

УДК 622.27

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ
НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Казахский национальный технический университет, 050013, г. Алматы, Казахстан,

**Восточно-Казахстанский государственный технический университет,
070004, г. Усть-Каменогорск, Казахстан*

*** Карагандинский государственный технический университет,
100027, г. Караганда, Казахстан*

Приведен обзор закладочных комплексов горнодобывающих предприятий Казахстана, показаны результаты лабораторных исследований и опытно-промышленных испытаний влияния сложного цементно-зольного вяжущего с добавками пластификатора на реологические и прочностные характеристики формируемых закладочных массивов.

Закладочные работы, закладочная смесь, зола-унос, добавки пластификатора, реологические и прочностные характеристики закладки

Выемку запасов руд системами разработки с твердеющей закладкой (ТЗ) на сегодняшний день в Казахстане осуществляют или планируют осуществлять на многих горнодобывающих предприятиях. На подземных рудниках ТОО «Корпорация «Казахмыс» и ТОО «Казцинк» применяется также гидравлическая и сухая породная закладка выработанного пространства [1].

На Малеевском руднике ТОО «Казцинк» принята мельничная технология приготовления ТЗ с самотечным режимом транспортирования смеси в шахту по бетоноводам. Подача закладки с поверхностного бетонозакладочного комплекса (БЗК) в шахту в объеме 500 тыс. м³ в год осуществляется в самотечном режиме при основном составе закладочной смеси (ЗС): цемент М-400 — 60 кг/м³; граншлак молотый, класс – 0.08 мм — 120 кг/м³; граншлак молотый, класс + 0.08 мм — 120 кг/м³; пески отвалыные, класс + 2.5 — 470 кг/м³; легкая фракция, класс + 2.5 — 705 кг/м³; вода — 460 кг/м³ закладки. Использование на руднике гранулированных доменных шлаков позволило сократить расход цемента с 160–200 до 55–60 кг/м³ закладки.

Технология приготовления ЗС на объединенном комплексе БЗК-1, 2 (рис. 1) включает следующие операции. На БЗК-1: прием граншлака на открытый склад и загрузка его в приемный бункер; дозированная подача граншлака из бункера и транспортировка его в мельницу МШР 2700×2800; помол граншлака в мельнице с дозированной подачей в нее дополнительной воды; подача в слив мельницы дополнительной воды до Т : Ж — 55 : 45 и транспортирование его центробежным насосом в мельницу БЗК-2; технологический контроль за процессом измельчения граншлака и подготовки его к перекачиванию на БЗК-2.

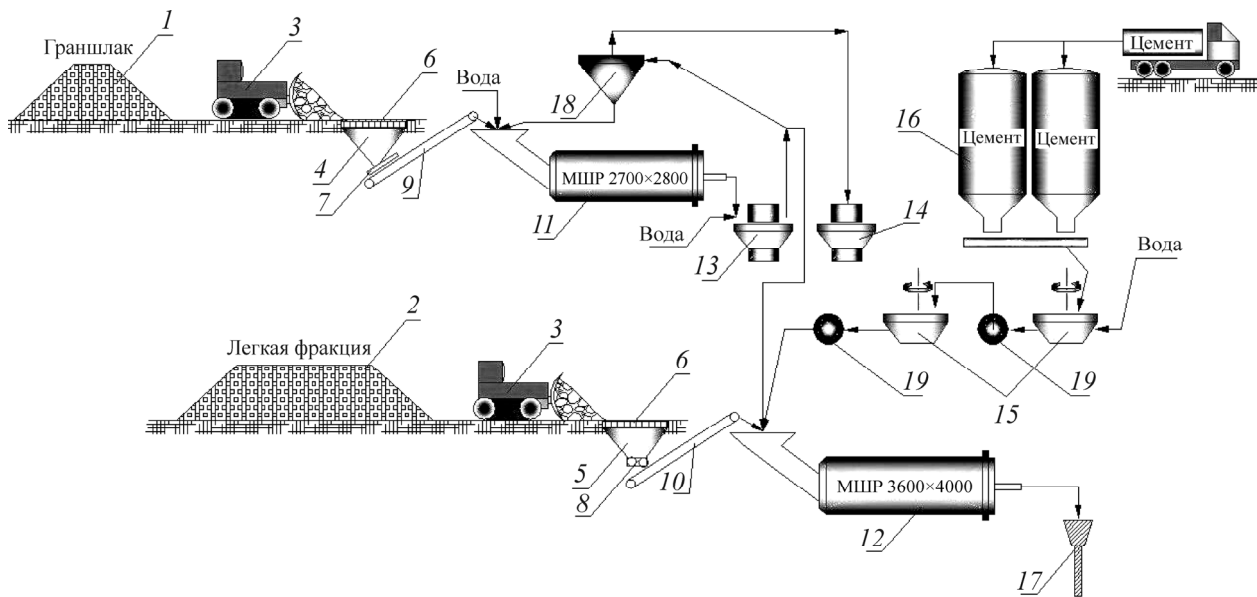


Рис. 1. Технологическая схема БЗК Малеевского рудника: 1, 2 — отвалы граншлака и легкой фракции; 3 — бульдозер; 4, 5 — приемные бункеры; 6 — колосниковая решетка; 7 — шибер; 8 — питатель; 9, 10 — ленточные конвейеры; 11 — мельница МШР 2700×2800; 12 — мельница МШР 3600×4000; 13, 14 — насосы; 15 — устройство дозирования и приготовления цементного молока «ХАННИ»; 16 — расходные бункеры цемента; 17 — закладочная скважина; 18 — гидроциклон ГЦ-350; 19 — перекачной насос

