

Танков М.С. Заведующий лабораторией геомеханики ОАО «Уралмеханобр»

## **Перспективы применения восходящего порядка отработки в условиях медно-колчеданных месторождений Урала**

До настоящего времени при подземной отработке большинства месторождений в мире использовался традиционный нисходящий порядок выемки запасов. Данный порядок является исторически сложившимся и в большинстве случаев экономически оправданным. Кроме того, при отработке месторождений системами разработки с обрушением такой порядок является единственно возможным.

Однако, в последние 20-30 лет на целом ряде зарубежных рудников («Garpenberg» и «Zinkgruvan» (Швеция); «Пихасальми» (Финляндия); «Asikoy» (Турция) и т.д.) стал широко внедряться восходящий порядок отработки запасов как отдельных рудных тел и участков, так и месторождений в целом с применением камерных систем разработки с твердеющей закладкой.

Возросший интерес к использованию восходящего порядка отработки обусловлен его более высокими технико-экономическими показателями по сравнению с нисходящим порядком.

Сущность восходящего порядка отработки заключается в том, что очистная выемка начинается с почвы рудного тела (с нижнего этажа), и производится снизу вверх. При применении системы разработки с камерной выемкой и закладкой, рудное тело по высоте разбивается на подэтажи высотой 20÷30 метров. В пределах подэтажа рудное тело делится на камеры. При крутом залегании рудного тела и нормальной мощности от 15 до 50 метров камеры располагают вкрест простирания рудного тела. При нормальной мощности менее 15 метров, выемочные камеры располагаются по простиранию рудного тела. При горизонтальной мощности рудного тела более 50 метров, оно делится на панели, которые в свою очередь делятся на выемочные камеры.

Высота камер соответствует высоте подэтажа. Оработка камер может производиться как в сплошном, так и в камерно-целиковом порядке. Ввиду более высоких показателей по производительности, камерно-целиковая очередность отработки получила наибольшее распространение на рудниках ведущих выемку запасов в восходящем порядке. При камерно-целиковом порядке камеры в выемочном

подэтаже разделяются по очередности отработки на камеры первой и второй (третьей, четвёртой) очередей. При этом, в зависимости от конкретных горно-геологических условий применяются различные схемы отработки: **1-2-1**, **1-2-1-3-1**, **1-2-3**, и т.д.

Камеры первой очереди закладываются составами с твердеющей закладкой, а камеры второй и последующих очередей закладываются бесцементной (гидравлической) закладочной смесью или пустой породой.

Камеры первой очереди, как правило, отрабатываются с меньшим пролётом по сравнению с камерами второй очереди.

Камерная система разработки при восходящем порядке выемки включает в себя следующие конструктивные элементы:

- доставочный орт–заезд (штрек–заезд) по почве камеры;
- буро-закладочный орт (штрек) по кровле камеры.

При выемке камер в восходящем направлении, одним из важных элементов системы разработки является крепление кровли камер тросовыми анкерами с целью укрепления вышележащего массива и предотвращения его расслаивания. За счёт тросовых анкеров также осуществляется крепление буро-закладочного орта (штрека), который в дальнейшем будет использоваться в качестве доставочного орта-заезда при очистной выемке вышерасположенной камеры.

Разбуривание в камерах при восходящем порядке отработки осуществляется главным образом в направлении сверху вниз. Это позволяет развести операции бурения и отгрузки руды из камеры и увеличивает безопасность ведения очистных работ в камере. Пролёт верхней буровой выработки (буро-закладочного орта) для улучшения условий бурения и тросового крепления как правило проходят максимально возможной ширины. Широкая буро-закладочная выработка позволяет повысить качество разбуривания камеры и производить более чёткое её оконтуривание.

Камеры отрабатываются с торцевыми заездами. При отгрузке руды из очистных камер применяются только ПДМ с дистанционным управлением.

Основными достоинствами восходящего порядка отработки являются следующие факторы:

- Сокращение затрат на закладочные работы. Восходящая отработка позволяет существенно снизить затраты на закладочные работы за счёт закладки камер второй и

последующих очередях бесцементной закладкой или породой. Вследствие этого расход цемента снижается в 2-2,5 раза.

- Упрощение организации работ по подготовке, отработке, закладке и проветриванию камер. При восходящем порядке отработки выработки вентиляционно-закладочного горизонта нижнего выемочного подэтажа в последующем становятся доставочными выработками при отработке вышележащего подэтажа.

- Возможность складирования всей пустой породы от проходческих работ в выработанном пространстве камер второй и последующих очередей.

