переделы горных работ таким образом, чтобы можно было оценить баланс на входе и на выходе каждого процесса.

#### Источник плохого согласования

Для большинства рудников существует несколько основных источников плохого согласования данных добычи и переработки. Это:

- ошибки при оценке МР и РЗ в рамках долгосрочного планирования;
- неэффективность процессов добычи при разделении руды и породы, как это было запланировано при краткосрочном планировании;
- несоблюдение запланированных направлений добычи;
- проблемы на фабрике.

При проведении согласования нужно учитывать тот факт, что некоторые коэффициенты

требуют наблюдений в длительной перспективе (квартал или даже полугодие), для того, чтобы убрать фактор случайности, но вместе с этим выявить закономерность. Хорошей практикой является формирование выводов по некоторым производственным переделам, анализ должен проводиться одновременно по нескольким коэффициентам. Так, например, горные коэффициенты должны анализироваться совместно с производственным коэффициентом соблюдения направлений добычи, т.к. часто факт добычи совпадает по показателям тоннажа, металла и содержания с запланированным, но при этом добыча производилась по незапланированным направлениям. Систематическое отклонение по этим коэффициентам дает сигнал об управленческих проблемах.

#### Практический пример для ГЕО-1

На протяжении нескольких месяцев 2015 г. на одном из золотых месторождений компании наблюдалось неудовлетворительное согласование по коэффициенту ГЕО-1, где оценки модели МР и модели контроля содержаний (далее КС) не подтверждали друг друга. Изучение проблемы