На БЗК-2: прием заполнителя на открытый склад и разгрузка его в расходный бункер; дозированная подача заполнителя из бункера и транспортировка его в мельницу МШР 3600×4000; прием цемента из автоцементовозов в расходные емкости и дозированная подача его в агрегат приготовления цементного молока; подача приготовленного цементного молока в мельницу; подача в мельницу измельченного граншлака в виде пульпы, перекачиваемой с БЗК-1; дозированная подача (при необходимости) дополнительной воды в мельницу; совместный помол компонентов и приготовление ЗС в мельнице; подача смеси в приемную воронку трубопровода и ее транспортирование к месту укладки; технологический контроль за процессом приготовления ЗС.

Процесс приготовления смеси на БЗК может осуществляться в автоматическом и ручном режимах работы. На БЗК внедрена современная система автоматического контроля и регулирования подачи закладочных материалов и ЗС. Модель управления БЗК основана на рецептуре приготовления смеси. В зависимости от требуемой производительности в систему вводятся данные по удельным нормам компонентов на 1 м³ смеси. Система пересчитывает подаваемые в смесь компоненты и в автоматическом режиме поддерживает требуемый объем и плотность закладочной смеси. Управление работой БЗК централизовано с микропроцессорного контроллера «Quantum» через автоматизированное рабочее место оператора.

Готовая ЗС с БЗК транспортируется по закладочному вертикальному ставу бетоновода диаметром 168 мм до 11 горизонта и далее по закладочному трубопроводу (бетоноводу) диаметром 168 мм, проложенному по горизонтальным и вертикальным выработкам до закладываемой камеры.

В настоящее время на руднике возникла необходимость выбора вариантов закладки отработанного пространства в этаже 7–11 горизонтов Малеевской рудной зоны, расположенных выше уровня закладочного 11 горизонта. Подачу ЗС предусматривается производить поршне-

вым бетононасосом, который обеспечивает следующие необходимые параметры: производительность подачи ЗС — $100 \text{ м}^3/\text{ч}$; плотность смеси — $1.85 \div 1.95 \text{ т}/\text{м}^3$; количество твердого в смеси по весу — 75 %; удельный вес твердого — $2.8 \text{ т}/\text{м}^3$; длина напорного трубопровода — 2500 м; диаметр трубопровода — 150 мм.

Сравнение ключевых экономических показателей вариантов закладки пустот отработанных камер в этаже 7–11 горизонтов (приобретение и монтаж насосного агрегата и строительство на верхней промышленной площадке рудника БЗК производительностью 140 тыс. м^3 бетонной закладки в год) показало, что более целесообразным и экономически привлекательным вариантом закладки верхних горизонтов месторождения является приобретение и монтаж насосного агрегата HSP 25.100 HP Duplex фирмы PUTZMEISTER AG, который будет осуществлять напорную подачу ЗС на вышележащие горизонты.

В последние годы горнорудные предприятия ТОО “Казцинк” стали уделять большое внимание вопросам рационального недропользования, в частности, утилизации пустой породы от проходческих работ в закладку, а также использования шахтных вод для приготовления ЗС. В результате проведенных на руднике исследовательских работ [2, 3] разработаны и внедрены в производство рациональные схемы подачи пустой породы от проходческих работ в пустоты отработанных камер без выдачи породы на поверхность.

На БЗК Малеевского рудника для затворения вяжущего используют питьевую воду с Хамирского водозабора, а смесь шахтных и хозяйственных сточных вод рудника, очищенных на очистных сооружениях, сбрасывают самотеком в р. Бухтарма. Результаты лабораторных исследований образцов-кубов закладочного массива на прочность показали, что в возрасте 28 сут использование шахтной воды в качестве затворителя практически не влияет на прочность закладки и ее реологические параметры [4].

Использование шахтной воды в технологическом процессе приготовления закладки на подземных рудниках позволило снизить негативное влияние горных работ на окружающую среду и получить значительный экономический эффект.

На Тишинском руднике ЗС приготавливают на поверхностном БЗК производительностью 110–120 $\text{м}^3/\text{ч}$ [5]. В качестве основного вяжущего используется цемент и молотый доменный граншлак. Инертным заполнителем служат легкая фракция цеха тяжелых суспензий (ЦТС) и лежалые хвосты обогатительной фабрики. Для приготовления литых твердеющих смесей (ТС) применяют техническую воду. Основные составы смесей приведены в табл. 1, 2.

