



DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-2-235-245

УДК 622.2

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ОКИСЛЕНИЯ СУЛЬФИДНЫХ РУД НА ОРЛОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Ю.Н. Шапошник<sup>1</sup>, А.И. Конурин<sup>1</sup>, Д.А. Шокарев<sup>2</sup>, С.Н. Шапошник<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения РАН  
Российская Федерация, 630091, Новосибирск, Красный проспект, 54

<sup>2</sup> ТОО ExpertPRO

Республика Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск, ул. Протозанова А.К., 47

<sup>3</sup> Восточно-Казахстанский государственный технический университет  
Республика Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск, ул. Протозанова А.К., 69

При проведении выработок в неустойчивых рудах и породах на Орловской шахте в качестве крепи используется металлические рамные крепи СВП-22 с накатником из круглого леса и забучиванием пустот закрепного пространства костровой крепью. При забучивании пустот костровой крепью вручную люди находятся в незакрепленной части выработки, в связи с чем данная операция является травмоопасной и трудоемкой. *Цель работы* — подобрать и испытать материал забутовки пустот закрепного пространства, обеспечивающий уменьшение диффузии и просачивание кислорода к очагам самовозгорания рудного массива в условиях интенсивного окисления сульфидных руд на Орловском месторождении. *Методы*. В рамках опытно-промышленных работ на Орловской шахте в качестве забутовки пустот закрепного пространства при креплении горных выработок металлической рамной крепью с накатником из круглого леса были испытаны вспенивающиеся негорючие материалы (фенольные двухкомпонентные смолы «Блокфил»). *Результаты*. Установлено, что применение в качестве забутовки закрепного пространства фенольной смолы позволит снизить интенсивность реакции окисления и предотвратить самонагревание руды до критических температур, а также предотвратить или замедлить процесс нагревания рудничного воздуха от разогретой поверхности рудного массива до температур, превышающих нормативные значения. *Выводы*. Применение в качестве забутовки пустот закрепного пространства фенольной смолой «Блокфил» обеспечило отсутствие деформаций элементов рамной металлической крепи и сохранность проводимой горной выработки, а также позволило снизить интенсивность реакции окисления и предотвратить самонагревание руды до критических температур и предотвратить или замедлить процесс нагревания рудничного воздуха от разогретой поверхности рудного массива до температур, превышающих нормативные значения.

**Ключевые слова:** подземная горная выработка, закрепное пространство, рамная крепь, динамические нагрузки, податливость крепи, забутовка, фенольная смола, вспененная глинистая пульпа

Орловское колчеданно-полиметаллическое месторождение, расположенное на востоке Казахстана, характеризуется сложными горно-геологическими и горнотехническими условиями. Устойчивость пород резко понижается в зонах выветривания, тектонических нарушений и на участках гидротермального измене-

ния пород, мощность которых колеблется от нескольких метров до 100—150 м. Породы околорудных зон весьма неустойчивые из-за многочисленных разнонаправленных микротрещин, заполненных кальцитом, пиритом, и многочисленных зеркал скольжения. При обнажении, снятии больших нагрузок и увлажнении такие породы разуплотняются и обрушаются в горные выработки.

Руды месторождения относятся к пожароопасным (содержание пиритной серы более 35%) [1]. Приуроченность рудных зон месторождения к области мощного межслоевого тектонического нарушения типа сдвига, которому сопутствуют зоны интенсивного дробления и рассланцевания вмещающих пород, облегчающие доступ кислорода, увеличивает пожароопасность месторождения. На пожароопасность Орловского месторождения существенно влияют пострудные дизъюнктивные тектонические нарушения типа сбросов, которым сопутствуют зоны мелкодробленной перетертой руды мощностью до 3—4 м [2]. Мелкодробленная и перетертая руда окисляется значительно интенсивнее, чем монолитная, так как является более проницаемой по отношению к окисляемым образованиям и имеет большую поверхность для окисления. Аналогичное влияние на пожароопасность месторождения оказывает трещинная тектоника.

В настоящее время при проведении выработок в неустойчивых рудах и породах на Орловской шахте в качестве крепи используются металлические рамные крепи СВП-22 с накатником из круглого леса и забучиванием пустот закрепного пространства костровой крепью. При забучивании пустот костровой крепью из-за того, что забутка пустот костровой крепью не подведена вплотную к обнажению горного массива по кровле и бортам выработки, не обеспечивается надежный контакт «крепь — горный массив». При отслоении горного массива с кровли при некачественной забутке происходит нарушение рам СВП, т.е. крепь не гарантирует поддержание кровли в устойчивом состоянии на участках очень слабого горного массива.

