УДК 622.273.217.23

Рыльникова Марина Владимировна
доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник
ИПКОН РАН,
111020, г. Москва туп. Крюковский, д. 4
e-mail: rylnikova@mail.ru

Ангелов Валерий Андреевич
кандидат технических наук,
ведущий специалист,
ОАО «УралГеоПроект»
455000, г. Магнитогорск, пер. Кирпичный, 11
e-mail: Angelov.valerii@mail.ru

Туркин Иван Сергеевич
аспирант кафедры подземной разработки
месторождений полезных ископаемых,
Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова,
455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38
e-mail: Sailor19@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПО УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ РУД В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ РУДНИКОВ

Аннотация:

Проведен анализ накоплений отходов добычи и переработки руд на дневной поверхности, а также дана оценка влияния их на окружающую среду. Рассмотрен опыт складирования отходов отечественными и зарубежными предприятиями. Предложена классификация существующих технологий утилизации как для отходов добычи, так и для отходов переработки руд. Разработана технология утилизации отходов переработки руд в выработанном пространстве с применением вертикальных сгустителей, расположенных в подземном пространстве рудника. Для отходов добычи руд предложена безмельничная технология и комплекс оборудования по приготовлению твердеющей закладочной смеси в выработанном пространстве подземного рудника. Произведена оценка перспективности предложенных технологических решений

Ключевые слова: отходы добычи, окружающая среда, утилизация, подземный рудник

Rylnikova Marina V.
leading researcher, professor,
Doctor of technical sciences
IPKON RAS
111020, Moscow, Krukovsky alley, 4
e-mail: rylnikova@mail.ru

Angelov Valery A.
leading specialist, candidate of technical sciences
JSC "the UralGeo-Project ",
455000, Magnitogorsk, Kirpichny lane, 11.
e-mail: Angelov.valerii @ mail.ru

Turkin Ivan S.
post-graduate student,of the chair of underground mining the deposits of mineral resources,
Master of science
The Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov
455000, Magnitogorsk , Lenin av., 38
e-mail: Sailor19@yandex.ru

THE FEATURES OF TECHNOLOGICAL AND STRUCTURAL SOLUTIONS ON UTILIZATION THE WASTES OF ORES MINING AND PROCESSING IN THE WORKED OUT AREA OF MINES

Abstract:

In the article the analysis of accumulation wastes of ores mining and processing on the surface is given, as well as the assessment of their impact on the environment. The practice of wastes storage by domestic and foreign enterprises is considered. The classification of existing recycling technologies both for wastes of ore mining and processing is proposed. The technology of utilization wastes of ore processing in the mine's worked out area using vertical thickeners, located in the mine's underground area is developed. For wastes of ore mining the technology without mills and the system of equipment for preparing hardening filling mixture in the mine's worked out area are brought forward. The assessment of the prospects of proposed technological solutions is performed

Key words: wastes, environment, utilization, mine

Ежегодно горнодобывающая отрасль производит около 30 млрд т твердых отходов, причем при первичной переработке руд в хвосты уходит 60 – 95 % всего объема перерабатываемой горной массы, при этом под полигоны отчуждается около 10 тыс. га пахотных земель в дополнение к имеющимся. На территории Российской Федерации в отвалах и хранилищах накоплено около 80 млрд т только твердых отходов, пагубно воздействующих на близлежащие территории [1].

В связи с этим в настоящее время качественно новой является идея замены существующего подхода к складированию отходов в хвостохранилищах на их утилизацию в подземном пространстве. Утилиза́ция (от лат. Utilis — полезный) – использование ресурсов, не находящих прямого применения, вторичных ресурсов, отходов производства и потребления [1].

Многообразие известных технологических решений по утилизации отходов добычи и переработки руд в свете перспектив их комплексного использования предопределили необходимость разработки классификации методов и процессов утилизации техногенного сырья.

Объединение существующих технологий утилизации отходов добычи и переработки руд в единую классификацию (рис. 1, 4), позволит упростить выбор наиболее рациональной технологии для маломощных месторождений, комбинировать существующие технологии, выбрать оптимальное по типу и производительности технологическое оборудование и сформировать на основе существующих новые технологические решения.