- Меньший объём подготовительно-нарезных работ, за счёт повторного использования подготовительных и нарезных выработок, предназначенных для проветривания и ведения закладочных работ.

- Более низкие показатели разубоживания руды по сравнению с нисходящим порядком отработки. При восходящем порядке выемки исключается разубоживание руды закладочным материалом вышерасположенных камер.

- Снижение фактора воздействия горного давления на подготовительные и очистные выработки, за счёт того, что в начальный период отработки месторождения на нижних горизонтах, где действуют наиболее максимальные для данной залежи напряжения, вследствие небольшого размера выработанного пространства концентрация напряжений в конструктивных элементах системы разработки будет сравнительно невелика. В процессе перехода фронта горных работ на верхние горизонты, будет происходить рост концентрации напряжений за счёт их перераспределения в зоне влияния очистных работ. Однако, в тоже время, с уменьшением глубины отработки, будет происходить и снижение естественного поля напряжённо-деформированного состояния пород. Совместное действие этих двух факторов приводит к уменьшению уровня существующих в выемочном поле напряжений.

Недостатками, или скорее особенностями восходящего порядка отработки являются следующие факторы:

- Задержка по времени ввода месторождения в эксплуатацию в условиях вскрытия месторождения на всю глубину и подготовки нижних горизонтов к первоочередной отработке.

- Инвестирование на начальном этапе более значительных финансовых средств на строительство рудника.

- Применение восходящего порядка отработки требует обязательного крепления вышележащих руд в кровле камер тросовым либо анкерным креплением. Во многих случаях, при достаточно слабых породах висячего бока, они также крепятся тросовым креплением с целью сокращения разубоживания руды в камере.

- Требование максимально полной закладки выработанного пространства камер (обязательна дозакладка всех пустот) с целью исключения расслоения вышерасположенного рудного массива.

- Невозможность применения восходящего порядка отработки при слабоустойчивых рудах.

- Необходимость качественной зачистки камер для сокращения потерь отбитой руды на их почве.

В целом накопленный опыт работы западных горнорудных предприятий показывает, что восходящий порядок выемки с применением камерных систем разработки позволяет эффективно вести отработку месторождений в определённых горно-геологических условиях и при чётком соблюдении предусмотренных технологических операций.

В России и в странах СНГ до недавнего времени в восходящем порядке обрабатывались запасы руд с применением только слоевой системы разработки с закладкой. В отдельных случаях, при отработке вертикальных и субвертикальных жильных месторождений небольшой мощности применялись различные варианты камерных систем разработки с восходящим порядком с применением твердеющей закладки, или с использованием гидравлической закладки и оставлением рудных целиков.

Таким образом, на данный момент в отечественной практике не существует достаточного опыта отработки достаточно мощных рудных залежей камерной системой разработки с закладкой в восходящем порядке.

Основным вариантом применяемой системы разработки при подземной отработке медноколчеданных месторождений Урала является камерная система разработки с твердеющей закладкой (Гайское месторождение, месторождения

Учалинского и Сибайского рудных узлов). Направление отработки запасов на всех ныне эксплуатируемых месторождениях традиционное – нисходящее.

При этом на целом ряде месторождений, которые планируется отрабатывать в ближайшее время (месторождения «Озёрное», «Камаган», «Юбилейное») по ряду причин (горно-геологические условия залегания рудных тел; схема вскрытия запасов) более целесообразным является выбор восходящего порядка отработки.

В 2009 году отделом горной науки института ОАО «Уралмеханобр» был разработан технологический регламент на отработку месторождения «Озёрное» в восходящем порядке. Данное месторождение имеет форму перевёрнутой пирамиды, рассеченной посередине двумя параллельными мощными дайками, и залегает на глубине 240 метров от поверхности. Наиболее богатые по содержанию медные руды располагаются в нижней части основного рудного тела. С уменьшением глубины залегания, уменьшается и содержание полезного компонента в руде.

Вскрытие рудного тела осуществляется автотранспортным уклоном и стволом шахты «Клетьевая». В процессе подготовки, рудное тело по вертикали делится на подэтажи высотой 30 метров. На каждом подэтаже рудная залежь разбивается на 3 панели, располагаемые параллельно двум пересекающим р.т. дайкам.