Наличие незаполненных пустот за верхняками рам металлической крепи является причиной неудовлетворительного управления горным давлением в выработках [3]. Известно, что незаполненные пустоты в своде выработок снижают несущую способность рамной металлической крепи в 2,0—2,5 раза за счет увеличенных изгибающих моментов в криволинейной части арок, неравномерности распределения нагрузки по их периметру, возможности смещения рам к одному из боков или вдоль выработки [4]. Несущая способность крепи СВП-22 — не менее 330 кН/раму, сопротивление — не менее 260 кН/раму<sup>1</sup>.

В ранее выполненных работах было установлено, что тщательная забутка исключает динамические нагрузки и способствует более равномерному их распределению по периметру рам [5—10]. При этом чем плотнее забутка, тем равномернее по контуру крепи распределяется внешняя нагрузка. Увеличение жесткости забутки приводит к уменьшению изгибающих моментов в элементах крепи. Кроме того, при «кострении» лесом закрепных пустот вручную люди на-

---

<sup>1</sup> ГОСТ Р 51748—2001. Крепи металлические податливые рамные. Крепь арочная. Общие технические условия.

ходятся в незакрепленной части выработки, в связи с чем данная операция является довольно травмоопасной и трудоемкой.

Повышение плотности забутовки приводит к более равномерному распределению внешней нагрузки по контуру [3], а увеличение жесткости забутовки приводит к уменьшению изгибающих моментов в элементах крепи. Для повышения работоспособности рамных крепей необходимо, чтобы податливый слой (забутовка) деформировался по мере смещения контура пород выработки от нагрузки, не превышающей прочности рамной конструкции с учетом податливости рамных металлических крепей в замковых соединениях [11]. Запас на смещения контура выработки задается параметрами податливого слоя и запасом податливости рамных металлических крепей в замковых соединениях.

В нормативных документах отмечено, что не допускается закладка пустот лесом при креплении горных выработок несгораемыми материалами<sup>1</sup>. Смещения, компенсируемые за счет сжатия забутовочного материала, зависят от сжимаемости материала, толщины забутовочного слоя и расчетной нагрузки на крепь и определяются опытным путем<sup>2</sup>.

Для исключения притока кислорода к очагу эндогенного пожара на Орловской шахте выработанное пространство в районе очага должно быть изолировано путем установки изолирующих перемычек или покрытия подходов выработок пленкообразующим компонентом, обеспечивающим уменьшение диффузии и просачивание кислорода к очагам самовозгорания сульфидных руд в виде утечек воздуха, который фильтруется через тело перемычки и трещины во вмещающих выработку породах.

Таким образом, при выборе забутовочного материала при проходке горных выработок на Орловской шахте необходимо учитывать следующие факторы:

1) материал, толщина и прочность забутовки выбираются таким образом, чтобы сформировать плотный и непосредственный контакт с вмещающими породами, а также обеспечить несущую способность возведенной рамной крепи, соответствующую существующим значениям горного давления и конвергенции вмещающих пород и не допустить существенного возрастания сосредоточенных случайных нагрузок на крепь, что резко снижает ее несущую способность, ведет к деформациям ее элементов, поломкам и даже завалам выработки;

2) материал забутовки пустот закрепного пространства должен обеспечивать уменьшение диффузии и просачивание кислорода к очагам самовозгорания сульфидных руд.

При этом забутовку необходимо возводить как можно раньше, чтобы она могла воспринять нагрузки, вызванные деформациями массива горных пород на ранних стадиях и предупредить быстрое формирование зоны разрушенных пород.

В рамках опытно-промышленных работ на Орловской шахте в качестве забутовки пустот закрепного пространства при креплении горных выработок метал-

---

<sup>1</sup> Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы. Утверждены Приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 352.

<sup>2</sup> Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи // ВНИИМ, ВНИИОМШС Минуглепрома СССР. М.: Стройиздат, 1983. 272 с.

лической рамной крепью с накатником из круглого леса были испытаны вспенивающиеся негорючие материалы (фенольные двухкомпонентные смолы «Блокфил»). Фенольная смола «Блокфил» содержит формальдегид — 0,01 мг/м<sup>3</sup>; метиловый спирт — 0,5 мг/м<sup>3</sup>; аммиак — 0,04 мг/м<sup>3</sup>; фенол — 0,003 мг/м<sup>3</sup>.

