

УДК 622.013

С.А. Вохмин, А.Г. Анохин

МЕТОДИКА НОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ

Создан единый методический подход к решению проблемы нормирования и планирования потерь и разубоживания полезных ископаемых при подземном способе эксплуатации месторождений и разработана методика технико-экономического нормирования.

Ключевые слова: месторождение, руда, закладка руды, разубоживание, зона стохастичности, проходка.

В результате многолетних исследований, проведенных авторами на ряде рудников, был создан единый методический подход к решению проблемы нормирования и планирования потерь и разубоживания полезных ископаемых при подземном способе эксплуатации месторождений и разработана методика технико-экономического нормирования. Согласно этой методике нормативы устанавливаются не для месторождения в целом, а для конкретных систем разработки с учетом горнотехнических условий, ценности сырья, затрат на его добычу, транспортирование и переработку.

Методика прошла апробацию на рудниках Норильского региона и на горных предприятиях, разрабатывающих золоторудные месторождения. Она оказалась пригодной для определения нормативов применительно к любым горно-геологическим и горнотехническим условиям отработки месторождений, видам полезных ископаемых, системам разработки, способам добычи, применяемому технологическому оборудованию и организации труда.

Предлагаемая методика нормирования потерь и разубоживания руды предусматривает выполнение работ в определенной последовательности, что, как показывает наш опыт, позволяет:

- оценить возможности и резервы технологических процессов по добыче руды;
- установить влияние технологических процессов на формирование потерь и разубоживание руды;
- определить перечень мест и источников образования потерь и разубоживания руды, а также необходимый уровень их детализации на стадиях планирования и нормирования;
- обосновать механизм расчета нормативов потерь и разубоживания руды по каждому виду, месту и источнику их образования;
- установить причины рассогласования в работе системы разработки в связи с изменением уровней потерь и разубоживания руды;
- найти решения, устраняющие рассогласование в работе системы разработки и обеспечивающие достижение нормативных уровней по-

терь и разубоживания руды без ухудшения технико-экономических показателей отработки запасов.

Каждое действие в данной методике выделено в виде отдельного шага. Такая структура предполагает возможность возврата, по необходимости, к любому пройденному шагу, но указывает на нецелесообразность проведения исследований в другой последовательности.

Применение данной методики при нормировании потерь и разубоживания руды для сплошной слоевой системы разработки с восходящим порядком выемки слоев и заполнением выработанного пространства твердеющими смесями в условиях ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» (рисунок).

Структура методики нормирования

Шаг 1. Изучение технологии отработки запасов руды. Очистные работы в данной системе заключаются в последовательной отработке слоев высотой 3,5 метра путем обуривания руды вышележащего слоя восходящими круто наклонными шпурами, отбойке обуренного рудного массива, отгрузке отбитой руды в рудоспуск, зачистке почвы слоя после отбойки и отгрузки руды всего слоя, закладке выработанного пространства на высоту одного слоя. При этом в закладочном массиве с помощью бетонных колец-тюбингов оформляют рудоспуск. Оработка последнего (верхнего) слоя может осуществляться тупиковыми выработками шириной по 4,0 м с их полной закладкой, проводимыми после отработки и полной закладки предпоследнего слоя. На всех стадиях отработки применяется высокопроизводительное самоходное оборудование.

Натурными наблюдениями установлены фактические места потерь и разубоживания руды по системе разработки.

Потери руды в массиве: в почве залежи вследствие несовпадения контура отработки с поверхностью геологического контакта рудного тела; в плинтусах нижнего слоя вследствие несовпадения фактического и проектного контуров отработки слоя; в кровле залежи вследствие несовпадения контура отработки с поверхностью геологического контакта рудного тела; в плинтусах в кровле и в почве верхнего слоя вследствие несовпадения фактического и проектного контуров отработки слоя.

Потери отбитой руды: свободно лежащей рудной мелочи на почве соответствующих слоев вследствие неполноты зачистки; в плинтусах у рудного и бетонного бортов слоев вследствие неполноты зачистки; вдавненной в бетонную закладку погрузочно-доставочными машинами при отгрузке отбитой руды; отслоившихся кусков руды с кровли слоев в период закладочных работ и твердения закладки предыдущего слоя; в откосах в торцах лент и у слоевых ортов вследствие несовпадения высотных отметок почвы орта (или смежной ленты) с высотой отметкой почвы ленты (для обеспечения перемещения самоходного оборудования).