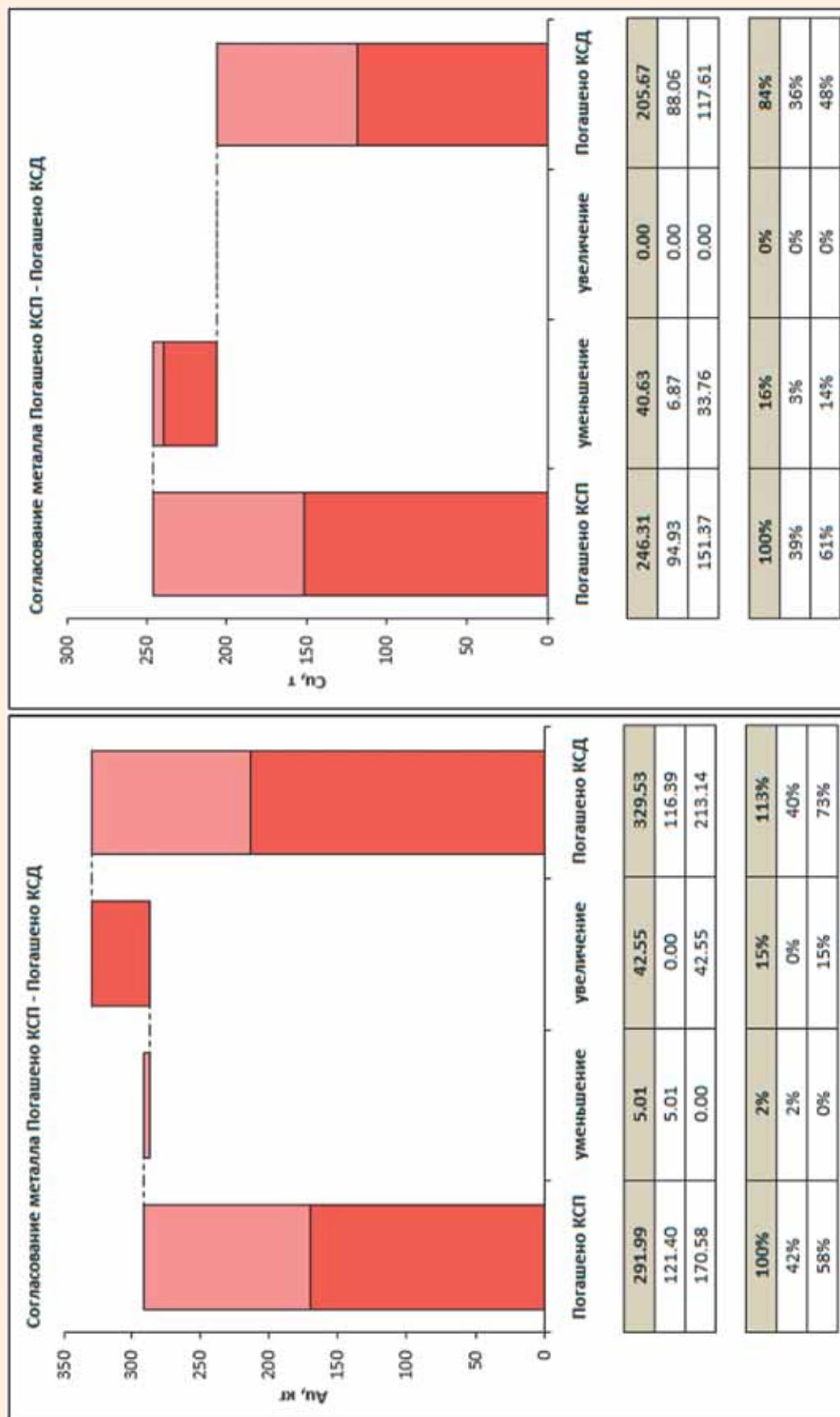


Рис. 4.  
Графики согласования золота и меди

показало, что часть руды с содержанием, отвечающим расчетным значениям *Cut of grade (COG)* для добычи, была классифицирована и добыта как забалансовая. Данный пример представлен на **рис. 3**.

При сгущении буровой сети в пределах сплошного контура минерализации, построенного по редким разведочным данным, ожидаемо появились скважины с содержанием меньше расчетного *COG* для добычи. При принятии решения об отнесении порций минерализации к балансовой или забалансовой руде персонал рудника в основном руководствовался экономической составляющей, т.е. *COG*, и не в полном объеме учитывал геологическую структуру и сплошность оруденения. Также на результаты оконтуривания повлияло отставание сопровождающей эксплуатационной разведки для этого периода, поэтому на таких участках контур рудного тела был экстраполирован на большее расстояние, несоизмеримое с заданной селективностью для планирования, что снизило достоверность интерпретации и оценки.

По результатам выявленной проблемы был предпринят комплекс мероприятий, в том числе была полностью пересмотрена методика оконтуривания и блочного моделирования в пользу использования индикаторного кригинга, что позволило в дальнейшем привести к удовлетворительному согласованию моделей МР и КС.

#### Практический пример для ГЕО-2

Другой пример, работа над неудовлетворительным согласованием между оценками модели КС на начало месяца (модель используется для планирования) и моделью КС на конец месяца (модель построена с учетом всех данных бурения и используется для закрытия месяца), золотомедного месторождения штокверкового типа, рассмотрен ниже. На **рис. 4** представлены графики согласования золота и меди за отчетный месяц, которые показывают хорошую сходимость запланированных и фактических данных по золоту и неудовлетворительную сходимость по меди.

Анализ проблемы показал, что сети бурения 10×10 м, на которой строится модель КС для месячного планирования, достаточно для качественного предсказания золота в золотых сортах руды, но недостаточно для предсказания меди в медных сортах руды. В дальнейшем были проведены специальные тематические работы [4], которые показали необходимость сгущения сети бурения до 5×5 м для медного сорта руд из-за крайне высокой изменчивости содержания. Продолжается изучение геологического строения месторождения.

#### Другие факторы плохого согласования. Опыт компании Полиметалл

Ниже кратко рассмотрены некоторые коэффициенты согласования и сценарии, которые могут послужить причиной плохого согласования.

Плохое согласование модели МР и КС может говорить о следующих упущениях в производственном цикле:

- наличия проблем в базовых оценках геологии месторождения, часто обусловленное недостаточной геологической изученностью участка работ;
- низкой обеспеченности опережающей разведкой, когда при формальном выполнении плановых показателей по метрам бурение производится на не запланированных к добыче участках, по причине проведения вскрышных работ на месте локации буровых площадок;
- в некоторых случаях при некорректном использовании в оценке МР содержаний, полученных разными методами опробования, из разных лабораторий или в разные периоды освоения месторождения, происходит смещенная оценка, которая никак не учитывается в дальнейшем;
- различной методике блочного моделирования;
- проблемах с процедурами QA-QC, как в целом, так и по отдельным (рабочим) классам, что критично при отработке площадного месторождения с убогими содержаниями и/или где для расчета ценности используется условный металл;
- некорректной оценке объемного веса в локальных участках;
- некорректной классификации МР на момент проектирования.

Плохое согласование модели КСП и КСД может говорить о следующих упущениях в производственном цикле:

- низкой обеспеченности опережающей разведкой на момент планирования;
  - не все результаты бурения внесены в модель КС на начало месячного планирования из-за отставания результатов химического анализа.
- Значительное изменение ресурсов в цепочке МР – РЗ (конвертация) может говорить о следующих упущениях в производственном цикле:
- неверно проведены плановые расчеты потерь и засорения;
  - в ресурсной модели задана селективность, которая недостижима при существующем сценарии отработки месторождения.