Опыт работ по забутовке пустот закрепного пространства фенольной смолой «Блокфил» при проходке выработок на Орловской шахте показал, что после производства буровзрывных работ в забое выработки при расстоянии около 1,5 м от забутовки до груди забоя разрушение забутовочного материала из смолы «Блокфил» не происходило (рис. 1).

Прочность на сжатие при 10% деформации затвердевшей смолы «Блокфил» по данным компании ТОО «ДСИ Техно» составляет 0,02 МПа.

В ходе опытно-промышленных испытаний были отмечены случаи отставания по времени забутовки пустот закрепного пространства вспенивающимися материалами, что в конечном итоге приводило к полной деформации элементов рамной крепи из-за высокого горного давления.

Так, на слоевом штреке блока 12 с на нижнем горизонте Орловской шахты была апробирована технология забутовки пустот закрепного пространства вспенивающимися материалами. Закрепные пустоты заполнялись фенольной смолой «Блокфил». Однако в дальнейшем при проходке данной выработки было выставлено шесть рам без забутовки пустот фенольной смолой. Вероятно, частично забутовка все-таки была выполнена из костровой крепи, что необходимо для поддержания накатника на рамной крепи. Однако плотного контакта обнажений вмещающих пород с забутовкой не было.



**Рис. 1.** Состояние забутовки пустот закрепного пространства из фенольной смолы «Блокфил» после проведения буровзрывных работ, вид со стороны забоя при отставании крепления от груди забоя 4 м

**[Fig. 1.** The state of backfilling of the voids of the unsupported roof space from the phenolic resin “Blockfil” after drilling and blasting operations, the view from the side of the face when the supports are 4 m from the face]

В последующем в результате отслоений горной массы рамы были полностью деформированы, в связи с чем для приведения выработки в безопасное состояние необходимо было перекреплять аварийный участок выработки. Руководством шахты было принято решение об остановке работ на слоевом штреке блока 12с и дальнейшем заполнении его бетонной закладкой.

При этом смежные рамы с аварийным участком, пустоты закрепного пространства которых были забутованы фенольной смолой, не были деформированы.

Теплопроводность образца фенольной смолы «Блокфил» определена в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН на измерителе теплопроводности сканирующем на эталонах полиметилметакриата методом игольчатого зонда. Однако в силу того, что нижний предел эталонов в Институте нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН представлен относительно высоким значением теплопроводности  $0,194 \text{ Вт/м}^\circ\text{К}$ , полученный с помощью измерителя теплопроводности результат при использовании эталонов с более высоким значением, чем у образца, имеет более завышенные показатели. Поэтому измерения коэффициента теплопроводности были продублированы с помощью абсолютного метода (игольчатого зонда), результаты которого являются более достоверными ( $\lambda = 0,026 \text{ Вт/м}^\circ\text{К}$ ).

В работе [2] были определены теплофизические показатели руд и вмещающих пород Орловского месторождения (табл. 1).

Таблица

**Теплофизические показатели руд и вмещающих пород Орловского месторождения**  
[Table. Thermophysical parameters of ores and enclosing rocks of Orlovsky mine]

Тип породы [Rock type]	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м $^\circ$ К [Thermal conduction coefficient $\lambda$ , W/m $^\circ$ K]
Сплошная полиметаллическая руда [Massive polymetallic ore]	5,5–5,9
Сплошная барит-полиметаллическая руда [Massive barite-polymetallic ore]	4,88–7,44
Сплошная медно-цинковая руда [Massive copper-zinc ore]	3,4–11,3
Сплошная медно-колчеданная руда [Massive copper-sulphide ore]	4,21–4,204
Алевролит [Siltstone]	0,4–3,8
Аргиллит [Argillite]	0,2–3,0
Глинистый сланец [Argillaceous slate]	0,2–3,0
Известняк влажный [Wet limestone]	0,9–4,4
Песчаник плотный [Tight sandstone]	2,33

Сравнение полученных значений коэффициента теплопроводности руд, вмещающих пород Орловского месторождения и фенольной смолы показывают, что она вполне может выполнять роль изоляционного материала при забутовке закрепных пустот при проходке горных выработок в условиях наличия очагов самонагрева рудного массива при интенсивном окислении сульфидных руд.

