

## **РАЗРАБОТКА СУЛЬФИДНЫХ РУД В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (на примере Талнахского рудного узла)**

**Е.А. Гулан**

Кафедра нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела  
Российский университет дружбы народов  
*ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419*

**А.А. Шаталов**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Норильский индустриальный институт»  
*ул. 50 лет Октября, 10, Норильск, Россия, 663300*

Представлены горно-геологические условия месторождений полезных ископаемых Талнахского рудного узла. Рассмотрены особенности систем разработки сульфидных медно-никелевых руд Октябрьского и Талнахского месторождений.

**Ключевые слова:** горно-геологические условия, массив, деформация, камера, горное давление, кровля, штрек.

Сульфидные месторождения составляют основу минерально-сырьевой базы ведущих стран — производителей никеля: России, Канады, Австралии, Китая и ЮАР. На них добывают около 65% никеля, в то время как на силикатных — 35%. Объем добычи никельсодержащих руд в России составляет 25% от мирового, в Канаде — 20%.

Для России месторождения медно-никелевых руд представляют очевидный стратегический интерес, так как в них сконцентрировано 35,8% мировых запасов никеля, 14,5% запасов кобальта, 14,5% запасов меди и 40,2% запасов металлов платиновой группы.

Из руды Норильских месторождений производится около 85% российского никеля и кобальта, 70% меди и более 95% металлов платиновой группы (МПП), что обеспечивает 20% мирового производства никеля и около 40% МПП.

Основу сырьевой базы Норильской горной компании составляют месторождения сульфидных медно-никелевых руд Талнахское и Октябрьское, входящие в состав Талнахского рудного узла. Октябрьское месторождение расположено к западу от Норильско-Хараелахского разлома, Талнахское месторождение охватывает зону грабена Норильско-Хараелахского разлома и его восточное крыло.

По запасам никеля и меди эти месторождения относятся к уникальным, не имеющим аналогов в мире; кроме того, ценность руд значительно повышается за счет высокого содержания в рудах металлов платиновой группы (табл. 1).

Таблица 1

**Количество металлов в рудах по месторождениям**

(%)

Месторождение	Никель	Медь	Платиноиды
Талнахское	60	65,4	49,5
Октябрьское	35,5	31,2	38,0

Месторождения Талнахское и Октябрьское представлены тремя промышленными типами медно-никелевых руд: сплошными (наиболее богатыми), медистыми и вкрапленными (табл. 2).

Таблица 2

**Состав руд месторождений Талнахского рудного узла**

Типы руд	Среднее содержание, %, г/т			Запасы, %			
	Ni	Cu	платиноиды	руды	Ni	Cu	платиноиды
Сплошные	3,2	4,6	10,8	10,5	42,0	32,3	20,8
Медистые	0,88	3,32	9,82	7,3	8,0	16,3	13,3
Вкрапленные	0,48	0,92	4,34	82,2	50,0	51,4	65,9

Сплошные (богатые) руды образуют несколько пологопадающих линзо- и пластообразных залежей мощностью до 50 м. Они локализованы по нижнему контакту интрузии, реже в ее приподошвенной части или в подстилающих породах в непосредственной близости от интрузии.

Переходный тип между богатыми и вкрапленными рудами Талнахского рудного узла — медистые руды.

Медистые руды — ороговикованные и скарнированные разности осадочных и изверженных пород, различные метасоматиты — образуют тела сложных очертаний, находящиеся как под сплошными рудами, так и над ними. Мощность их резко меняется, достигая в некоторых случаях 40 м. Контакты — нерезкие, неровные, прочные, лишь со сплошными рудами нередко они ослаблены присутствием хлорита или наличием зоны срыва контактов, представленной дробленными сильно измененными породами. Содержание ценных компонентов в них в 1,5—2 раза выше, чем во вкрапленных, но обогащение их представляет определенные трудности, связанные с присутствием труднофлотируемых минералов.

Вкрапленные руды распространены в пикритовых, такситовых и троктолитовых габбро-долеритах (реже в оливиновых и контактовых). Они образуют практически единый горизонт пластообразной формы мощностью до 90 м, который в плане перекрывает сплошные руды. Границы этих руд обычно нерезкие, неровные и выделяются по результатам опробования. Прочность связи по ним различна, поскольку границы вкрапленных руд нередко ослаблены участками весьма сильной трещиноватости или хлоритовой зоной. Между вкрапленными рудами и нижележащими «медистыми» или сплошными рудами иногда присутствует безрудный «прослой» мощностью от 1 до 25 м.