ТАБЛИЦА 1. Составы закладочной смеси на основе сложного вяжущего на Тишинском руднике

Марка смеси	Удельный расход компонента, $\text{кг}/\text{м}^3$					Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$
	Вяжущее			Инертный заполнитель (хвосты отвальные и молотая легкая фракция)	Вода, $\text{л}/\text{м}^3$	
	всего	цемент	граншлак молотый			
М20	275	55	220	1180	465	1920
М25	300	60	240	1195	475	1920
М30	325	65	260	1100	475	1900
М35	350	70	280	1080	475	1905
М40	400	80	320	1030	485	1915
М45	450	90	380	910	500	1880

ТАБЛИЦА 2. Составы закладочной смеси на цементной основе с использованием хвостов отвальных и легкой фракции на Тишинском руднике

Марка смеси	Удельный расход компонента, кг/м ³			Плотность, кг/м ³	
	Цемент	Инертный заполнитель			
		хвосты отвальные	легкая фракция		
M20	140	875	600	400	2015
M25	155	860	600	400	2015
M30	170	840	600	400	2010
M35	190	820	600	400	2010
M40	210	800	600	400	2010
M45	220	790	600	405	2015

Технология приготовления ТС заключается в следующем:

— с прирельсового склада цемент пневмотранспортом доставляется в расходный бункер БЗК вместимостью 70 т;

— шнековым дозатором цемент подается в турбулентный смеситель-затворитель, куда одновременно поступает вода в необходимом количестве для затворения цементного молока, которое самотеком по трубопроводу поступает в смеситель С-314А;

— легкая фракция ЦТС крупностью до 70 мм подвергается дополнительному дроблению и материал крупностью до 16 мм по системе конвейеров подается в приемный бункер легкой фракции вместимостью 1,5 тыс. м³ и далее в шаровую мельницу МШР 3200×3100;

— в шаровой мельнице производительностью 50–70 т/ч дробленая фракция измельчается до крупности менее 3 мм и по самотечному трубопроводу поступает в смеситель типа С-314А;

— привозной заполнитель (лежалые хвосты, зола) подается бульдозером на виброгрохот и далее через приемную воронку и пластинчатый питатель по конвейеру длиной 160 м поступает в приемный бункер вместимостью 1,5 тыс. м³, откуда он пластинчатым питателем типа 2-12-60, оснащенным регулирующим шибером, подается в смеситель;

— граншлак с открытого склада доставляется автотранспортом на приемную площадку и далее в промежуточный бункер, откуда конвейером подается во вторую шаровую мельницу МШР 3200×3100, в ней граншлак измельчается до крупности 50 % содержания класса – 0,08 мм и по самотечному трубопроводу поступает в смеситель;

— перемешивание всех компонентов закладочной смеси проводится в барабанном смесителе, созданном на базе смесителя С-314А, оборудованном бутарой для удаления посторонних включений;

— после смесителя закладочная смесь по лотку поступает в приемную воронку закладочного трубопровода и по системе магистрального и участкового трубопроводов в самотечном режиме транспортируется в выработанное пространство.

На БЗК предусмотрено дистанционное и местное управление оборудованием и основными технологическими процессами. Система автоматического управления, разработанная фирмой “Engineering Dobersek GmbH”, осуществляет следующие контрольные функции: оперативный учет расхода твердых и жидких компонентов ЗС; регистрацию уровня закладочных материалов в расходных емкостях; дозировку расхода компонентов закладки по заданному режиму; определение параметров, характеризующих качество и объем произведенной закладки.

Пустоты отработанных камер на Риддер-Сокольном руднике ТОО “Казцинк” закладываются в состав: портландцемент — 140 кг/м^3 , хвосты текущие — 1195 кг/м^3 и вода — 510 кг/м^3 . Для утилизации серной кислоты на Риддерском цинковом заводе запущена в эксплуатацию установка, на которой известняком нейтрализуют кислоту, превращая ее в нейтральный продукт — двуводный гипс. Этот материал перерабатывают в товарные гипсовые вяжущие и также используют при получении ТС для закладки выработанного пространства. Производительность БЗК на Риддер-Сокольном руднике составляет $75 - 100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В настоящее время на многих месторождениях полезных ископаемых, в том числе и на Риддер-Сокольном, отработка рудных запасов осуществляется на флангах месторождений за пределами самотечного режима транспортирования ЗС. В этой связи планируемое расширение объемов добычи руды с литыми ТС ограничивается отсутствием решений по транспортированию ЗС в отдаленные блоки и существенным удорожанием процесса закладки [6].

Для повышения дальности подачи смеси в шахте при самотечно-пневматическом режиме в конце самотечного участка транспортирования ее в став бетоновода через пневмоклапан специальной конструкции осуществляют подачу сжатого воздуха. Это позволило подавать ЗС в шахте на расстояние до 1.5 км. При этом, как известно, на доставку 1 м^3 смеси на 1 км расходуется $100 - 130 \text{ м}^3$ сжатого воздуха. В дальнейшем при отработке отдаленных блоков на флангах месторождения ЗС необходимо будет транспортировать на расстояние до 2.5 км.