Разубоживание руды породой: в почве и кровле залежи вследствие несовпадения контура отработки с поверхностью геологического контакта рудного тела; в почве залежи из условия обеспечения угла наклона почвы нижнего слоя не более 12° (предельного угла для подъема самоходного оборудования); в кровле залежи из условия обеспечения угла наклона кровли верхнего слоя не менее угла растекания твердеющей смеси для полного заполнения выработанного пространства закладочным материалом.

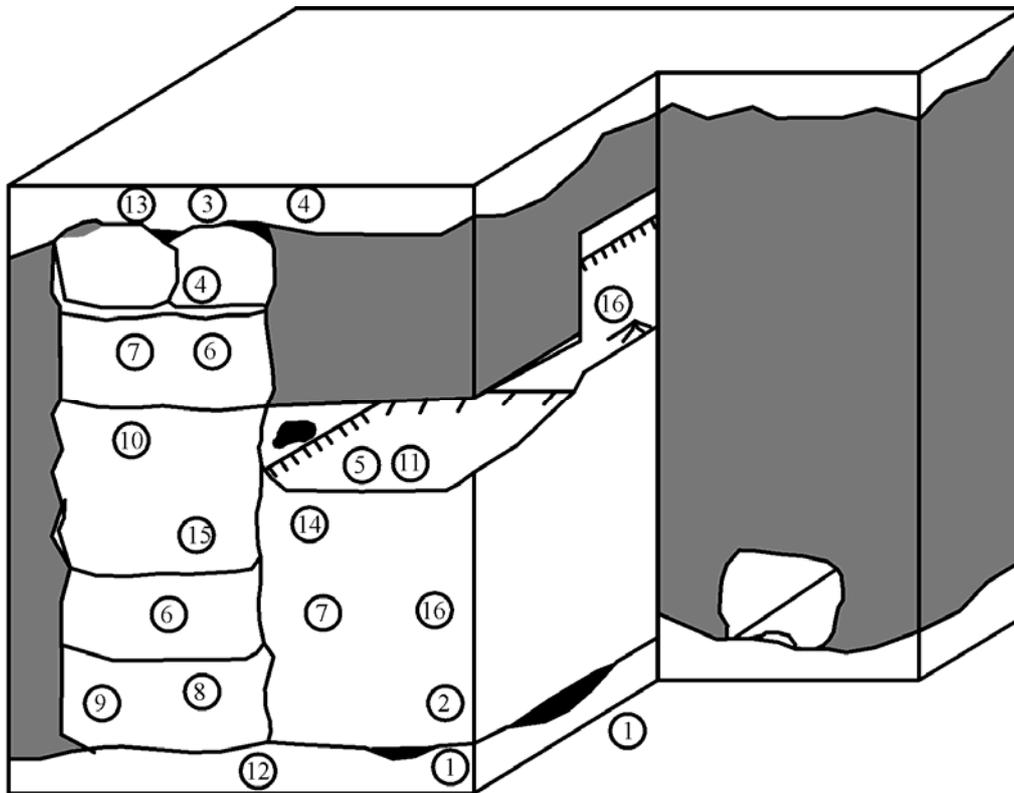


Рис. 1. Места образования потерь и разубоживания руды при сплошной слоевой системе разработки с восходящей выемкой слоев, выявленные натурными наблюдениями: Потери руды в массиве: 1 - в почве залежи; 2 - в плинтусах нижнего слоя; 3 - в кровле залежи; 4 - в плинтусах в кровле и в почве верхнего слоя; Потери отбитой руды: 5 - на бетонном борту слоя; 6 - свободно лежащей рудной мелочи на почве основных слоев вследствие неполноты зачистки; 7 - в плинтусах у рудного и бетонного бортов основных слоев; 8 - свободно лежащей рудной мелочи на почве нижнего приконтактного слоя; 9 - в плинтусах у рудного и бетонного бортов нижнего приконтактного слоя; 10 - вдавненной в бетонную закладку погрузочно-доставочными машинами при отгрузке отбитой руды; 11 - в откосах в торцах лент и у слоевых ортов вследствие несовпадения высотных отметок почвы орта (или смежной ленты) с высотной отметкой почвы ленты (для обеспечения перемещения самоходного оборудования). Разубоживание руды породой: 12, 13 - в почве и кровле залежи вследствие несовпадения контура отработки с поверхностью геологического контакта рудного тела. Разубоживание закладкой: 14 - с борта смежной ленты или заходки при отбойке руды вследствие сейсмического воздействия взрывных работ на закладочный массив; 15 - с искусственной почвы слоя вследствие ее разрушения при отбойке руды вышележащего слоя, а также поддира почвы слоя при отгрузке и зачистке отбитой руды; 16 - в местах ликвидации порогов между слоями смежных панелей и кратеров под закладочными выработками

Разубоживание закладкой: с борта смежной ленты или заходки при отбойке руды вследствие сейсмического воздействия взрывных работ на за-

кладочный массив; с искусственной почвы слоя вследствие ее разрушения при отбойке руды вышележащего слоя, а также поддира почвы слоя

при отгрузке и зачистке отбитой руды; в местах ликвидации порогов между слоями смежных панелей и кратеров под закладочными выработками.