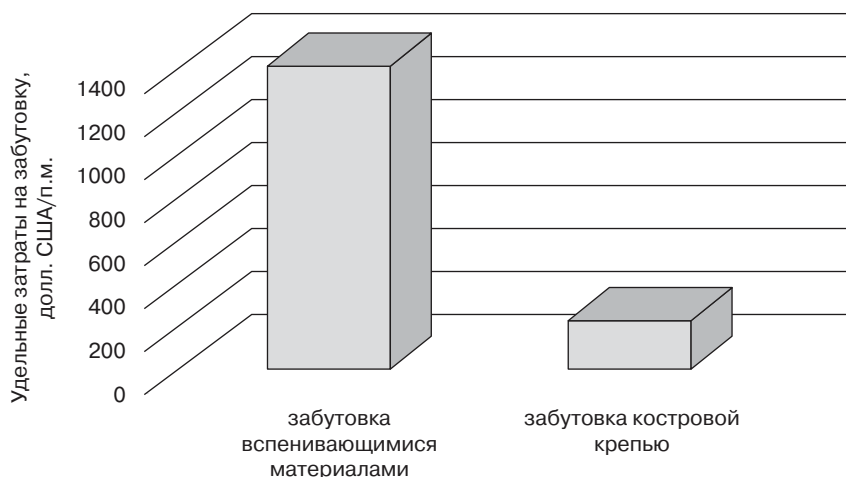


Кроме того, забутовка закрепных пустот вспенивающими материалами позволит исключить или существенно снизить контакт обнаженной поверхности рудного массива с кислородом рудничного воздуха, а при контакте руды с кислородом рудничного воздуха разогрев поверхности рудного массива в течение года может достигнуть 200—260 °С [2], что близко к температуре самовозгорания пиролизированной древесины, что подтверждается замерами, выполненными пылевентиляционной службой Орловской шахты, показывающими, что температура рудничного воздуха в горных выработках в результате окисления и самонагревания руды может превысить 100 °С.

Таким образом, применение в качестве забутовки закрепного пространства фенольной смолы позволит снизить интенсивность реакции окисления и предотвратить самонагревание руды до критических температур, а также предотвратить или замедлить процесс нагревания рудничного воздуха от разогретой поверхности рудного массива до температур, превышающих нормативные значения.

К недостаткам использования в качестве забутовки закрепного пространства фенольной смолы можно отнести невозможность охлаждения поверхности прогретого рудного массива за счет контакта с рудничным воздухом. Однако охлаждение поверхности прогретой выработки (массива) в условиях контакта с сухим рудничным воздухом ( $\lambda = 0,034 \text{ Вт/м} \cdot \text{°К}$ ) при скорости потока порядка 0,1—0,5 м/с и с температурой, близкой к температуре прогретого массива, проходит очень медленно, при этом температура поверхности может снизиться до 55—60 °С в течение 2,5—3,0 лет.

Удельные затраты на забутовку закрепного пространства вспенивающимися материалами в сравнении с забутовкой пустот «костровой» крепью довольно высоки (рис. 2).



**Рис. 2.** Удельные затраты на забутовку закрепного пространства вспенивающимися материалами и «костровой» крепью на 1 п.м. выработки сечением  $S_{пр} = 16,0 \text{ м}^2$   
[Fig. 2. Specific costs for backfilling of unsupported roof space with foaming materials and chock support for 1 m. of output with section  $S_{pr} = 16.0 \text{ м}^2$ ]

По данным [12], температура термической деструкции фенольной смолы «Блокфил» составляет около 700 °С, при этом потеря массы образца составляет всего 21,7%. Фенольная смола «Блокфил» по классу опасности материала по значению показателя токсичности продуктов горения относится к высокоопасным, по группе горючести материала — к трудногорючим.

Контакт продукции с кожей может привести к сильному раздражению, ожогам. Пары продукции в концентрациях, превышающих ПДК для воздуха рабочей зоны, раздражают верхние дыхательные пути и слизистые оболочки глаз, оказывают воздействие на центральную нервную систему (ЦНС), печень, почки. Входящие в состав вещества способны вызывать аллергические заболевания в производственных условиях (при контакте с кожей), канцерогенны. Контроль воздуха рабочей зоны необходимо осуществлять по гидроксibenзолу, серной кислоте, фосфорной кислоте, формальдегиду, 4-гидроксibenзолсульфонокислоте.