Плохое согласование модели РЗ и факта добычи может говорить о следующих упущениях в производственном цикле:

- при планировании не учитывался в полной мере фактор вторичного засорения, который на

практике может оказаться намного больше, чем при планировании, что приводит к неверным ожиданиям по добыче в рамках планового периода (месяца, года);

- низкое качество проектных, взрывных и добычных работ;
- несоблюдение направлений добычи от запланированного.

Плохое согласование модели факта добычи и факта добычи по данным балансовой комиссии может говорить о следующих упущениях в производственном цикле:

- нарушения при учете движения руды и складских остатков;
- нарушения при расчете баланса;
- нарушения при взвешивании или маркшейдерском замере;
- проблемы при учете руды во время отгрузки и транспортировки.

### Существующие ограничения

Наиболее сложным вопросом горного согласования является учет перемещаемого материала при складировании и дальнейшей переработке.

Поэтому в процессе согласования всегда будут присутствовать ограничения, связанные со сложными схемами перемещения руды (зимники, промежуточное складирование, шихтовка или использование складских остатков предыдущих периодов накопления).

### Выводы

Запуск процесса согласования позволяет непрерывно получать информацию о сверке данных, помогая выявить проблему, точно ее персонализировать и внести корректировки в дальнейшее выполнение работ. Имея эту детальную информацию, можно сконцентрировать внимание на областях с большей величиной дисперсии/разброса и принять меры для снижения потерь руды и обеспечения ее прироста. А также, что важно, повысить точность прогноза объема добычи.

Немаловажно, что согласование играет значимую роль в законодательном контексте кодексов отчетности по ресурсам и запасам, таких как Кодекс НАЭН (2014), JORC (2012г), и Канадский стандарт 43-101 (2001). 

---

### Литература

1. C. Morley and K. Thompson. Extreme Reconciliation — A Case Study from Diavik Diamond Mine, Canada, 6th International Mining Geology Conference Darwin, NT, 21-23 August 2006, p. 314.
2. H.M. Parker. Reconciliation principles for the mining industry. Mining Technology, May 2012, p. 160.
3. C. Morley and R. Moller. Iron Ore Mine Reconciliation — A Case Study From Sishen Iron Ore Mine, South Africa, Iron Ore Conference Fremantle, WA, 19-21 September 2005, p. 315.
4. Mark Thomas & Vivienne Snowden. Improving Reconciliation and Grade Control by Statistical and Geostatistical Analysis, strategies for grade control, Aig Bulletin 10, 1990, p. 53.

UDC 553.048

R.V. Govorukha, Head of Department of Monitoring and Modelling, AO MC Polymetall<sup>1</sup>, Professional Member of The Institute of Materials, Minerals and Mining (IOM3), govorukha@polymetal.ru

<sup>1</sup>Narodnogo Opolcheniya prosp. 2, Saint-Petersburg, 198216, Russia

## Experience and Results of Adaptation of Reconciliation Procedure in the Polymetall Company Enterprises

**Abstract.** One of the main problems in any mining project is verification of the planned assay during the course of mining and further refining at the processing plant. Differences found between what was expected in blocked resource models and actual refining are often very significant. The paper presents the Reconciliation procedures, which, according to the author, is one of the main directions of improving a mining project management quality. General principles of Reconciliation are discussed, and real-life experience of the procedure implementation in the Polymetall Company enterprises. Consideration is given to the most common sources of error in resource estimation and ore monitoring, which were identified using estimated versus measured data ratios or Reconciliation factors.

**Keywords:** Reconciliation; resources estimation; Reconciliation factors; grade control.

---

### References

1. C. Morley and K. Thompson. Extreme Reconciliation — A Case Study from Diavik Diamond Mine, Canada, 6th International Mining Geology Conference Darwin, NT, 21-23 August 2006, p. 314.
2. H.M. Parker. Reconciliation principles for the mining industry. Mining Technology, May 2012, p. 160.
3. C. Morley and R. Moller. Iron Ore Mine Reconciliation — A Case Study From Sishen Iron Ore Mine, South Africa, Iron Ore Conference Fremantle, WA, 19-21 September 2005, p. 315.
4. Mark Thomas & Vivienne Snowden. Improving Reconciliation and Grade Control by Statistical and Geostatistical Analysis, strategies for grade control, Aig Bulletin 10, 1990, p. 53.

# МАЙНИНГ20 МЕТАЛЛ19

II ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ВЫСТАВКА-ФОРУМ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

---

25 - 27 сентября  
2019 года

МВК «Новосибирск Экспоцентр»  
[miningmetall.com](http://miningmetall.com)

РЕКЛАМА