Шаг 2. Выделение конструктивных элементов в технологической схеме отработки запасов, различающихся по технологическим схемам и временно-му периоду ведения работ. Конструктивными элементами системы разработки являются: полевые фланговые уклоны, рудные слоевые орты-заезды, рудные вентиляционно-закладочные восстающие, рудоспуски (полевые и выкрепляемые в закладке), нижние приконтактные слои, промежуточные слои, верхние приконтактные слои (заходки). Количество данных выработок и объем погашаемых ими балансовых запасов учитывается при календарном планировании горных работ, по системе разработки или выемочной единице.

Потери и разубоживание руды образуются при формировании следующих выработок: нижних приконтактных слоев, промежуточных слоев, верхних приконтактных слоев. Суммарные величины потерь и разубоживания руды при отработке данных выработок, включенных в календарный план горных работ, определяют количественные и качественные показатели отработки соответствующих балансовых запасов.

Шаг 3. Составление классификаций планируемых эксплуатационных потерь и разубоживания руды для отдельных конструктивных элементов технологической схемы отработки по видам, местам и источникам их образования. В результате анализа технологических возможностей применяемого на процессах горных работ оборудования и конструктивных особенностей системы разработки определен перечень пла-

новых эксплуатационных потерь и разубоживания руды:

1. Потери руды в массиве. 1.1. В почве и в плинтусах при отработке нижнего слоя. 1.2. В кровле и в плинтусах при отработке верхнего слоя.

2. Потери отбитой руды. 2.1. На почве и в плинтусах при отработке нижнего слоя. 2.2. На почве, в плинтусах и в закладке при отработке промежуточного слоя. 2.3. На почве, в плинтусах и в закладке при отработке верхнего слоя.

3. Разубоживание руды породой. 3.1. Вмещающими породами при отработке нижнего слоя. 3.2. Вмещающими породами при отработке верхнего слоя.

4. Разубоживание руды закладочным материалом. 4.1. Закладкой с борта смежной ленты при отбойке руды. 4.2. Закладкой с почвы слоев при отбойке руды, а также при отгрузке и зачистке отбитой руды.

Виды, места и источники, перечисленные на шаге 1 и не вошедшие в данный перечень, формируются вследствие отклонений в технологии ведения горных работ и не могут быть приняты для последующего нормирования потерь и разубоживания руды.

Шаг 4. Составление классификаций нормируемых потерь и разубоживания руды. Детализация мест потерь и разубоживания руды, составляющих классификацию нормируемых эксплуатационных потерь и разубоживания руды, должна отвечать критерию — обеспечения расчета нормативных величин потерь и разубоживания руды по местам их образования.

Шаг 5. Определение факторов, влияющих на формирование потерь и разубоживание руды в соответствии с шагом 4. Выявление причинно-следственной связи влияния процессов очистной выемки на формирование по-

терь и разубоживания руды. Факторы, влияющие на формирование потерь и разубоживания руды при отработке рудных тел рассматриваемой системой в данных горно-геологических условиях.

Технологические факторы: конфигурация кровли и бортов слоев; параметры буровзрывных работ; технология закладочных работ и характеристики закладочного материала; способ зачистки отбитой руды.

Технические факторы: характеристики бурового и погрузочно-доставочного оборудования.

Геологические факторы: морфология геологического контакта по почве и кровле залежи.

Величины потерь руды в массиве и разубоживания руды вмещающими породами при отработке нижнего и верхнего контактов определяются исключительно исполнением процесса по отбойке руды.

Качество зачистки отбитой руды, находящейся на почве слоев и в плинтусах вдоль бортов слоев определяется техническими возможностями оборудования, применяемого на данном процессе, а также конфигурацией (извилистостью) почвы и бортов очистных слоев. При этом конфигурация контура выработанного пространства формируется при осуществлении процесса по отбойке руды.

Прослеживается следующая взаимосвязь процессов очистной выемки при формировании данных потерь руды:

- *отбойка руды* — определяет исходные условия для осуществления доставки и зачистки отбитой руды (конфигурацию контура выработанного пространства);

- *доставка и зачистка руды* — определяет величину потерь отбитой руды на почве и в плинтусах отрабо-

тываемых слоев после отгрузки и зачистки отбитой руды.