Планируемый годовой объем закладочных работ БЗК Ново-Лениногорского рудника составляет 770 тыс. м^3 в год. Специалистами ГОКа принята технология производства ЗС мельничным способом на основе цементно-шлакового вяжущего с использованием в качестве заполнителя смеси дробленой горной массы и отходов горно-металлургического производства с самотечной доставкой ЗС в выработанное пространство трубопроводным транспортом.

Планируемые составы закладочной смеси на Ново-Лениногорском руднике следующие (кг/м^3):

— при ультратонком помоле граншлака до 80 % класса – 0.02 мм (с доизмельчением в мельнице ультратонкого помола): портландцемент М400 — 10; тонкомолотый доменный граншлак — 190; заполнитель — 1375, в том числе измельченная порода — 600; вода — 420;

— при тонине помола граншлака до 70 % класса – 0.08 мм (измельчение только в мельнице типа МШЦ): портландцемент М400 — 50; молотый доменный граншлак — 250; заполнитель — 1200, в том числе измельченная порода — 600; вода — 450.

На Артемьевском руднике медно-химического комбината ТОО “Корпорация “Казахмыс” по проектным решениям института ВНИИцветмет введены в эксплуатацию новые БЗК-1, БЗК-2 и БЗК-3, основанные на мельничном и смесительном способе приготовления ЗС на основе цементного и цементно-золяного вяжущего. Годовой объем бетонной закладки составляет 430 тыс. м^3 в год. Закладочное хозяйство Артемьевского рудника включает в себя: участок добычи, доставки и подготовки инертного заполнителя; центральные склады цемента и золы-уноса; БЗК-1 производительностью $80 \text{ м}^3/\text{ч}$; БЗК-2 производительностью $40 \text{ м}^3/\text{ч}$; БЗК-3 производительностью $60 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В качестве основного технологического оборудования закладочных комплексов приняты шаровая мельница и уравнильный смеситель, на базе которых реализована универсальная технология закладочных работ по мельнично-смесительному способу подготовки и приготовления ЗС заданных параметров на мелком и крупном заполнителях с возможностью оперативного трансформирования схемы технологического процесса в зависимости от типа вяжу-

щего, заполнителя и объемов производства. Доставка ЗС — трубопроводным транспортом в выработанное пространство в самотечном режиме. Для изготовления ТЗ на руднике используют следующие компоненты: портландцемент марки М400 и зола-унос Аксукской ТЭС в качестве вяжущего. Основным заполнитель — отвальные породы Камышинского карьера.

Приготовление ЗС на Орловском руднике Жезкентского ГОКа ТОО “Корпорация “Казахмыс” осуществляется на двух поверхностных комплексах: бетоно-гидравлическом узле (БГУ) производительностью 90 м³/ч и БЗК производительностью 60 м³/ч. Технологическая схема приготовления ЗС включает приготовление инертных заполнителей из отвальных пород рудника и текущих хвостов обогатительной фабрики [7, 8]. Текущие хвосты на фабрике проходят первую стадию гидроциклонирования, на гидроциклонах БГУ или БЗК — вторую стадию. Сгущенный продукт с гидроциклонов подают в смешиватель, куда поступает также цемент из расходного силоса через дозатор. На БГУ в барабанный смеситель доставляется цементно-песчаная смесь хвостов, крупный заполнитель — дробленая порода или песок. На БЗК цементно-песчаную смесь хвостов (дробленую породу или песок) подают в шаровую мельницу. В качестве основного вяжущего используют портландцемент марки М400.

Закладочная смесь поступает в вертикальный участок бетонопровода и далее по горизонтальному участку, проложенному по горным выработкам горизонтов, в отработанные камеры. Транспортирование по трубам ЗС осуществляется самотечным способом за счет давления смеси в вертикальном ставе. Камеры закладываются разнопрочными смесями, образующими несущий слой, упрочненный слой и слой пониженной прочности.

С целью снижения расслоения закладочного массива на руднике используют пневмоэжекторы специальной конструкции, установленные последовательно по длине горизонтального участка трубопровода. При возникновении закупорки сжатый воздух, подаваемый через пневмоэжекторы, очищает закладочный трубопровод. При этом практически не возникает необходимости в остановке БЗК. Очистка трубопроводов во время технологических перерывов также производится продувкой сжатым воздухом через пневмоэжекторы.

Выемку запасов руд в предохранительных целиках на Суздальском руднике АО “ФИК “Алел” принято осуществлять системами разработки с закладкой выработанного пространства [9].