На рис. 1 показаны существующие способы утилизации отходов обогатительного производства, представленные хвостами с различной влажностью. Исходная влажность предопределяет складирование хвостов на дневной поверхности традиционным способом – в намывные или наливные хвостохранилища. Проведя анализ разработанной классификации с экологической точки зрения, можно сделать вывод о том, что наиболее лояльными по отношению к природе являются способы, где применяется полное либо частичное складирование хвостов в подземное пространство рудника.

Такие технологии весьма привлекательны для предприятий, так как характеризуются минимальными затратами и отсутствием риска прорыва хвостохранилищ. Однако для устранения проблемы возможного загрязнения грунтовых вод требуется частичное или полное обезвоживание хвостов.

В горной промышленности для сгущения текущих хвостов обогащения наибольшее распространение получили радиальные сгустители. Значительные геометрические размеры и высокая производительность по исходной и сгущенной пульпе предопределяют их строительство на дневной поверхности вблизи обогатительных фабрик. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, длина транспортирования сгущенных хвостов по трубопроводам не превышает 3 – 4 км. Такой способ не является рациональным ввиду необходимости строительства мощной насосной станции с установкой дорогостоящих и энергоемких поршневых насосов, а для маломощных месторождений он просто не применим.

Сгущение текущих хвостов в непосредственной близости к закладочным выработкам, к примеру в подземных горных выработках, позволит транспортировать текущие хвосты обогащения на сотни километров, что, в свою очередь, решит проблему закладки выработанного пространства на основе хвостов обогащения для отдаленных маломощных месторождений [3]. Изыскание нового оборудования для обезвоживания текущих хвостов, пригодного к размещению в подземных горных выработках, является весьма актуальной задачей и представляет большой научный и практический интерес.

В последнее десятилетие как в отечественной практике, так и за рубежом для процесса сгущения получили распространение сгустители пластинчатого (тонкослойного) типа (рис. 2). Это объясняется тем, что процесс сгущения в таких аппаратах резко интенсифицируется благодаря большой площади поверхности осаждения (эффективной площади сгущения), приходящейся на единицу объема сгустителя. В сравнении с традиционными радиальными сгустителями при одинаковой нагрузке на единицу площади осаждения, пластинчатые сгустители имеют меньшие габаритные размеры и требуют меньших капитальных и эксплуатационных затрат [3].

Рис. 1. Классификация существующих технологий утилизации отходов переработки руд

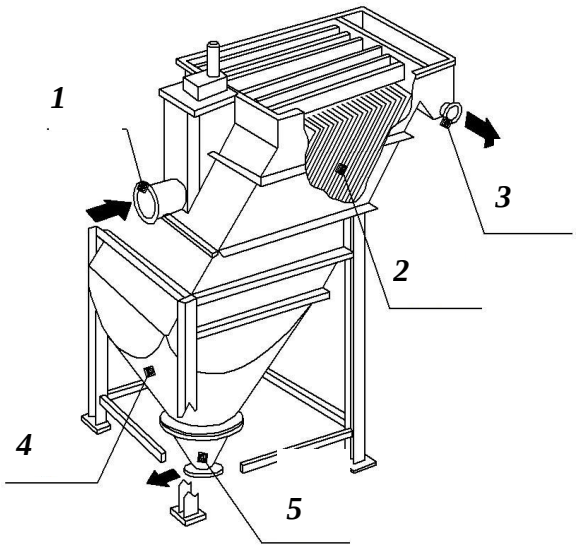

Рис. 2 – Противоточный вертикальный пластинчатый сгуститель:
1 – патрубок для подачи исходного питания; *2* – пакет наклонных пластин; *3* – патрубок для слива осветленной воды; *4* – накопительный бункер; *5* – патрубок для разгрузки сгущенного продукта

В связи с этим была предложена горнотехническая система закладки выработанного пространства на основе хвостов обогащения, обезвоженных в подземных выработках, представленная на рис. 3. Данная схема включает в себя мероприятия по транспортированию текущих хвостов от обогатительной фабрики до подземного рудника, доставки до узла сгущения, процесс сгущения в подземном выработанном пространстве, разгрузку сгущенных хвостов, смешивание их со связующими компонентами в смесителях и транспортировку полученной смеси в закладочную выработку [2].