Главные структурные элементы Талнахского рудного узла — глубинный Норильско-Хараелахский разлом с оперяющими сбросами и просадочные структуры Октябрьского месторождения (Горный сброс, Большой горст и т.п.), определяющие большое количество тектонических нарушений различных порядков

(табл. 3). Тектонические нарушения обуславливают, в свою очередь, блоковое строение района. Тектонические блоки ограничены нарушениями в различных сочетаниях, однако наиболее распространены следующие, расположенные в порядке убывания распространенности:

- сонаправленные взбросы;
- разнонаправленные взбросы;
- разнонаправленные сбросы;
- сонаправленные сбросы;
- разнонаправленные взброс и сброс.

Эти блоки имеют различные размеры и вытянуты чаще всего в субмеридиональном направлении.

Таблица 3

**Характеристика тектонических нарушений Талнахского рудного узла**

Порядок	Масштабность проявления	Амплитуда смещения		Протяженность в плане	
		абсолютная, м	относительная, доля, $M_{рт}^*$	абсолютная, м	относительная, доля, $L_{рт}^{**}$
I	Основные черты тектоники месторождения в целом	> 20	> 1	> 3000	> 3
II	Тектоника отдельных частей месторождения, не пересекает нарушения первого порядка	10—20	0,5—1	100—3000	0,2—3
III	Тектоника отдельных участков поля рудника, не пересекает нарушения первого и второго порядков	2—10	0,1—0,5	25—100	0,05—0,2
IV	Тектоника отдельных участков рудника, не пересекает нарушения первого, второго и третьего порядков	< 2	< 0,1	< 25	< 0,05

\*  $M_{рт}$  — средняя мощность залежи сплошных сульфидных руд.

\*\*  $L_{рт}$  — средняя протяженность залежи в плане.

По морфологии тектонического шва можно выделить четыре вида нарушений:

- сглаженная плоскость, по которой крылья нарушения плотно сомкнуты;
- зона дробления, заполненная сцементированными продуктами;
- зона дробления, заполненная рыхлыми продуктами;
- серия параллельных сближенных плоскостей, по каждой из которых амплитуда невелика, но в сумме она может достигать значительной величины.

По преобладающему минералу различаются пирротиновые, халькопиритовые (талнахитовые, моихукитовые), кубанитовые и борнитовые (с халькозином) руды. Между собой они связаны переходными разностями.

Форма залежи в общем простая, однако на ряде участков она осложнена сбросами и взбросами различной амплитуды или послойными расщеплениями в прикровельной части и на флангах, морфологическими уступами высотой до 8 м со сложной формы апофизами (рудники «Таймырский» и «Октябрьский»).

Контакты сплошных руд с вмещающими породами обычно четкие, ровные, иногда весьма неровные с апофизами и прожилками. Прочность связи по кон-

такту с метаморфизованными осадочными породами довольно значительна. Контакт с габбродолеритами долеритами в отдельных случаях ослаблен хлоритовой «прослойкой» мощностью 3—10 см.

Для Талнахского рудного узла характерно интенсивное проявление разрывной тектоники различных порядков и связанной с этим трещиноватости. Наиболее трещиноваты рассланцованные породы тунгусской серии, наименее — толстоплиточные карбонатные отложения девона и габбро-диориты верхней части рудоносной интрузии.

Отработка запасов Талнахского рудного узла сопряжена со значительными трудностями и производится в весьма сложных условиях. Значительная ценность сплошных сульфидных (богатых) руд, принятая последовательность отработки руд различных типов (необходимость сохранения для последующей отработки массива вышележащих вкрапленных руд), большая глубина разработки и связанное с ней повышенное горное давление при значительной нарушенности пород обуславливают отработку запасов системами с полной закладкой выработанного пространства твердеющими смесями.

Для отработки сульфидных руд Октябрьского и Талнахского месторождений применяют различные модификации сплошных слоевых (с нисходящим, восходящим или комбинированным порядками выемки), а также камерные и камерно-целиковые системы разработки с закладкой выработанного пространства и с использованием высокопроизводительного самоходного дизельного оборудования на основных и вспомогательных процессах.

Применяемая технология горных работ обеспечивает низкие потери богатых (1,5—2%) и «медистых» (2—4%) руд. Разубоживание для всех типов руд колеблется в пределах 7—19%.

Основным принципом слоевых систем разработки является выемка рудной залежи или ее части сплошным фронтом без оставления в выработанном пространстве нагруженных опорных целиков. Общая линия фронта очистных работ может быть ориентирована как по простиранию, так и по падению рудного тела. Рудную залежь (или ее часть) отрабатывают одним фронтом в направлении от одного фланга к другому (односторонний фронт очистных работ) или двумя расходящимися флангами в направлении от середины рудной залежи к флангам (двухсторонний фронт очистных работ).

