

РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. ГЕОЛОГИЯ. ГЕОДЕЗИЯ

УДК 658

К ВОПРОСУ СОКРАЩЕНИЯ СТОИМОСТИ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА РУДНИКАХ ЗФ ПАО «ГМК "НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ"»

Монтянова А.Н.¹, Вильчинский В.Б.², Трофимов А.В.²

¹ ООО «Технологии закладки выработанного пространства», Москва, Россия

² ООО «Институт Гипроникель», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Снижение затрат на закладочные работы повышает эффективность работы горнодобывающих предприятий, осуществляющих добычу руды системами разработки с закладкой выработанного пространства.

В статье рассмотрены способы снижения стоимости закладочных смесей за счет введения в их состав пластифицирующей добавки ЛСТ или стабилизаторов твердения, таких как ConcreCem (CC) и RoadCem (RC), или отходов промышленности.

Объектом изложенных в статье исследований является технология закладочных работ на рудниках ЗФ ПАО «ГМК "Норильский никель"».

Предусмотрена масштабная проверка полученных результатов на лабораторной стадии исследований и в процессе опытно-промышленных работ непосредственно в условиях рудников Заполярья.

Ключевые слова: закладка, выработанное пространство, добавки к смесям, стабилизаторы твердения, твердеющая смесь, прочность при сжатии, сокращение стоимости закладки.

Введение

Закладка выработанного пространства является неотъемлемым процессом добычи руды соответствующими системами разработки, составляя значительную часть затрат в себестоимости последних. Снижение затрат на закладочные работы повышает эффективность работы горнодобывающих предприятий.

Наиболее используемые эффективные способы снижения стоимости возведения твердеющих массивов: сокращение расхода в смесях дорогостоящего цемента; вовлечение в производство минеральных смесей местных материалов и отходов производства; повышение качества возводимых искусственных массивов (снижение водоотделения и усадки, повышение однородности и т.д.) [2, 4, 5].

Материалы и методы исследования

Годовой объем закладочных работ на рудниках ЗФ ПАО «ГМК "Норильский никель"» (далее ЗФ) достигает 4 млн м³. Затраты на закладку составляют порядка 4 млрд руб./год.

В настоящее время на рудниках ЗФ при производстве закладочных смесей используются эффективные средства сокращения их стоимости. Впервые в практике закладочных работ был обоснован, внедрен и эффективно используется «мельничный способ» получения закладочных смесей. Вовлечены в производство гранулированные шлаки Надеждинского металлургического завода, хвосты обогащения, местные ангидритовые породы. Цемент М300 производится местным заводом. Выпускаются многокомпонентные закладочные смеси: ШЩЦ – на основе гранулированных шлаков, базальтового щебня и цемента; АШЦ – на основе ангидрита, шлака и цемента; АШЩЦ – на основе ангидрита, шлака, щебня и цемента и ШХЦ – на основе шлака, хвостов обогащения и цемента (рис. 1).

Вместе с тем резервы для дальнейшего сокращения себестоимости закладки имеются. В данной статье рассмотрена возможность применения с отмеченной целью пластифицирующих добавок и стабилизаторов твердения, а также отходов промышленности, не используемых в настоящее время на рассматриваемых рудниках.

© Монтянова А.Н., Вильчинский В.Б., Трофимов А.В., 2015

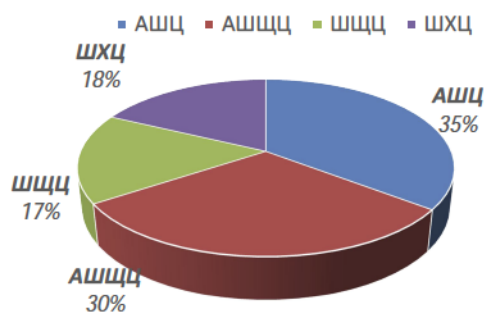


Рис. 1. Удельный вес составов закладки на рудниках ЗФ

Известно шарокомасштабное опробование в закладочных смесях различных добавок, применяемых в строительстве [1] (рис. 2). Проведенные исследования показали, что наиболее эффективно использование при производстве закладочных смесей лигносульфонатов технических (ЛСТ), механизм действия которых основан на адсорбционном взаимодействии не только с продуктами гидратации цемента, но и со шламовым тонкодисперсным ингредиентом, составляющим основную часть твердого в закладочных смесях.

