



УДК 622.831:622.2

**Р. Б. ГАЛАОВ, Ю. Н. НАГОВИЦИН, Б. З. ПЛИЕВ** (ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель»)**А. А. АНДРЕЕВ** (ОАО «ВНИИМИ»)**В. Б. ВИЛЬЧИНСКИЙ** (ООО «Институт «Гипроникель»)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ ВЫРАБОТОК НА РУДНИКАХ ЗФ ОАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»\*



**Р. Б. ГАЛАОВ,**  
зам. директора  
по минерально-  
сырьевому комплексу



**Ю. Н. НАГОВИЦИН,**  
нач. отдела  
Центра геодинамической  
безопасности



**Б. З. ПЛИЕВ,**  
зам. главного инженера  
рудника «Октябрьский»  
по инженерному обеспечению



**А. А. АНДРЕЕВ,**  
зав. Норильским  
сектором



**В. Б. ВИЛЬЧИНСКИЙ,**  
зав. горной  
лабораторией,  
канд. техн. наук

Показаны основные направления и результаты опытно-промышленных работ по модернизации видов крепи и технологии крепления горных выработок на глубоких рудниках в особо сложных горно-геологических и удароопасных условиях.

**Ключевые слова:** железобетонная штанга, сталеполимерный анкер, металлическая решетка, анкерный болт Swellex, шахтная полимерная сетка, металлопластиковая тоннельная сетка.

Рудники Заполярного филиала (ЗФ) ОАО «ГМК «Норильский никель» ведут отработку медно-никелевых рудных тел Октябрьского и Талнахского месторождений, склонных и опасных по горным ударам. Горные работы ведутся на больших глубинах — от 650 до 1400 м с одновременной отработкой всех сортов руд (сплошных богатых, вкрапленных и медистых), что предопределяет тяжелые условия поддержания горных выработок. Помимо сложной горнотехнической ситуации, на устойчивость пород в выработках неблагоприятно влияют следующие факторы:

- развитая трещиноватость, представленная 3–4 системами различно ориентированных трещин, обуславливающих выраженную блочную структуру;
- развитие особенно интенсивной трещиноватости в зонах тектонических нарушений и на контактах с ними;
- ослабление плоскостей трещин серпентином, хлоритом и другими минералами, которые снижают сцепление по плоскостям, особенно при проникновении в трещины влаги из рудничной атмосферы, вследствие естественных или технологических водопритоков.

В данных горнотехнических и горно-геологических условиях, отнесенных к особо сложным, традиционные виды крепи при проведении и эксплуатации горных выработок все чаще оказываются малоэффективными. Широкое распространение на рудниках ЗФ получили облегченные упрочняющие виды крепи на основе желе-

зобетонных штанг (ЖБШ) и сталеполимерных анкеров (СПА), применяемых как самостоятельно, так и в сочетании с металлической решеткой (АКР). Основными недостатками крепи указанных видов являются: ЖБШ — большой расход сыпучих материалов, анкеры приобретают необходимую несущую способность лишь после набора прочности цементно-песчаного раствора; СПА — высокая стоимость и ограниченный срок хранения полимерных ампул, а также необходимость постоянного натяжения анкерных гаек в процессе эксплуатации; АКР — высокая трудоемкость возведения металлической решетки и ее низкая коррозионная стойкость [1].

Для устранения имеющихся недостатков применяемых видов крепи, с целью повышения эффективности поддержания горных выработок, в 2012–2013 гг. на рудниках ЗФ были проведены опытно-промышленные испытания анкерной крепи Swellex (производства ЗАО Atlas Copco) и шахтных полимерных сеток различных конструкций (производства ООО «Рускомполит» и ООО «Тех-Полимер»).

### Опытно-промышленные испытания анкерной крепи Swellex

Крепь состоит из анкерных болтов Swellex, представляющих собой тонкостенные трубки диаметром около 54 мм, сжатых благодаря гофрированной форме до 38 мм (рис. 1). Болты в сложен-

\* В работе принимали участие А. Н. Ксенафонтов, нач. технического отдела рудника «Октябрьский»; А. А. Кисель, ведущий специалист Центра геодинамической безопасности (ЦГБ); А. А. Базин, ведущий специалист ЦГБ; К. В. Смолов, зам. главного инженера Горно-геологического управления.