В процессе предварительной оценки наиболее эффективного порядка отработки месторождения проводилось сравнение нисходящего и восходящего направлений выемки запасов. Определяющими достоинствами при выборе восходящего порядка отработки по сравнению с нисходящим стали следующие факторы:

- Меньший объём подготовительно-нарезных работ.
- Упрощение организации работ по отработке, закладке и проветриванию камер.
- Сокращение затрат на закладочные работы.
- Меньшие показатели разубоживания по сравнению с нисходящим порядком отработки (смотри таблицу 1).

К недостаткам восходящего порядка отработки для условий месторождения «Озёрное» можно отнести следующие факторы:

- Задержку во времени ввода месторождения в эксплуатацию на 8 месяцев.
- Учитывая незначительные объёмы руды в нижних выемочных подэтажах для обеспечения необходимой производительности, отработка запасов должна вестись одновременно в трёх подэтажах.

- Более высокие потери отбитой руды на почве камер из-за их неполной зачистки.

Таблица 1. Соотношение показателей потерь и разубоживания при нисходящем и восходящем порядке отработки в условиях месторождения «Озёрное».

№ п.п.	Система разработки с камерной выемкой и закладкой	%	Потери, %	Разубоживание, %
			МР	МР
Нисходящий порядок отработки				
1	Камеры первой очереди	25	4,9	3,6
2	Камеры второй и третьей очередей	75	6,2	9,8
3	(средневзвешенные значения)	100	5,9	8,3
Восходящий порядок отработки				
4	Камеры первой очереди	25	6,1	2,3
5	Камеры второй и третьей очередей	75	6,9	7,4
6	(средневзвешенные значения)	100	6,7	6,1

Оценив положительные и отрицательные стороны как нисходящего, так и восходящего направлений отработки, в качестве основного варианта был принят восходящий порядок выемки с применением варианта камерной системы разработки с закладкой.

Отработка запасов месторождения будет осуществляться с подэтажа высотой 30 метров. В нижнем этаже +190/+140, высота которого составляет 50 метров, высота подэтажей составит 25 м.

Рудное тело на каждом подэтаже делится на панели шириной до 50 м. Камеры в панелях ориентированы длинной стороной по простиранию рудного тела (вкрест простирания выемочных панелей). Для увеличения интенсивности отработки запасов и обеспечения требуемой годовой производительности принят камерно-целиковый порядок отработки камер в панели по схеме **1–2–1–3–1**. При этой схеме первоначально обрабатываются камеры первой очереди шириной 10 м через рудный целик (камеру 2 или 3 очереди) шириной 15 м. Оработка камер первой очереди может вестись одновременно, но при этом для снижения сейсмического воздействия на временные рудные целики не допускается одновременное проведение взрывных работ в соседних камерах. После отработки и закладки камер первой очереди, осуществляется отработка камер второй очереди через комбинированный целик шириной 35 метров, состоящий из закладочного массива камер первой очереди и рудного массива камер

третьей очереди. На 3-й стадии производится отработка камер третьей очереди через целик шириной 35 метров, состоящий из закладочного массива камер первой и второй очереди. По вертикали камеры расположены соосно (друг под другом).

