

УДК 378 622

DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-5-13-20

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СПОСОБОВ ВЫЕМКИ И ПЕРЕРАБОТКИ РУД МАЛОМАСШТАБНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**SYSTEMATIZATION OF METHODS FOR EXTRACTION AND PROCESSING OF ORES OF SMALL DEPOSITS****А. Ю. Чебан,**Институт горного дела
Дальневосточного отделения
Российской
академии наук, г. Хабаровск
chebanay@mail.ru**A. Cheban,**Russian Academy of Science Far
Eastern Branch Mining Institute,
Khabarovsk**Г. В. Секисов,**Институт горного дела
Дальневосточного отделения
Российской академии наук,
г. Хабаровск
sekisovag@mail.ru**G. Sekisov,**Russian Academy of Science Far
Eastern Branch Mining Institute,
Khabarovsk

В настоящее время наблюдается тенденция к снижению качества минерального сырья. В отработку вовлекаются сложноструктурные месторождения, руды которых имеют невысокое содержание полезных компонентов и различные формы их нахождения в минеральном веществе. Расширение спектра форм нахождения полезных компонентов обуславливает проблему обеспечения извлечения их по унифицированным технологическим схемам и параметрам переработки. В свою очередь это требует гибкого дифференцированного подхода к воздействию на минеральное вещество с определенными формами нахождения полезных компонентов, соответствующего использования нескольких технологических схем переработки с гибким регулированием их параметров и режимов. Необходимым этапом реализации такого подхода является глубокая дифференциация объектов выемки и переработки во взаимосвязи с существующими и перспективными техническими средствами добычи и обогащения.

Предлагается систематизация основных технологических комплексов выемки и переработки руд маломасштабных месторождений, которая отличается выделением составляющих категорий руд как по содержанию полезного компонента, так и прочностным характеристикам и контрастности качественных показателей. При разработке сложноструктурных месторождений предлагается выделять технологически-однородные зоны, селективная разработка которых позволит снизить разубоживание и пересортицу рудной массы. Для более глубокого уровня селекции авторами разработан способ освоения рудных месторождений, обеспечивающий селективную взрывную подготовку и выемку. Последующая дифференцированная переработка с выделением богатой, рядовой и бедной рудной массы позволит повысить извлечение металла за счет использования соответствующих особенностям руд технологий. Предлагаемый комплекс мероприятий позволит снизить энергоемкость процессов подготовки руды и уменьшить стоимость извлечения металла, что приведет к более широкому вовлечению в переработку бедной рудной массы

Ключевые слова: сорта руд; рудная масса; содержание полезных компонентов; физико-механические свойства руд; выемка; дробление; сортировка; обогащение; выщелачивание

Currently, there is a tendency to reduce the quality of mineral raw materials. Complex mining deposits are involved in mining, the ores of which have a low content of useful components and various forms of their presence in the mineral substance. Expanding the spectrum of forms for finding useful components causes the problem of ensuring their extraction according to standardized technological schemes and processing parameters. In turn, this requires a flexible differentiated approach to the effect on a mineral substance with certain forms of finding useful components, the corresponding use of several technological processing schemes with flexible regulation of their parameters and modes. A necessary stage in the implementation of this approach is the deep differentiation of mining and processing facilities in conjunction with existing and promising technical means of extraction and enrichment.

The paper proposes a systematization of the main technological complexes for the extraction and processing of ores of small-scale deposits, which is distinguished by the separation of the constituent categories of ores, both in the content of the useful component and in the strength characteristics and contrast of quality indicators. When developing complex structural deposits, it is proposed to distinguish technologically homogeneous zones, the selective development of which will reduce the dilution and re-grading of the ore mass. For a deeper level of selection, the authors developed a method for developing ore deposits, providing selective explosive preparation and excavation. Subsequent differentiated processing with the allocation of rich, ordinary and poor ore mass will increase the extraction of metal through the use of technologies appropriate to the characteristics of the ores. The proposed set of measures will reduce the energy intensity of ore preparation processes and reduce the cost of metal extraction, which will allow for more extensive involvement of lean ore mass in processing

Key words: types of ores; ore mass; content of useful components; physical and mechanical properties of ores; excavation; crushing; sorting; ore dressing; leaching

Введение. В настоящее время наблюдается тенденция к снижению качества запасов многих видов минерального сырья. Так, минимально-промышленное содержание металла в руде в 1987–2014 гг. значительно изменилось: для железа – с 40 до 30 %; марганца – с 32 до 22 %; свинца – с 1,1 до 0,6 %; меди – с 0,7 до 0,4 % [5]. Возможность вовлечения в отработку руд с меньшим содержанием полезного компонента обеспечивается развитием научно-технического прогресса в области добычи и обогащения руд [11; 12; 13]. Существуют альтернативные подходы к освоению недр: один заключается в разработке геометризованных участков месторождения с низким качеством руд высокопроизводительным оборудованием в расчете на возможности обогащения; второй – в селективной выемке руд повышенного качества при менее высокой производительности предприятия [8]. Необходимо отметить, что вовлечение в отработку сложноструктурных месторождений без обеспечения должного качества селекции при выемке приводит к значительному разубоживанию руд, которое впоследствии не всегда компенсируется на стадии обогащения, что ведет к увеличению сквозных потерь металлов и интенсивному росту объемов отходов горного производства.

