

УДК 622.27

**ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ СЕКИСОВСКОЕ**

**Л. А. Крупник¹, М. Ж. Битимбаев², С. Н. Шапошник³,
Ю. Н. Шапошник⁴, В. Ф. Демин⁵**

¹Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева,
ул. Сатпаева, 22а, 050013, г. Алматы, Казахстан

²ТОО “Data Invest”, ул. Шевченко, 157, 050000, г. Алматы, Казахстан

³Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
ул. Протозанова, 69, 070004, г. Усть-Каменогорск, Казахстан,

⁴Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: shaposhnikyury@mail.ru,
Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия

⁵Карагандинский государственный технический университет,
Бульвар Мира, 56, 100027, г. Караганда, Казахстан

Приведены горно-геологические характеристики руд и вмещающих пород Секисовского золоторудного месторождения. Оработка месторождения осуществляется подземным способом с применением камерных систем разработки с подэтажной отбойкой при средней мощности залежей и с магазинированием при выемке маломощных рудных тел. Обоснована необходимость заполнения выработанного пространства отработанных блоков закладкой твердеющими смесями. На основании выполненных лабораторных исследований реологических свойств смесей и прочностных характеристик закладки для условий месторождения предложены рациональные составы закладочных смесей. Дана технико-экономическая оценка возможных вариантов ведения закладочных работ на Секисовском руднике: приготовление смесей в смесителе-активаторе с самотечной доставкой ее трубопроводным транспортом или в бетонорастворосмесительной установке с вертикальной доставкой смеси по скважинам и горно-шахтными миксерами по горизонтали. Разработана рациональная схема подачи закладки в шахту с поверхностных закладочных комплексов. Представлен выбор рациональной технологии закладочных работ на Секисовском месторождении.

Закладочные работы, закладочная смесь, схемы приготовления и транспортирования закладочной смеси, прочность закладочного массива

Секисовское золоторудное месторождение расположено на территории Глубоковского района Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан в отрогах Иртышского предгорья. Руды ценные: содержание золота 5.23 и серебра 6.90 г/т¹. Месторождение характеризуется широким диапазоном маломощных (1.5–3.0 м) и средней мощности (3.5–15.0 м) залежей. Доля маломощных рудных тел на отдельных горизонтах колеблется от 30 до 50 % запасов руды. Угол падения $\alpha = 70–90^\circ$. Вмещающие породы средней устойчивости, реже — устойчивые. Крепость по шкале М. М. Протодьяконова $f = 8–10$ [1]. Проектная годовая производительность подземного рудника 500 тыс. т руды.

¹ Оперативный подсчет запасов золотосеребряного месторождения Секисовское по состоянию на 01.01.2010 г. / Отчет ДТОО “Горнорудное предприятие Секисовское” и ТОО “GeoMineProject”. — 2010.

В соответствии с горно-геологическими условиями месторождения отработка его запланирована с применением камерных систем разработки с поэтажной отбойкой при средней мощности залежей и с магазинированием при выемке маломощных рудных тел.

Отличительной особенностью месторождения являются сближенность рудных тел с расстоянием между ними в пределах 3–8 м и более. В подобных условиях вмещающие породы способны легко обрушаться, примешиваться к руде, вызывая повышенное разубоживание рудной массы. Эти особенности предопределили необходимость заполнения отработанных блоков закладкой выработанного пространства твердеющими смесями (ТС).

В 2011 г. компанией “Hambleton Mining Plc” для месторождения Секисовское разработана технология приготовления пастовой закладки с модернизацией существующего процесса обезвреживания цианидов в хвостах золотоизвлекательной фабрики². В результате проведенных исследований рекомендована схема приготовления пастовой закладки с двумя стадиями сгущения и последующей вакуумной фильтрацией хвостов золотоизвлекательной фабрики. Обезвреживать цианиды предусматривалось по технологии компании INCO жидким пиросульфитом натрия. Общая капитальная стоимость предложенной технологии приготовления пастовой закладки с поставкой модернизированной системы обезвреживания цианида составила 14 558 тыс. долл.