Эффективное применение лигносульфоната технического в качестве средства сокращения затрат на закладочные работы доказано 15-летней практикой на рудниках АК «АЛРОСА». Установлено, что введение в закладочные смеси ЛСТ позволяет увеличить их растекаемость в выработанном пространстве с 40 до 80 м, снижает водоотделение от закладочного массива в два раза, снижает расслоение и усадку, повышает прочность закладки и позволяет получить экономию цемента ~ 50 кг портландцемента на 1 м³ в среднем по маркам закладки [2–4].

Вместе с тем из практики строительства известно эффективное применение с целью сокращения затрат на продукцию новых прогрессив-

ных порошкообразных добавок, к числу которых относятся стабилизаторы твердения, например, ConcreCem (CC) и RoadCem (RC). Продукция производится в Нидерландах. Опробование данных продуктов в закладочных смесях ранее не проводилось. Авторами статьи исследована эффективность использования в закладочных смесях указанных добавок и отходов производства, таких как золошлаки Никелевого завода и известняковая мука. При этом подвижность закладочных смесей принята из условия их доставки в выработанное пространство трубопроводным транспортом в самотечном режиме – растекаемость на приборе Суттарда – 28...30 см. Образцы, изготовленные методом формования, испытывались на прочность при сжатии в различные сроки твердения в нормальных условиях. Часть образцов испытана на деформационные свойства.

Выполненными исследованиями подтверждено положительное влияние гранулированного шлака на прочность закладки (заполнитель – базальтовый щебень) (рис. 3). Установлено, что при введении пластифицирующей добавки ЛСТ в закладочные смеси на основе шлака и щебня (ШЩЦ) закладка характеризуется ускоренным набором прочности до возраста 28 сут твердения (рис. 4). В более продолжительные сроки процесс твердения замедляется с уменьшением дозы цемента в смеси. Оптимальная доза ЛСТ – 1,2 кг/м³. При этом достигается сокращение расхода цемента до 20–25% без потери прочности закладки.

Добавка СС негативно влияет на прочность закладки ШЩЦ. При добавлении в смеси модификатора RC состав ШЩЦ медленно набирает прочность, но в возрасте 90 сут имеет значительный прирост прочности по сравнению с базовым составом, что позволяет сократить до 35% цемента без потери прочности закладки (рис. 5).

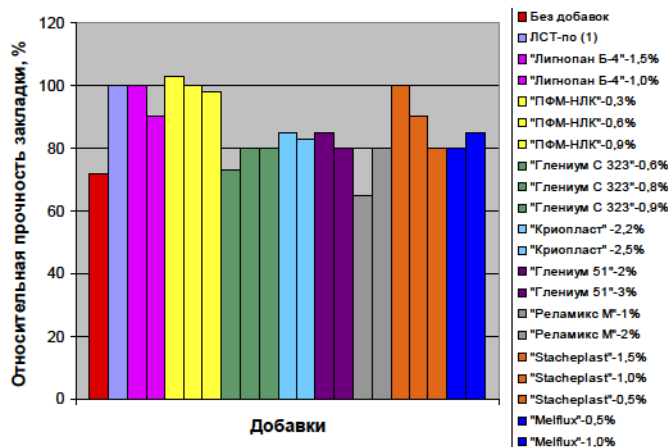


Рис. 2. Влияние добавок на прочностные показатели закладки на основе портландцемента и мелкозернистого песка

