

УДК 504.55.054:622(470.6)

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ВЫПУСКА ПОТЕРЯННЫХ РУД ПОД ПЕРЕКРЫТИЯМИ**

**В. И. Голик**

*Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН,  
E-mail: v.i.golik@mail.ru, ул. Маркова, 93а, 362002, г. Владикавказ, Россия*

Дана характеристика потерянных руд в зависимости от времени образования, их свойств и технологии добычи. Приведена типизация технологий повышения качества выпускаемых руд путем использования разделяющих перекрытий. Дано теоретическое обобщение механизма работы перекрытий и рекомендованы условия их применения. Подтверждено, что отделение потерянных руд от налегающих пород перекрытиями во время их выпуска является эффективной мерой повышения качества минерального сырья.

*Недра, потерянные руды, порода, технология, разделяющие перекрытия, теоретическое обобщение, механизм работы, условия применения, качество сырья*

При подземной разработке рудных месторождений полнота использования недр может быть увеличена добычей потерянных руд, но повышенное разубоживание и потери при их выпуске снижают экономическую эффективность добычи. Разработка технологических решений по повышению качества добычи ранее потерянных руд является актуальной проблемой. Улучшение качества добываемых потерянных руд достигается путем разделения руд и пород в процессе добычи, но количественные значения потерь и разубоживания в различных условиях неодинаковы [1, 2].

Значительные объемы рудных потерь объясняются сложными горно-геологическими условиями и использованием стандартных методов управления горным массивом. Основная масса запасов потерянных руд располагается в неблагоприятных по горнотехническим условиям зонах сопряжений разломов, в неустойчивых, раздавленных вмещающих породах. Ограниченная ширина выработанного пространства существенно уменьшает подвижность руды при ее выпуске, в результате чего потери руд достигают 40 % [3, 4].

Структура потерь включает: не отделенные от массива участки рудного тела; отделенные от массива некондиционные руды; хвосты сортировки, оставляемые в пустотах в качестве закладки. По времени образования, свойствам и технологии добычи потерянные руды подразделяются на древние — цементированная масса, выпуск которой требует взрывных работ; поздние — склонная к упрочнению масса с затрудненным выпуском; современные — свободно истекающие при подработке.

Свойства потерянной рудной массы определяются продолжительностью ее образования, особенностями пород и условиями геологической среды. Такие руды образуют техногенные месторождения. Так, на Садонском месторождении потерянные в недрах 2 млн т руды с содержа-

нием свинца 2.6 % и цинка 3.6 % образовали техногенное месторождение. Формирование значительной его части относится к тому времени, когда способ получения металлического цинка был известен только в Бельгии, а на Садонском руднике добывался лишь галенит. Цинковая обманка после сортировки из нее галенита оставлялась в пустотах в качестве закладочного материала. Суммарное содержание свинца и цинка в потерянных рудах достигало 20 % [5, 6].

Добыча потерянных руд применяется при эксплуатации рудных месторождений России и мира, что объясняется возможностями увеличения объема производства с незначительными затратами [7, 8]. Основным недостатком добычи потерянных руд является разубоживание руд породами, что заставляет прекращать выпуск руд при снижении содержания металлов до критического значения. Неуправляемость процессом выпуска сопровождается накоплением пустот в недрах. В пустотах металлических месторождений остается до 50 % исходных запасов потерянных руд, что могло бы обеспечить сырьевую базу в течение ряда лет без освоения новых месторождений [9].

Для повышения качества добываемых руд их отделяют от породного массива технологическими сооружениями, например гибкими разделяющими перекрытиями, которые препятствуют проникновению пород в пространство между кусками отбитой руды. Технологические средства ограничения разубоживания при выпуске руды включают в себя инъектирование обрушенных пород, применение канатных, дерево-канатных, вантовых и других несущих и разделяющих перекрытий и создание искусственной комбинированной кровли (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Типизация технологий повышения качества выпускаемых руд

Тип	Вариант	Условия применения
Инъектирование	По виду закрепителя По времени упрочнения По объему упрочнения По объекту упрочнения	Однородный разрушенный массив с хорошей проницаемостью и малой глинизацией
Перекрытие	По выполняемой функции По материалу По конструкции По мобильности	Однородный разрушенный массив с достаточной мобильностью
Потолочина	По конструкции По комбинируемым элементам По времени использования По прочности	Массив скальных пород с включениями прочных пород

В зависимости от выполняемых функций различают несущие и разделяющие перекрытия. Первые удерживают налегающие породы на весу во время выпуска руд, вторые смешаются вместе с рудой, отделяя ее от налегающей массы. Вариантом несущего перекрытия служит вантовое перекрытие, сооружаемое на забетонированных в боковые породы канатах (рис. 1). Частным случаем перекрытия является потолочина, созданная в процессе химического выщелачивания металлов из руд в результате гидратации и коагуляции породных частиц.