Столь высокие затраты при сравнительно небольшом требуемом объеме приготовления закладки на бетонозакладочном комплексе (БЗК) рудника в 200 тыс. м³/год обусловили необходимость поиска более экономичного способа приготовления закладочных смесей (ЗС). В этой связи в предпроектных исследованиях изучены два других варианта закладочных работ на руднике: приготовление ЗС в смесителе-активаторе с самотечной доставкой ее трубопроводным транспортом (вариант I) или в бетонорастворосмесительной установке (БРСУ) с вертикальной доставкой ЗС по скважинам и горно-шахтными миксерами по горизонтали (вариант II). Для нейтрализации цианидов в вариантах I и II предусмотрен более экономичный способ их естественного и биологического разложения.

В последние годы при строительстве и реконструкции закладочных комплексов на подземных рудниках Республики Казахстан получила распространение технология приготовления твердеющих ЗС в смесителях-активаторах. Например, барабанный смеситель С-314А производительностью 120 м³/ч используется на БЗК Тишинского рудника. Барабанные смесители типа СБ применяют на БЗК-1 и БЗК-3 Артемьевского рудника. На Орловском руднике для перемешивания цементно-хвостовой пульпы и дробленой породы на бетоногидравлическом узле также освоены подобные устройства [2].

Технология приготовления твердеющих ЗС в смесителях-активаторах имеет ряд существенных преимуществ перед мельничным способом: улучшаются реологические свойства при использовании нескольких компонентов, что позволяет формировать однородный закладочный массив (ЗМ); значительно снижаются затраты на приготовление ЗС; достигаются высокие прочностные свойства закладки при эффективном измельчении инертного заполнителя; утилизируются твердые отходы горнообогатительного производства.

В соответствии с этим опытом для условий Секисовского месторождения рассмотрена технология приготовления ЗС в барабанном смесителе-активаторе с последующей доставкой смеси в выработанное пространство трубопроводным транспортом в самотечном режиме. Для приготовления закладочных материалов предусматривается трехстадийное дробление отваль-

² Пастовая технология и обеззараживание цианида. Секисовское месторождение, Казахстан: отчет / Hambleton Mining plc. — Лондон, 2011.

ных пород с получением материалов 0–5 и 20–50 мм соответственно мелкого и крупного заполнителя в ЗС. Общая производительность дробильного комплекса составляет 100 т/ч. Исходный материал для получения крупного заполнителя доставляется автосамосвалами и подается колесным погрузчиком непосредственно в приемный бункер, откуда поступает на грохот-питатель с колосниковыми решетками и далее по схеме, показанной на рис. 1.