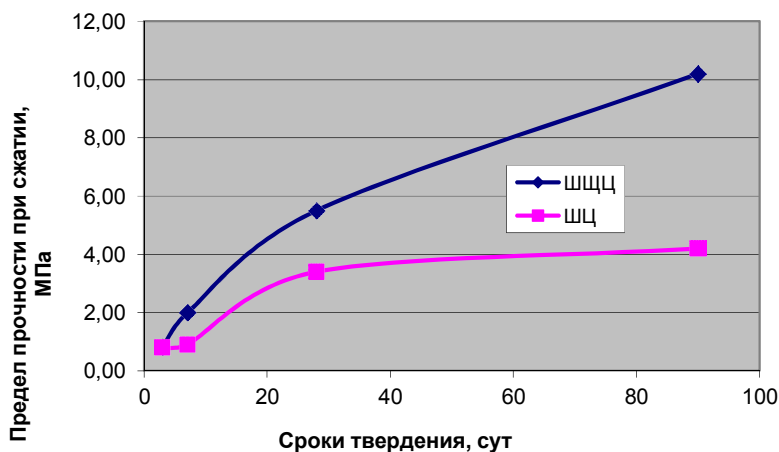


Рис. 3. Влияние гранулированного шлака Надеждинского металлургического завода на прочность закладочных смесей

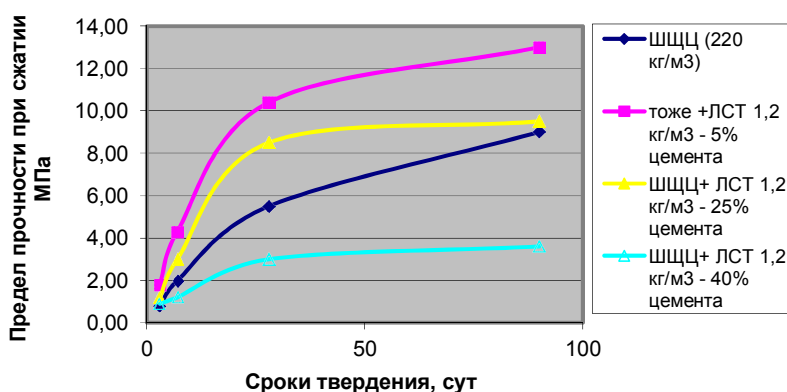


Рис. 4. Влияние ЛСТ на прочность закладки ШЩЦ при сокращении расхода цемента

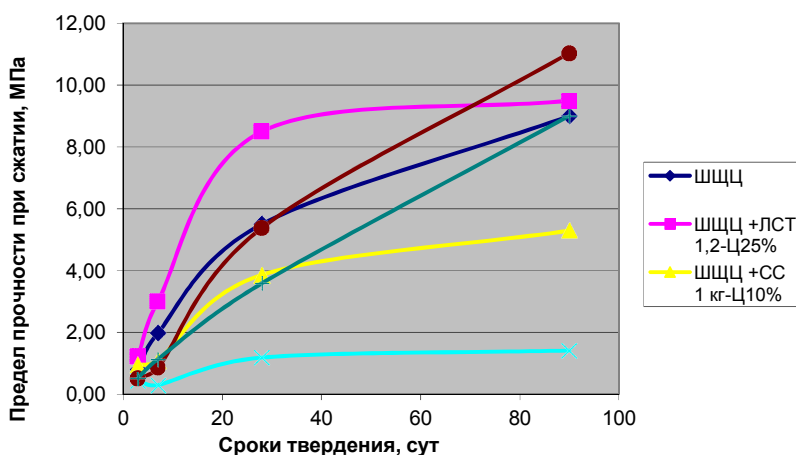


Рис. 5. Влияние стабилизаторов твердения на прочность закладки в сравнении с влиянием ЛСТ и бездобавочным составом

Использование рассматриваемых добавок в составах закладочных смесей на основе хвостов обогащения (ШХЦ) менее эффективно (рис. 6). Хвосты обогащения подаются в закладочную смесь в водонасыщенном состоянии, что минимизирует адсорбционное воздействие добавки ЛСТ. Использование добавки СС также не дает

положительных результатов. Введение в смесь ШХЦ добавки РС позволяет получить экономию цемента ~ 15% без потери прочности закладки.

Установлено также, что введение в состав закладочных смесей известковой муки, полученной помолотом отсева дробления известняка Верхне-Тамулахского месторождения, при равном коли-

честве цемента с базовыми составами не оказывает существенного влияния на прочность (рис. 7).

