

УДК 622.27

**Л.А. Крупник, Ю.Н. Шапошник, С.Н. Шапошник**

**ПУТИ РЕШЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОБЛЕМ  
ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ  
ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА**

*Приведены основные направления по совершенствованию закладочных работ на горнорудных предприятиях Восточного Казахстана на ближайшую перспективу и пути их решения.*

*Ключевые слова: добыча, рудник, закладочная смесь, пластификатор.*

---

**И**ntenсификация добычи и переработки собственных полезных ископаемых позволяет Республике Казахстан повышать уровень своего экономического развития. К сожалению, на промышленных перерабатывающих предприятиях региона отсутствуют технологии четвертого и пятого передела, позволяющие получать наукоемкую конкурентоспособную продукцию. Дополнительной проблемой при этом является отсутствие технологий комплексной переработки минерального сырья, в результате чего значительная часть полезных компонентов уходит в отходы, часто загрязняя окружающую среду. Выход из создавшегося положения возможен на основе диверсификации экономики региона, развития и внедрении в промышленное производство новых наукоемких технологий, которые смогут позволить получить конкурентную на современном рынке продукцию с высокой добавленной стоимостью.

Повышение эффективности горнорудного производства в настоящее время достигается путем освоения инновационных технологий с автоматизацией и роботизацией производственных процессов.

На Малеевском месторождении, которое разрабатывает Малеевский

рудник Зырянского ГОК АО «Казцинк», выделено два технологических типа руд (полиметаллические и медноцинковые) и руководством АО «Казцинк» принято решение об их раздельной добыче и обогащении. Раздельная добыча технологических типов руд экономически выгодна при условии получения дополнительной прибыли на стадиях добычи, обогащения и металлургического передела.

В технологии товарного опробования руды текущей добычи Малеевского рудника используется отечественное оборудование и оборудование английской фирмы «ERIEZ MAGNETICS EURORE LTD». Методика отбора, переработки и подготовки проб руды разработана и реализуется также указанной фирмой.

Автоматизированная система обеспечивает следующие проектные требования для пробоотбора и учета на Малеевском руднике: автоматический отбор проб материала по времени и предоставление пробы на анализ каждый час; выдача отчетов о количестве материала, поставленного в каждой партии (отчеты о количестве материала за смену, сутки, неделю, месяц); архивация отчетов и доступ через сеть.

Сравнительные экономические расчеты результатов валовой и раздель-

Таблица 1

**Составы закладочных смесей с использованием портландцемента в качестве вяжущего на Риддер-Сокольном руднике**

№ состава	Индекс вяжущего	Марка смеси	Цемент, кг/м <sup>3</sup>	Инертный заполнитель, кг/м <sup>3</sup>		Вода, л/м <sup>3</sup>	Плотность смеси, кг/м <sup>3</sup>
				Всего	Хвосты текущие		
1	Ц	M20	130	1200	1200	515	1845
2	Ц	M25	140	1195	1195	510	1845
3	Ц	M30	150	1190	1190	510	1850
4	Ц	M35	165	1185	1185	505	1855
5	Ц	M40	185	1175	1175	505	1865
6	Ц	M45	210	1165	1165	500	1875
7	Ц	M50	235	1155	1155	495	1885
8	Ц	M55	250	1145	1145	490	1885

ной переработки выделенных технологических типов руд, выполненные специалистами Зырянского ГОК, показали, что экономический эффект при отдельной переработке составляет 1,75 долл. США с 1 т руды.

В период 2004–2007 гг. сотрудниками Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева и Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева по заказу АО «Казцинк» выполнен ряд научно-исследовательских работ (НИР).

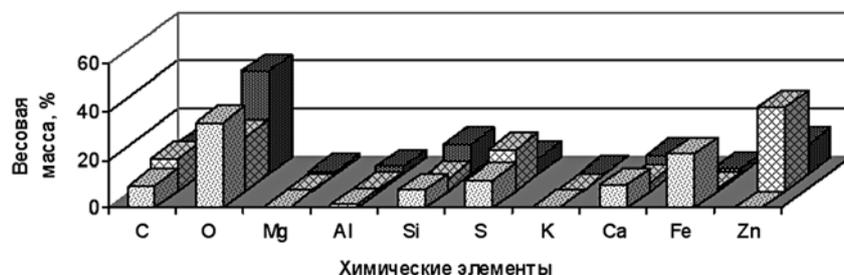
В результате выполненных НИР на подземных рудниках АО «Казцинк» разработаны на уровне изобретений (предпатент на изобретение РК № 7172, 7173) и внедрены на Малеевском руднике Зырянского ГОК АО «Казцинк» схемы утилизации породы от проходческих работ в закладку без выдачи породы на поверхность и складирования ее в породных отвалах, что позволило получить экономический эффект около 190 тыс. долл. США на одну выемочную камеру.