Анализ проведенных исследований и опытно-промышленных работ на Орловской шахте свидетельствует о том, что применение в качестве забутовки пустот закрепного пространства негорючими вспенивающимися материалами при креплении горных выработок металлической рамной крепью обеспечивает сохранность проводимых горных выработок и позволяет предотвратить самонагревание руды до критических температур, замедлить процесс нагревания рудничного воздуха от разогретой поверхности рудного массива до температур, превышающих нормативные значения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Ходжаев Р.Р., Габайдуллин Р.И., Асаинов С.Т., Побединская И.В.* Исследование пожароопасности при добыче сульфидных руд подземным способом // Тез. докл. XXIX международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Балашиха, 2017. С. 205—208.
- [2] *Нургалиева А.Д., Рахимберлина А.А., Какенова М.Ж., Габайдуллин Р.И.* Пожароопасность Орловского месторождения // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства — основа реализации плана нации» (Сагиновские чтения № 7). Ч. 2. Карагандинский государственный технический университет. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2015. с. 187—189.
- [3] *Ерофеев Л.М., Мирошникова Л.А.* Повышение надежности крепи горных выработок. М.: Недра, 1988. 245 с.
- [4] *Мартыненко И.И., Мартыненко И.А., Минакова Ж.А.* Влияние заполнения закрепного пространства на работу крепи // ГИАБ. 2005. С. 160—163.
- [5] *Максимов А.П., Шашенко А.Н., Рожко А.Н.* Влияние качества забутовки на несущую способность металлической арочной крепи // Шахтное строительство. 1987. С. 21—23.
- [6] *Мартыненко И.И., Мартыненко И.А., Минакова Ж.А.* Влияние заполнения закрепного пространства на работу крепи // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. № 8. С. 160—163.
- [7] *Великий И.Г., Чертянко В.И., Черкасов В.В., Любашевская Н.В., Шаповалов Ю.С.* О выборе забутовочного материала для ЗЗП горных выработок // Шахтное строительство. 1978. № 9. С. 12—14.
- [8] *Галушко П.Я.* Влияние ширины слоя и состава забутовки на взаимодействиях пород и крепи // Уголь Украины. 1977. № 4. С. 6—8.

- [9] *Заславский И.Ю.* Несущая способность арочной крепи при ТЗП // Шахтное строительство. 1987. № 10. С. 11—13.
- [10] *Симанович Г.А.* О прочности тампонажного раствора в закрепном пространстве горных выработок // Шахтное строительство. 1987. № 12. С. 10—13.
- [11] *Солодянкин А.В., Ганеев С.Н.* Численное моделирование влияния параметров податливой забутовки на напряженно-деформированное состояние вмещающего выработку массива // Материалы IV международной научно-практической конференции «Проблемы горного дела и экологии горного производства». Антрацит. 2009. С. 115—123.
- [12] *Уварова В.А.* Методологические основы контроля пожароопасных и токсических свойств шахтных полимерных материалов: дисс. ... д-ра техн. наук. М., 2016. 300 с.

© Шапошник Ю.Н., Конури́н А.И., Шокарев Д.А., Шапошник С.Н., 2018

### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 20 февраля 2018

Дата принятия к печати: 28 апреля 2018

### **Для цитирования:**

*Шапошник Ю.Н., Конури́н А.И., Шокарев Д.А., Шапошник С.Н.* Разработка технологии крепления горных выработок в условиях интенсивного окисления сульфидных руд на Орловском месторождении // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2018. Т. 19. № 2. 235—245. DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-2-235-245

### **Сведения об авторах:**

*Шапошник Юрий Николаевич* — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-технических геотехнологий, Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук. *Область научных интересов:* геомеханика, механические свойства и разрушение геоматериалов и горных массивов, проблемы геотехнологий и обогащения минерального сырья. *Контактная информация:* e-mail:shaposhnikyury@mail.ru

*Конури́н Антон Игоревич* — кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории физико-технических геотехнологий, Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук. *Область научных интересов:* механические свойства и разрушение геоматериалов и горных массивов, современная геодинамика, моделирование геодинамических процессов. *Контактная информация:* e-mail:akonurin@yandex.ru

*Шокарев Денис Александрович* — директор ТОО «Expert PRO». *Область научных интересов:* проблемы геотехнологий и обогащения минерального сырья, современная геодинамика, моделирование геодинамических процессов. *Контактная информация:* e-mail: denshok82@mail.ru