В настоящее время при разработке сульфидных руд Октябрьского и Талнахского месторождений получила широкое распространение камерная система разработки.

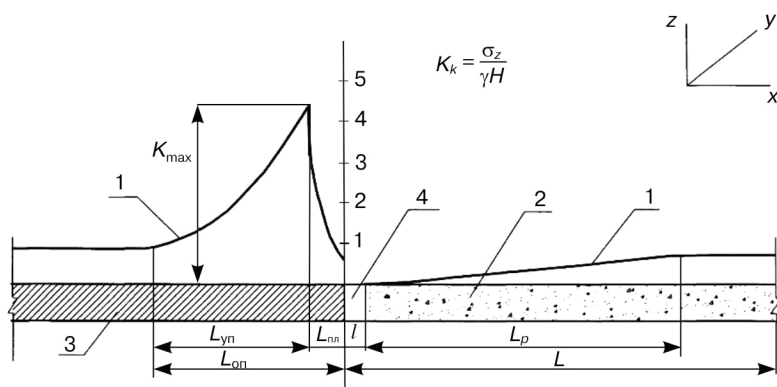
Опытно-промышленные испытания технологии были успешно проведены в 1982—1985 гг. на рудниках «Комсомольский» и «Октябрьский» в условиях камерной системы разработки с плоским днищем и торцовой погрузкой, а также слоевой системы с восходящим и нисходящим порядком выемки слоев при увеличенной высоте очистного пространства (более 10 м) и на участках выемочных лент с сильной тектонической нарушенностью или с некачественной искусственной кровлей, когда существенно усложняется поддержание рудных стенок и кровли очистной выработки в безопасном состоянии.

Камерную систему разработки применяют для разработки руд сильной, средней и слабой нарушенности и сильно-, средненарушенных породах в кровле, на тектонически нарушенных участках залежей.

При камерной системе разработки рудное тело (или его часть) в плане разделяют на панели (секции), а панели — на вертикальные (крутонаклонные) полосы (камеры). Каждую полосу (камеру) можно разделить по вертикали на подэтажи.

К порядкам отработки камерной системы разработки относятся варианты выемки камер в панели (секции), которые различаются на сплошной или камерно-целиковый, с оставлением временных рудных, рудобетонных целиков.

При ведении очистных работ происходит изменение исходного поля напряжений: впереди фронта очистных работ или впереди фронта разгрузки образуется область повышенных напряжений — зона опорного давления, а под выработанным или разгруженным пространством и над ним — зона разгрузки (рис. 1).



**Рис. 1.** Изменение вертикальной составляющей напряжений в окрестности очистной выработки:

- 1 — вертикальная составляющая; 2 — закладочный массив;
- 3 — рудный массив; 4 — очистная выработка.

$L, L_{оп}, L_p, L_{уп}, L_{пл}, l$  — соответственно ширина пролета отработки и зон опорного давления, разгрузки, упругого и пластического (запредельного) состояния руды;  $l$  — ширина очистной выработки

Параметры зоны опорного давления определяются структурными особенностями и механическими свойствами руды, вмещающих пород и закладки, глубиной работ, мощностью и углом падения рудного тела, размерами и формой выработанного пространства.

Максимальный коэффициент концентрации напряжений в зоне опорного давления  $K_{max}$  растет с увеличением прочности руды, уменьшением мощности залежи. С увеличением глубины горных работ и жесткости закладочного массива этот коэффициент уменьшается. Его величина зависит также от структуры и прочности вмещающих пород.

Твердеющая закладка ограничивает перемещение налегающих пород и воспринимает часть нагрузки от их веса. Распределение давления на закладочный

массив зависит от компрессионных свойств закладки, структуры и механических свойств налегающих пород, глубины ведения горных работ и размеров выработанного пространства.

В настоящее время на руднике «Октябрьский» проводятся опытно-промышленные испытания (ОПИ) по отработке медистых руд камерной системой разработки с увеличением высоты вертикальных стенок камер до 40 м.

Целью проведения ОПИ является определение технической возможности и экономической целесообразности применения предложенного варианта отработки медистых руд, а также оценка эффективности защищенной зоны сформированной бурением разгрузочных скважин.