Разделяющие гибкие перекрытия применялись при отработке Северо-Казахстанских месторождений “Восток” и “Звездное”. Месторождение “Восток” обрабатывалось системой поэтажного обрушения с торцовым выпуском и доставкой руды погрузочно-доставочными машинами. Гибкое канатно-металлическое перекрытие (КМП) использовалось при отработке части залежи с высоким содержанием металлов. Система слоевого обрушения с гибким КМП предусматривает отработку монтажного слоя в двух плоскостях — горизонтальная часть и наклонная часть по контакту висячего бока.

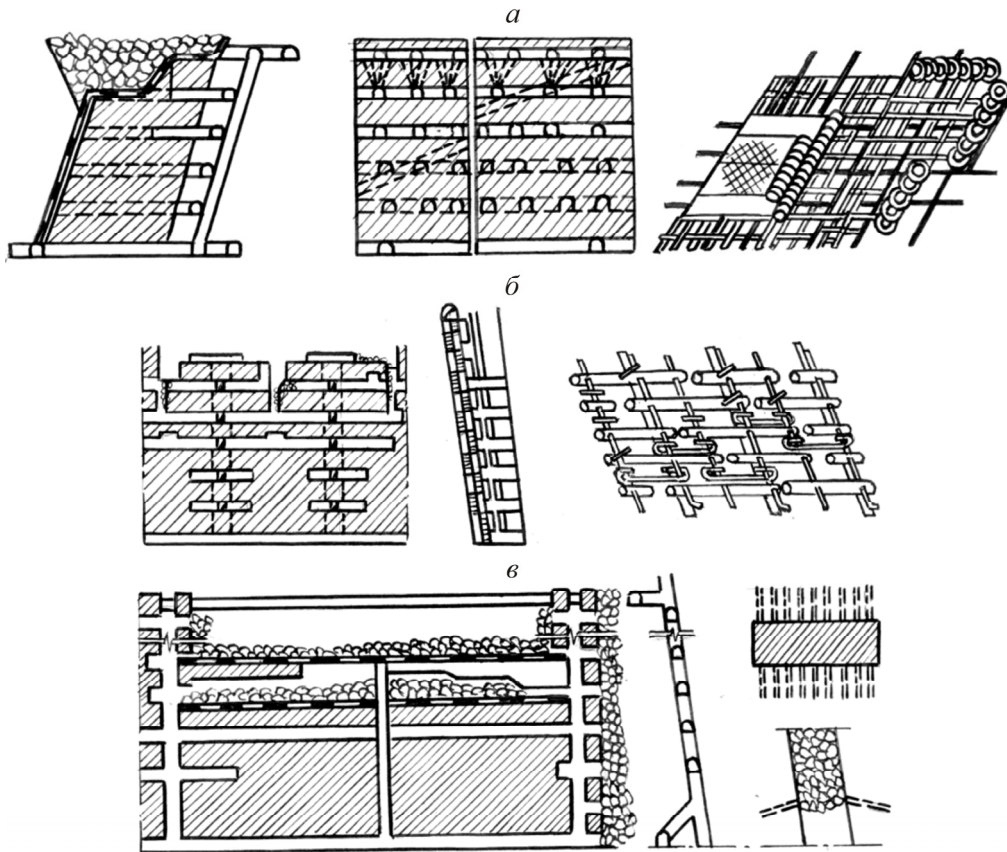


Рис. 1. Конструкция перекрытий: *a* — канатно-металлическое; *б* — дерево-канатное; *в* — вантовое

Особенность выпуска руды под перекрытием заключается в том, что классической фигуры выпуска не образуется. При этом не имеет значения, как производится выпуск руды: из дучек или через торец. Технология выпуска руд с отделением их от налегающих пород и пород висячего бока гибкими перекрытиями включает элементы традиционной технологии с обрушением и элементы управления мобильностью перекрытия во времени и пространстве (рис. 2).

Наклонная часть монтажного слоя отрабатывается системой с магазинированием руды. По контакту с висячим боком рудного тела на высоту блока снизу вверх создается магазин. Выемка руды осуществляется сплошным забоем с обуриванием забоя шпурами глубиной 1.5–2 м. По мере продвижения забоя по висячему боку проводится монтаж перекрытия.

