



УДК 622.016.25

В. П. МАРЫСЮК, В. И. КОРНЕЙЧУК, С. Н. ФЕНДЕР (ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель»)

А. А. АНДРЕЕВ (ОАО «ВНИМИ»)

А. С. КОРЕЦКИЙ (Межрегиональное технологическое управление Ростехнадзора)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ РАЗГРУЗКИ МАССИВА СКВАЖИНАМИ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ПРИ ОТРАБОТКЕ СУЛЬФИДНЫХ РУД\*



В. П. МАРЫСЮК,  
главный инженер ЦГБ,  
канд. техн. наук



В. И. КОРНЕЙЧУК,  
зам. главного инженера по БВР  
Горно-геологического  
управления



С. Н. ФЕНДЕР,  
зам. начальника  
технического отдела  
рудника «Октябрьский»



А. А. АНДРЕЕВ,  
зав. Норильским  
сектором



А. С. КОРЕЦКИЙ,  
государственный  
инспектор

Приведены результаты исследований и опытно-промышленных испытаний новых способов разгрузки целиков и участков массива при отработке удароопасных месторождений ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». Полученный широкий инструментарий способов бурения скважин позволяет создавать защищенные зоны бурением разгрузочных скважин практически в любых горнотехнических и горно-геологических условиях. Новые способы нашли весьма широкое распространение при отработке всех удароопасных участков рудников Талнаха.

**Ключевые слова:** горный удар, защищенная зона, разгрузочная скважина, напряжения, целик, категория удароопасности.

### Предпосылки к совершенствованию способов разгрузки

Способ профилактики горных ударов и построения защищенных зон с помощью разгрузочных скважин для условий глубоких рудников Талнаха, ведущих отработку удароопасных залежей медно-никелевых руд, разработан, испытан и внедрен на рудниках «Октябрьский», «Таймырский» и «Комсомольский». Данный способ разгрузки бурением разгрузочных скважин обеспечивает образование саморазвивающейся разгрузочной локальной зоны с высокой податливостью. Эта зона препятствует созданию условий для накопления упругой энергии в приконтурном массиве. Важной особенностью этого способа является то, что после завершения первоначального этапа разрушения он работает как система с обратной связью: в случае возрастания напряжений, например при приближении фронта очистных работ, процесс разрушения целиков между скважинами активизируется\*\*. При высоких начальных напряжениях разрушение стенок скважин начинается непосредственно при их бурении. При этом их поперечное сечение из круглого превращается в эллипсоидное и, соответственно, уменьшается ширина межскважинного целика. Одновременно с этим происходит уменьшение радиуса кривизны контура эллипса в зоне разрушения скважины, что приводит к сокращению участка с высокими напряжениями в районе зоны разрушения.

Таким образом, чем меньше расстояние между смежными скважинами, тем интенсивнее разрушается целик между ними. При бурении ряда разгрузочных скважин прослеживается четкая зависимость между числом пробуренных скважин и приращением напряжений в целиках между ними.

Бурение скважины в напряженном горном массиве, опасном по горным ударам, вызывает снижение напряжений за счет перехода породы (руды) вокруг скважины в предельное состояние. По исследованиям ОАО «ВНИМИ», устойчивость руды на контуре скважины определяется прочностью руды. В случаях, когда нагрузки не превышают прочность пород вокруг скважины, разрушение стенок не происходит. При нагрузках более 0,6–0,8 предела прочности руды начинается деформирование контура скважин. В случаях, когда нагрузка в массиве превышает прочность руды на контуре скважины, происходит его разрушение.

По масштабам использования способа разгрузки скважинами большого диаметра можно выделить три основных направления (в порядке убывания):

- создание защищенных зон для ведения очистных работ;
- предварительная площадная разгрузка геодинамически активных участков шахтных полей (разделительных массивов, угловых частей рудного тела, узких протяженных целиков различного назначе-

\* В работе принимали участие Э. А. Кубузов, зам. главного инженера Горно-геологического управления по горным работам, В. В. Сазнов, ведущий инженер Центра геодинамической безопасности (ЦГБ), В. А. Горлинченко, главный специалист ЦГБ.

\*\* Курленя М. В., Серяков В. М., Еременко А. А. Техногенные геомеханические поля напряжений. — Новосибирск: Наука, 2005. — 264 с.

ния и т. п.);

- создание зон податливости в безрудных зонах.

