

РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.27

<https://doi.org/10.18503/1995-2732-2019-17-1-18-25>

ОПЫТ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Монтянова А.Н.¹, Трофимов А.В.², Румянцев А.Е.², Вильчинский В.Б.², Наговицин Ю.Н.³¹ООО «Технологии закладки выработанного пространства», Москва, Россия²ООО «Институт Гипроникель», Санкт-Петербург, Россия³Заполняющий филиал ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия

Аннотация. Постановка задачи (актуальность работы): Системы разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями широко распространены при добыче весьма ценных руд в сложных горно-геологических условиях в части управления горным давлением и поддержания устойчивости выработок, в особенности на удароопасных рудниках. Совершенствование составов закладочных бетонов – тема весьма актуальная, т.к. в производственной себестоимости добычи руды системами разработки с закладкой выработанного пространства на долю закладочных работ приходится 20–25%. Снижение расходов на закладочные работы достигается применением различных типов безцементных вяжущих, вовлечением различного рода химических добавок и отходов промышленности. Особенности использования химических добавок в условиях Крайнего Севера создают перечень существенных ограничений, что делает производство пластифицированных закладочных смесей вопросом весьма сложным. **Цель работы:** в рамках выполненной работы целью являлось снижение себестоимости 1 м³ закладочного бетона. При этом граничными условиями являлись минимальные корректировки существующей технологии, рецептуры составов и производительности мельниц. **Используемые методы:** снижение себестоимости закладочного бетона достигается введением химической добавки лигносульфоната технического (ЛСТ), которая позволяет снизить водопотребность смесей на 40–60 л на 1 м³ без изменения подвижности смеси и ухудшения реологических характеристик. В свою очередь, более оптимальное водоцементное отношение позволяет повысить прочностные показатели или при снижении расхода вяжущего выйти на регламентные показатели прочности. **Новизна:** в работе отражены результаты исследований применения пластифицированных добавок при производстве закладочных смесей. **Результат:** многочисленными лабораторными и опытно-промышленными экспериментами на рудниках АК «АЛРОСА» (внедрены в 2005 году) и ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» достигнуто снижение расхода портландцемента до 50 кг/м³. **Практическая значимость:** на основе положительных результатов опытно-промышленных испытаний разработан технологический регламент на техническое перевооружение ПЗК рудников Талнах и ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель».

Ключевые слова: пластифицирующие добавки, лигносульфонат технический, подземная разработка, закладочные комплексы, твердеющие закладочные смеси, технологии закладки выработанного пространства, искусственный массив.

Введение

Системы разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями широко распространены при добыче весьма ценных руд сложной морфологии и в сложных горно-геологических условиях в части управления горным давлением и поддержания устойчивости выработок [1, 2]. Особенно актуально применение закладочных бетонов на удароопасных рудниках, в том числе это подтверждают лучшие мировые практики [3, 4].

Совершенствование составов закладочных бетонов – тема весьма актуальная, т.к. в производственной себестоимости добычи руды системами разработки с закладкой выработанного пространства на долю закладочных работ приходится 20–25%. Невысокие требования к прочностным показателям позволяют эффективно применять различные типы безцементных вяжущих в твердеющих композициях [5–8], а также различного рода химических добавок.

Несмотря на широкий спектр добавок различного назначения, эффективно применяемых в строительстве, при производстве закладочных смесей данные вещества используются крайне редко. Отмеченное обусловлено тем, что закла-

© Монтянова А.Н., Трофимов А.В., Румянцев А.Е., Вильчинский В.Б., Наговицин Ю.Н., 2019

дочные смеси имеют свои специфические особенности, которые вносят существенные коррективы в применение добавок:

1. Подвижность (растекаемость) закладочных смесей значительно выше, чем у строительных растворов и бетонов.

2. Содержание тонкодисперстных фракций (менее 0,14 мм) в используемом заполнителе закладочных смесей составляет ~ 30% и более, что значительно превышает показатели для заполнителей бетонов (не более 2% , ГОСТ 8736 и 8267).

3. Водоцементное (В/Ц) отношение, определяющее прочность, у бетонов и растворов варьирует от 0,2 до 1,0; в закладочных смесях – от 1,0 до 4,0. Причем, если в строительстве зависимость прочности от В/Ц близка к линейной, то в закладочных смесях – выраженная квадратичная и влияние В/Ц на прочность в граничных диапазонах кривой не существенно.