Перекрытие состоит из канатной силовой основы, выполненной по типу панцирной сетки, что обеспечивает равномерность работы элементов канатной основы без деления на распределяющие и несущие элементы. Несущие канаты имеют вид панцирной сетки (2.5×1.0 м) и в них вплетаются через 0.5 м распределяющие канаты. Для предотвращения просыпания породной мелочи ячейки перекрываются сплетенными 3–5-метровыми отрезками стальной ленты. Диаметр канатов определяется из уравнения

$$K_3 = \frac{R_z}{N},$$

где  $K_3$  — коэффициент запаса прочности;  $K_3 = \frac{0.59h^2}{2 \cos \varphi} R_z$ ,  $h$  — высота подэтажа, м,  $\varphi$  — угол наклона рудного тела, град;  $R_z$  — предельное разрывное усилие каната для соответствующего ему диаметра;  $N$  — нагрузка на канат,  $N = T_{\max} / (2 \cos \varphi)$ ,  $T_{\max} = 0.59h^2$ .

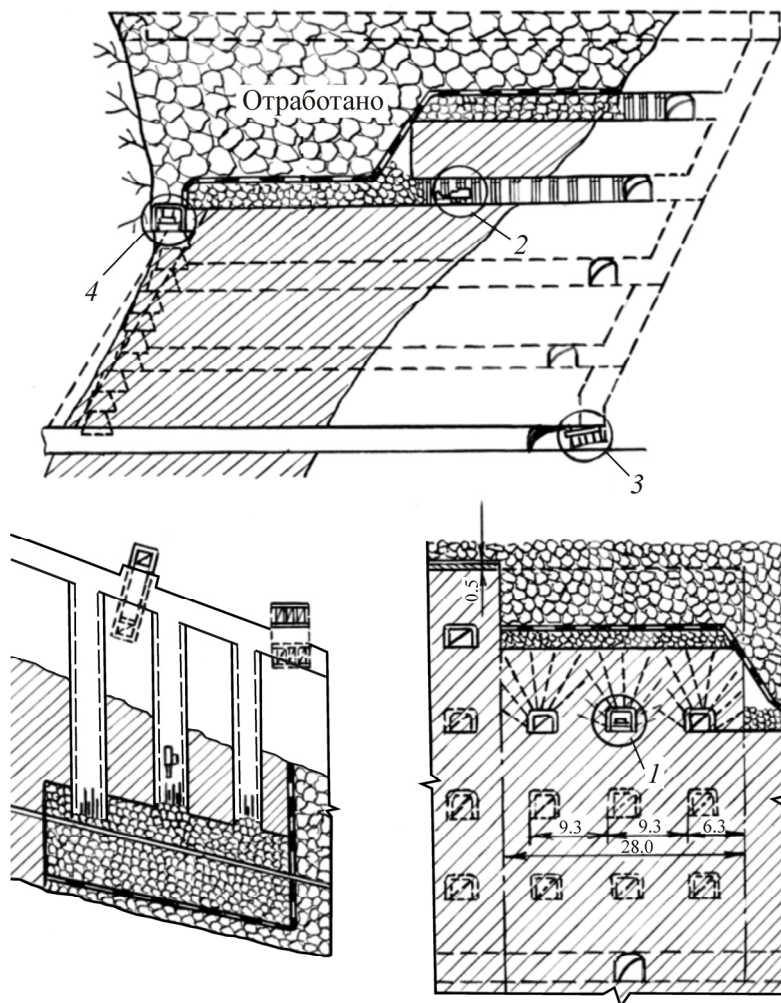


Рис. 2. Выпуск руд под гибким канатно-металлическим перекрытием на месторождении “Восток”: 1 — руда; 2 — погрузочная машина; 3 — вибролоук; 4 — машина для монтажа перекрытия

Условию прочности перекрытия удовлетворяют канаты толщиной 28–32 мм. Для монтажа перекрытия в горизонтальной части монтажного слоя у всячего бока рудного тела протягивается фланговый канат диаметром 32 мм, на который через 1 м цепляется следующий канат, укладываемый на почве заходки в виде “змейки”, огибая вбитые в почву через 1 м на расстоянии 0.5 м от флангового каната штыри. К канату крепится следующий канат и так далее по всей ширине заходки. В крайней заходке канатные петли выводятся за крепь на 0.5–0.7 м от почвы и фиксируются к стойкам. В силовую канатную основу вплетаются отрезки лент длиной 5–6 м пучками по 3–5 шт. через 0.5–1 м с соединением лент внахлест. На крюк и ширину перекрытия в обоих направлениях приходится по 7 лент, поверх лент настилается сетка “рабица”. По флангам блока перекрытия крепится к фланговому канату.

Для монтажа перекрытия в наклонной части монтажного слоя по всяческому боку забоя (рис. 3) размещаются крючья по сетке 1.0×0.5 м, на которые навешиваются петли монтажного каната.