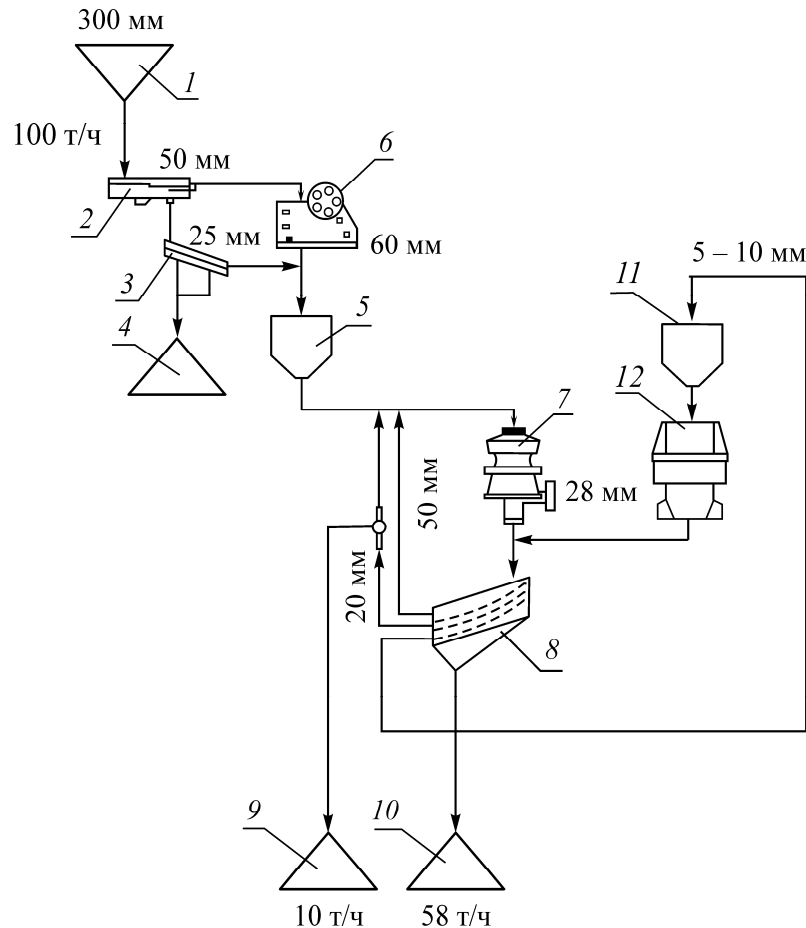


Рис. 1. Технологическая схема получения крупного заполнителя на дробильном комплексе компании “Metso Minerals”: 1 — приемный бункер; 2 — грохот-питатель с колосниковыми решетками ТК8-32-2V; 3 — наклонный грохот-питатель ТК-deck; 4 — породный отвал фракции крупностью 0–25 мм; 5 — бункер емкостью 20 м³; 6 — щековая дробилка S80 ctd; 7 — конусная дробилка GP100S medium; 8 — наклонный грохот TS3.3; 9, 10 — породный отвал фракции крупностью 20–50 и 0–5 мм соответственно; 11 — бункер емкостью 10 м³; 12 — роторная дробилка B6150 SE DTR rotor

Для приготовления ЗС в качестве вяжущего принят портландцемент ПЦ-400 производства Усть-Каменогорского цементного завода. В композиции заполнителя использовали смесь дробленых вскрышных пород и лежалых хвостов. Техническая вода для затворения вяжущего соответствовала требованиям ГОСТа [3]. Весовое соотношение материалов заполнителя составило: лежалые хвосты обогащения золотоизвлекательной фабрики из хвостохранилища 50–65%; дробленые и измельченные вмещающие породы: диориты 20–30%, плагиограниты 10–15%, кварцевые альбит-порфиры и брекчии смешанного, среднего и кислого составов 5–10%.

Нормативная прочность ЗМ определена расчетами в соответствии с рекомендациями ВНИМИ [4, 5], а также с учетом требований нормативных документов [6–8] (табл. 1). Для повышения устойчивости ЗМ нижний несущий слой предложено армировать.

ТАБЛИЦА 1. Значения нормативной прочности ЗМ, МПа

Показатели требуемой прочности ЗМ	Система разработки	
	камерная с подэтажной отбойкой (при средней мощности залежей)	с магазинированием (при маломощных рудных телах)
Вертикальные обнажения	2.16	2.16
Горизонтальные обнажения: верхний упрочненный слой для работы самоходного оборудования	1.0 (на глубину 1.0 м)	1.26
несущий слой на днище камер на уровне этажного горизонта	4.0 (при пролете обнажения закладки $l = 20$ м, высоте несущего слоя закладки $h_n = 10$ м)	4.0
слой дозакладки пониженной прочности	0.3–0.5	1.0

Исследования реологических свойств ЗС и прочностных характеристик закладки проведены в специализированной лаборатории строительных и закладочных работ Риддерского ГОКа. Основные результаты испытаний показаны на рис. 2, 3.