4. Содержание цемента в закладочных смесях относительно бетонов – пониженное (50–300 кг/м³), т.к. требуемая прочность характеризуется невысокими показателями – от 0,5 до 10 МПа.

5. В силу необходимости транспортирования закладочных смесей на значительные расстояния по трубопроводу в самотечном режиме недопустимо применение добавок, сокращающих сроки схватывания смеси или «темпа старения», как принято характеризовать данное свойство у закладчиков.

6. Закладочные смеси и добавки, как составляющая их часть, не должны выделять в шахтную атмосферу опасные для здоровья вещества.

7. Объем производства закладочных смесей значительно превышает объемы производства бетонов и растворов в строительстве, что обуславливает необходимость отказа от перемерзающих добавок, требующих организации масштабных теплых складов для хранения добавки, т.к. это сопряжено со значительными капитальными затратами. Вместе с тем опытом работы с перемерзающими материалами в северных условиях выявлено, что зачастую даже при наличии теплых складов композиции полностью направляются в отход после аварийных отключений электроснабжения. Рисковать работоспособностью закладочных комплексов и соответственно планами добычи не представляется возможным. Следовательно, для рудников, расположенных в условиях Крайнего Севера и поставляющих материалы по навигации, недопустимо применение жидких добавок, утрачивающих свои свойства при перемерзании.

Материалы и методы исследования

Под руководством одного из авторов статьи, лабораторией технологий закладки АК

«АЛРОСА» выполнялись многочисленные эксперименты по опробованию известных в строительстве новинок-добавок в закладочных смесях. Испытания добавок проводились в составах закладочных смесей на основе портландцемента марки М400 Якутского цементного завода. В качестве заполнителя использовались мелкозернистый песок месторождения «Прикарьерное» или диабазовые породы, подготовленные по «мельничной» технологии.

Установлено, что по сравнению со строительными смесями в закладочных смесях использование лигносульфоната технического (ЛСТ) более эффективно, чем применение добавок последнего поколения (рис. 1, 2). Эффективность ЛСТ основана на адсорбционном взаимодействии не только с продуктами гидратации цемента, но и с тонкодисперсными частицами закладочных смесей. Отмеченное сопровождается сокращением водосодержания минеральных систем и увеличением их прочности при снижении расхода цемента. Кроме того, лигносульфонаты характеризуются значительно меньшей стоимостью по сравнению с различными добавками нового поколения.

Лигносульфонаты технического (ЛСТ) – побочный продукт переработки древесины. Состав по компонентам, % мас.: лигносульфонат натрия – 66–71, сахара – 10–12, натриевые соли сернистой кислоты 12–14. На закладочные комплексы поставляются порошкообразные материалы, растворимые в воде.

Внедрение и успешное использование лигносульфоната технического (ЛСТ) при производстве закладочных смесей на алмазодобывающих рудниках АК «АЛРОСА» подтверждено 16-летней практикой [9]. В 2000 г. на руднике «Интернациональный» выявлено, что применение лигносульфоната технического позволяет увеличить растекаемость закладочных смесей в выработанном пространстве с 40 до 80 м, снижает водоотделение от закладочного массива в два раза и повышает прочность закладки эквивалентно ~ 50 кг портландцемента. В условиях рудника «Айхал» (с 2005г.) дополнительно зафиксировано, что смеси с ЛСТ самотеком освобождают трубопровод до начала его промывки (угол наклона горизонтального участка 2о). На руднике «Мир» добавка ЛСТ применялась с 2009г. (до его закрытия в августе 2017г.) в составах закладочных смесей на комплексном вяжущем, получаемом из цементного клинкера и цеолитовых пород.

В 2015–2017 гг. ООО «Технологии закладки» совместно с ООО «Институт Гипронибель» раз-

работали пластифицированные закладочные смеси для рудников Талнаха ПАО «ГМК «Норильский никель» [10]. На данных горных предприятиях наибольший удельный вес имеют составы закладочных смесей на основе ангидрита – АШЦ (ангидрито-шлако-цементные) – 28,9% и АШЩЦ (ангидрито-шлако-цементные со щебнем) – 29,6%, далее ШЩЦ (шлако-цементные со щебнем) – 26,4% и ШХЦ (шлако-цементные с хвостами обогащения) – 15,1%. Система разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства на рудниках Талнаха и требования к качеству смесей описаны работе [3].