Сквозь петли по простиранию забоя пропускается очередной канат, петли которого навешиваются на вышерасположенный ряд крючьев. До кровли забоя создается силовая основа перекрытия. По флангам магазина монтажные канаты крепятся к фланговому канату, а отрезки металлических лент вплетаются в канатную основу. Длина отрезков по простиранию 10–15 м,

по падению — 2.5–3.0 м. На 1 м<sup>2</sup> площади перекрытия монтируется 14 лент. По окончании монтажа перекрытия отбивается кровля забоя. Чтобы создать рабочее пространство для дальнейшего монтажа, проводится подвыпуск руды из магазина.

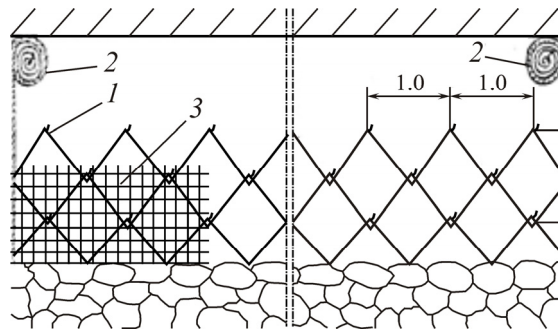


Рис. 3. Монтаж перекрытия в наклонной части монтажного слоя: 1 — крюк; 2 — фланговый канат; 3 — металлическая лента

В ходе промышленного эксперимента с дерево-канатным перекрытием (ДКП) добыто около 50 тыс. м<sup>3</sup> горной массы. Параметры системы разработки — высота слоя, ширина заходки, размеры блока — принимаются с учетом поведения перекрытия, а высота подэтажа — с учетом прочности перекрытия. В случае применения равнопрочного перекрытия с несущей канатной основой прочность конструкции определяется диаметром канатов.

При монтаже перекрытия в 2–3 плоскостях

$$\frac{T_{\max}}{2 \cos \varphi} = \frac{R_z}{K_3}.$$

Высоте подэтажа 10–12 м соответствует диаметр каната 32 мм. Ширина панели зависит от устойчивых размеров целиков и возможностей доставочной техники. Ширине целика 7.5 м отвечает ширина панели 10–12 м, что достаточно для эффективного применения самоходной погрузочно-доставочной техники.

При наличии перекрытия, соответствующего действующим нагрузкам, ширина блока может быть увеличена до 5–6 панелей. Наиболее перспективны блоки, обрабатываемые по схеме “блок–залежь”. По всей залежи настилается сплошное перекрытие, под которым с одного из флангов залежи одновременно в 5–6 ортах ведутся очистные работы. Такая схема отработки позволяет максимально использовать возможности гибкого перекрытия и самоходной техники.

Эффективность обрушения с гибким канатно-металлическим перекрытием определяется затратами при отработке монтажного слоя, монтаже перекрытия и выемке под перекрытием, а также показателями потерь и разубоживания руды [10].

Наибольшей трудоемкостью характеризуется отработка монтажного слоя и монтаж перекрытия. Параметры монтажного слоя выбираются из условия обеспечения необходимых для монтажа перекрытия условий. Высота блока ограничивается размерами этажа и принимается равной 40–90 м. С ростом мощности рудного тела доля запасов блока, приходящаяся на монтажный слой, снижается. С увеличением мощности рудного тела затраты на возведение перекрытия, отнесенные к 1 т извлекаемых из блока запасов, уменьшаются, а эффективность применения перекрытия увеличивается.

Себестоимость добычи руды и производительность забойного рабочего по системе разработки:

$$C_d = \frac{nC_{mc} + (100 - n)C_{gp}}{100}, \quad P_d = \frac{100P_{mc}P_{gp}}{nP_{gp} + (100 - n)P_{mc}},$$

где  $C_d$  — себестоимость добычи по системе разработки, руб./т;  $P_d$  — производительность труда по системе разработки, м<sup>3</sup>/чел.-смен;  $C_{mc}$  — себестоимость добычи из монтажного слоя, руб./т;  $C_{gp}$  — себестоимость добычи с перекрытием, руб./т;  $P_{mc}$  — производительность труда добычи из монтажного слоя, м<sup>3</sup>/чел.-смен;  $P_{gp}$  — производительность труда добычи с перекрытием, м<sup>3</sup>/чел.-смен.

Установлено, что при постоянных организационно-технических факторах на себестоимость добычи руды и производительность труда более всего влияет мощность рудного тела. Гибкие перекрытия целесообразно применять для отработки рудных тел мощностью выше 8–10 м. Показатели вариантов обрушения с дерево-канатным перекрытием и канатно-металлическим приведены в табл. 2. Перекрытия обеспечили радикальное снижение разубоживания, которое при базовой технологии выпуска под обрушенными породами достигало 40 %, и потерь, которые составили примерно 20 %.