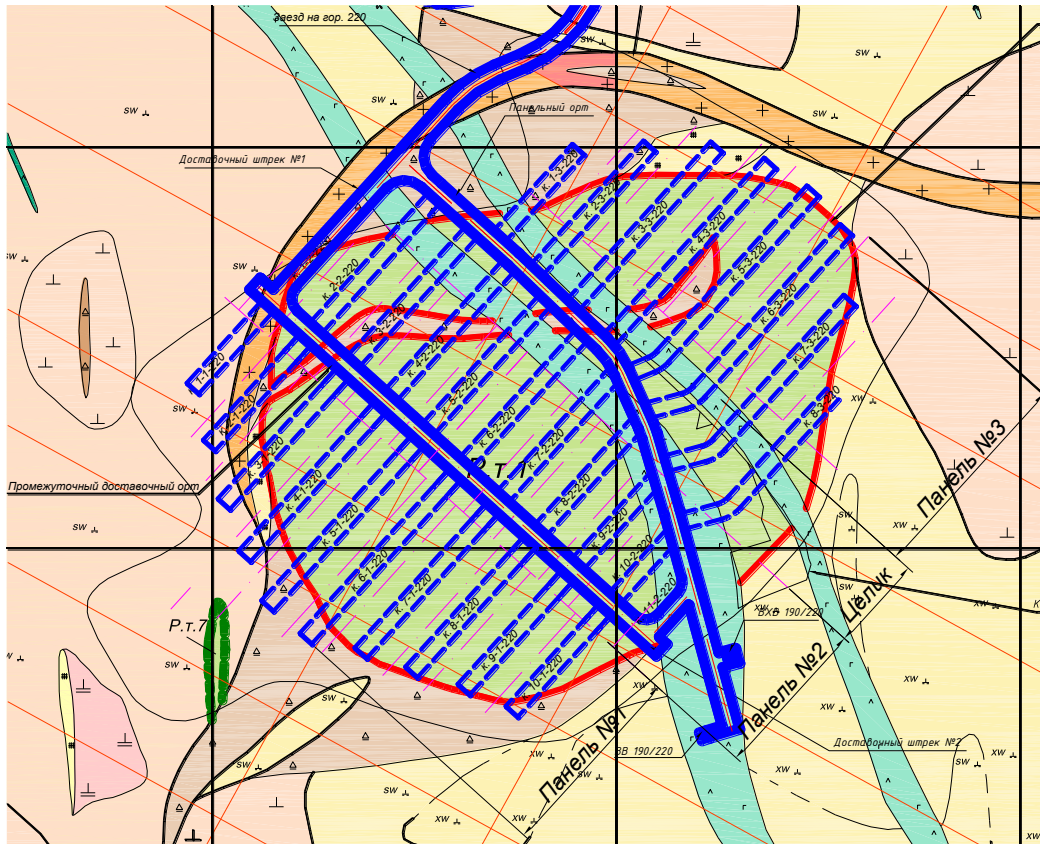


Рисунок 2. План подготовки горизонта +220м

Порядок выемки камер в панелях представлен на рисунке 3.

Вариант камерной системы разработки с торцовыми заездами включает в себя следующие конструктивные элементы (смотри рисунок 4):

- торцовый доставочный штрек (заезд), пройденный вдоль камеры по её почве;
- отрезной восстающий;
- буро-закладочный штрек, пройденный вдоль камеры по её кровле.

В качестве доставочной выработки используется буро-закладочный штрек, пройденный для отработки нижележащей камеры. На верхнем горизонте, из вентиляционно-закладочного орта по кровле камеры на всю её длину проходится буро-закладочный штрек, располагающийся по оси камеры. Ввиду того что буро-закладочный штрек, пройденный по кровле камеры, будет в последующем использоваться в качестве доставочной выработки при отработке вышерасположенной камеры, предусматривается его крепление с помощью тросов.