Затраты на закладку составляют порядка 4 млрд руб. в год. В производственной себестоимости добычи руды системами разработки с закладкой выработанного пространства на долю закладочных работ приходится 21–22%. В себестоимости закладки затраты на материалы составляют 60–61%. В структуре затрат на материалы на цемент относится 45–51%; ангидрит – 30–37%; щебень – 1–12%; граншлак – 2%, хвосты обогащения – 11% (используются только на шахте «Комсомольская»). Стоимость материалов для производства закладочных смесей, руб./т (в ценах 2017 г.): цемент – 5759; ангидрит – 1428; щебень – 425; граншлак – 39; хвосты обогащения – 110.

В 2016 г. выполненными лабораторными экспериментами установлено, что добавка лигносульфоната технического (ЛСТ) позволяет без потери прочности закладки сократить расход цемента в шлако-цементных твердеющих смесях

марки М30 на 25%, а в ангидритовых составах – на 10%. В закладочных смесях на основе хвостов обогащения Талнахской обогатительной фабрики эффективное использование пластифицированных добавок не зафиксировано.

В 2017 г. на шахте «Скалистая» проведены опытно-промышленные испытания (далее – ОПИ) новых пластифицированных закладочных смесей. В процессе ОПИ использовались следующие материалы: шлак гранулированный никелевый; цемент Норильского цементного завода ПЦ300-Д20; щебень карьера «Скальный»; ангидрит шахты «Ангидрит»; порошкообразный лигносульфонат технический (ЛСТ).

Закладочный комплекс шахты «Скалистая» – самый новый из всех закладочных комплексов Заполярного филиала. Его строительство завершено в 2015г. Технологическая линия производства твердеющих смесей оснащена двумя шаровыми мельницами СМ 4х13,5 м (рис. 3), системой автоматизации с автоматическими дозаторами материалов и показаниями расходомеров материалов на мониторе оператора ПЗК.

По рекомендациям производителей в процессе ОПИ производительность мельницы выдерживалась 160 м³/ч – на составах без щебня и 130 м³/ч – на составах со щебнем. Подача пластифицирующей добавки в технологию осуществлялась со специально организованной площадки (отм.+15м), в отдозированном сухом виде непосредственно в приемную течку мельницы (рис. 4).

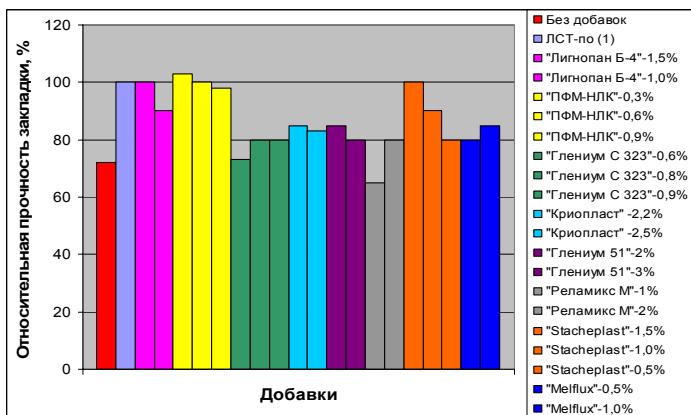


Рис. 1. Влияние добавок на прочностные показатели закладки на основе мелкозернистого песка

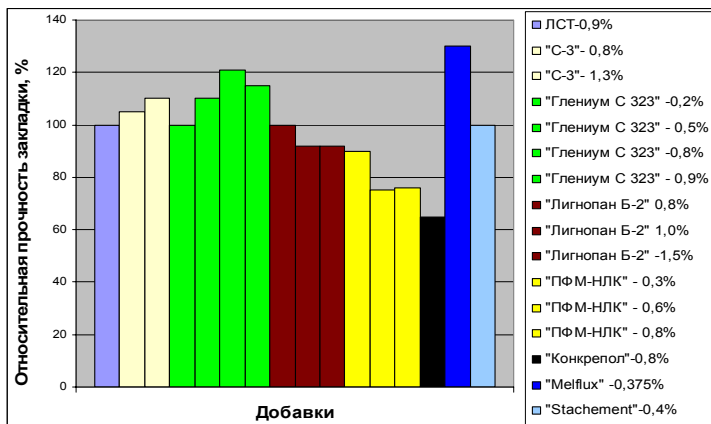


Рис. 2. Влияние добавок на прочностные показатели закладки на основе диабазовых пород («мельничный» способ получения закладочных смесей)