ТАБЛИЦА 2. Показатели вариантов обрушения с перекрытиями

Показатель	Базовый вариант	ДКП	КМП
Мощность рудного тела, м	20–30	20	30
Высота подэтажа, м	10	3.5	8.0
Добыча в блоке, м <sup>3</sup> /мес	2000	780	1400
Производительность труда в слое, м <sup>3</sup> /смен	—	3.5	5.0
Производительность труда с перекрытием, м <sup>3</sup> /смен	—	7.5	9.0
Производительность труда по блоку, м <sup>3</sup> /смен	12.0	6.0	8.0
Потери по блоку, %	15.0	4.5	5.8
Разубоживание по блоку, %	40.0	10.2	10.8
Доля добычи из монтажного слоя, %	—	36	20
Доля добычи с перекрытием, %	—	58	72
Расход леса, м <sup>3</sup> /м	0.005	0.015	0.010
Расход металла, кг/м <sup>3</sup>	—	1.8	2.5
Расход ВВ, кг/м <sup>3</sup>	1.0	1.5	1.2

Дерево-канатное перекрытие применяли при отработке крутопадающего жильного тела на месторождении “Заозерное”. Натурный эксперимент осуществлен при мощности рудного тела 3–5 м с раздувами до 10 м и наклоне рудного тела 75 %. Перекрытие смонтировано на высоту подэтажа по висячему боку и по мощности рудного тела на длину 40 м. Отбойка проведена от висячего бока к лежащему, а перекрытие перемещалось по вертикали и от лежащего бока к висячему.

ДКП состоит из двух слоев: нижний слой включает несущие канаты, скрепленные стяжками, верхний выполнен из чураков длиной около 1 м, нанизанных на канаты (рис. 4). Слои скреплены между собой стремлянками. Чураки расположены в шахматном порядке, что предотвращает их шарнирный разворот. Перекрытие ограждает очистное пространство как сверху, так и с торца. Оно монтируется один раз в горизонтальной плоскости и подновляется на каждом подэтаже. Основную нагрузку несут нижние канаты, а часть ее приходится на монтажные канаты.

При мощности, большей ширины выработки, проходится соседняя выработка. Для вертикальной части перекрытие монтируется у отрезной щели из концов канатов, заблаговременно оставляемых у отрезной щели. Опускание перекрытия происходит путем постепенного затягивания его в отрезную щель. Монтаж перекрытия осуществляется с опережением на один подэтаж.

Механизм движения перекрытия исследовали на модели (рис. 5). Одна из боковых стенок позволяет наблюдать за выпуском руды и перемещением гибкого перекрытия. В другой боковой стенке имеются L-образные вырезы, через которые внутрь ящика вставляются L-образные



коробы, имитирующие рудное тело. Полукоробы заполняли материалом, моделирующим руду, сверху коробов засыпали породу. Основное назначение полукоробов — держать вертикальную линию забоя. Расстояние между полукоробами моделирует линию наименьшего сопротивления. Извлечением из ящика полукоробов один за другим имитируется выемка секций закладки. Перекрытие выполнено из деревянных чурок, нанизанных на гибкие металлические проволоки, имитирующие несущие канаты (рис. 6).