Технология отработки богатых, медистых и вкрапленных руд на рудниках Талнаха требует выполнения опережающей разгрузки рудного массива. В целях оптимизации затрат бурение разгрузочных скважин встроено в технологию добычи — для бурения, как правило, используются существующие передовые (пройденные в первую очередь) подготовительные и разведочные выработки. Проходка специальных выработок для бурения скважин, как правило, не практикуется. В связи с этим выделенного горизонта противоударных мероприятий в пределах шахтных полей рудников не существует.

С учетом горно-геологических и геомеханических особенностей отработки богатых руд рудника «Октябрьский» поддержание в безопасном состоянии передовых горных выработок, располагающихся в зонах опорного давления, является серьезной проблемой. В отдельных случаях при ухудшении состояния крепи выработка исключается из эксплуатации и подлежит закладке. При этом пропадает возможность использовать такую выработку для бурения разгрузочных скважин. Описанные ниже способы разгрузки были разработаны и испытаны на руднике в течение последних 10 лет совместными усилиями специалистов ЦГБ, рудника «Октябрьский» и сотрудников ОАО «ВНИМИ» как альтернативные варианты, позволяющие обеспечивать формирование защищенных зон при возникновении нештатных ситуаций, связанных с потерей отдельных передовых выработок.

#### **Новые способы разгрузки целиков и участков массива**

##### **Разгрузка участков рудной залежи скважинами большого диаметра длиной более 25 м**

Предельная длина разгрузочных скважин регламентирована разработанными для рудников ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» (ЗФ) Указаниями по безопасному ведению горных работ на Талнахском и Октябрьском месторождениях, склонных и опасных по горным ударам (Указания) и составляет 25 м. При принятой системе разработки и технологии выемки богатых руд в процессе ведения очистных работ могут формироваться широкие целики, незначительно превышающие 25 м, расположенные, как правило, вблизи контура рудного тела или ограниченные разрывным тектоническим нарушением. Под научно-методическим руководством ОАО «ВНИМИ» на руднике «Октябрьский» проведены опытно-промышленные испытания способа разгрузки целиков скважинами длиной более 25 м.

Технологическая схема разгрузки горного массива предусматривает бурение в угловой части панели протяженностью ~ 20 м сорокаметровых разгрузочных скважин. Оно осуществляется с контролем параллельности скважин. Для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) массива до и после разгрузки рудного массива бурят контрольные скважины диаметром 59 мм и длиной не менее 10 м.

Принципиальная схема экспериментального участка разгрузки рудного массива в районе тектонического нарушения приведена на **рис. 1**.

Оценку НДС рудного массива до и после проведения разгрузочных мероприятий проводили путем дискования керна, по параме-

трам разрушения стенок контрольных скважин и геофизическими методами.

Разработана и согласована в установленном в ЗФ порядке программа-методика опытно-промышленных испытаний. Их проводили на южном фланге разделительного массива 2 рудника (в панели 13). Период испытаний — 2004–2005 гг.

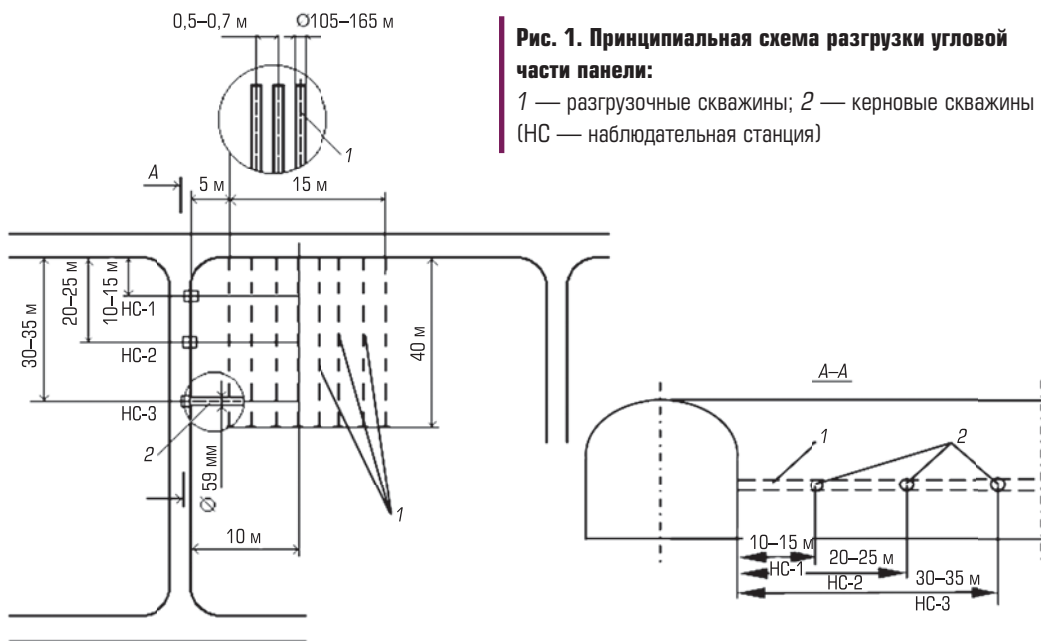
Визуальными наблюдениями, проведенными до и после бурения разгрузочных скважин, состояние прилегающих выработок оценено как удовлетворительное, случаев динамического проявления горного давления не отмечалось. По результатам инструментальной оценки, осуществленной сотрудниками Участка прогнозирования и предупреждения горных ударов локальными методами до и после проведения разгрузочных мероприятий, категория степени удароопасности массива определялась как «Неопасно».