В результате всесторонних НИР усовершенствованы схемы выемки запасов руд в камерах IV очередей при двухстороннем контакте с закладкой на Малеевском руднике. В результате

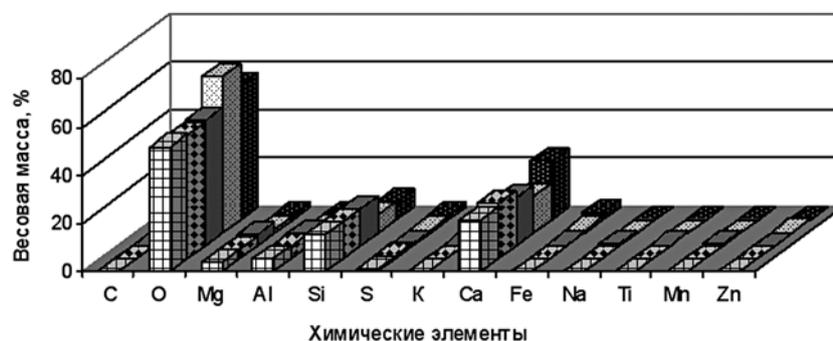
техничко-экономических расчетов выявлена экономическая эффективность разработанных схем отработки выемочной камеры, которая составила 83 тыс. долл. США в год.

Результатом НИР «Разработка технологии трубопроводного транспорта закладочных смесей в отдаленные блоки на Риддер-Сокольном месторождении» на основе лабораторных и опытно-промышленных исследований установлено, что при использовании в составе закладочной смеси химических добавок-пластификаторов улучшаются реологические свойства закладочной смеси (повышение текучести на 20 %) и прочностные характеристики закладочного массива (на 10–15 %). При этом ожидаемый экономический эффект на годовой объем закладочных работ на Риддер-Сокольном руднике РГОК АО «Казцинк» составил 232 тыс. долл. США.

Составы закладочных смесей с использованием портландцемента в качестве вяжущего, используемые на Риддер-Сокольном руднике, представлены в табл. 1. На сегодняшний день для закладки пустот отработанных камер применяют марку смеси M25 в объемах 280 тыс. м<sup>3</sup> в год.



**Рис. 1. Диаграмма химического состава образцов-кубов закладочного массива, сформированного из закладочной смеси, применяемой в настоящее время на Риддер-Сокольном руднике**



**Рис. 2. Диаграмма химического состава образцов-кубов закладочного массива с добавкой-пластификатором Pozzolith MR 55 в объеме 1,0 кг/м<sup>3</sup>**

Опыт использования добавок-пластификаторов показывает, что при использовании добавок в составе закладочной смеси снижается расход вяжущего.

Исследования, проведенные в региональной университетской лаборатории инженерного профиля «ИГЕТАС» на растровом электронном микроскопе японской фирмы «JEOL» (JSM-6390LV) с приставкой EDS (энергодисперсионная) фирмы «OXFORD», позволили определить структуру и химический состав образцов-кубов закладочного массива, сформированного из закладочной смеси, применяемой в настоящее время на Риддер-Сокольном руднике, и с добавкой-пластификатором Pozzolith MR 55. Результаты анализа химического состава образцов-кубов закладочного массива, сформированного из закладочной

смеси, применяемой в настоящее время на Риддер-Сокольном руднике, представлены на рис. 1.

Результаты анализа химического состава образцов-кубов закладочного массива, сформированного из закладочной смеси с добавкой-пластификатором Pozzolith MR 55 в объеме 1,0 кг/м<sup>3</sup>, представлены на рис. 2.