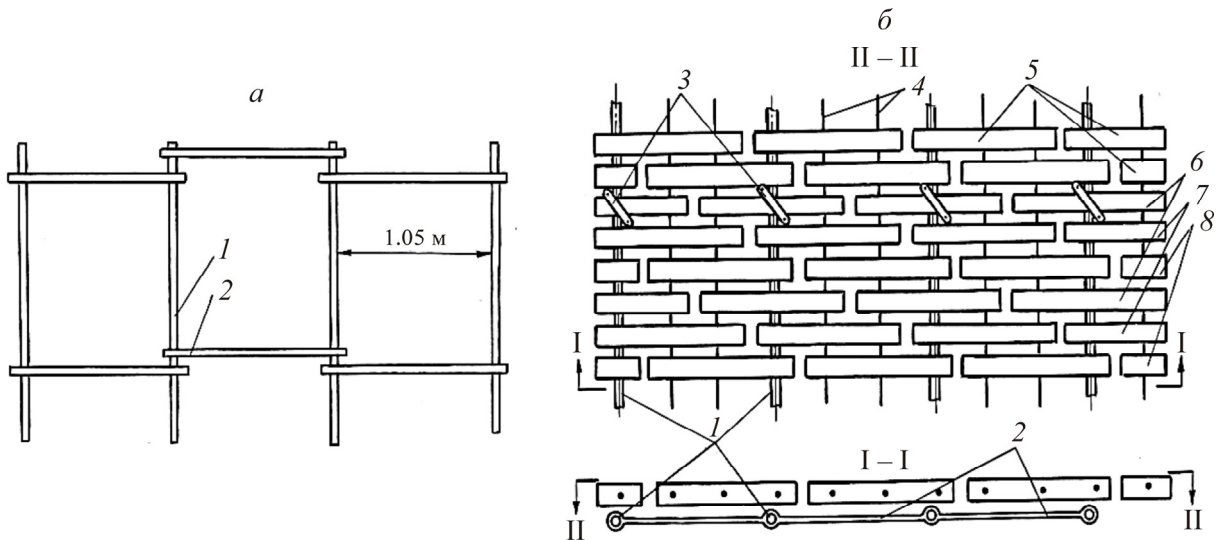


Рис. 4. Конструкция гибкого разделяющего ДКП (*а* — нижний слой, *б* — верхний слой): 1 — несущие канаты; 2 — стяжки; 3 — стрелянки; 4 — канаты; 5–8 — чурки

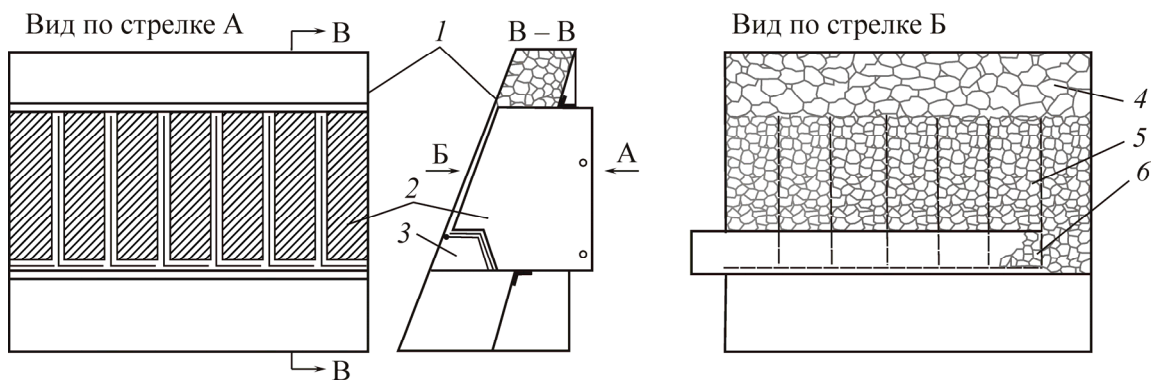


Рис. 5. Стенд для моделирования работы перекрытия: 1 — корпус; 2 — полукоробы; 3 — выдвижная выработка; 4 — налегающие породы; 5 — массив закладки; 6 — выпускаемая закладка

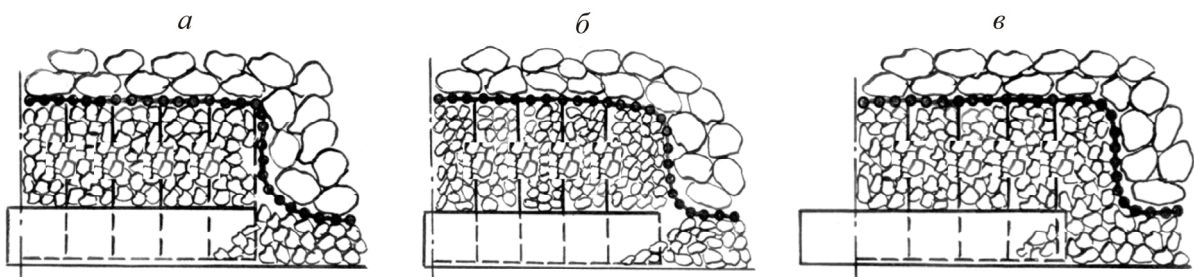


Рис. 6. Стадии выпуска руды из-под перекрытия в модели: *а* — руда выпущена; *б* — отбит слой руды под перекрытием; *в* — выработка продвинута на толщину вертикального слоя

При выходе забалансовой руды выпуск прекращали и отбивали следующий веер до появления конца гибкого перекрытия в погрузочной выработке. Конец гибкого перекрытия опускали на нижний подэтаж на расстояние от отрезной щели, равное высоте подэтажа. Чтобы эта часть при отработке снизу была под гибким перекрытием, его монтировали от щели на этой длине и присоединяли к концу перекрытия, опускавшегося при отработке подэтажа. Так очистной забой отгораживался от налегающих обрушенных пород сверху и с торца отработкой нижележащего подэтажа.

Моделированием выявлено, что: при увеличении мощности рудного тела с 4 до 6 м избежать зависания перекрытия на лежащем боку можно путем оформления забоя под углом в сторону лежащего бока с опережением отбойки лежащей стороны; при уменьшении мощности рудного тела с 6 до 4 м для предотвращения зависания гибкого перекрытия на лежащем боку необходимо опережение отбойки лежащей стороны подэтажа. Для полного выпуска отбитой руды у лежащего бока погрузку руды следует проводить только с лежащей стороны.