Перед бурением разгрузочных скважин дискованием керна было выявлено, что рудный массив по площади находится в неравномерном напряженном состоянии. Наиболее интенсивно дисковался керн на участке рудного массива, удаленного от устья будущих скважин на расстояние от 10 до 35 м. В этой части массива при бурении скважин керн выходил в виде дисков, имеющих выпукло-вогнутую форму с неровными стенками отрыва. В локальных зонах повышенного напряжения оно более чем в три раза превышало среднестатистическое значение для массива, составляющее 31,6 МПа. Пороговое значение напряжения достигало 40 МПа. После бурения разгрузочных скважин отмечена устойчивая тенденция формирования более однородного поля напряжений. Одновременно зафиксировано и снижение среднестатистического значения напряжения в массиве с 31,6 до 23,1 МПа. В зонах локальных повышенных напряжений происходила их релаксация. В самой напряженной части массива напряжение снизилось со 140 до 39,7 МПа. Испытания показали, что среднестатистическая прочность образцов руды на сжатие составляет 86,7 МПа.

По результатам маркшейдерской съемки установлено, что при увеличении глубины разгрузочных скважин с 25 до 40 м отклонение забоев скважин превышает допустимые значения  $3d$  до  $(5-6)d$ , что делает вероятным образование межскважинных целиков размером до 1,5–2 м. Подобные целики не могут обеспечить требуемый режим деформирования, а следовательно, и эффективную надежную разгрузку.

В результате исследований установлено, что бурение скважин длиной более 25 м обеспечивает формирование более однородного поля напряжений в рудном массиве и их релаксацию до значений, составляющих 46 % прочности руды на одноосное сжатие, что исключает динамические формы проявления горного давления. По результатам испытаний в действующие Указания внесено следующее дополнение: «Допускается проводить разгрузку широких целиков и участков рудной залежи, попадающих в зону влияния тектонических нарушений, бурением через 0,7 м скважин диаметром 165 мм и длиной более 25 м при использовании устройств, обеспечивающих параллельность скважин. Допускается использование участков скважин длиной не более 25 м от их устья для создания защищенной зоны\*\*\*». В зоне дей-

\*\*\* Указания по безопасному ведению горных работ на Талнахском и Октябрьском месторождениях, склонных и опасных к горным ударам. — Норильск, 2007. — 107 с.



**Рис. 1. Принципиальная схема разгрузки угловой части панели:**

1 — разгрузочные скважины; 2 — керновые скважины (НС — наблюдательная станция)

пролетом до 65 м при встречном бурении скважин. Под научно-методическим руководством специалистов ОАО «ВНИМИ» на руднике «Октябрьский» были проведены опытно-промышленные испытания способа разгрузки целиков шириной 50–65 м скважинами длиной до 40 м.

Для проведения испытаний выбирали неразгруженные участки горного массива, разделяющие параллельные выработки В1 и В2, расстояние между стен-

ствия оставшейся длины скважины допускается проходить горные выработки без профилактических мероприятий при условии проведения опережающего прогноза категории удароопасности горного массива».

**Разгрузка целиков шириной до 65 м при встречном бурении скважин глубиной до 40 м**

На практике встречаются случаи, когда защищенную зону необходимо сформировать в рудном целике, размеры которого превышают суммарную длину встречных разгрузочных скважин. В этом случае требуется проходить дополнительные выработки, из которых в дальнейшем и производится бурение скважин.