Рис. 3. «Мельничная» технология приготовления закладочных смесей на ПЗК шахты «Скалистая»



Рис. 4. Дозирование пластифицирующей добавки в люк конвейера №2 ПЗК ШС

На стадии приготовления твердеющих смесей достигалась их растекаемость на приборе Суттарда 30–33 см, что соответствует растекаемости применяемых закладочных смесей на рассматриваемых рудниках (показатель выявлен на стадии технического аудита). Дополнительно фиксировались плотность, влажность, грансостав смесей, производился расчет фактической производительности мельницы ($\text{м}^3/\text{ч}$) и фактического состава закладочной смеси. Опробования и расчеты выполнены в соответствии с разработанной методикой проведения ОПИ.

Готовые пластифицированные закладочные смеси подавались в экспериментальную выработку за фильтрующую перемычку. Искусственный массив на шахте «Скалистая», как и на всех подземных рудниках Заполярного филиала, формируют последовательно с единовременным подъемом высоты слоя закладки на 0,5–0,7 м. С внешней стороны перемычки выполняется породная подсыпка с целью увеличения ее устойчивости к гидростатическому напору.

Подача готовых закладочных смесей в экспериментальную выработку 38/4, оконтуренную перемычкой, осуществлялась самотеком по трубопроводу, в штатном режиме. Из произведенных закладочных смесей формировался многослойный искусственный массив, отметки слоев закладочной смеси наносились на перемычку.

В процессе ОПИ было отмечено, что пластифицированные закладочные смеси обладают улучшенной, по сравнению с базовыми составами, растекаемостью с повторением контуров рудного тела и ускоренными сроками затвердевания в выработанном пространстве.

В выработке 38/4 сформировано 9 слоев различного состава. Общий объем сформированного многослойного закладочного массива в выработке 38/4 – 2365 м^3 .

В процессе всего периода ОПИ из приямка мельницы на закладочном комплексе производился отбор проб пластифицированных закла-

дочных смесей, из которых формовались образцы-кубы размером 10х10х10 см. Хранение образцов при нормальных условиях твердения осуществлялось в Центре геодинамической безопасности ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»» (далее – ЦГБ). Через 28, 90 и 180 сут выполнены испытания образцов-кубов на прочность при одноосном сжатии.



Рис. 5. Выбуривание керна из многослойного закладочного массива в выработке 38/4

Через 150 сут твердения закладочного массива из сформированных в выработке 38/4 искусственных слоев выбурен керн (рис. 5). Трасировка скважин указана на рис. 6. Керн хранился в ЦГБ в герметично упакованном состоянии до достижения срока твердения 180 сут, по истечению данного срока – испытан.

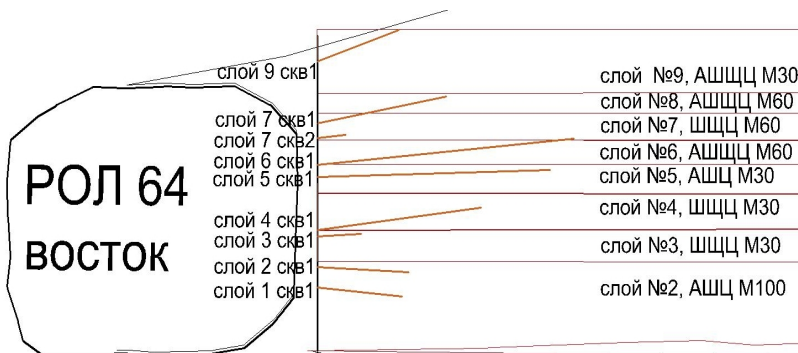


Рис. 6. Ориентация скважин при выбуривании керна (выработка 38/4)

