

УДК 622.273.217.4

**Ю.В. Волков, А.А. Смирнов, И.В. Соколов,
Ю.Г. Антипин, Г.А. Чаговец**

РАЗРАБОТКА КРУТОПАДАЮЩИХ РУДНЫХ ТЕЛ ПОД ДНОМ КАРЬЕРА СИСТЕМАМИ С ОБРУШЕНИЕМ

Успешное применение систем разработки с обрушением при комбинированной разработке крупных крутопадающих рудных тел обеспечивается изоляцией подземных горных работ от отработанного пространства карьера породной или рудной предохранительной подушкой. В статье рассмотрены параметры и технология ее образования.

Ключевые слова: карьер, руда, порода, добыча, подземная разработка.

Выбор подземной технологии при комбинированном способе разработки месторождений зависит от многих постоянных и переменных горно-геологических, горно-технических, экономических, а в последнее время и геоэкологических факторов. Анализ опыта отработки 60-ти месторождений комбинированным способом показал, что разнообразие используемых систем разработки достаточно широко (таблица).

Определенной закономерности в применении классов систем при последовательной и параллельной разработке нет, причем доля применения систем с обрушением примерно одинакова – 44 и 43 %, соответственно.

Нами рассматривается последовательная схема комбинированной разработки крутопадающих месторождений. Применение систем разработки с закладкой в этих условиях позволяет достаточно просто решить проблемы перехода от открытых работ к подземным.

В то же время применение систем с закладкой выработанного пространства приводит к существенному увеличению как эксплуатационных, так и капитальных затрат. Вследствие этого использование менее затратных систем разработки с обрушением, особенно при отработке руд средней ценности, является весьма актуальным вопросом. Однако в этом случае наличие карьера непосредственно над

Таблица

Система подземной разработки, %	Схема комбинированной разработки	
	Параллельная	Последовательная
Камерная с твердеющей закладкой	44	19
Горизонтальные слои с закладкой	–	10
Этажное принудительное обрушение	44	21
Подэтажное обрушение	–	22
Подэтажные штреки	–	28
Камерно-столбовая	12	–
Итого	100	100

запасами, предназначенными для подземной выемки, требует решения задачи изоляции подземных горных работ. Сложность задачи состоит в том, что при системах с обрушением изолирующая конструкция должна опускаться по мере отработки запасов. Наиболее просто изоляция подземных работ осуществляется за счет создания предохранительной подушки из раздробленных пустых пород или из взорванной, но не выпущенной руды. При достаточно крутом угле падения предохранительная подушка опускается по мере отработки запасов.

При сравнительно небольших размерах рудных тел, их падении 60—70° создание предохранительной подушки не представляет существенной трудности: как правило, она образуется и поддерживается за счет обрушения вмещающих пород. При этом технология подземных горных работ не отличается от обычной практики применения систем с обрушением.

В случае рудных тел субвертикального падения и достаточно больших горизонтальных размеров (что характерно, например, для алмазных трубок) создание породной предохранительной подушки связано с существенными затратами и определенными технологическими трудностями.

Простое обрушение нижних уступов карьера не обеспечивает создание предохранительной подушки требуемой толщины над рудными телами горизонтальных размеров в сотни метров. Для этого необходимо проведение массовых взрывов уступов карьера на сброс (выброс) суммарным объемом в несколько миллионов тонн породы. Наряду с существенными затратами на проведение таких взрывов следует учитывать и возможность последующего неконтролируемого обрушения бортов карьера. Вследствие

этого более реальным решением выглядит образование подушки из пустых пород, находящихся в отвалах на поверхности. При глубине карьера в 500-600 м и этот вариант является достаточно затратным, к тому же транспортировка нескольких миллионов тонн породы в карьер может занять несколько лет.

Создание подушки из взорванной, но не выпущенной руды приводит к замораживанию затрат на ее образование (подготовка и взрывание соответствующих запасов): более того, при сроке отработки месторождения двадцать и более лет из-за дисконтирования данные затраты можно считать потерянными. В целом затраты на создание породной и рудной подушки соизмеримы.

Однако при выборе типа подушки следует учитывать следующее:

При отработке крупных субвертикальных рудных тел системами с обрушением под породной подушкой потери и разубоживание руды составят 15-20 % (обычная практика применения систем с обрушением). Т.е. в процессе отработки запасов выпускается, грузится, транспортируется, поднимается на поверхность, а затем проходит процесс обогащения достаточно большой объем пустых пород подушки. Немаловажным является и то, что на соответствующую величину снижается и объем добытой чистой руды.