*Шапошник Сергей Николаевич* — доктор технических наук, профессор кафедры геологии и горного дела, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева. *Область научных интересов:* сейсмология, сейсмические волны, проблемы геотехнологий и обогащения минерального сырья. *Контактная информация:* e-mail: shaposhniksergey@mail.ru



## DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR SUPPORTING MINE WORKINGS UNDER CONDITIONS OF INTENSE OXIDATION OF SULFIDE ORES AT THE ORLOVSKY MINE

Yu.N. Shaposhnik<sup>1</sup>, A.I. Konurin<sup>1</sup>, D.A. Shokarev<sup>2</sup>, S.N. Shaposhnik<sup>3</sup>

<sup>1</sup> N.A. Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences  
54, Krasny Prospect, Novosibirsk, 630091, Russian Federation

<sup>2</sup> Expert PRO

47, Protozanov A.K. str., Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan

<sup>3</sup> East Kazakhstan State Technical University (EKSTU)

69, Protozanov A.K. str., Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan

**Abstract.** *Goal.* Metal frame supports SVP-22 with round timber lagging and backfilling of the voids of unsupported space with chock support is used in the workings of unstable ores and rocks at the Orlovsky mine. When filling the voids with a chock support manually, people are located in an unsupported part of the working, therefore this operation is hazardous and laborious. The purpose of the work is to select and test the backfill material for voids of unsupported space, which ensures a decrease in diffusion and oxygen seepage to the centers of spontaneous ignition of the ore bodies under conditions of intense oxidation of sulphide ores at the Orlovsky deposit. *Methods.* Foaming non-combustible materials (“Blockfil” phenolic two-component resins) were tested in the experimental works at the Orlovsky mine for backfilling the voids when supporting the mine workings by metal frame supports with a round timber lagging. *Results.* It has been established that the use of phenolic resins as backfilling will reduce the intensity of the oxidation reaction and prevent self-heating of the ore to critical temperatures, and also prevent or slow down the process of heating of mine air from the heated surface of the ore body to temperatures exceeding the design values. *Conclusions.* The use of phenolic resin “Blockfil” to fill the voids ensured the absence of deformation of the elements of the metal frame support and the safety of mining, and also allowed to reduce the intensity of the oxidation reaction and prevent self-heating from the ore to critical temperatures and prevent or slow down the process of heating the mine air from the heated surface of the ore body to temperatures, exceeding the design values.

**Key words:** underground mining, unsupported space, frame support, dynamic loads, support flexibility, backfilling, phenolic resin, foamed clay pulp

### REFERENCES

- [1] Khodzhaev R.R., Gabaidullin R.I., Asainov S.T., Pobedinskaya I.V. Issledovanie pozharoopasnosti pri dobyche sul’fidnykh rud podzemnym sposobom [The study of fire danger in the extraction of sulphide ores by an underground method]. Tez. dokl. XXIX mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 80-letiyu FGBU VNIPO MChS Rossii [Abstracts of XXIX International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 80th anniversary of the FGB VNIPO EMERCOM of Russia]. Balashikha, 2017. 205–208. (In Russ.)
- [2] Nurgalieva A.D., Rakhimberlina A.A., Kakenova M.Zh., Gabaidullin R.I. Pozharoopasnost’ Orlovskogo mestorozhdeniya [On the fire hazard of the Orlovsky deposit]. Trudy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Integratsiya nauki, obrazovaniyai proizvodstva — osnova realizatsii plana natsii» (Saginovskiechteniya № 7). Ch. 2 [Proceedings of international scientific and practical conference “Integration of science, education and production — the basis for the implementation of the national plan” (Saginov Readings No. 7). Part 2]. Karaganda State Technical University. Karaganda: KARGTU Publ., 2015. 187–189. (In Russ.)
- [3] Erofeev L.M., Miroshnikova L.A. Povysheniye na dezhnosti podderzhki gornyykh vyrabotok [Increasing the reliability of mine workings supports]. Moscow: Nedra Publ., 1988. 245 p. (In Russ.)