На рассматриваемых рудниках наиболее распространены пять составов закладочных смесей: ШЩЦ М30 (26,4%); АШЩ М30 (20,5%); АШЩЦ М30 (24,1%); АШЩЦ М60 (4,0%); АЩЦ М100 (6,1%). Четыре из указанных типов и марок закладки при их пластификации (ШЩЦ М30, АЩЦ М30, АШЩЦ М30, АШЩЦ М100) прошли опытно-промышленные испытания с положительным результатом. Кинетика набора прочности пластифицированных составов закладочных смесей, прошедших испытания, отражена на **рис. 7**. В производственных условиях подтверждено соответствие реологических и прочностных характеристик но-

вых закладочных смесей требованиям регламента технологического производственных процессов при ведении закладочных работ на рудниках ЗФ ПАО ГМК «Норильский Никель» (далее – РТПП).

Заключение

Пластифицированные составы ШЩЦ М30, АШЩ М30, АШЩЦ М30, АЩЦ М100 рекомендованы к применению с целью сокращения расхода цемента в твердеющих смесях на 25, 10, 10 и 13% соответственно и снижения себестоимости закладочных работ, без снижения прочности закладки (**см. таблицу**).

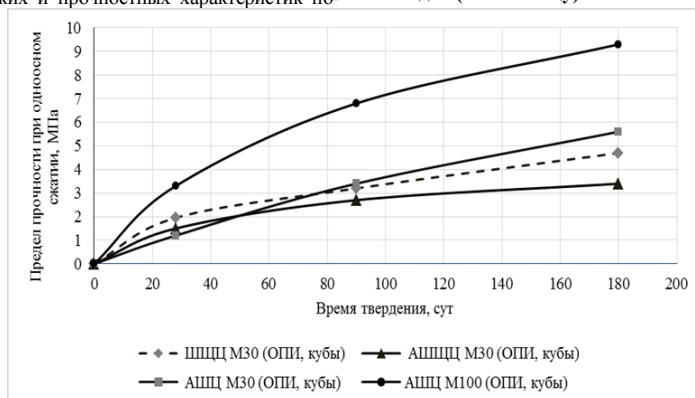


Рис. 7. Кинетика набора прочности пластифицированных закладочных смесей

Рецептура и свойства пластифицированных закладочных смесей, рекомендованных в производстве для рудников ПАО «ГМК «Норильский никель»

Номер состава	Тип и марка закладки	Состав закладочной смеси**, кг/м ³						Свойства закладочной смеси*			Снижение содержания цемента в смеси по сравнению с РТПП***, %	Прочность при одноосном сжатии, МПа через суток		
		Цемент	Антригит	Шлак	Щебень	Вода	ЛСТ	РК см	γ т/м ³	W, %		28	90	180
1	ШЩЦ М30	135	–	765	665	490	1	30–33	2,05	≤ 24,0	25	2,0	3,2	4,0
2	АШЩЦ М30	70	445	450	640	490	1	30–33	2,10	≤ 23,5	10	1,5	2,7	4,0
3	АЩЦ М30	45	760	830	–	490	1	30–33	2,13	≤ 23,5	10	1,2	3,2	5,4
4	АЩЦ М100	130	740	740	–	490	1	30–33	2,11	≤ 24,0	13	4,5	6,0	9,0

* РК, γ, W – растекаемость на приборе Суттарда, плотность и влажность смесей соответственно.

** Исходя из нестабильности свойств и влажности исходных материалов, расход воды в процессе производства твердеющих смесей уточняется по растекаемости смесей на приборе Суттарда 30–33 см. При этом расход цемента и добавки ЛСТ выдерживаются строго по рецептуре.

*** РТПП – Регламент технологических производственных процессов при производстве закладочных работ.

На стадии технологического регламента на проектирование осуществлена разработка технологических схем участка приготовления раствора добавки и подачи его в технологию получения твердеющих смесей. Определены спецификации оборудования и требуемые инвестиционные вложения. Произведен расчет необходимых ресурсов (материалы, сжатый воздух, вода, электроэнергия, штаты) для внедрения нового технического решения.