Установлено, что под перекрытием 80 % руды выпускается с разубоживанием 5–15 %, а остальная часть — с большим разубоживанием. При выпуске без перекрытий основная часть руды выпускается с разубоживанием 30–60 % и лишь 15 % руды выпускается с разубоживанием 5–15 %. При использовании гибких дерево-канатных перекрытий за счет минимальных обнажений всяческого бока разубоживание снижается в 3 раза. Этим вариантом целесообразно отрабатывать крутопадающие рудные тела с переменной мощностью более 2.0–2.5 м и малоустойчивыми вмещающими породами.

Конструкция перекрытия надежна и обеспечивает корректировку ширины путем изгиба. При соблюдении технологии перемещение перекрытия на нижние подэтажи обеспечивается без зависания на лежащем боку. Вантовое перекрытие выполнялось на канатах, закрепленных анкерами в стенках выработки на высоте 1.0–1.5 м от почвы в скважинах диаметром 45–56 мм, глубиной 2–4 м. На канатные растяжки укладывали деревянный настил или канатную сетку с ячейкой 0.5×0.5 м.

Вантовое перекрытие рекомендуется к применению при отработке потолочины и подштрекового целика. В первом случае оно монтируется на штреке скреперования вышележащего блока. Потолочина и подштрековый целик отбиваются после отработки нижележащего блока. Во втором случае блок отрабатывается маганизированием сверху вниз без оставления целиков. Вантовое перекрытие монтируется на каждом подэтаже. Отработка нижележащего подэтажа начинается после обрушения вантового перекрытия вышележащего подэтажа. На канатные растяжки укладывается деревянный настил или сетка с ячейкой 0.5×0.5 м (рис. 7).

Перед началом отбойки руды на штреке сооружается вантовое перекрытие. Отбойка руды выполняется горизонтальными шпурами глубиной 1.5–2.0 м. Между камерой и вантовым перекрытием оставляется целик толщиной 3 м, который отбивается в последнюю очередь на закладку. После выпуска закладки вантовое перекрытие взрывают. Экспериментальный блок длиной 60 м оконтурируется фланговыми восстающими.

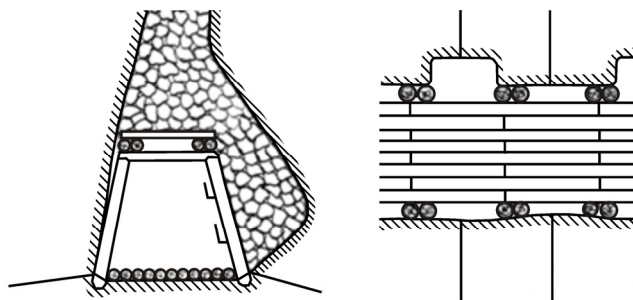


Рис. 7. Конструкция вантового перекрытия



Рудное тело представляет пластообразную залежь мощностью до 3.5 м с падением под углом 75 %. Коэффициент крепости руд и пород по шкале Протодяконова 6–8. Породы слабоустойчивы. В центральной части ранее обрабатываемого блока на вышележащий горизонт пройден полевой восстающий. Вантовое перекрытие смонтировано на подэтажном штреке. Для монтажа вантового перекрытия в боках штрека на высоте 0.2 м от почвы пробурены шпурсы диаметром 56 мм, глубиной 1.9–2.1 м под углом к горизонту 25–30° вниз с интервалом 1.5 м. В шпурсы заливали раствор песчаной цементной смеси марки М-300 и вставляли отрезки каната диаметром 30.5 м. На закрепленные в шпурах канаты укладывали бревна диаметром 18–20 см, длиной 3 м.

Для скрепления по перекрытию на бревна стелили слой досок. Спустя 6 сут после монтажа вантового перекрытия на него проведен выпуск. После выпуска закладки на подэтаже осуществлен ее выпуск через дучки сечением 2.0×2.0 м, пройденные в лежачем боку рудного тела через 6–7 м. При выпуске около 37 % закладки вышло с разубоживанием до 15 %. Общее разубоживание составило 27 %. После выпуска руды из-под перекрытия произошел прорыв пород висячего бока.

Применение вантового перекрытия позволяет обойтись без междуэтажных целиков, обработка которых сопряжена с разубоживанием и потерями руды, а также сокращает неактивные запасы полезного ископаемого. Целесообразная область применения: крутопадающие рудные тела мощностью до 3 м и устойчивые породы.