В настоящее время перед добывающими предприятиями, ведущими разработку на больших глубинах (более 400 м), особо остро стоит проблема транспортирования пустых пород проходки с глубоких горизонтов на дневную поверхность. Это ведет к увеличению нагрузки на транспортную систему рудника и к увеличению себестоимости руды в целом, что делает добычу полезного ископаемого экономически нецелесообразной. Поэтому актуальной задачей на сегодняшнее время является изыскание новых технологий и комплекса оборудования, позволяющих оптимизировать грузопотоки пустых пород в сочетании с утилизацией отходов и закладкой выработанных пространств.

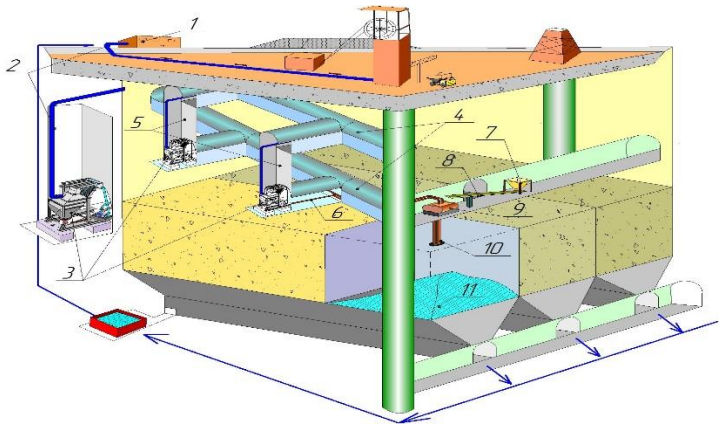

Рис. 3 – Горнотехническая система закладки выработанного пространства на основе хвостов обогащения, обезвоженных в подземном выработанном пространстве:
1 – обогатительная фабрика; *2* – трубопровод исходного питания; *3* – пластинчатый сгуститель; *4* – наклонный съезд; *5* – вентиляционный ходовой восстающий; *6* – трубопровод для транспорта сгущенного продукта; *7* – бункер для вяжущего; *8* – конвейер; *9* – смеситель-активатор; *10* – закладочная скважина; *11* – формируемый закладочный массив

Для разработки новой технологии утилизации отходов добычи необходимо проанализировать уже существующие в настоящее время технологии и комплекс оборудования. В связи с этим была предложена классификация существующих технологий утилизации, а также предложен возможный вариант твердеющей закладки выработанного пространства на основе отходов добычи с условием приготовления смеси в подземных горных выработках и подбором необходимого комплекса оборудования (рис. 4).

На основании предложенной систематизации можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным способом вовлечения отходов добычи руд в промышленную утилизацию является способ приготовления на их основе твердеющей закладочной смеси в условиях поверхностного закладочного комплекса (ПЗК). Преимущество ПЗК заключается в высокой производительности, однако имеется ряд серьезных недостатков. Основным из них является то, что применение шаровых мельниц делает технологию значительно дороже, поскольку они являются металло- и энергоемким оборудованием. Однако, как правило, при использовании в качестве заполнителя скальных пород «мельничный» способ до настоящего момента не имел альтернативы.

В результате совершенствования дробильно-измельчительного оборудования на базе НПК «Механобр-техника» была разработана и спроектирована конструкция виброинерционной машины – конусно-инерционная дробилка (КИД) (рис. 5). Основное отличие такой дробилки от эксцентриковой заключается в том, что приводной эксцентрик заменен приводным вибратором дебалансного типа.

Конусно-инерционные дробилки имеют существенные преимущества перед известными дробильными аппаратами за счет высокой степени дробления в открытом цикле и плавным регулированием дробящего усилия. Эти дробилки позволяют получать в общем объеме измельченного материала до 35 % фракции –0,074 мм, что положительно влияет на транспортабельность смеси по трубопроводам. Необходимый комплекс оборудования, обеспечивающий непрерывность приготовления закладочной смеси с заданными технологическими свойствами, должен быть подобран по производительности и отвечать требованиям мобильности. Эффективность работы закладочного комплекса будет обеспечиваться за счет экономии на закладочных работах (снижение удельного расхода электроэнергии, отсутствие затрат на подъем пустой породы, ремонт и эксплуатацию закладочных скважин).