Список литературы

1. Обоснование целесообразности применения систем разработки с закладочными смесями на рудниках Талнаха / В. Б. Вильчинский, А. В. Трофимов, А. Б. Корейво, Р. Б. Галаов, В. П. Марысюк // Цветные металлы. 2014. №9.
2. Оптимизация прочности закладочной смеси с учетом напряженности пород / В. И. Голик, В. Г. Лукьянов // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327, № 6. С. 6–14.
3. Nagaratnam Sivakugan, Ryan Veenstra, Niroshan Naguleswaran Underground Mine Backfilling in Australia Using Paste Fills and Hydraulic Fills, International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering, June 2015.
4. Eugie Kabwe, Yiming Wang Review on Rockburst Theory and Types of Rock Support in Rockburst Prone Mines Open Journal of Safety Science and Technology, 2015, 5, 104–121.
5. Корнеева Е.В., Павленко С.И. Композиционное бесцементное вяжущее из промышленных отходов и закладочная смесь на его основе: монография. М.: Изд-во АСВ, 2009. 139 с.
6. Разработка композиционных вяжущих для закладочных смесей / М.С. Агеева, Д.М. Сопин, А.В. Гинзбург, Н.В. Калашников // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 43–47.
7. Крупник Л.А., Абдыкалыкова Р.С. Закладочные смеси пастовой закладки, их свойства и технология приготовления // Труды международного форума «Инженерное образование и наука в 21 веке: проблемы и перспективы», посвященного 80-летию КазНТУ им. К.И. Сатпаева. Алматы, 2014. Т. 1.
8. Гальцева Н.А., Бурьянов А.Ф. Закладочные смеси на основе синтетического ангидрита из отходов промышленно-сти // Строительные материалы. 2016. № 7. С. 33–36.
9. Монтянова А.Н. Формирование закладочных массивов при разработке алмазных месторождений в криолитозоне. М.: Горная книга, 2005. 597 с. Библиогр.: с.584–594. ISBN 5-98672-014-8 (в пер.).
10. Монтянова А.Н., Вильчинский В.Б., Трофимов А.В. К вопросу сокращения стоимости закладочных смесей на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. №4. С. 45–49.

Поступила 05.10.18

Принята в печать 26.10.18

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

<https://doi.org/10.18503/1995-2732-2019-17-1-18-25>

EXPERIENCE AND EFFICIENCY OF APPLICATION OF PLASTICIZED BACKFILLING CONCRETE

Antonina N. Montyanova – DSc (Eng.), General Director LLC Backfilling Technology, Moscow, Russia

Andrey V. Trofimov – PhD (Eng.), Head of the Physical and Mechanical Research Center LLC Gipronickel Institute, Saint Petersburg, Russia. ORCID: 0000-0001-7557-9801

Alexandr E. Rumyantsev – PhD (Eng.), Leading Researcher LLC Gipronickel Institute, Saint Petersburg, Russia, ORCID: 0000-0002-2204-961X

Vladislav B. Vilchinskiy – PhD (Eng.), Head of the Mining Laboratory LLC Gipronickel Institute, Saint Petersburg, Russia

Yuri N. Nagovitsyn – Principal Engineer, Geodynamic Safety Center PJSC MMC Norilsk Nickel Polar Division, Norilsk, Russia

Abstract. Problem Statement (Relevance): Backfilling systems are widespread in the extraction of very valuable ores in difficult mining and geological conditions with regard to controlling rock pressure and maintaining the stability of the excavations, especially in the rockburst prone mines. Improving the composition of backfilling concrete is currently very relevant. In the production cost of mining ore with filling of a mined-out area, a share of backfilling work accounts for 20–25%. Reducing backfilling work costs is achieved by using various types of cement-free binders, involving various kinds of chemical additives and industrial

wastes. The peculiarities of the use of chemical additives in the conditions of the Far North create a list of significant limitations, which make it highly complex to manufacture plasticized filling mixtures. **Objectives:** a main goal was to reduce the cost of one cubic meter of backfilling concrete. At the same time, the boundary conditions were minimum adjustments to the existing technology, formulation of compositions and productivity of mills. **Methods Applied:** the backfilling concrete cost reduction is achieved by introducing technical lignosulfonate, a chemical additive, which allows us to reduce the water demand of mixtures by 40–60

liters per cubic meter without changing the mobility of the mixture and lowering rheological characteristics. In its turn, a more optimal water/cement ratio makes it possible to increase the strength parameters, or with a decrease in binder consumption to reach the specified strength parameters. **Originality:** the paper presents the results of the studies on the application of plasticized additives in the production of backfilling concrete. **Findings:** Numerous laboratory and pilot industrial experiments at ALROSA mines (implemented in 2005) and the Polar Division of PJSC MMC Norilsk Nickel resulted in a decrease in portland cement consumption of up to 50 kg / m³. **Practical Relevance:** on the basis of positive results of pilot industrial tests, a technological regulation was developed for the revamping of the backfilling factories of Talnakh mines and the Polar Division of PJSC MMC Norilsk Nickel.