При введении в закладочную смесь добавок они абсорбируются с частицами цемента. Частицы цемента отталкиваются друг от друга электростатической силой. Таким образом, облегчая движение частиц цемента, текучесть бетона достигается малым количеством воды. Распад частиц цемента увеличивает сцепление молекул и уменьшает расщепление, нормализует срок твердения. За счет уменьшения количества воды соответственно достигается набор роста сил ран-

Таблица 2

**Составы твердеющих закладочных смесей с использованием доменного гранулированного шлака**

№ состава	Удельный расход компонентов, кг/м <sup>3</sup>					Плотность смеси, кг/м <sup>3</sup>	Прочностные характеристики в возрасте суток, МПа				
	всего	цемент	гран. шлак молотый	инертный заполнитель измельченный	вода		R28	R60	R90	R180	R360
1	250	50	200	1250	450	1950	0,9	1,4	1,8	2	2,3
2	275	55	220	1225	450	1950	0,1	1,6	2	2,3	2,7
3	300	60	240	1175	460	1935	1,4	2,1	2,6	2,8	3,5
4	325	65	260	1150	460	1935	1,8	2,5	3,2	3,2	4,2
5	350	70	280	1125	460	1935	2,2	2,9	3,6	3,6	5
6	400	80	320	1050	470	1920	2,6	3,4	4,2	4,2	5,6
7	450	90	360	980	480	1910	2,9	3,9	4,7	4,7	5,9

ней и конечной прочности бетона. Повышение текучести закладочной смеси обеспечивается повышенным содержанием SiO<sub>2</sub> в составе закладки, за счет чего обеспечивается пониженная скорость твердения закладочного массива в начальные сроки при достаточно интенсивном наборе прочности в более поздние сроки твердения. В результате проведенных лабораторных исследований установлено, что весовая масса химических элементов Si и O в составе закладочной смеси наибольшая при содержании добавок-пластификаторов в смеси в пределах 0,5-1,0 кг/м<sup>3</sup>.

В составе закладочной смеси на Малеевском руднике в качестве вяжущего в настоящее время используют цемент и граншлаки. При этом, в молотом граншлаке, подаваемом в процессе приготовления закладочной смеси, содержание тонких частиц, проходящих через сито № 008 по ГОСТ 3584, должно быть не менее 50 % по массе.

Объем закладки пустот отработанных камер твердеющими смесями

составляет 500 тыс. м<sup>3</sup> в год. Использование на Малеевском руднике гранулированных доменных шлаков позволило сократить расход цемента с 160-200 до 55-60 кг/м<sup>3</sup> закладки. Составы твердеющих закладочных смесей с использованием доменного гранулированного шлака приведены в табл. 2.

По нашему мнению и мнению производителя добавок к бетону в Республике Казахстан (компания USTA-YKS-degussa) использование добавок-пластификаторов в составе закладочной смеси пропорционально снижает расход цемента и граншлаков при сохранении или улучшении реологических свойств закладочной смеси и прочностных характеристик закладочного массива.

При предполагаемом пропорциональном снижении расхода цемента и граншлаков (примерно на 15 %) нами был уточнен расчет экономической эффективности использования пластификаторов в технологическом процессе закладочных работ на БЗК в условиях Малеевского рудника. В

результате расчетов установлено, что экономическая эффективность использования пластификаторов в технологическом процессе закладочных работ на БЗК в условиях Малеевского рудника с учетом уровня цен 2008 года составляет 180 тыс. долл. США/год.

Авторами статьи проведено технико-экономическое сравнение двух технологических вариантов по совершенствованию технологии закладочных работ на Риддер-Сокольном руднике РГОК АО «Казцинк»: 1 вариант – использование в составе закладочной смеси добавок-пластификаторов; 2 вариант — использование шламowego насоса типа KOS 25100 HP фирмы «ENGINEERING DOBERSEK GMBH».

Как основной метод анализа эффективности проекта следует использовать анализ дисконтированных чистых потоков реальных денег (DCF). Технико-экономическое сравнение возможных вариантов технологии закладочных работ показало, что наибольший эффект достигается при практической реализации первого варианта (при использовании в составе закладочной смеси добавок-пластификаторов).

В настоящее время на Малеевском руднике ЗГОК АО «Казцинк» в составе закладочных смесей, приготовляемых на поверхностном бетоно-закладочном комплексе (БЗК), применяется хозпитьевая вода с Хамирского водозабора.

Как известно, на многих горно-рудных предприятиях, использующих при выемке руды системы разработки с закладкой, действие агрессивных шахтных вод, в отличие от питьевой воды, отрицательно сказывается на физико-механических свойствах закладочного массива.

Кроме того, проверками природо-охранной деятельности Малеевского

рудника отмечено, что с 2002 года содержание веществ группы азота ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ) в технических шахтных водах превышает допустимые нормы в 10 и более раз.