Величина подработки бетона с бортов смежных отработанных слоев (*разубоживание* B_{66}) определяется сейсмическим влиянием взрывных работ при отбойке руды на контакте руда-закладка, а также характеристиками закладочного массива (слоистостью, прочностью закладки и т.д.), которые формируются при осуществлении процесса по закладке выработанного пространства.

Прослеживается следующая взаимосвязь процессов очистной выемки при формировании данного вида разубоживания руды:

отбойка руды — определяет исходные условия, влияющие на величину подработки закладки с борта слоя (конфигурацию рудного борта обрабатываемого слоя, а, следовательно, и конфигурацию закладочного массива на контакте руда-закладка смежного слоя);

- *закладка выработанного пространства* — определяет исходные условия, влияющие на величину подработки закладки с борта слоя (слоистость и прочность закладки);

- *отбойка руды* — определяет величину подработки закладки с борта смежного заложеного слоя вследствие сейсмического воздействия взрыва на искусственный массив.

Величина подработки закладки с почвы слоев при отбойке руды, а также при отгрузке и зачистке отбитой руды определяется разрушающим воздействием на поверхность закладки отбиваемой руды вышележащего слоя, а также разрушающим воздействием на поверхность закладки оборудования при доставке и зачистке отбитой руды.

Прослеживается следующая взаимосвязь процессов очистной выемки

при формировании данного вида разубоживания руды:

- *закладка выработанного пространства* — определяет исходные условия, влияющие на величину подработки закладки с почвы слоя (конфигурацию поверхности закладочного массива и прочность закладки);

- *отбойка руды* — определяет величину разрушения закладки по почве слоя вследствие падения на нее отбиваемой руды вышележащего слоя;

- *доставка и зачистка руды* — определяет величину подработки поверхности закладки с почвы слоя вследствие разрушающего воздействия на закладку рабочего органа машины при отгрузке и зачистке отбитой руды.

Таким образом, расчет нормативов потерь и разубоживания руды необходимо проводить на условия паспортного исполнения процессов по закладке выработанного пространства и паспортного исполнения буровзрывных и доставочных работ при отработке слоев.

Шаг 6. Характеристика процессов, влияющих на формирование потерь и разубоживания руды. Основное влияние на формирование потерь и разубоживания руды в рассматриваемой системе разработки оказывают следующие процессы очистных работ – отбойка руды, доставка (зачистка) отбитой руды, закладка выработанного пространства.

Шаг 7. Установление требований и условий обеспечения паспортного выполнения технологических процессов, влияющих на формирование потерь и разубоживание руды. Контролируемыми параметрами по процессам очистного цикла являются:

- *при отбойке руды* – параметры паспорта БВР (длина шпуров, диаметр шпуров, расстояние между

смежными шпурами в ряду и между смежными рядами шпуров, угол наклона рядов шпуров, угол наклона оконтуривающих шпуров в сторону контура отбиваемого массива);

- *при доставке (зачистке) руды* – продолжительность зачистки поверхности слоя (в соответствии со временем, предусмотренным на проведение данного процесса в технологическом цикле очистных работ);

- *при закладке выработанного пространства* – непрерывность ведения закладочных работ (в том числе, объем закладочной смеси, подаваемый в выработанное пространство в течение одной рабочей смены), состав закладочной смеси, продолжительность технологического перерыва между окончанием закладочных работ и началом очистных работ по выемке руды вышележащего слоя.

Паспортное исполнение процессов очистных работ возможно при наличии на горных предприятиях инженерного обеспечения по контролю исполнения отдельных процессов.

Шаг 8. Выбор метода расчета нормативов потерь и разубоживания руды по каждому виду, месту и источнику их образования в соответствии с классификациями по шагу 4. Определение исходных данных для расчета нормативов потерь и разубоживания руды. Расчетно-аналитический метод применим при наличии взаимосвязи между уровнями потерь и разубоживания руды, когда снижение уровня потерь руды влечет за собой увеличение уровня разубоживания руды и наоборот. Расчет в этом случае сводится к определению контура отработки, обеспечивающего максимальную экономическую эффективность при отработке руды;

Экспериментальный метод применим для обоснования уровней потерь и разубоживания руды, зависящих от

конструктивно-технологического исполнения системы разработки и процессов очистных работ, вида и характера разубоживающего материала. Расчет в этом случае сводится к экспериментальному определению минимальных технически достижимых уровней потерь и разубоживания руды при проведении соответствующих процессов очистной выемки руды.