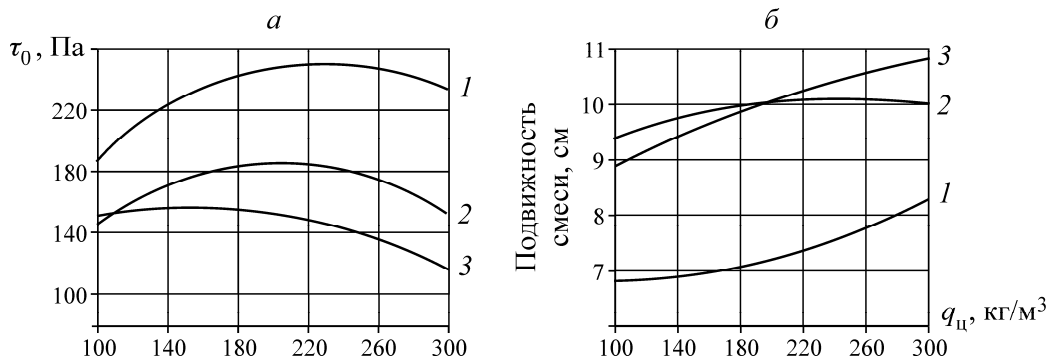


Рис. 2. Зависимость предельного напряжения сдвига τ_0 (а) и подвижности смеси (б) от количества цемента в составе ЗС $q_{ц}$: 1 — ЗС с использованием в качестве инертного заполнителя лежалых хвостов золотоизвлекательной фабрики при объеме воды 450 л/м^3 ; 2 — то же с добавлением дробленой породы при объеме воды 410 л/м^3 (соотношение хвостов к дробленой породе 2 : 1); 3 — то же при объеме воды 380 л/м^3 (соотношение хвостов к дробленой породе 1 : 1)

Зависимости предельного напряжения сдвига τ_0 (установлено прибором Ребиндера–Вейлера) от количества цемента $q_{ц}$ в составе ЗС с достаточной степенью точности определяются следующим образом:

— при объеме воды 450 л/м^3 с использованием в качестве инертного заполнителя лежалых хвостов

$$\tau_{01} = 48.2 + 1.786q_{ц} - 0.004q_{ц}^2;$$

— то же с добавлением дробленой породы при объеме воды 450 л/м^3 (при соотношении хвостов к дробленой породе примерно 2 : 1)

$$\tau_{02} = 26.4 + 1.571q_{ц} - 0.003q_{ц}^2;$$

— то же при объеме воды 380 л/м^3 (при соотношении хвостов к дробленой породе 1 : 1)

$$\tau_{03} = 127 + 0.4q_{ц} - 0.001q_{ц}^2.$$

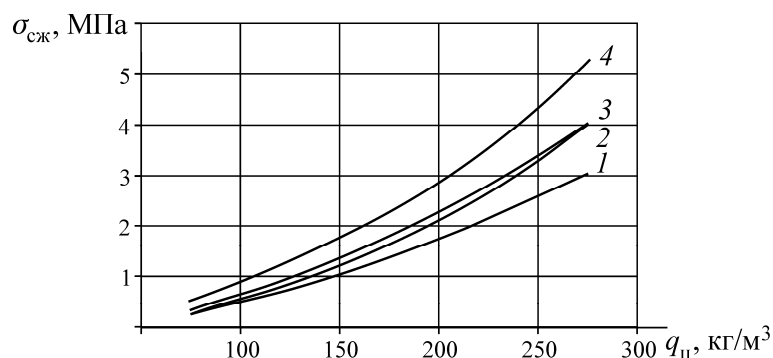


Рис. 3. Зависимость прочности ЗМ $\sigma_{сж}$ от количества цемента в составе ЗС $q_{ц}$ в диапазоне $100 \leq q_{ц} \leq 300$ (кг/м³): 1 — ЗС с использованием в качестве инертного заполнителя лежалых хвостов золотоизвлекательной фабрики в возрасте 14 сут; 2 — то же в возрасте 28 сут; 3 — ЗС с использованием в качестве инертного заполнителя лежалых хвостов золотоизвлекательной фабрики и измельченной пустой породы в возрасте 14 сут; 4 — то же в возрасте 28 сут