Твердеющая смесь при введении в ее состав золошлака никелевого завода и одновременном сокращении цемента отличается замедленными темпами набора прочности. Однако, например, в возрасте 90 сут процент снижения прочности (20 и 30%) ниже процента снижения расхода цемента (35 и 50% соответственно), что свидетельствует об

активности золошлака (рис. 8). Данное положение необходимо перепроверить дополнительными исследованиями, в т.ч. путем выявления в золошлаках активных окислов кремнезема и глинозема.

Выявлено, что введение в состав закладочных смесей лигносульфоната или стабилизаторов твердения снижает модуль деформации закладки в 2 раза: 11–12 ГПа – бездобавочные высокомарочные составы; 5–6 ГПа – составы с добавками.

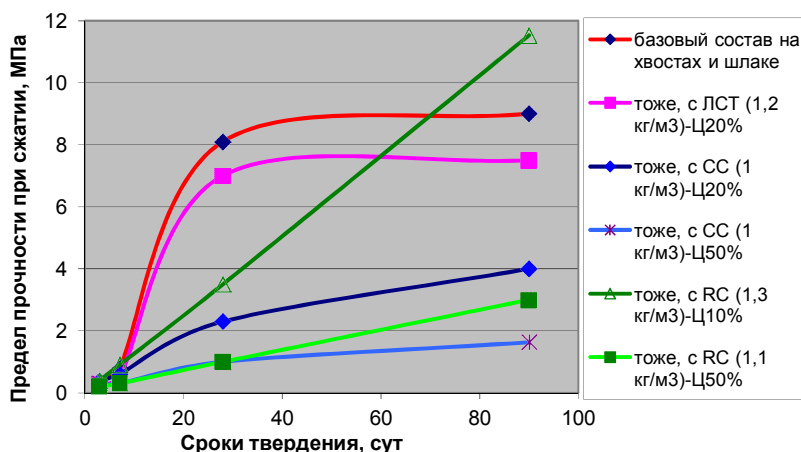


Рис. 6. Влияние различных добавок на прочностные показатели закладки на основе хвостов обогащения