Проектными работами принята технология приготовления закладки смесителями на поверхностном комплексе и транспортирование ЗС до мест ее укладки в выработанное пространство самоходными миксерами. В качестве компонентов ЗС используются: вяжущее — портландцемент М400 Семейского цементного завода, инертные заполнители — риолиты, разнозернистые пески, известняки и углисто-глинистые алевролиты из отвалов местных карьеров, а также техническая вода и добавки пластификатора Pozzolith MR 55. Укладка смеси в выработанное пространство предусмотрена бетоноукладчиками с крупностью инертного заполнителя до 20 мм. Принципиальная структурная схема БЗК предусматривает выполнение следующих функций: добыча, подготовка и хранение инертных заполнителей; прием и хранение цемента; подача и дозирование компонентов ЗС; приготовление ЗС; транспортирование ЗС самоходными миксерами от бетоно-растворосмесительной установки до бетононасоса; транспортирование ЗС с помощью бетононасоса по трубопроводу в выработанное пространство; контроль качества ЗС.

Расчетами установлено, что один насос позволяет осуществлять устойчивую доставку ЗС на расстояние 250 м по горизонтали, плюс 20 м по вертикали.

Основное технологическое оборудование для ведения закладочных работ в условиях рудника включает: бетоно-растворосмесительную установку MB-30WS фирмы “Meка Engineering Industry Co Ltd” (Турция) производительностью 30 м³/ч готового бетона, миксер Paus UNI 50 фирмы “Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH” и компактный прицепной насос для подачи мелкозернистого бетона P715 Putzmeister компании “Putzmeister Mortelmashinen GmbH”.

В сложных горно-геологических и геомеханических условиях месторождений обеспечение безопасных и эффективных способов очистной выемки достигается путем применения систем слоевой выемки с закладкой выработанного пространства [10]. Безопасность горных работ, в частности, при нисходящей слоевой выемке в значительной степени зависит от устойчивости искусственной кровли. Это достигается подбором оптимальных составов и соблюдением технологии приготовления ЗС. Основные требования, предъявляемые к ТС, — обеспечение нормативной прочности закладочного массива, а также соответствие требованиям транспортабельности смеси по трубопроводам. В качестве вяжущего для приготовления твердеющей закладки на подземных рудниках Республики Казахстан обычно применяют портландцемент марки М400. Применение других вяжущих материалов обосновывается соответствующими исследовательскими и опытно-промышленными работами [11].

Слоевую выемку запасов руд с закладкой выработанного пространства применяют на Орловском и Артемьевском рудниках ТОО “Корпорация “Казахмыс”. Эти геотехнологии запроектированы для отработки месторождения Теллур ТОО “Акмола Голд” компании “Hambleton mining company Limited”, на Суздальском руднике, при выемке золотосодержащих руд на Бакырчикском месторождении ТОО “Бакырчикское горнодобывающее предприятие” и отработке запасов Ново-Лениногорского месторождения ТОО “Казцинк”.

Для слоевых систем разработки требования к реологическим характеристикам ТС и удешевлению закладочных работ достаточно жесткие. Главным направлением совершенствования технологии закладочных работ становится использование физико-химических способов улучшения реологии ЗС, в частности, использование добавок поверхностно-активных веществ и материалов, улучшающих ее реологические характеристики. Такие исследования проведены применительно к условиям ряда рудников Рудного Алтая [1, 3, 9, 10, 14].

На основании лабораторных экспериментов установлены корреляционные зависимости прочности закладочного массива с использованием в качестве вяжущего портландцемента (ПЦ) и шлакопортландцемента (ШПЦ) производства АО “Central Asia Cement”, золы-уноса ТЭЦ г. Аксу, а также добавок пластификатора Pozzolith MR-55 (рис. 2). Сравнение прочностных характеристик составов закладки показало, что прочность закладочного массива при использовании ШПЦ выше аналогичного состава с применением ПЦ на 15 % в возрасте 14 сут и на 20 % в возрасте 28 сут.

Кроме прочностных характеристик закладки весьма существенное влияние на качество формируемых закладочных массивов, особенно при слоевых системах разработки, оказывают реологические свойства ЗС. Установлено закономерное снижение предельного напряжения сдвига от количества вяжущего в ЗС (рис. 3). Это объясняется повышенным объемом затворителя в составе смеси. Сравнение реологических характеристик различных составов закладки показало, что подвижность смеси с использованием ПЦ выше аналогичного состава с применением ШПЦ на 11 % с соответствующим улучшением текучих свойств ЗС. Отметим, что суммарное количество смешанного цементно-зольного вяжущего не должно быть менее 350–400 кг/м³. В противном случае не удавалось получить ЗС нужной транспортабельности даже при повышенном расходе воды.