Зависимости подвижности смеси, определенной по погружению конуса СтройЦНИЛа, от количества цемента в составе ЗС выражаются в следующем виде:

— при объеме воды 450 л/м³ с использованием в качестве инертного заполнителя лежалых хвостов

$$П_1 = 6.88 - 0.002q_{ц} + 0.00002q_{ц}^2;$$

— то же с добавлением дробленой породы при объеме воды 450 л/м³ (при соотношении хвостов к дробленой породе примерно 2 : 1)

$$П_2 = 6.66 + 0.027q_{ц} - 0.00005q_{ц}^2;$$

— то же при объеме воды 380 л/м³ (при соотношении хвостов к дробленой породе 1 : 1)

$$П_3 = 8.82 + 0.004q_{ц} + 0.000005q_{ц}^2.$$

На основании результатов проведенных лабораторных исследований установлена зависимость прочности образцов-кубов закладки, определенной на испытательной машине МС-100, согласно ГОСТ 10180-90, от количества цемента в составе ЗС:

— при объеме воды 450 л/м³ с использованием в качестве инертного заполнителя лежалых хвостов

$$\sigma_{сж1} = -14.65 + 7.26 \lg q_{ц}^2;$$

— то же с добавлением породы дробленой при объеме воды 450 л/м³ (при соотношении хвостов к дробленой породе примерно 2 : 1)

$$\sigma_{сж2} = -18.31 + 9.16 \lg q_{ц}^2;$$

— то же при объеме воды 380 л/м³ (при соотношении хвостов к дробленой породе 1 : 1)

$$\sigma_{сж3} = -21.21 + 10.66 \lg q_{ц}^2.$$

Таким образом, обработка смеси в смесителе-активаторе позволяет улучшить характеристики закладки при пониженном расходе вяжущего за счет двух факторов:

— разрушения крупных зерен вяжущего под действием ударной нагрузки и возникающих интенсивных силовых полей (при этом количество цемента крупностью 10–30 мкм становится преобладающим и обеспечивается максимальный прирост прочности закладки);

— непрерывного удаления с поверхности зерен цемента продуктов новообразований, препятствующих проникновению воды вглубь для развития процесса гидратации.

Выполненные эксперименты показали, что при расходе цемента 200 кг/м^3 , лежалых хвостов 755 кг/м^3 , дробленой породы 755 кг/м^3 и воды 380 л/м^3 достигается максимальная прочность затвердевшей ЗС, которая составляет 2.82 МПа в возрасте 28 сут. С учетом этого для условий месторождения приняты следующие составы закладочных смесей:

- состав № 1 (слой повышенной прочности), кг/м^3 : портландцемент М400 — 250; заполнитель — 1460, в том числе лежалые хвосты — 730, измельченная порода — 730; вода — 380 (приведенный состав обеспечивает достижение нормативной прочности закладки в 28-суточном возрасте 4.04 МПа);

- состав № 2 (слой пониженной прочности), кг/м^3 : портландцемент М400 — 150; заполнитель — 1560, в том числе лежалые хвосты — 780, измельченная порода — 780; вода — 380 (приведенный состав обеспечивает достижение нормативной прочности закладки в 28-суточном возрасте 1.56 МПа).

Подача ЗС с поверхностного закладочного комплекса в шахту предусмотрена по двум закладочным скважинам с поверхности до промежуточного горизонта $+320 \text{ м}$ и далее на нижележащие горизонты по трубному восстающему. Высота вертикального става закладочного трубопровода 130 м . Протяженность става закладочного трубопровода по горизонту $+320 \text{ м}$ составляет 190 м . По трубному восстающему и далее по горизонтали протяженностью 235 м ЗС доставляется к трубному восстающему № 2 на нижележащие горизонты. Протяженность става закладочного трубопровода по горизонту $+250 \text{ м}$ составляет 235 м . При этом выдерживается соотношение протяженности вертикального и горизонтального участка бетоновода $H:L = 1:5 \div 1:6$.