Учитывая опыт бурения скважин длиной до 40 м, была рассмотрена возможность создания защищенных зон в широких целиках

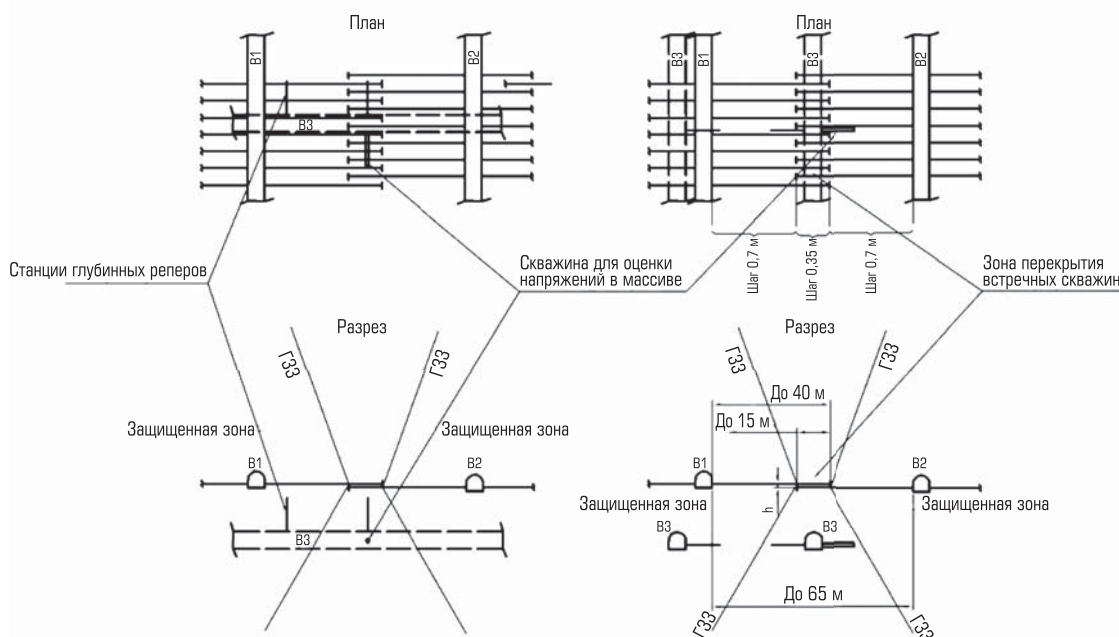
какими которых находилось в пределах 50–65 м (рис. 2). Из этих выработок производили встречное бурение разгрузочных скважин.

Глубину скважин  $l_{скв}$  определяли, исходя из условия взаимного наложения участков длиной свыше 25 м, по формуле

$$l_{скв} = L - 25, \quad (1)$$

где  $L$  — ширина разгружаемого целика, м (принимается не более 65 м); 25 м — допустимая длина скважины, участвующая в формировании защищенной зоны.

Перед началом бурения разгрузочных скважин, а также после завершения разгрузки из выработки В3 в зоне влияния участка наложения встречных скважин производится бурение контрольных скважин



**Рис. 2. Схемы бурения встречных разгрузочных скважин**



для определения базовым методом (по дискованию керна) величины напряжений в массиве до и после разгрузки.

Эффективность разгрузки в части скважин, расположенной на расстоянии более 25 м от устья, достигается наложением встречных скважин, создающих их двойную плотность на единицу площади рудного массива.

Оценку НДС рудного массива до и после проведения разгрузочных мероприятий проводили путем дискования керна, по параметрам разрушения стенок контрольных скважин и геофизическими методами.

Для проведения опытно-промышленных испытаний разработана и согласована в установленном в ЗФ порядке программа-методика опытно-промышленных испытаний. Испытания проводили в панелях 6, 7 западного фланга богатых руд и в панелях 10, 11 отработки предохранительного целика стволов ВЗС-ВВС рудника. Одновременно такие же испытания проводили на руднике «Таймырский». Период испытаний — 2007–2010 гг.

Визуальными наблюдениями, проведенными до и после бурения разгрузочных скважин, состояние прилегающих выработок оценено как удовлетворительное, случаев динамического проявления горного давления не отмечалось. По результатам инструментальной оценки, осуществленной специалистами Участка прогнозирования и предупреждения горных ударов локальными методами до и после проведения разгрузочных мероприятий, категория степени удароопасности массива определялась как «Неопасно».

Анализ результатов кернового бурения показал, что после выполнения разгрузочных мероприятий напряжения снизились на 40–50 % на всей площади разгрузки. Существенных различий на участках, расположенных в зоне разгрузке частью скважин 0–25 и 25–40 м, не отмечено.