При выемке руды под рудной подушкой и достаточно больших горизонтальных размерах рудных тел потери и разубоживанием снижаются до 2-3 %, т. е. устраняется основной недостаток систем с обрушением.

Выполненные нами технико-экономические расчеты по выбору вида предохранительной подушки для случая отработки одного из подобных

месторождений показали, что затраты на образование подушки не несут определяющего характера – существенно большее влияние оказывает разубоживание руды пустыми породами подушки и недополучение извлекаемой ценности полезных компонентов. Затраты на добычу и переработку разубоживающих пустых пород породной подушки при выемке первых двух этажей месторождения оказались более чем в 5 раз выше, чем затраты на образование самой подушки.

В конкретных условиях может оказаться выгодным создание комбинированной подушки из породы (сверху) и взорванной руды, особенно если для подушки использовать вскрышные породы нижних горизонтов карьера.

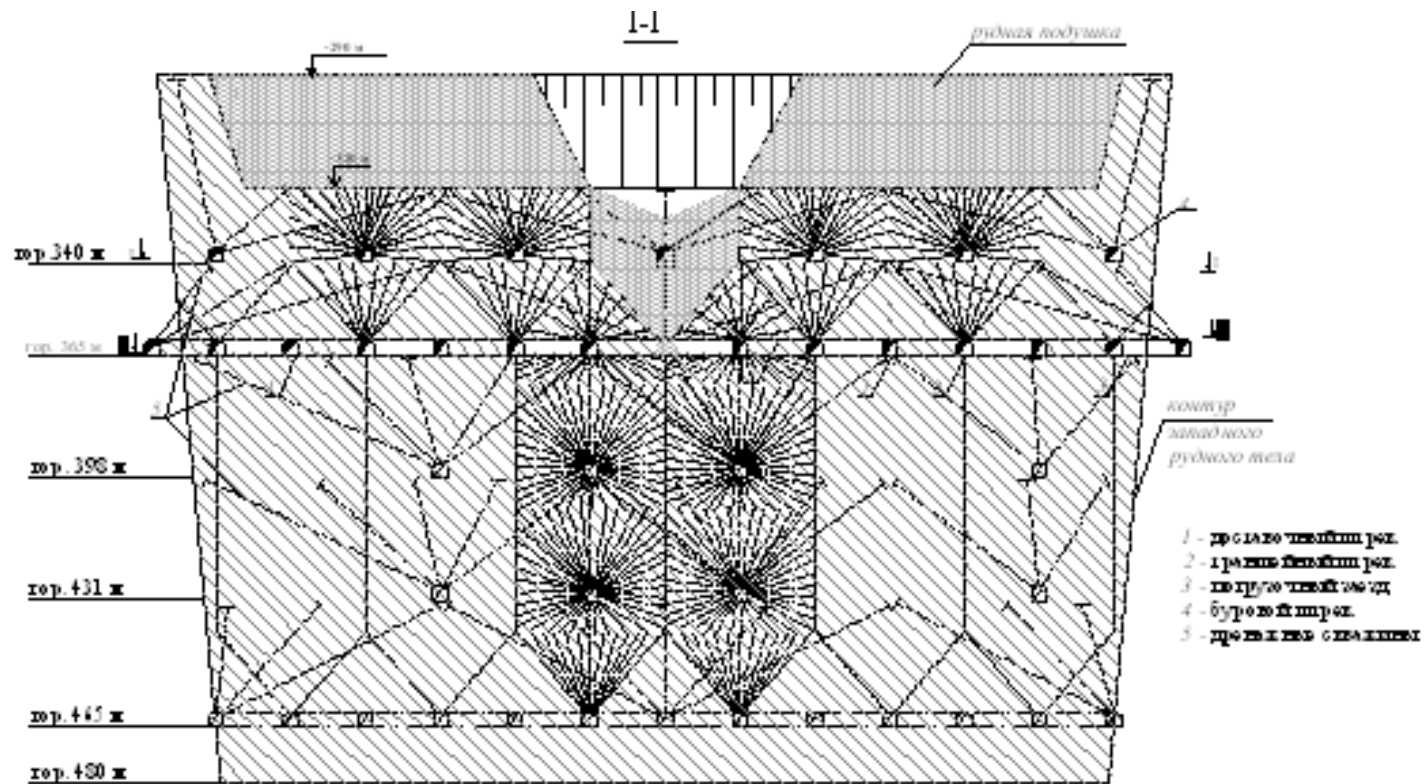
При образовании породной подушки следует иметь в виду, что, во-первых, за счет потерь руды при выпуске горная масса подушки будет обогащаться полезными компонентами, во-вторых, объем подушки будет несколько уменьшаться, что может потребовать осуществления мероприятий на ее восстановление. В случае рудной подушки следует ожидать разубоживания рудной массы подушки пустыми породами, обрушившимися (осыпавшимися) с бортов карьера, следовательно, и увеличения разубоживания добытой руды. Т. е. по мере опускания подушки на два-три этажа и ниже ее материал будет замещаться на рудно-породную горную массу, соотношение руды и породы в которой будут определяться глубиной выпуска руды, необходимостью сохранения требуемой толщины подушки и другими сопутствующими факторами. Данное явление следует учитывать при нормировании потерь руды как в целом для всего месторождения, так и отдельных его частей. Кроме того, для сохранения требуемой толщины