Таким образом, использование вибрационных дробильных агрегатов для дезинтеграции заполнителей и вяжущих компонентов в качестве альтернативы тяжелому, металлоемкому и энергоемкому измельчительному оборудованию обеспечит получение рациональных реологических характеристик смеси, отвечающих требованиям транспортирования, удобоукладываемости, расслаиваемости, схватывания и набора прочности. В совокупности использование предлагаемых решений позволяет существенно сократить расход потребляемой энергии закладочным комплексом, повысить производительность труда рабочих, сократить объем накопленных и складируемых на поверхности отходов добычи и переработки минерального сырья.

На основе вышесказанного нами была предложена технологическая схема закладки выработанного пространства на основе породы от проходки с применением высокоэффективных конусно-инерционных дробилок типа КИД (рис. 6).

Эффективность разрабатываемых технологических схем утилизации отходов переработки медно-колчеданных руд будет определяться особенностями принятых конструктивных элементов оборудования и процессов горных работ при их различной комбинации во времени и в пространстве.

Данная схема включает в себя мероприятия по транспортированию пород от проходки до щековой дробилки, обеспечивающей первую стадию дробления; после дробления порода под силами гравитации по рудоспуску попадает в приемную воронку и при помощи вибропитателя поступает в конусно-инерционную дробилку. После измельчения порода по средствам шнекового конвейера транспортируется в смеситель, где происходит смешивание с вяжущим и приготовление закладочной смеси. После приготовления и активации готовая закладочная смесь транспортируется в закладываемое выработанное пространство.