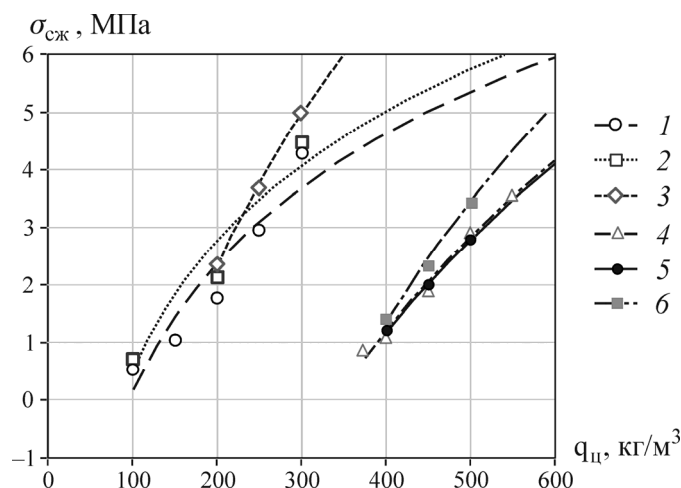


Рис. 2. Зависимость прочности закладочного массива $\sigma_{сж}$ от количества вяжущего в составе закладочной смеси $q_{ц}$ в возрасте 28 сут: 1 — ПЦ; 2 — ПЦ с добавкой MR-55; 3 — ШПЦ с добавкой MR-55; 4 — ПЦ с добавкой сухой золы; 5 — ПЦ с добавкой сухой золы и MR-55; 6 — ШПЦ с добавкой сухой золы и MR-55

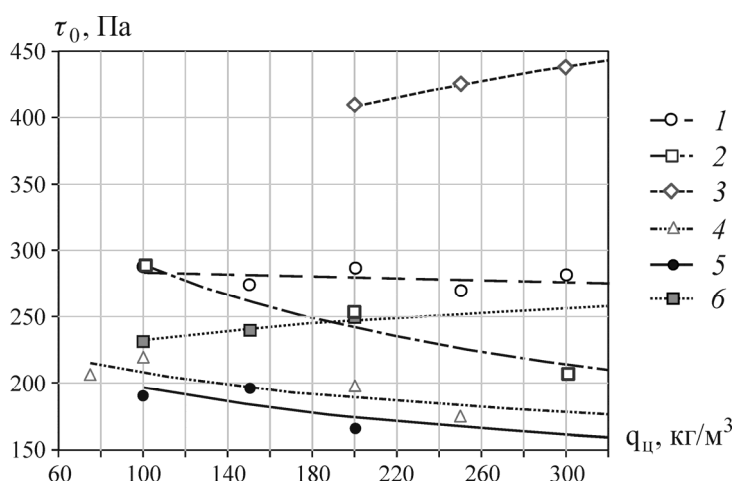


Рис. 3. Зависимость предельного напряжения сдвига τ_0 от количества вяжущего в составе закладочной смеси $q_{ц}$: 1 — ПЦ; 2 — ПЦ с добавкой MR-55; 3 — ШПЦ с добавкой MR-55; 4 — ПЦ с добавкой сухой золы; 5 — ПЦ с добавкой сухой золы и MR-55; 6 — ШПЦ с добавкой сухой золы и MR-55

В последние годы в качестве компонентов ЗС используется более широкий ряд вяжущих и инертных материалов [12]. В этой связи возникла необходимость определить влияние добавок пластификатора на реологические и прочностные характеристики ЗС и затвердевшей закладки. Добавки пластификатора разжижают смесь, обволакивая зерна цемента и заполнителей. Совместно с водой создается скользкая пленка, снижается трение между твердыми компонентами закладки и увеличивается ее подвижность. При твердении таких смесей растет количество центров кристаллизации с образованием цементного камня, что в свою очередь повышает прочностные характеристики закладочных массивов [13].

Улучшение реологических свойств закладки при применении в качестве компонента ЗС добавки пластификатора Pozzolith MR-55 подтверждено на Риддер-Сокольном руднике. Установлено повышение текучести ЗС в лабораторных условиях на 20 % и одновременно увеличе-

ние прочности закладочного массива до 10–15 % [14]. Это позволило снизить расход дорогостоящего цемента при приготовлении ЗС на 12–15 кг/м³ с сохранением прочностных характеристик искусственного массива. Проведенные исследования на электронном микроскопе JSM-6390LV (Япония) позволили выявить в образцах-кубах закладочного массива с добавками пластификатора повышенное содержание элементов Si, Ca и Al, что повышает активность вяжущего (рис. 4).

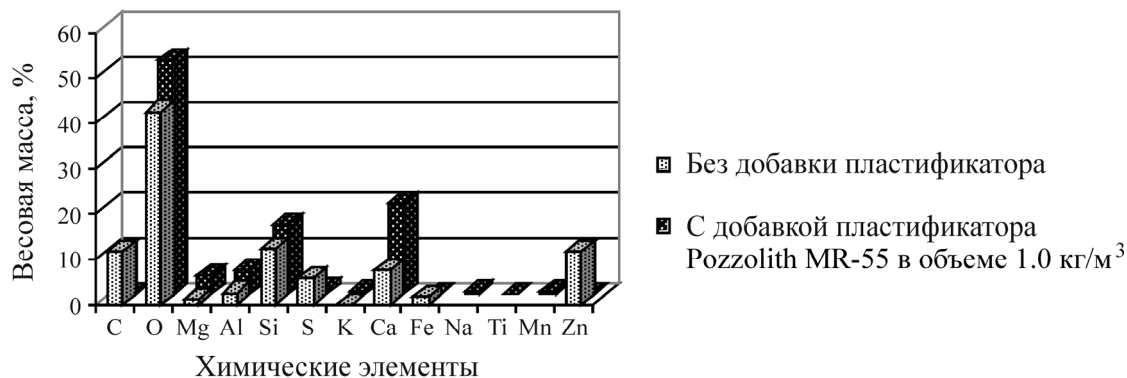


Рис. 4. Диаграмма вещественного состава образцов-кубов закладочного массива на Риддер-Сокольном руднике

Микроструктура поверхности образцов-кубов закладочного массива на Риддер-Сокольном руднике показана на рис. 5.