подушки по всей площади рудных тел следует соблюдать определенный порядок их отработки и режим выпуска отбитой руды.

Одной из основных характеристик предохранительной подушки является ее необходимая для безопасности и комфортности подземных горных работ толщина. Предохранительная подушка должна обеспечить защиту подземных выработок в случае динамического удара обрушившихся сверху бортов (уступов) карьера, предотвращение прямых аэродинамических связей между подземными выработками и пространством карьера.

Выполненные исследования показали, что наибольшее динамическое воздействие на подушку оказывает падение на нее относительно монолитных участков обрушившихся бортов. В отличие от известных случаев обрушения потолочин в подземных камерах воздействие удара воздушной волны на подушку существенно ниже, но зато высота падения пород может быть значительно больше. Вследствие этого при расчете толщины подушки по динамическому удару следует учитывать как прямой удар пород о подушку, так и удар воздушной волны.

Расчет толщины подушки по предотвращению аэродинамических связей основан на расчете естественной тяги, соответственно температурного градиента наружного воздуха и рудничной атмосферы с учетом глубины карьера. Наиболее неблагоприятным является зимний период, когда температура наружного воздуха в северных районах может опускаться до -40 -; -50 °С. По данному фактору необходимая толщина предохранительной подушки из скальных пород достигает 50-60 м. Требуемая величина подушки возрастает с глубиной горных работ.



Этажное принудительное обрушение с одностадийной выемкой под предохранительной рудной подушкой

Так, освоение крутопадающего месторождения с применением системы разработки с обрушением руды в условиях Крайнего Севера рекомендовано с формированием предохранительной подушки из отбитой руды толщиной 30-50 м (рисунок).

Таким образом, применение систем с обрушением при комбинированной разработке крупных крутопадающих рудных тел возможно и це-

лесообразно при реализации последовательной схемы. При этом одним из основных вопросов является способ изоляции подземных горных работ от выработанного пространства карьера, который требует достаточно больших финансовых, материальных затрат и затрат времени и оказывает влияние на параметры и показатели технологии подземной разработки. **ГЛАВ**

Коротко об авторах

Волков Ю.В. — профессор, доктор технических наук, зав. лаборатории подземной геотехнологии ИГД УрО РАН;

Соколов И.В. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории подземной геотехнологии ИГД УрО РАН;

Смирнов А.А. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории подземной геотехнологии ИГД УрО РАН;

Антипин Ю.Г. — ведущий инженер лаборатории подземной геотехнологии ИГД УрО РАН;

Чаговец Г.А. — младший научный сотрудник лаборатории подземной геотехнологии ИГД УрО РАН.

e-mail: geotech@igd.uran.ru



ГОРНОЕ ДЕЛО. ИЗ ИСТОРИИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ



- Предохранительные взрывчатые вещества, которые горняки применяют в условиях, опасных по метану или пыли, раньше назывались *антигризутными*.

- С 1885 году французский ученый П.А. Фавье получил на основе аммиачной селитры мощное взрывчатое вещество. По аналогии с динамитом его назвали аммонитом. Еще египтянами газу аммиака было дано имя в честь бога Аммона. Поэтому соли аммиака именуются солями аммония.

- Тринитротолуол впервые был получен немецким химиком Вильбрандом в 1863 году, но лишь в начале XX в. немецкий инженер Г. Каст применил его в качестве взрывчатого вещества. В 1905 году Германия получила первые сто тонн новой взрывчатки. А через год тайна тротила была расшифрована русским офицером В.И. Рдудтовским.