Для теоретического обобщения механизма движения перекрытия проведено экспериментальное опробование вариантов. Под действием гравитации налегающие породы перемещаются вертикально вниз, оказывая различное давление на перекрытие с лежачей и висячей стороны. В треугольнике сил (рис. 8) давление у висячего бока отсутствует, а у лежачего оно максимальное.

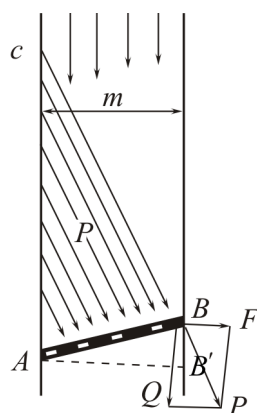


Рис. 8. Схема действующих на перекрытие сил

Вектор  $P$  в точке  $B$  раскладывается на две силы  $Q$  и  $F$ , которая прижимает перекрытие к лежачему боку. От точки  $B$  к точке  $A$  сила  $F$  уменьшается, снижая динамику движения перекрытия к лежачему боку, поэтому перекрытие опрокидывается на лежачий бок с прогибом вниз. Для избежания опрокидывания перекрытие должно занимать положение  $AB'$ , т. е. располагаться перпендикулярно плоскости падения рудного тела. Пройти монтажную выработку с наклоном почвы под углом 90° к горизонтальной плоскости трудно. Этот разворот можно выполнить в процессе обработки подэтажа при опережающей отбойке со стороны лежачего бока.

Технология осуществима, если обеспечивается опережающее перемещение перекрытия с лежачей стороны на нижерасположенный подэтаж. При непостоянной мощности рудного тела в висячем боку может образоваться истечение руды мимо перекрытия. Условию безопасного

перемещения в большей мере отвечает дерево-канатное перекрытие, в котором жесткость обеспечивается деревянными чураками. Реакция чураков создает гибкость края перекрытия и предупреждает просыпание горной массы.

#### **ВЫВОДЫ**

При добыче ценных руд эффективной мерой повышения качества сырья является отделение их от налегающих пород перекрытиями. Канатно-металлическое перекрытие снижает разубоживание в 2–3 раза. Область его целесообразного использования — рудные тела мощностью 25–40 м и углом падения 55–65°. Дерево-канатное перекрытие позволяет выпускать 80 % руды с разубоживанием менее 15 %, в то время как при базовом варианте основная часть руды выпускается с разубоживанием до 60 % и лишь 15 % руды с разубоживанием менее 15 %. Область использования перекрытия — крутопадающие рудные тела с мощностью более 2 м. Вантовое перекрытие обеспечивает выпуск 37 % потерянных руд с разубоживанием до 15 % при разубоживании по базовому варианту 27 %. Область применения перекрытия — крутопадающие рудные тела мощностью до 3 м и устойчивые породы.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. **Голик В. И., Комащенко В. И.** Природоохранные технологии управления состоянием массива на геомеханической основе. — М.: КДУ, 2010. — 554 с.
2. **Голик В. И., Исмаилов Т. Т.** Управление состоянием массива. — М.: МГГУ, 2005. — 395 с.
3. **Голик В. И., Якименко А. Д., Цидаев Т. С.** Садонские месторождения: история и проблемы // Горн. журн. — 2004. — № 10. — С. 24–27.
4. **Якименко А. Д., Голик В. И.** Проблемы обеспечения качества руд при повторной разработке Садонских месторождений // 65 лет НИС СКГМИ: сб. — Владикавказ: Терек, 2004. — С. 12–14.
5. **Шестаков В. А., Разоренов Ю. И., Белодедов А. А. и др.** Определение основных показателей использования недр // Разработка научных основ и способов ресурсосберегающей и экологически чистой технологии добычи полезных ископаемых: сб. науч. тр. ЮРГТУ (НПИ). — Новочеркасск: НАБЛА, 2005. — С. 95–102.
6. **Якименко А. Д., Голик В. И.** Совершенствование технологий повторной разработки техногенных месторождений // Цв. металлургия. — 2004. — № 1. — С. 2–9.
7. **Ракишев Б. Р.** Комплексное использование руды на предприятиях цветной металлургии Казахстана // Горн. журн. — 2013. — № 7. — С. 56–64.
8. **Фоменко А. А.** Использование техногенных скоплений и забалансовых руд цветных металлов в контексте экономики природопользования // Горн. журн. — 2013. — № 2. — С. 89–95.
9. **Секисов Г. В., Рассказов И. Ю.** Создание научно-производственных горно-технологических комплексов для инновационного обеспечения горнодобывающей промышленности // ГИАБ. — 2014. — № 9. — С. 123–128.
10. **Ястребинский М. А.** Экономическое обоснование рыночного критерия приведенных затрат и результатов // ГИАБ. — 2014. — № 6. — С. 67–74.

*Поступила в редакцию 20/VII 2015*