Keywords: Plasticizers, technical lignosulfonate, underground mining, backfilling factories, hardening backfilling concrete, backfilling techniques, artificial massif.

References

1. Vilchinsky V.B., Trofimov A.V., Korneyov A.B., Galaov R.B., Marysyuk V.P. Rationale for the application of backfilling at Talnakh mines. *Tsvetnye metally* [Nonferrous metals], 2014, no.9. (In Russ.)
2. Golik V.I., Lukyanov V.G. Optimization of the strength of backfilling concrete based on rock mass stress. *Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta* [News of Tomsk Polytechnic University]. *Inzhiniring georesursov* [Engineering of georesources], 2016, vol. 327, no. 6, pp. 6–14. (In Russ.)
3. Nagaratnam Sivakugan, Ryan Veenstra, Niroshan Naguleswaran. Underground mine backfilling in Australia using paste fills and hydraulic fills. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, June 2015.
4. Eugie Kabwe, Yiming Wang. Review on rockburst theory and types of rock support in rockburst prone mines. *Open Journal of Safety Science and Technology*, 2015, 5, 104–121.
5. Korneeva E.V., Pavlenko S.I. *Kompozitsionnoe bestsementnoe vyazhushchee iz promyshlennykh otkhodov i zakladochnaya smes na ego osnove: monografiya* [A composite cement-free binder from industrial waste and backfilling concrete based on it: monograph]. Moscow: ACB, 2009, 139 p. (In Russ.)
6. Ageeva M.S., Sopin D.M., Ginzburg A.V., Kalashnikov N.V. Development of composite binders for backfilling mixtures. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova* [Bulletin of Shukhov Belgorod State Technological University], 2013, no. 4, pp. 43–47. (In Russ.)
7. Krupnik L. A., Abdylalykova R. S. Paste backfilling, their properties and technology of preparation. *Trudy mezhdunarodnogo foruma «Inzhenemoe obrazovanie i nauka v 21 veke: problemy i perspektivy», posvyashchennogo 80-letiyu KazNTU im. K.I. Satpaeva* [Proceedings of the International Forum "Engineering education and science in the 21st century: problems and prospects" dedicated to the 80th anniversary of Satpayev KazNTU]. Almaty, 2014, vol. 1. (In Russ.)
8. Galtseva N.A., Buryanov A.F. Backfilling concrete based on synthetic anhydrite from industrial waste. *Stroitelnye materialy* [Building materials], 2016, no. 7, pp. 33–36. (In Russ.)
9. Montyanova A.N. *Formirovanie zakladochnykh massivov pri razrabotke almaznykh mestorozhdeniy v kriolitozone* [Formation of backfilling masses in the development of diamond deposits in the cryolithozone]. Moscow: Gornaya kniga, 2005, 597 p. ISBN 5-98672-014-8. (In Russ.)
10. Montyanova A.N., Vilchinsky V.B., Trofimov A.V. The issue of reducing the backfilling concrete cost in mines of the Polar Division of PJSC MMC Norilsk Nickel. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2015, no. 4, pp. 45–49. (In Russ.)

Received 05/10/18

Accepted 26/10/18

Образец для цитирования

Опыт и эффективность применения пластифицированных закладочных смесей / Монтянова А.Н., Трофимов А.В., Румянцев А.Е., Вильчинский В.Б., Наговицин Ю.Н. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2019. Т.17. №1. С. 18–25. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2019-17-1-18-25>

For citation

Montyanova A.N., Trofimov A.V., Romyantsev A.E., Vilchinsky V.B., Nagovitsyn Yu.N. Experience and efficiency of application of plasticized backfilling concrete. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2019, vol. 17, no. 1, pp. 18–25. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2019-17-1-18-25>