Исходные данные для расчета нормативов потерь и разубоживания руды

Исходные данные для расчета нормативов потерь и разубоживания руды определяются факторами, влияющими на формирование потерь и разубоживания руды (геологические, технологические, технические), принятыми расчетными схемами, а также экономическим критерием оценки эффективности ведения горных работ.

Взаимосвязанные потери руды в массиве и разубоживание отбитой руды вмещающими породами при отработке нижнего и верхнего приконтактных слоев формируются при отработке геологических контактов в зоне контактной неопределенности (зоне стохастичности).

Мощность зоны стохастичности (t) определяется расстоянием между прямыми линиями, проводимыми касательно к вклиниванию рудного тела во вмещающие породы и отдельно к вклиниванию пород в рудное тело. При этом угол наклона отрезков нижней линии по длине зоны стохастичности для нижнего контакта не должен превышать граничного угла эффективной работы самоходного оборудования, а для верхнего контакта угол наклона верхней линии по длине зоны стохастичности должен быть не менее угла растекания закладки для обеспечения надежного

подбучивания кровли закладочной смесью.

Ширина зоны стохастичности устанавливается равной ширине приконтактного слоя или ширине отдельной заходки при отработке верхнего слоя.

Расчет оптимального контура производится по критерию максимальной прибыли с 1 т погашенных балансовых запасов полезного ископаемого:

$$Pr = Ц_б \times K_{н} \times I_c - (C_{тов} \times K_{н}) / K_k \rightarrow \max,$$

где $Ц_б$ — валовая ценность 1 т погашенных балансовых запасов полезного ископаемого; I_c — сквозной коэффициент извлечения полезного компонента при переработке; C_d , C_o , $C_{мп}$ — затраты на добычу, обогащение и металлургический передел 1 т товарной руды.

Шаг 9. Расчет нормативов величин потерь и разубоживания руды по каждому виду, месту и источнику их образования в соответствии с классификациями по шагу 4. Нормативные уровни неотбитой руды и разубоживания руды вмещающими породами при подработке контактов рудопорода соответствуют положению контура отработки в этой зоне, обеспечивающему наибольшую эффективность ведения горных работ. Расчет нормативов потерь отбитой руды и разубоживания отбитой руды материалом закладки заключается в установлении предельных величин подработки закладочного материала с почвы и борта слоев [1].

Шаг 10. Установление причин рассогласования в работе системы, связанные с изменениями уровней потерь и разубоживания руды. Поиск решений, устраняющих рассогласования в работе системы разработки. Сложность в обеспечении нормативных уровней потерь руды в массиве и разубоживания руды породами при

отработке нижнего слоя связана с невозможностью предварительного определения положения нижнего геологического контакта при проходке нижнего слоя по применяемой технологической схеме отработки запасов ленты.

Доминирующее влияние на формирование потерь и разубоживание руды при отработке промежуточных слоев оказывает процесс отбойки руды. Основная сложность по соблюдению паспорта БВР – это обеспечение углов наклона рядов шпуров и оконтуривающих шпуров в ряду, особенно при применении на буровых работах установок, не оборудованных соответствующими приборами.

Авторами разработаны технические решения, позволяющие обеспе-

чить нормативные величины потерь и разубоживания руды.

При отработке нижнего приконтактного слоя предлагается в первую очередь произвести выемку руды во втором слое, далее определить пространственное положение нижней границы залежи по длине и ширине отработываемой ленты, после чего осуществить выемку руды в первом слое [2].

При отработке промежуточных слоев предлагается проводить обучение машинистов буровых установок приемам глазомерного ориентирования буровых стрел по заданным углам заложения шпуров. В качестве тренажера используется прибор, состоящий из плоского основания с размещенной на ней угломерной шкалой в виде двух координатной сетки [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вохмин С.А., Требуш Ю.П., Ермолаев В.Л.* Планирование показателей извлечения при подземной разработке месторождений полезных ископаемых: Монография/ ГАЦ-МиЗ. – Красноярск, 2002. – 160 с.

2. *Требуш Ю.П.* Способ разработки залежей полезных ископаемых. Авторское

свидетельство № 1709096, МПК Е 21 С 41/06, 1991.

3. *Зверьков В.И., Ковалев В.К., Вохмин С.А., Требуш Ю.П.* Устройство для определения направления шпуров. Авторское свидетельство № 1062382, МПК Е 21 В 47/02, 1983. **ПАТ**

Коротко об авторах

Вохмин С.А., Анохин А.Г. — ФГОУ ВПО Институт горного дела, геологии и геотехнологий, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, office@sfu-kras.ru