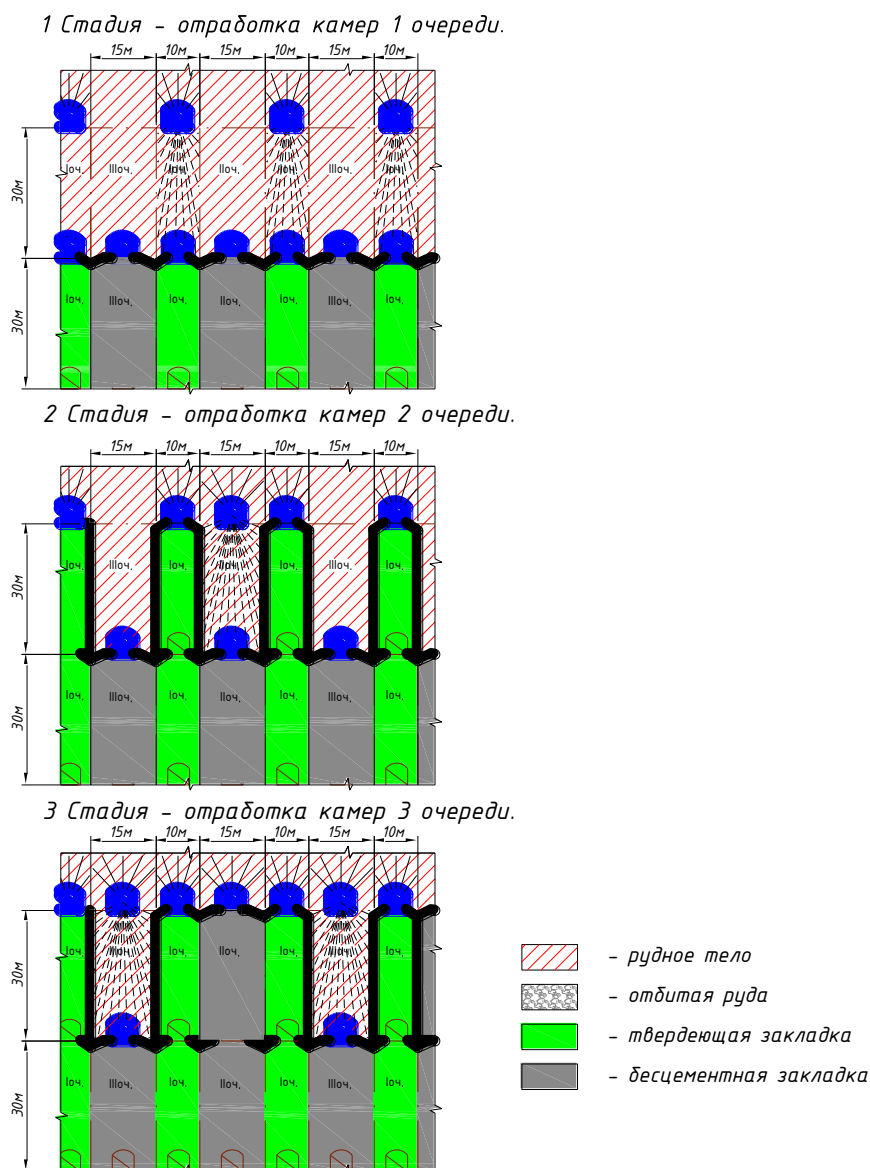


Рисунок 3. Порядок выемки камер в панелях

Разбуривание и отбойка руды в камерах производится сверху вниз из буро-закладочного штрека на всю высоту камеры.

По вертикали камеры располагаются соосно (друг под другом). Днище очистных камер в конструктивном исполнении принято плоским.

При восходящем порядке отработки месторождения изменяются требования к прочности закладочных массивов.

Для обеспечения устойчивого состояния рудного и закладочного массивов, обеспечения благоприятных условий очистной выемки необходимо обеспечить следующие требования к прочности закладки:

- в камерах первой очереди на всю высоту, за исключением подкровельного слоя, формируется закладочный массив прочностью 2 МПа; при этом возможно формирование бутобетонного массива при сохранении его прочности в 2 МПа;

- камеры второй и третьей очередей на всю высоту заполняются бесцементной закладкой (породной, гидравлической, либо совместно породной и гидравлической);
- во всех камерах, при наличии выше расположенной руды, формируется подкровельный слой толщиной 1,5 м и прочностью не менее 5 МПа (исключение составляют камеры второй и третьей очереди, заполненные пустой породой). Этот подкровельный слой предназначен для перемещения самоходного оборудования при отработке вышележащей камеры.

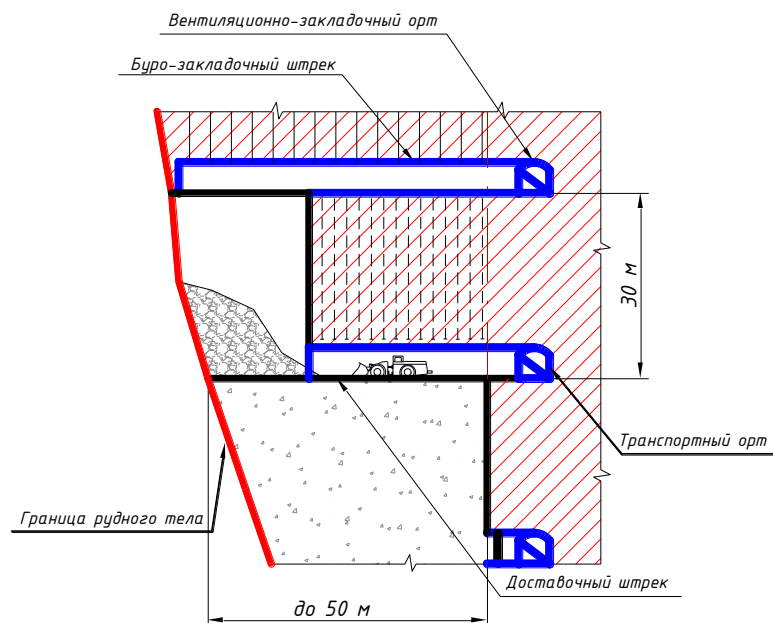


Рисунок 4 Продольный разрез по очистной камере

В целом, оценивая накопленный мировой опыт по применению восходящего порядка отработки, и его очевидные преимущества, следует отметить, что использование данного порядка отработки вкуче с применением вариантов камерной системы разработки с закладкой в условиях медноколчеданных месторождений Урала на сегодняшний день является экономически оправданным и при определённых условиях более выгодным по сравнению с традиционным нисходящим порядком выемки.