***Варианты камерной системы разработки и конструктивные параметры.***

Выбор варианта камерной системы разработки, ее конструктивные параметры определяется мощностью рудного тела, глубиной разработки, нарушенностью руд и вмещающих пород, принятой (проектной) прочностью закладки. Мощность рудного тела в пределах обрабатываемой камеры рассчитывается как средневзвешенная.

Камерную систему разработки с закладкой осуществляют сплошным (без оставления жестких опорных целиков) или камерно-целиковым (с образованием на флангах панелей временных рудных целиков) порядками отработки запасов руды в выемочной единице (панели, залежи и т.д.).

Технологические схемы выемки с использованием дистанционного управления (ДУ) ПДМ для отработки временных рудных целиков (панельных и охранных), а также лент с пройденными в них подготовительными выработками (фланговые уклоны и транспортные штреки со слоевыми заездами) выбираются с учетом их размеров, нарушенности руд, геомеханических условий и существующей в зоне отработки сети подготовительных выработок.

При рекомендуемых технологических схемах выемки руда отбивается вертикальными, наклонными и горизонтальными слоями с помощью веерных или параллельных скважин, пробуренных из выработок в почве и кровле камеры (заходки). Порядок взрывания вееров скважин в камерах должен обеспечивать формирование навала руды в зоне, доступной для погрузки руды ПДМ (из торцовых и боковых заездов).

***Сплошной порядок отработки запасов руды.*** Подготовка камеры к очистной выемке включает проходку нарезных выработок (разрезных штреков или ортов, отрезных восстающих). Днище камер проектируется преимущественно плоским с торцевыми и боковыми погрузочными заездами.

Фронт отработки при сплошной камерной системе разработки в плане, как правило, принимают ступенчатый — с опережением одной или группы камер относительно другой на шаг, кратный ширине камеры.

Высоту вертикальных стенок камер принимают в рудах слабой и средней нарушенности — до 25 м; в рудах сильной нарушенности — до 20 м.

В разрезных камерах наклон придается обоим рудным стенкам камеры под углом, зависящим от высоты камеры, таким образом, чтобы ширина кровли камеры соответствовала ширине камеры принятой проектом.

Высоту целика между расширенными нижним и верхним разрезным штреком оставляют не менее 7 м.

На маломощных участках залежи допускается отработка камер без проходки верхнего разрезного штрека. При этом мощность отбиваемого слоя не превышает 10 м.

Ширину камер при породах кровли слабой и средней нарушенности принимают не более 12 м, при породах сильной нарушенности не более 8 м.

При отработке камер под искусственной кровлей (закладкой) их ширину принимают равной 8 м при нормативной прочности закладки в кровле не менее 4 МПа (40 кгс/см<sup>2</sup>) и 10 м при нормативной прочности закладки не менее 5 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>).

Временные целики между боковыми заездами в днище имеют размеры в плане не менее 3,0 × 12 м.

Размеры камер в плане при выемке вертикальными блоками принимают не более чем 15 × 16 м по условию обеспечения устойчивости кровли.

Длина камер определяется с учетом технологических условий и допустимого по устойчивости обнажений срока ее отработки, который не должен превышать шести месяцев в рудах слабой и средней нарушенности и трех месяцев в рудах сильной нарушенности. Максимальная длина камеры не более 60 м при отгрузке ее с одного торца и не более 120 м при отгрузке из двух торцов.

**Камерно-целиковый порядок отработки запасов руды.** Выемка руды производится камерами с оставлением временных рудных, рудобетонных и бетонных целиков (рис. 2). Конструктивные параметры камер и целиков выбирают с учетом нарушенности руд и пород, при этом ширина камер не должна превышать 12 м при средней нарушенности пород кровли и 8 м — при сильной нарушенности.