Рис. 1. Анкерная крепь Swellex

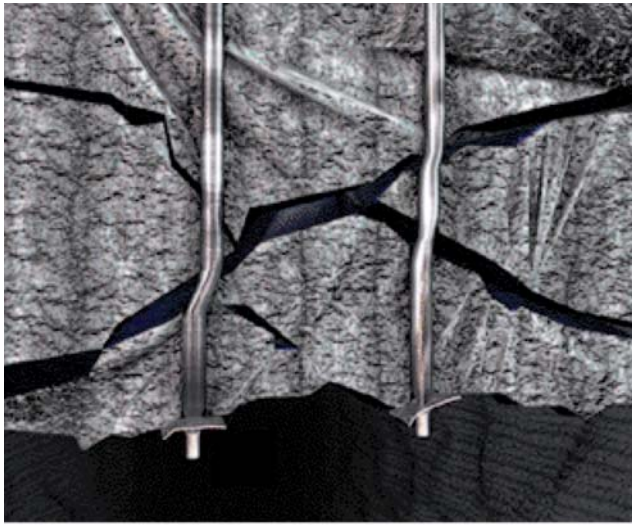


Рис. 2. Работа анкера Swellex



Рис. 3. Крепление выработки анкерной крепью Swellex

ном виде легко вставляются в скважину диаметром 42–52 мм и после этого распираются водой. Для нагнетания воды применяется специальный насос, подающий воду вовнутрь трубки анкера под давлением в 300 бар. Под давлением воды на внутренние стенки трубки анкер раскрывается по всей длине, повторяя контур шпура. Установленный в шпур анкер во время раскрытия передает давление воды в массив, тем самым дополнительно

уплотняя его. Во время уплотнения происходит смещение трещиноватой приконтурной зоны горной выработки и формирование напряженного свода, мощность которого сопоставима с длиной анкера. Отличительной особенностью анкера Swellex является использование для его изготовления стали специальной марки, что позволяет анкеру удлиняться при воздействии на шайбу сил горного давления. Пластическая деформация стальной трубки составляет не менее 10 %. Эта особенность материала Swellex дает возможность применять анкер в условиях, где необходима работа на сдвиг (рис. 2). Несущая способность анкеров очень высока, прочность системы крепления ограничивается лишь механической прочностью трубок и составляет свыше 180 кН.

Установку анкерных болтов производили на рудниках «Октябрьский» и «Таймырский», их общее число составило 2 тыс. ед. (рис. 3). Проверку работоспособности крепи выполняли в наиболее неблагоприятных условиях: в зоне опорного давления, в условиях повышенной обводненности, в рудах всех типов средней, сильной и весьма сильной нарушенности.

Бурение шпуров производили самоходными буровыми установками, диаметр шпуров составлял 43 мм, при требуемых значениях 43–48 мм. Анкерные болты устанавливали в ручном режиме с почвы (при высоте выработки до 2,5 м) или с корзины кровлеоборочной машины. Параметры крепления принимали в соответствии с действующими рекомендациями по креплению горных выработок — глубина штангования 2 м, сетка штангования 0,7×0,7 м [2].

**Недостатки.** При установке анкерных болтов в породах сильной и весьма сильной нарушенности и параллельно слоистости горных пород происходит образование (раскрытие) новых трещин (рис. 4) с характерным треском, в связи с чем необходимо соблюдать повышенные меры безопасности. В условиях сплошных богатых руд и повышенной обводненности анкерные болты в стандартной модификации (без защитного покрытия) подвергаются интенсивной коррозии.

**Достоинства.** Время установки одного анкера до набора полной несущей способности 16 т не превышало 60 с, что позволяло производить взрывные работы и монтаж металлической решетки сразу после установки анкеров. Несущая способность остается постоянной после проведения буровзрывных работ, разрушить устьевую часть анкеров удалось лишь при нагрузках, превышающих 17 т. Исключены работы по доставке и приготовлению цементно-песчаного раствора, что снижает общие трудозатраты и время возведения.

В целом результаты опытно-промышленных испытаний дали положительные результаты, и анкерная крепь Swellex была рекомендована к промышленному применению в условиях медистых и вкрапленных руд, что позволит увеличить производительность более чем на 15 %, надежность поддержания выработок и полностью отказаться от сыпучих материалов при ее возведении. С целью увеличения области применения крепи данного вида (в сплошных богатых рудах и в условиях повышенной обводненности) в настоящее время установлены и проходят испытания анкерные болты компании Atlas Copco с пластиковым антикоррозийным покрытием.