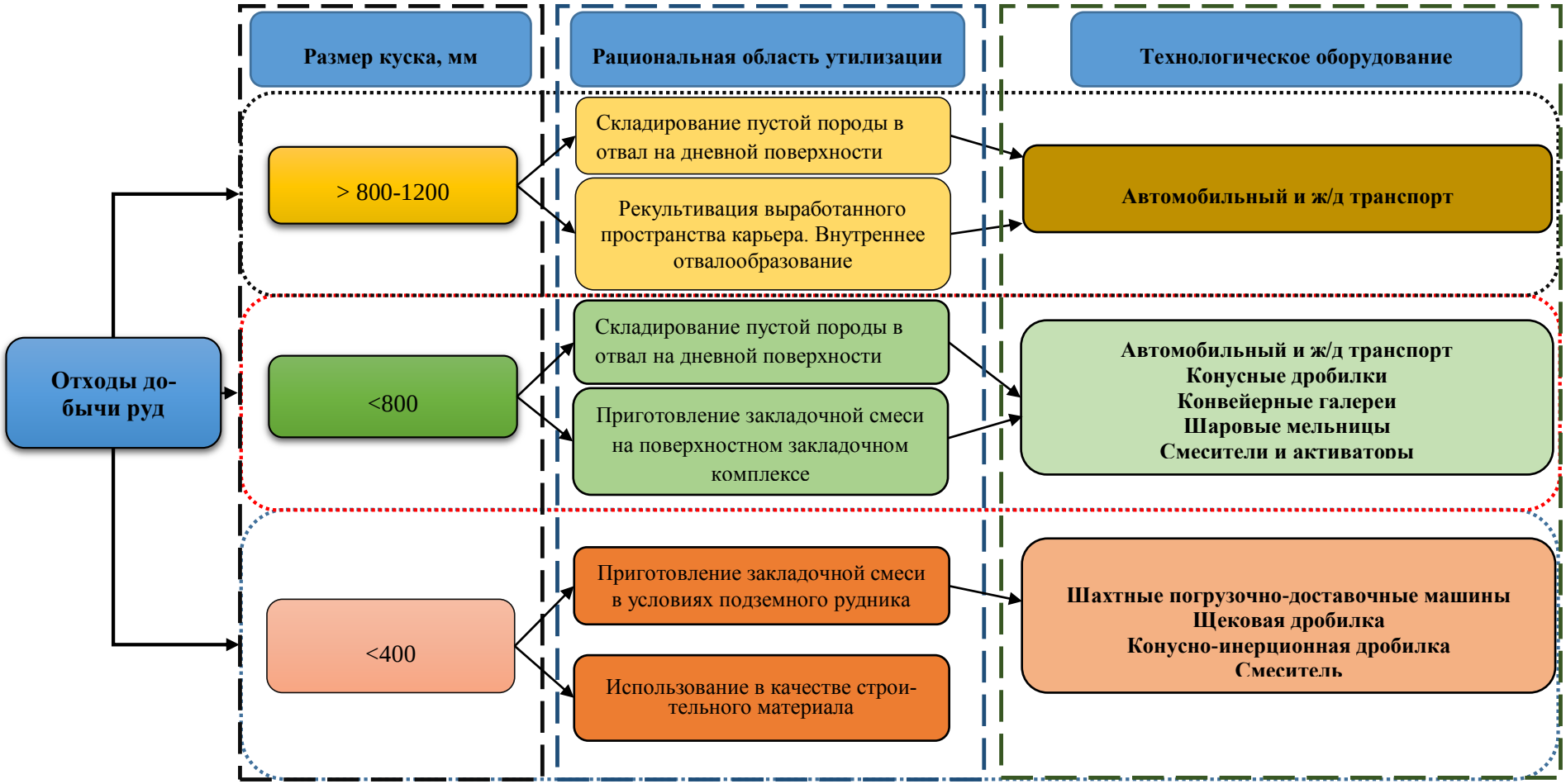

Рис. 4. Классификация существующих технологий утилизации отходов добычи руд

Рис. 5 – Общий вид конусно-инерционной дробилки

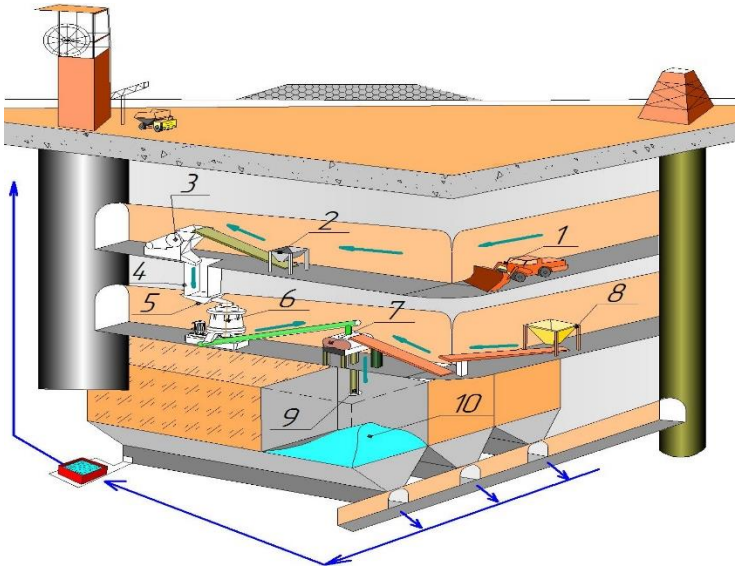

Рис. 6 – Горнотехническая система закладки выработанного пространства на основе отходов добычи с подготовкой наполнителя в подземном выработанном пространстве:

1 – ПДМ; *2* – приемный бункер; *3* – щековая дробилка; *4* – рудоспуск; *5* – бункер-накопитель; *6* – конусная инерционная дробилка; *7* – смеситель; *8* – цементный силос; *9* – закладочная скважина; *10* – закладываемое выработанное пространство

В свете вышесказанного, оценивая геометрические размеры и производительность оборудования для приготовления заполнителя на основе пород проходки, можно сказать, что комбинация данного оборудования ведет к созданию мобильных закладочных комплексов, внедрение которых в практику закладки выработанных пространств позволит

– отказаться от транспортирования пустой породы на поверхность, что, в свою очередь, решит проблему закладки выработанного пространства на основе отходов добычи для отдаленных маломощных месторождений;

– расширить область применения систем разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями;

– снизить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет уменьшения отводимых площадей для размещения хвостохранилищ;

– существенно экономить электроэнергию на подготовку компонентов закладочной смеси.

Литература

1. Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья / К.Н. Трубецкой и др.; Ин-т проблем комплексного освоения недр РАН. - М.: Наука, 2010. - 437с

2. Олизаренко В.В. Закладка выработанных пространств рудников с применением вертикальных сгустителей / В.В. Олизаренко, Р.Х. Шарипов, И.С. Туркин // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. науч. тр. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГГУ» , 2013. - С. 206 - 210

3. Закладочные работы в шахтах: справочник / под ред. Д.М. Бронникова, М.Н. Цыгалова - М.: Недра, 1989. – 400 с.