По расчетам допустимая дальность транспортирования смеси по горизонтальному участку трубопровода составляет 735 м , что превышает требуемые параметры дальности транспортирования закладки на нижних горизонтах месторождения. Для доставки ЗС внутренний диаметр трубопровода принят $D_{\text{вн}} = 77 \text{ мм}$ при толщине стенки трубы 6.0 мм (ГОСТ 8732-78). Рабочая скорость движения ЗС по транспортному трубопроводу 2.5 м/с .

При необходимости заполнения закладкой пустот выработанного пространства, расположенных на фланге месторождения выше уровня закладочного горизонта $+320 \text{ м}$, принято подавать ЗС вверх по вертикальному трубопроводу с помощью сжатого воздуха пневмоврезок. Внутренний диаметр пневмоэжектора с обратным клапаном для подачи сжатого воздуха в закладочный трубопровод при средней скорости пневмотранспорта ЗС 5 м/с и давлении сжатого воздуха в шахтной магистрали 650 кПа составляет 10 мм . Удельный расход сжатого воздуха $20.35 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Установлено, что для подъема смеси на высоту 42 м необходимы две точки пневмоврезок в трубопровод и подачи сжатого воздуха: в начале вертикального участка и на расстоянии $25-28 \text{ м}$ от первой точки подачи сжатого воздуха.

Для уменьшения объема закладки при отработке рудных тел мощностью $1.5-3.0 \text{ м}$ в рассмотренных вариантах предложено использовать эффект самоподбучивания выработанного пространства самообрушенными вмещающими породами [9]. Разработаны схемы формирования комбинированных ЗМ с использованием ТС и обрушенных пород, что позволит снизить объемы закладочных работ и расход дорогостоящего цемента [10–15].

Способ приготовления ЗС в барабанном смесителе-активаторе с последующей доставкой смеси в выработанное пространство трубопроводным транспортом в самотечном режиме характеризуется высокими капитальными затратами и увеличенными сроками строительства закладочного комплекса. Так, затраты на приобретение основного технологического оборудования дробильного комплекса компании “Metso Minerals” составляют около 1860 тыс. долл.

В этой связи разработана и изучена схема приготовления и транспортирования закладки в шахту по варианту II. Пластичные ЗС готовятся на поверхностной БРСУ производительностью $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ с использованием в качестве инертного заполнителя лежалых хвостов обогащения. Транспортирование ЗС в шахту осуществляется горно-шахтными миксерами, а подача смеси в пустоты отработанных камер — по трубопроводу с помощью бетононасоса. Подобная технология ведения закладочных работ ранее освоена на Суздальском руднике и в перспективе планируется к внедрению на руднике Теллур [16, 17].

Технико-экономическое сравнение конкурирующих вариантов выполнено по критерию чистой дисконтируемой стоимости (Net present value). Затраты на закладочные работы складываются из капитальных и эксплуатационных затрат. В капитальные затраты включены затраты на приобретение основного технологического оборудования, строительство здания закладочного комплекса, бурение вертикальных скважин, проходки подходных выработок к вертикальному стволу трубопровода, камер приема закладочной смеси и аварийного сброса смеси (вариант I). Эксплуатационные затраты состоят из затрат на материалы, электроэнергию, отопление, вентиляцию, сжатый воздух, водоснабжение, мероприятия по противопожарной защите и расходов по оплате труда. Средний расход цемента марки М400 $150\text{--}200 \text{ кг}/\text{м}^3$ при его стоимости 150 долл./т.