- [4] Martynenko I.I., Martynenko I.A., Minakova Zh.A. Vliyaniye zapolneniya fiksirovannogo prostranstva na krepirovaniye [Influence of unsupported spacefilling on support strength]. GIAB, 2005. P. 160—163. (In Russ.)
- [5] Maksimov A.P., Shashenko A.N., Rozhko A.N. Vliyaniye kachestva zasyпки na nesushchuy usposobnost' opory metallicheskoy dugi [Influence of the quality of backfill on the bearing capacity of metal arc support]. *Shakhtnoe stroitel'stvo [Mine Construction]*. 1987. P. 21—23. (In Russ.)
- [6] Martynenko I.I., Martynenko I.A., Minakova Zh.A. Vliyaniye zapolneniy azakrepnogo prostranstva rabotu krepі [Influence of unsupported space filling on support strength]. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2005. No. 8. 160—163. (In Russ.)
- [7] Veliky I.G., Cheretyanko V.I., Cherkasov V.V., Lyubashevskaya N.V., Shapovalov Yu.S. O vybore zabutovochnogo materiala dlya ZZP gornyykh vyrabotok [On selecting backfill material for filling voids of unsupported space in mine workings]. *Shakhtnoe stroitel'stvo [Mine Construction]*. 1978. No. 9. P. 12—14. (In Russ.)
- [8] Galushko P.Ya. Vliyaniye shiriny sloyi sostava zasyпки na vzaimodeystviye porodi krepі [Influence of layer width and composition of backfill on the interaction of rocks and supports]. *Ugol' Ukrainy [Coal of Ukraine]*. 1977. No. 4. P. 6—8. (In Russ.)
- [9] Zaslavsky I.Ya. Nesushchaya sposobnost' arochnoy krepі pri TZP [Strength of arch support with thermal protection coating]. *Shakhtnoe stroitel'stvo [Mine Construction]*. 1987. No. 10. P. 11—13. (In Russ.)
- [10] Simanovich G.A. O prochnosti tamponazhnogo rastvora v zakreпnom prostranstve gornyykh vyrabotok [On the strength of cement mortar in unsupported space of mine workings]. *Shakhtnoe stroitel'stvo [Mine Construction]*. 1987. No. 12. P. 10—13. (In Russ.)
- [11] Solodyankin A.V., Gapeev S.N. Chislennoe modelirovaniye vliyaniya parametrov podatlivoy zabutovki na napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye vmeshchayushchego vyrabotku massiva [Numerical modeling of effect of flexible backfill parameters on stress-strain state of ore containing rock body]. *Materialy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy gornogo dela i ekologiyi gornogo proizvodstva» [Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference “Problems of Mining and Ecology of Mining Industry”]*. Antratsit. 2009. P. 115—123. (In Russ.)
- [12] Uvarova V.A. Metodologicheskiye osnovy kontrolya pozharoопасnykh i toksicheskikh svoystv shahtnykh polimernyykh materialov. Dokt. Diss. [Methodological fundamentals of control of fire-hazardous and toxic properties of mine polymeric materials. Doct. Diss.]. Moscow, 2016. 300 p. (In Russ.)

#### Article history:

Received: February 20, 2018

Accepted: April 28, 2018

#### For citation:

Shaposhnik Yu.N., Konurin A.I., Shokarev D.A., Shaposhnik S.N. (2018). Development of technology for supporting mine workings under conditions of intense oxidation of sulfide ores at the Orlovsky mine. *RUDN Journal of Engineering Researches*, 19(2), 235—245. DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-2-234-245

#### Bio Note:

*Yuriy N. Shaposhnik* — Doctor of Technical Sciences, leading research associate, laboratory of engineering physics geotechnologies, N.A. Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. *Research interests*: geomechanics, mechanical properties and destruction of geomaterials and mountain massifs, problems of geotechnology and mineral processing. *Contact information*: e-mail: shaposhnikyury@mail.ru

*Anton I. Konurin* — Candidate of Technical Sciences, research associate, laboratory of engineering physics geotechnologies, N.A. Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy

of Sciences. *Research interests*: mechanical properties and failure of geomaterials and rock bodies, modern geodynamics, modeling of geodynamic processes. *Contact information*: e-mail: akonurin@yandex.ru

*Denis A. Shokarev* — CEO “Expert PRO”. *Research interests*: problems of geotechnology and mineral processing, modern geodynamics, modeling of geodynamic processes. *Contact information*: e-mail: denshok82@mail.ru

*Sergey N. Shaposhnik* — Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Geology and Mining, East Kazakhstan State Technical University (EKSTU). *Research interests*: seismology, seismic waves, problems of geotechnology and mineral processing. *Contact information*: e-mail: shaposhniksergey@mail.ru