Визуальные наблюдения и инструментальные измерения категории удароопасности, проводимые при последующем ведении очист-

ных работ в защищенных зонах, созданных по испытываемому способу, подтвердили достаточность и эффективность встречного бурения скважин длиной более 25 м. Установлено, что при бурении встречных скважин длиной более 25 м достигается равномерная разгрузка целиков шириной 50–65 м, позволяющая вести очистные работы в защищенной зоне. По результатам испытаний в действующие Указания внесено соответствующее дополнение, которое в настоящее время нашло широкое применение в практике предотвращения горных ударов.

#### Практическое использование результатов исследований

Результаты выполненных работ позволили практически отказаться от затрат на проходку дополнительных буровых выработок, существенно повысить гибкость и оперативность формирования защищенных зон. Полученный широкий инструментарий способов бурения скважин позволяет создавать защищенные зоны бурением разгрузочных скважин практически в любых горнотехнических и горно-геологических условиях. Именно поэтому такой способ формирования защищенных зон нашел весьма широкое распространение при отработке всех удароопасных участков рудников Талнаха. **ГЖ**

*Марысюк Валерий Петрович,*

*тел.: +7 (3919) 49-15-34*

*Корнейчук Владимир Иванович,*

*e-mail: ggu@tf.nk.nornik.ru*

*Фендер Сергей Николаевич,*

*e-mail: fendersn@tf.nk.nornik.ru*

*Андреев Александр Александрович,*

*тел.: +7 (812) 327-21-22*

*Корецкий Алексей Сергеевич,*

*тел.: +7 (3919) 46-31-84*

#### IMPROVEMENT OF ROCK MASS DESTRESSING BY LARGE DIAMETER HOLES IN SULFIDE-ORE MINING

**Marysyuk V. P.**<sup>1</sup>, Chief Engineer, Geodynamic Safety Center, Candidate of Engineering Sciences, Phone: +7 (3919) 49-15-34

**Korneichuk V. I.**<sup>1</sup>, Deputy Chief Engineer, Geodynamic Safety Center

**Fender S. N.**<sup>1</sup>, Assistant Head of Technical Department, Oktyabrsky Mine

**Andreev A. A.**<sup>2</sup>, Head of Norilsk Division

**Koretsky A. S.**<sup>3</sup>, Government Controller

<sup>1</sup>Polar Division, Norilsk Nickel Mining and Metallurgical Company (Talnakh, Russia)

<sup>2</sup>VNIMI Inter-Industry Scientific Center (Saint-Petersburg, Russia)

<sup>3</sup>Multi-Regional Technological Office, Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision (Norilsk, Russia)

The method of preventing rock bursts and creating safe areas using destressing holes for the conditions of Talnakh deep mines at rockburst-hazardous copper–nickel ore deposits has been developed, tested and introduced in Oktyabrsky, Taimyrsky and Komsomolsky Mines. The destress hole drilling method allows generation of a local self-developing high yielding relief zone. This zone prevents from accumulation of elastic energy in the adjacent rock mass. An important feature of this method is that after completion of the first stage of failure, the method works as a loop system: if stresses increase, for instance, on approach of stope front, the process of failure in rock mass between the holes activates. Under high initial stresses, failure of the destress hole walls begins immediately during the hole drilling. The circular cross-section of the holes becomes ellipsoid and, accordingly, the rock mass block in-between the holes narrows. Simultaneously, the radius of the ellipse curvature decreases in the hole failure zone, which results in reduction of the high stress area in the failure zone.

The article reports the results of research and pilot testing of the new destressing method in pillars and sections of mines at rockburst-hazardous deposits of the Polar Division of the Norilsk Nickel Mining and Metallurgical Company. The resulting wide-range tool of the hole drilling techniques enables creation of safe zones by the destress hole drilling nearly in all mine-technical and mining-and-geological conditions. The new techniques have found wide application in rockburst-hazardous mining in the Talnakh area.

**Key words:** rock burst, safe zone, destress hole, stresses, pillar, rockburst hazard category.

#### REFERENCES

1. Kurlenya M. V., Seryakov V. M., Eremenko A. A. Tekhnogennyye geomekhanicheskie polya napryazheniy (Anthropogenic geomechanical stress fields). Novosibirsk: Nauka, 2005, 264 p.
2. Ukazaniya po bezopasnomu vedeniyu gornyykh работ na Talnakhskom i Oktyabrskom mestorozhdeniyakh, sklonnykh i opasnykh k gornym udaram (Guidances on safe carrying out of mine operations at Talnakh and Oktyabrskoe deposits, inclined and prone to bounces). Norilsk, 2007, 107 p.