**Рис. 4. Образование трещин при установке анкеров параллельно слоистости**

#### Опытно-промышленные испытания шахтных полимерных сеток

Для промышленной проверки возможности замены металлической решетки в шахтных условиях рудника «Таймырский» были испытаны шахтная полимерная сетка (ШПС) производства ООО «Рускомполит» и металлопластиковая тоннельная сетка (МПС) производства ООО «ТехПолимер». Основные достоинства предложенного материала — небольшой вес (в 4–6 раз меньше аналогичной металлической решетки) и стойкость к агрессивным средам (сетка абсолютно не подвержена коррозии в условиях шахтных вод). Прочность и стоимость представленного материала соответствует применяемой на рудниках ЗФ металлической ре-

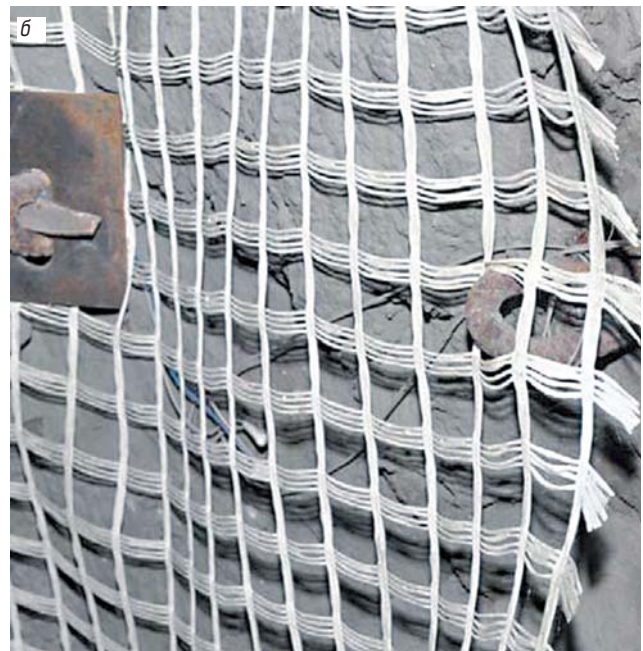
шетки, материал, из которого изготовлены полимерные сетки, по горючести, дымообразованию и искробезопасности соответствует требованиям правил безопасности.

В ходе испытаний основными задачами являлись: освоение технологии возведения полимерных сеток; оценка соответствия требований РТПП-043-2004 [3], предъявляемых к качеству возведения металлической решетки, и физико-механических характеристик условиям эксплуатации. Основным методом натурных наблюдений при испытаниях были приняты визуальные наблюдения. Их проводили путем общих осмотров опытной крепи горной выработки, ее основных конструктивных элементов, оценки их состояния, выявления дефектов и неблагоприятных факторов, снижающих эксплуатационную надежность опытного крепления.

Экспериментальной крепью были закреплены 4 выработки: ШПС — 2, общей протяженностью 15 м; МПС — 2, общей протяженностью 30 м. На всех опытных участках породы были представлены сульфидной рудой с ксенолитами полевошпатовых пород и роговиками средней и сильной нарушенности.

Закрепление полимерных сеток производили с почвы или с корзины кровлеоборочной машины Utilift компании Normet звеном крепильщиков из двух человек. Технология возведения ШПС и МПС не отличалась от принятой и включала навешивание сетки на петли ЖБШ с последующим ее креплением опорной плиткой и клином. Однако в связи с тем, что размер ячейки ШПС меньше размера петли ЖБШ, делали разрез одной перегородки, объединяя две соседние ячейки (рис. 5).

В процессе возведения опытного крепления установлено, что основные функции ШПС по укреплению контура горной выработки и препятствию расслоения пород не выполнены в связи с не-



**Рис. 5. Возведение полимерной сетки:**

а — МПС; б — ШПС



возможностью обеспечения ее плотного прилегания по всему периметру выработки, что обусловлено высокой пластичностью сетки и ее неспособностью сохранять остаточные деформации. Площадь участков с недостаточно прижатой сеткой превышала 50 % площади затяжки выработки. Кроме того, при любом, даже незначительном механическом воздействии нарушалась целостность возводимой сетки. В связи с этим промышленное внедрение полимерной сетки из композитных материалов производства ООО «Рускомполит» взамен применяемой на рудниках ЗФ металлической решетки было признано нецелесообразным.

Напротив, испытания МПС и в процессе ее возведения, и эксплуатации дали положительные результаты. Сетка достаточно упруга и эластична за счет армировки металлической нитью, доля которой при необходимости может быть увеличена, что позволяет обеспечить плотное прилегание к контуру выработки при существующей сетке штангования. Кроме того, сетка устойчива к влиянию взрывных работ. При ее возведении на расстоянии 5 м от забоя (при нормативном отставании металлической решетки 10 м) нарушения сетки отмечены на протяжении, не превышающем 3 м по кровле и бокам выработок. В процессе эксплуатации МПС нарушений приконтурного массива, целостности и коррозии сетки выявлено не было.

По результатам испытаний металлопластиковая тоннельная сетка производства ООО «ТехПолимер» была рекомендована к промышленному применению с 2015 г.