В варианте II ведения закладочных работ с использованием в качестве инертного заполнителя только лежалых хвостов из-за снижения крупности заполнителя [18] средний расход цемента составил $200\text{--}230 \text{ кг}/\text{м}^3$. С целью снижения затрат на закладочные работы рекомендовано применение оборудования для приготовления ЗС фирмы “МЕКА” (Турция), например смесители-активаторы МВ-30WS или МЕКАМIX-20 производительностью соответственно 20 и $30 \text{ м}^3/\text{ч}$. Транспортирование ЗС в шахту — шахтными миксерами, например PAUS-Bergbaufahrzeug UNI 50-3 Betonmischer концерна “Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH”; подачу смеси в пустоты отработанных камер — по трубопроводу с помощью компактного прицепного насоса производства фирмы “Putzmeister”.

Основные экономические показатели работы горнодобывающего предприятия при различных вариантах ведения закладочных работ приведены в табл. 2. Срок реализации проекта 3 года.

ТАБЛИЦА 2. Основные экономические показатели закладочных работ при I и II вариантах, приготовления и транспортирования ЗС (банковская ставка за кредит 0.2 за период 2015–2017 гг.), тыс. долл.

Основные экономические показатели	Вариант I	Вариант II
Эксплуатационные затраты	152002	153175
Капитальные затраты	60395	58807
Накопленный дисконтированный поток денежных средств	6574	7237

Сравнение вариантов показало экономическую целесообразность варианта II. При этом значительно сокращаются сроки строительства закладочного комплекса. Разница значений накопленных дисконтируемых потоков денежных средств при вариантах I и II в течение 3 лет составит: при ставке дисконта 0.2 — 663 и 0.3 — 651 тыс. долл.

В последующие годы для обеспечения добычи руды в заданных объемах предложено транспортировку ЗС в шахту на нижележащие горизонты осуществлять по скважинам и далее развозить ее по горизонту миксерами с подачей смеси насосом по трубопроводу в пустоты отработанных камер (рис. 4).

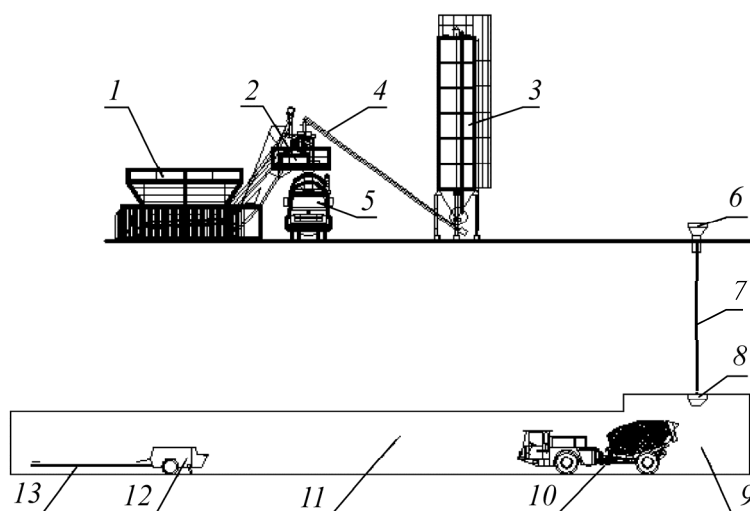


Рис. 4. Предлагаемая схема ведения закладочных работ: 1 — приемный бункер инертного заполнителя; 2 — смесительное отделение; 3 — шнековый питатель; 4 — миксер; 5 — силос цемента; 6, 8 — приемная воронка; 7 — вертикальный став бетоновода; 9 — камера приема закладочной смеси; 10 — шахтный миксер; 11 — доставочный штрек; 12 — бетононасос; 13 — закладочный трубопровод

Применение на Секисовском руднике комбинированной закладки (формирование несущего слоя и слоя дозалива из твердеющей закладки, дозакладка из пустой породы от проходческих работ) позволит существенно снизить необходимые объемы твердеющей закладки до 30 тыс. м³ в год.