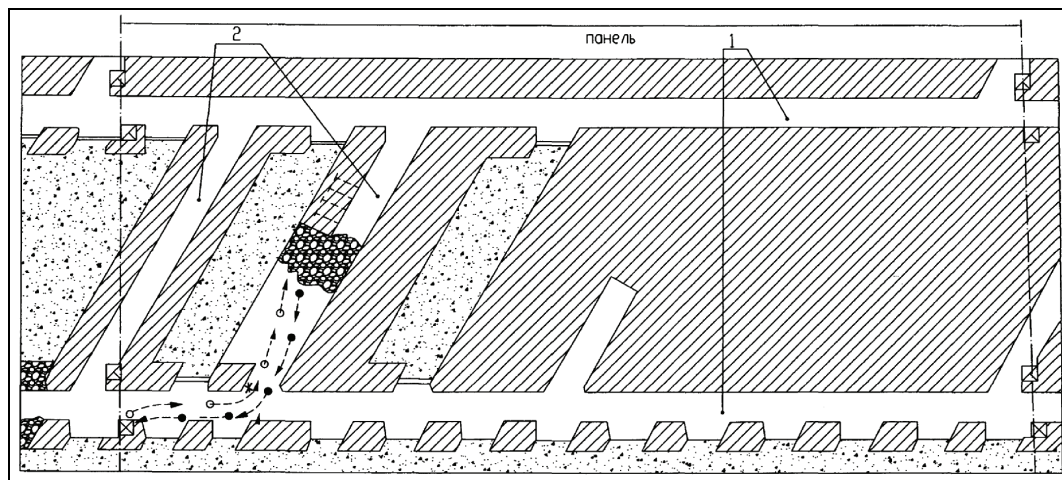


Рис. 2. Технологическая схема применения ДУ ПДМ при камерно-целиковом порядке выемки с диагональным расположением камер:

1 — транспортные штреки; 2 — орты

Выемку руды по камерно-целиковой схеме с использованием дистанционного управления погрузочно-доставочных машин (ПДМ) применяют для отработки участков залежи мощностью до 25 м при средней и сильной нарушенности руд и пород кровли.

Ширина искусственного или рудобетонного целика между смежными одновременно обрабатываемыми камерами должна быть не менее двукратной ширины камеры.

Общая ширина зоны отработки по камерно-целиковой схеме на фланге панели не должна быть более 40 м.

Отработку запасов в панели предусматривают камерами длиной до 60 м ступенчатым в плане фронтом.

Достоинства камерной системы разработки:

— повышение безопасности труда горнорабочих за счет применения технологии добычи руды без присутствия людей в очистном пространстве, в частности, с использованием ПДМ с дистанционным управлением;

— универсальность системы, позволяющей обрабатывать залежи любой мощности;

— камерная система имеет наиболее низкую себестоимость добычи руды по сравнению с другими вариантами;

— наименьший удельный объем подготовительно-нарезных работ —  $80 \text{ м}^3/1000 \text{ т}$ ;

— производительность добычи руды по системе обеспечивает высокую интенсивность ведения горных работ.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Бронников Д.М., Богданов Г.И., Гришин Е.Г.* и др. Технология горных работ с применением дистанционно управляемой погрузочно-доставочной машины // Горный журнал. — 1984. — № 11. — С. 45—49.
- [2] *Кожиев Х.Х., Янишевский А.А.* Технология разработки рудных месторождений. — Норильск, НИИ, 1995.
- [3] *Леонтьев Л.И., Тарасов А.В.* Экологические проблемы «Норильского никеля» и возможные пути их решения: Доклад Комиссии РАН по разработке научно-технической программы, обеспечивающей комплекс мероприятий по улучшению экологической обстановки в районе ОАО «ГМК Норильский никель», 2007.
- [4] Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ 03-553-03), утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 13.05.2003 г. № 30, зарегистрированным Минюстом России 28.05.2003, регистрационный № 4600.



## **EXPLORATION OF SULPHIDE MINERALS IN DIFFICULT MOUNTAIN-GEOLOGICAL CONDITIONS (on the example of talnakhskiy sulphide unit)**

**E.A. Gulan**

The department of Mining and oil business  
People's Friendship University of Russia  
*Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419*

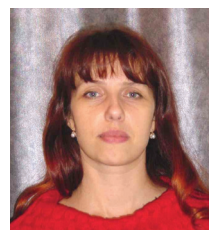
**A.A. Shatalov**

Industrial Institute of Noril'sk  
*50 years October str., 7, Noril'sk, Russia, 663300*

Mining-geological conditions of mineral field of Talnakhskiy Sulphide Unit are presented. Particularities of exploration systems of sulphide copper-nickel minerals of Oktyabrskiy and Talnakhskiy fields were reviewed.

**Key words:** mining-geological conditions, a file, deformation, the chamber, mountain pressure, a roof, shtrek.

**Гулан Е.А.** — кандидат технических наук, докторант кафедры Нефтепромышленной геологии, горного и нефтегазового дела РУДН, кандидат технических наук, доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Норильского индустриального института, специалист в области геотехнологии и геоэкологии, соискатель ученой степени доктора технических наук (кафедра горного и нефтяного дела РУДН), автор 30 публикаций, область научных интересов — геоэкология, технология подземной разработки месторождений полезных ископаемых  
e-mail: gulanea@mail.ru



**Шаталов А.А.** — аспирант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Норильский индустриальный институт», автор 3 публикаций, область научных интересов — технология подземной разработки месторождений полезных ископаемых