Освоение новых технологий, на примере внедрения анкерной крепи Swellex, при возведении которой применяют абсолютно но-

вые методы закрепления анкеров без использования каких-либо скрепляющих составов, замена традиционных металлоконструкций на композитные полимерные материалы, помимо существенного повышения надежности крепления, производительности труда, снижения расходов материалов, обеспечивает повышение культуры производства.

*Библиографический список*

1. Васильев В. В. Полимерные композиции в горном деле. — М. : Наука, 1986. — 294 с.
2. Рекомендации по креплению и поддержанию разведочных, подготовительных, нарезных и очистных выработок на рудниках «Октябрьский», «Таймырский» и «Комсомольский» ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». — Норильск, 2013. — 19 с.
3. Регламент технологических производственных процессов по возведению крепей на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». — Норильск, 2004. — 60 с. [ПЖ](#)

*Галаов Роберт Борисович,*

*тел.: +7 (3919) 25-80-09*

*Наговицин Юрий Николаевич,*

*тел.: +7 (3919) 24-89-49*

*Плиев Борис Заурбекович,*

*тел.: +7 (3919) 24-86-14*

*Андреев Александр Александрович,*

*тел.: +7 (812) 327-21-22*

*Вильчинский Владислав Борисович,*

*тел.: +7 (812) 325-30-92*

**IMPROVEMENT OF EXCAVATION SUPPORT TECHNIQUES IN MINES OF THE NORILSK NICKEL MINING AND METALLURGICAL COMPANY**

**Galaov R. B. 1**, Chief, Mining and Geology Department, Phone: +7 (3919) 40-61-10

**Nagovitsyn Yu. N. 1**, Head of Department, Geodynamic Safety Center

**Pliev B. Z. 1**, Deputy Chief Engineer, Oktyabrsky Mine

**Andreev A. A. 2**, Head of Norilsk Division

**Vil'chinsky V. B. 3**, Head of Mining Laboratory, Candidate of Engineering Sciences

<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> Gipronickel Institute (Saint-Petersburg, Russia)

Polar Division of the Norilsk Nickel Mining and Metallurgical Company extracts ore from the rockburst-hazardous Oktyabrsky and Taimyrsky copper–nickel ore deposits. Mining is carried out at great depths from 650 to 1400 m below surface, with concurrent extraction of all types of ore (massive rich, disseminated and cuprous), which predetermines severe conditions of excavation support. Aside from the complicated mine-technical situation, the underground excavation stability is affected by the following factors:

- mature jointing represented by 3–4 systems of variously oriented joints governing the pronounced blocky structure;
- extremely intense jointing in the zones of tectonic faulting and at the faulting boundaries;
- weakening of surfaces of joints by serpentine, chlorite and other minerals that reduce cohesion over the surfaces, especially when water penetrates to the joints from the mine due to natural or induced water inflows.

In the given mine-technical and mining-and-geological conditions reckoned among extremely difficult, conventional types of support and support technologies available for deep excavations frequently appear low-effective.

The article highlights main trends and results of the pilot projects on reengineering of underground excavation support types and technologies for deep mines in the extremely complicated mining-and-geological and rockburst-hazardous conditions.

The research work was conducted, inter alios, by A. N. Ksenafontov, Head of Technological Department, Oktyabrsky Mine; A. A. Kisel', Top Specialist of the Geodynamic Safety Center (GSC); A. A. Bazin, Top Specialist, GSC; K. V. Smolov, Deputy Chief Engineer, Mining and Geology Department.

**Key words:** cemented roof bolt, metal mesh, Swellex bolt, mine polymeric mesh, tunnel plastic-coated metal mesh.

**REFERENCES**

1. Vasilev V. V. Polimernye kompozitsii v gornom dele (Polymer compositions in mining). Moscow : Nauka, 1986, 294 p.
2. Rekomendatsii po krepeleniyu i podderzhaniyu razvedochnykh, podgotovitelnykh, nareznykh i ochistnykh vyrobotok na rudnikakh «Oktyabrskiy», «Taimyrskiy» i «Komsomolskiy» Zapolyarnogo Filiala Otkrytogo Aktsionernogo Obshchestva «Gorno-Metallurgicheskii Kombinat «Norilskiy nikel» (Recommendations on support of survey, preparation, cutting and purification excavations at Oktyabrsky, Taimyrskiy and Komsomolskiy mines of Polar Division of «Norilsk Nickel MMC» JSC). Norilsk, 2013, 19 p.
3. Reglament tekhnologicheskikh proizvodstvennykh protsessov po vozvedeniyu krepey na rudnikakh Zapolyarnogo Filiala Otkrytogo Aktsionernogo Obshchestva «Gorno-Metallurgicheskii Kombinat «Norilskiy nikel» (Regulations of technological industrial processes on support setting at mines of Polar Division of «Norilsk Nickel MMC» JSC). Norilsk, 2004, 60 p.