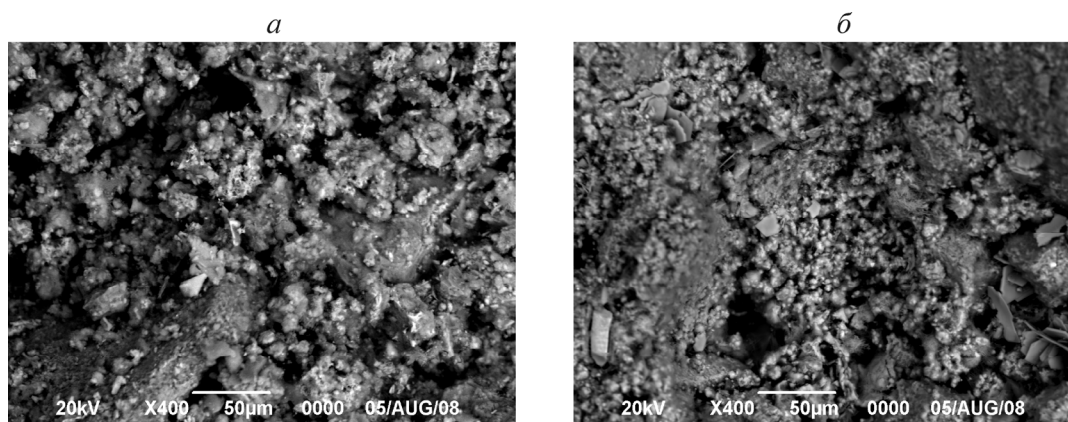


Рис. 5. Микроструктура поверхности образцов-кубов закладочного массива на Риддер-Сокольном руднике: *а* — без добавки пластификатора; *б* — с добавкой пластификатора Pozzolith MR-55 в объеме 1.0 кг/м³

Повышение текучести ЗС обеспечивается также увеличенным содержанием в составе закладки SiO₂. За счет этого понижается скорость твердения закладочного массива в начальные сроки при достаточно интенсивном наборе прочности в более поздние сроки твердения. Установлено, что весовая масса элементов Si и O в составе закладочной смеси наибольшая при содержании добавок пластификатора в смеси в пределах 0.5–1.0 кг/м³.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что такое влияние добавок пластификатора на прочностные характеристики закладки достигается ЗС с применением в качестве вяжущего ШПЦ. Использование в составе закладки ШПЦ вместо ПЦ повышает прочность закладочного материала примерно на 10 % (рис. 6).

При нисходящей слоевой выемке руды очистные заходки и слоевые выработки следует закладывать твердеющими смесями с формированием разнопрочной закладки. Нижний слой из закладочного массива повышенной прочности несущий, а верхняя его часть является слоем доливки и имеет пониженную прочность.

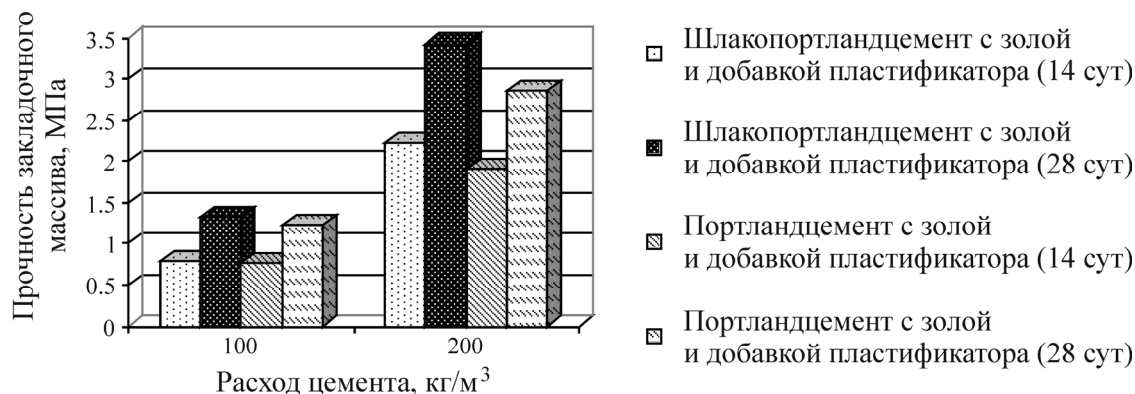


Рис. 6. Зависимость прочностных характеристик закладки при составах закладочных смесей с применением в качестве вяжущего портландцемента и шлакопортландцемента