ВЫВОДЫ

Для обеспечения безопасности горных работ, повышения полноты и качества извлечения запасов золотосодержащих руд для условий Секисовского месторождения предложена технология отработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями, а также породными отходами горного и обогатительного производства.

Наиболее рациональной технологией является способ производства закладочной смеси на поверхностной мобильной установке БРСУ.

Разработана рациональная схема подачи закладки в шахту с поверхностных закладочных комплексов. Закладочная смесь по скважинам доставляется до горизонта закладки и развозится по горизонту миксерами с подачей смеси бетононасосом по трубопроводу в пустоты отработанных камер. При использовании данной схемы значительно снижаются эксплуатационные затраты, упрощается транспортирование горной массы и закладочной смеси по горным выработкам, уменьшаются затраты на проветривание рудника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нурсейтова Ж. Т., Ильясов А. А., Шапошник Ю. Н. Разработка рациональной и безопасной технологии выемки запасов руд Секисовского месторождения подземным способом // Вестн. ВКГТУ. — Усть-Каменогорск. — 2014. — № 2.
2. Битимбаев М. Ж., Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н. Теория и практика закладочных работ при разработке месторождений полезных ископаемых: учебник. — Алматы: Ассоц. вузов Казахстана, 2012.

3. **ГОСТ 23732-79.** Вода для бетонов и растворов (технические условия). — Введен 07.06.79.
4. **Методические указания** по определению нормативной прочности твердеющей закладки и оценке прочностных свойств искусственных массивов. — СПб.: ВНИМИ, 1975.
5. **Руководство** по определению нормативной прочности твердеющей закладки на рудниках цветной металлургии. — СПб., 1993.
6. **Нормы** технологического проектирования рудников цветной металлургии с подземным способом разработки. ВНТП 37-86. — М.: Минцветмет СССР, 1986.
7. **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.
8. **Требования** промышленной безопасности при ведении работ подземным способом (с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.11.2011 г.). Утверждены приказом Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 25 июля 2008 г., № 132.
9. **Временные правила** охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок месторождений руд цветных металлов с неизученным процессом сдвижения горных пород. — Л.: ВНИМИ, 1986.
10. **Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н.** Пути утилизации породы от проходческих работ на подземных рудниках // ГИАБ. — 2005. — № 3.
11. **Прокушев Г. А.** Использование скальных пород в технологии твердеющей закладки. — Алма-Ата: Наука, 1988.
12. **Едильбаев А. И., Музгина В. С.** Комплексное использование твердых отходов и местных материалов в технологии закладочных работ. — Алматы, 2002.
13. **Анушенков А. Н., Фрейдин А. М., Шалауров В. А.** Приготовление литой твердеющей закладки из отходов производства // ФТПРПИ. — 1998. — № 1.
14. **Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н., Турсунбаева А. К.** Технология закладочных работ на горнодобывающих предприятиях Республики Казахстан // ФТПРПИ. — 2013. — № 1.
15. **Фрейдин А. М., Филиппов П. А., Гайдин С. П., Кореньков Э. Н., Неверов С. А.** Перспективы технического перевооружения подземных рудников Западно-Сибирского металлургического комплекса // ФТПРПИ. — 2004. — № 3.
16. **Крупник Л. А., Демин В. Ф., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н.** Выбор рациональной технологии закладочных работ на Суздальском руднике АО “ФИК “Алел” // Вестн. КарГТУ. — 2011. — № 2 (43).
17. **Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н.** Пути улучшения прочностных свойств закладочных массивов при слоевых системах разработки // Горн. журн. Казахстана. — 2012. — № 6.
18. **Караев О. С., Голик В. И., Магомедов Ш. М.** Нормирование прочности закладочных массивов при подработке // ГИАБ. — 2002. — № 5.

Поступила в редакцию 15/1 2015