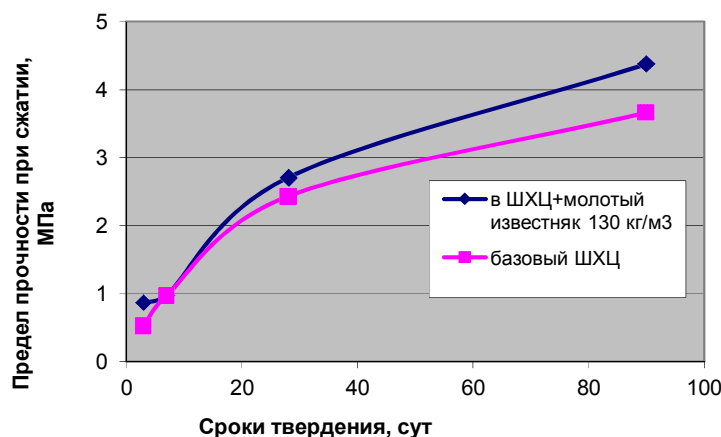


Рис. 7. Влияние известковой муки на прочность закладки

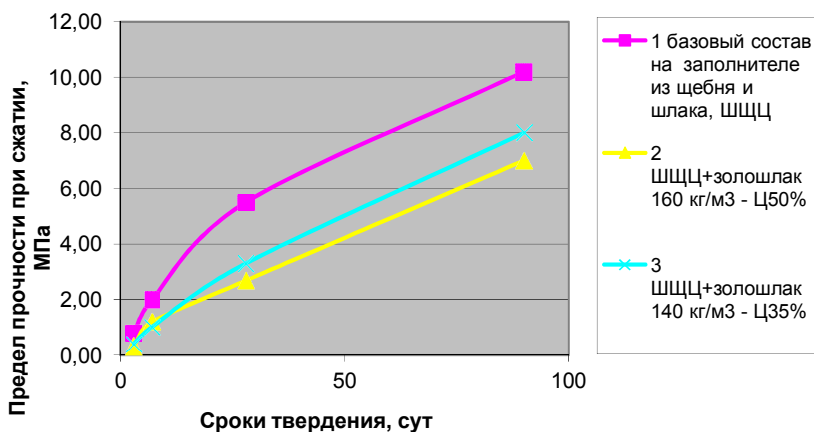


Рис. 8. Влияние золошлака Никелевого завода на прочность закладки

Заключение

Укрупненным экономическим расчетом определено, что ожидаемый эффект от применения лигносульфоната технического в составах на основе шлака и щебня составляет 80 млн руб./год, а добавки РС – несколько ниже, 60 млн руб./год (стоимость голландских стабилизаторов выше стоимости ЛСТ в 6 раз). На данной стадии исследований не установлена эффективность использования рассматриваемых добавок в составах смесей на основе хвостов обогащения.

В связи с ограниченным количеством исходных материалов результаты исследований являются предварительными. Предусмотрена их масштабная проверка на лабораторной стадии исследований и в процессе опытно-промышленных работ непосредственно в условиях рудников.

Список литературы

1. Монтянова А.Н., Гаркави М.С., Косова Н.С. Специфические особенности и эффективность применения добавок в закладочных смесях // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. №9. С. 287–295.
2. Монтянова А.Н. Формирование закладочных массивов при разработке алмазных месторождений в криолитозоне. М.: Горная книга, 2005. 597 с.
3. Специфические особенности закладочных работ на руднике «Мир» алмазодобывающей АК «АЛРОСА» / А.Н. Монтянова, Д.С. Кириллов, И.В. Штауб, Е.В. Бильдушкинов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета. 2012. № 4. С. 10–14.
4. Исследование физико-механических свойств отходов обогащения для разработки технологии формирования закладочного массива в выработанном пространстве карьера «Учалинский» / О.В. Зотеев, В.Н. Калмыков, А.А. Гоготин, Ан. А. Зубков, А.А. Зубков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. № 4 (44). С. 13–17.
5. Изыскание вариантов систем разработки для выемки прибортовых запасов при комбинированной геотехнологии / Калмыков В.Н., Григорьев В.В., Волков П.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 1 (29). С. 18–23.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

ON STOWING MATERIALS COST REDUCTION AT THE MINES OF THE TRANSPOLAR BRANCH OF THE NORILSK NICKEL MINING AND METALLURGICAL COMPANY PAO

Montianova Antonina Nikolaevna – D. Sc. (Eng.), LLC Goaf Stowing Technologies, Moscow, Russia.

Vilchinsky Vladislav Borisovich – Ph.D. (Eng.), LLC Guipronickel Institute, Saint-Petersburg, Russia.

Trofimov Andrey Viktorovich – Ph.D. (Eng.), LLC Guipronickel Institute, Saint-Petersburg, Russia.

Abstract. Cost reduction on stowing operations promotes efficiency of mining companies producing ore with goaf-stowing mining methods.

The article considers methods of cost reduction on stowing mixtures by adding either lignosulfonate as a plasticizer or soil stabilising additives such as ConcreCem (CC) and RoadCem (RC) or industrial wastes.

The stowing technology used at the mines of the transpolar branch of the Norilsk Nickel Mining and Metallurgical Company is an object of the study.

The laboratory and pilot results obtained at the mines of the transpolar branch are to be substantially verified.

Keywords: Stowing, goaf, additives to mixtures, soil stabilising additive, solidifying stowing mixture, compression strength, stowing cost reduction.

References

1. Montianova A.N., Garkavi M.S., Kosova N.S. Specific features and efficiency of additives application in stowing mixtures. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining Information and Analytical Notes]. 2009, no. 9, pp. 287-295.

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.

Montianova A.N., Vilchinsky V.B., Trofimov A.V. On stowing materials cost reduction at the mines of the transpolar branch of the Norilsk nickel mining and metallurgical company PAO. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2015, no. 4, pp. 45–49.