Допустимые значения пролетов обнажений ТЗ при различной толщине несущего слоя и прочности закладки на примере рудника Теллур приведены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3. Допустимые пролеты обнажения закладки на месторождении Теллур

Прочность твердеющей закладки $\sigma_{сж}$, МПа	Толщина несущего слоя h_n , м		
	0.75	1.0	1.5
4.0	4.63	5.34	6.54
4.5	4.91	5.66	6.94

Нормативная прочность h_n определяется его толщиной и пролетом подработки нижерасположенными выработками, устанавливается расчетным методом по условию работы закладочного массива, как искусственного сооружения, применительно к конкретным технологическим схемам очистной выемки в пространстве и во времени [15, 16]. На большинстве рудников Республики Казахстан этот параметр составляет: для горизонтальных обнажений 3.5–4.0 МПа, вертикальных — 1.0–1.5 МПа.

ВЫВОДЫ

1. На строящихся и действующих подземных рудниках Республики Казахстан наиболее рациональной технологией производства ЗС является мельничный способ на основе цементно-шлакового вяжущего с использованием в качестве заполнителя смеси дробленной горной массы и отходов горно-металлургического производства.

2. Добавка пластификаторов в закладочную смесь при постоянном расходе вяжущего обеспечивает улучшение ее текущих свойств на 15–20 % и увеличивает прочность искусственного массива до 10–15 %.

3. Снижение расхода дорогостоящего цемента, как показали исследования, достигается за счет применения на БЗК мельниц ультратонкого измельчения с доизмельчением, например граншлаков до тонины – 0.02 мм с выходом класса — 80 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н. Совершенствование закладочных работ на горнодобывающих предприятиях Казахстана // Горн. журн. Казахстана. — 2012. — № 10.
2. Гусев Ю. П., Березиков Е. П., Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н. Ресурсосберегающие технологии добычи руды на Малеевском руднике Зырянского ГОКа (АО “Казцинк”) // Горн. журн. — 2008. — № 11.
3. Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н. Исследование составов смесей для совершенствования закладочных работ на подземных рудниках Восточного Казахстана // Горн. журн. — 2010. — № 4.
4. Березиков Е. П., Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н. Пути диверсификации компонентов закладочных смесей в технологическом процессе приготовления закладки // Горн. журн. Казахстана. — 2009. — № 4.
5. Битимбаев М. Ж., Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н. Теория и практика закладочных работ при разработке месторождений полезных ископаемых. — Алматы: Ассоц. вузов Казахстана, 2012.
6. Воробьев А. Е., Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н. Способы подачи закладочной смеси на горнодобывающих предприятиях Восточного Казахстана // Горн. вестн. Узбекистана. — 2010. — № 4 (43).
7. Барилук А. И., Рышкель И. А., Ткачев В. М., Макаров А. Б., Орт В. Г., Ананин А. И. Разработка Орловского месторождения системой горизонтальных слоев в нисходящем порядке // Горн. журн. — 2002. — № 5.
8. Николаев Е. Н., Гультяев В. Г., Кожбанов К. Х. Новая технология приготовления твердеющей закладки на Орловском руднике // Горн. журн. — 2002. — № 5.
9. Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н. Выбор рациональной технологии закладочных работ на Суздальском руднике АО “ФИК “Алел” // Тр. ун-та КарГТУ. — 2011. — № 2 (43).
10. Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н. Пути улучшения прочностных свойств закладочных массивов при слоевых системах разработки // Горн. журн. Казахстана. — 2012. — № 6.
11. Анушенков А. Н., Фрейдин А. М., Шалауров В. А. Приготовление литой твердеющей закладки из отходов производства // ФТПРПИ. — 1998. — № 1.
12. Музгина В. С. Опыт и перспективы использования отходов производства для закладки: сб. тр. ИГД им. Д. А. Кунаева “Науч.-техн. обеспеч. горного про-ва”, № 68. — Алматы: ИГД им. Д. А. Кунаева, 2004.
13. Фаликман В. Р., Вайнер А. Я., Башлыков Н. Ф. Новое поколение суперпластификаторов // Бетон и железобетон. — 2000. — № 5.
14. Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н., Шушкевич К. А. Выбор способа подачи закладочной смеси на подземных рудниках: сб. тр. ИГД им. Д. А. Кунаева “Науч.-техн. обеспеч. горного про-ва”, № 79. — Алматы: ИГД им. Д. А. Кунаева, 2010.
15. Методические указания по определению нормативной прочности твердеющей закладки и оценке прочностных свойств искусственных массивов. — Л.: ВНИМИ, 1975.
16. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий с подземным способом разработки (методические рекомендации). Согласованы приказом Комитета по государственному контролю за чрезвычайными ситуациями и промышленной безопасностью Республики Казахстан от 4 декабря 2008 г., № 46.

Поступила в редакцию 29/XI 2012