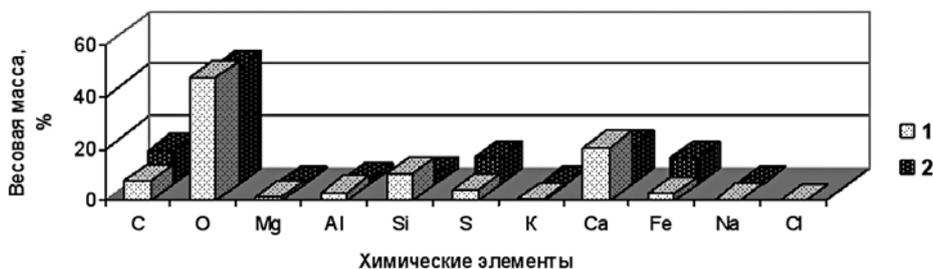
Использование шахтной воды в технологическом процессе приготовления закладки целесообразно с экономической и экологической точек зрения.

С целью уточнения влияния шахтных вод на прочностные характеристики закладочного массива на Малеевском руднике были проведены опытно-промышленные эксперименты.

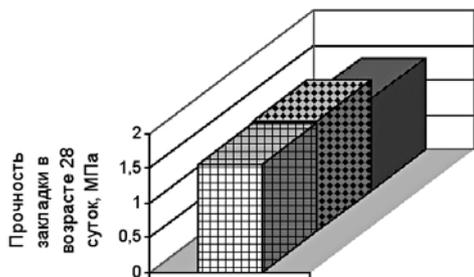
Для приготовления закладочной смеси использовались следующие компоненты: цемент М-400 —  $60 \text{ кг/м}^3$ ; граншлак молотый, класс  $-0,08$  —  $120 \text{ кг/м}^3$ ; граншлак молотый, класс  $+0,08$  —  $120 \text{ кг/м}^3$ ; пески отвалыные  $+ 2,5$  —  $470 \text{ кг/м}^3$ ; легкая фракция  $+ 2,5$  —  $705 \text{ кг/м}^3$ ; вода —  $460 \text{ кг/м}^3$ ; химические добавки-пластификаторы Pozzolith MR 25 и Pozzolith MR 55. Вода для затворения вяжущих использовалась трех химических составов (хозпитьевая вода с Хамирского водозабора; вода, выдаваемая из шахты и шахтная очищенная вода на очистных сооружениях Малеевского рудника методом известкования).

Результаты анализа химического состава образцов-кубов закладочного массива на растровом электронном микроскопе японской фирмы «JEOL» (JSM-6390LV), сформированного из закладочной смеси, применяемой в настоящее время на Малеевском руднике, с использованием воды различного химического состава, представлены на рис. 3.

Результаты лабораторных исследований образцов-кубов закладочного массива на прочность показали, что в возрасте 28 суток использование шахтной воды в качестве затворителя практически не влияет на прочность закладки (рис. 4).



**Рис. 3. Диаграмма химического состава образцов-кубов закладочного массива, сформированного из закладочной смеси с использованием хозпитьевой и шахтной воды на Малеевском руднике: 1 — с использованием хозпитьевой воды; 2 — с использованием шахтной воды**



**Рис. 4. Прочность закладочного массива в возрасте 28 суток при использовании для затворения вяжущих водой различных химических составов: 1 — с использованием хозпитьевой воды; 2 — с использованием шахтной воды; 3 — с использованием шахтной очищенной воды методом известкования**

В дальнейшем целесообразно провести на Малеевском руднике лабораторные и опытно-промышленные исследования влияния шахтных вод на прочностные характеристики закладочного массива в возрасте 90, 180 и 360 суток.

Экономический эффект от вторичного использования шахтных вод в закладку на Малеевском руднике определяется с учетом того, что оплата за воду, применяемую в технологиче-

ском процессе, производится не будет, при этом плата за хозпитьевую воду сократится до минимума. Кроме того, сократится плата за сброс шахтных вод Малеевского рудника. При расчете экономического эффекта от вторичного использования шахтных вод в закладку необходимо учитывать дополнительные затраты на необходимые работы и оборудование для подачи шахтной воды на БЗК Малеевского рудника. **ГИАБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Крупник Леонид Андреевич* — доктор технических наук, профессор, e-mail: leonkr38@mail.ru, Казахский национальный университет им. К.И. Сатпаева,  
*Шапошник Юрий Николаевич* — доктор технических наук, профессор, e-mail: shaposhnikyury@mail.ru,  
*Шапошник Сергей Николаевич* — кандидат технических наук, доцент, e-mail: shaposhniksergey@mail.ru, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева.