Объектом исследования являются рудные тела различных пространственных порядков сложной морфологии и структуры, *предметом исследования* – процессы трансформации рудных тел при подготовке их к выемке и собственно селективной выемки.

Целью исследования стала разработка методов оценки сложности оруденения с позиций выбора эффективных способов селективной выемки и последующего усреднения,

обеспечивающих максимальную степень извлечения из рудной массы полезных компонентов существующими и перспективными техническими средствами для добычи и обогащения. *Задачи исследования:* теоретически обосновать показатели сложности оруденения с позиций выбора эффективных способов селективной выемки и последующего усреднения, проанализировать существующие и перспективные способы селективной выемки и усреднения руд, обосновать кондиционность внутренних включений в эксплуатационных блоках, систематизировать объекты выемки и схемы селективной выемки при разработке сложноструктурных месторождений, разработать эффективные способы подготовки к выемке с учетом использования дифференцированных методов переработки разносортных руд, включая способ кучного выщелачивания.

Материалы и методы исследования. В исследовании применен синтез апробированных научных методов, включая обобщение результатов современных исследований геотехнологий, теоретических моделей оруденения, разработанных отечественными и зарубежными учеными, обоснование показателей сложности морфологии рудных тел и их внутренних включений, теоретических моделей процессов взрывной подготовки к выемке и селективной выемки протекающих в кристаллических решетках минералов-концентраторов. Обобщены и проанализированы научно-техническая и специальная литература, систематизированы показатели сложности оруденения, исследована структура рудных блоков. При проведении экспериментальных исследований применялись методы математического и физического моделирования процессов выемки руд.

Результаты исследования и их обсуждение. Изменение структуры минерально-сырьевой базы происходит не только в количественном, но и в качественном аспекте. Снижаются содержания полезных компонентов и изменяются формы их нахождения в минеральном веществе вплоть до проявления наноразмерных включений в кристаллических решетках. Расширение спектра форм нахождения полезных компонентов обуславливает проблему обеспечения извлечения их по унифицированным технологическим схемам и параметрам переработки. В свою очередь это требует гибкого дифференцированного подхода к воздействию на минеральное вещество с определенными формами нахождения полезных компонентов, соответствующего использования нескольких технологических схем переработки с гибким регулированием их параметров и режимов. Необходимым этапом реализации такого подхода является глубокая дифференциация объектов выемки и переработки во взаимосвязи с существующими и перспективными техническими средствами для добычи и обогащения.

Стратегической задачей развития горной науки является повышение эффективности функционирования горнотехнических систем за счет комплексного использования минеральных ресурсов, под которым понимается не только полное использование всех добываемых георесурсов, но и рациональное извлечение за счет оптимизации сочетания технологических процессов и оборудования для достижения максимального эффекта [4; 9]. Дифференциация залежей на технологически-однородные зоны может вестись не только по содержанию в руде полезных компонентов, но и по физико-механическим свойствам руд, а также их минералогическому составу [1; 7]. Максимальная эффективность разработки будет обеспечиваться при наилучшей совместности технических характеристик оборудования и способов его применения с природными условиями зоны, обеспечивающими необходимую производительность и уровень разубоживания при приемлемой себестоимости и энергоёмкости процессов. Также дифференцированно необходимо подходить к переработке извлеченного минерального сырья для получения наибольшего извлечения металла при приемлемой себестоимости процессов.

Совершенствование технологий и технических средств горного производства позволяет вовлекать в отработку маломасштабные рудные месторождения. Достоинствами многих маломасштабных месторождений являются высокое содержание полезных компонентов в руде и небольшая глубина ее залегания [2], совокупные минерально-сырьевые ресурсы таких месторождений довольно значительны, так как по разным оценкам на одно крупное месторождение приходится от 10 до 90 маломасштабных.

Авторами предлагается систематизация основных технологических комплексов выемки и переработки руд маломасштабных месторождений, отраженная на рисунке. Данная систематизация отличается выделением составляющих категорий руд как по содержанию полезного компонента, так и прочностным характеристикам и контрастности (изменчивости содержаний полезного компонента в малых объемах), а также особенностей использования формируемых полостей при выемке отдельных участков рудных тел для технологических целей.

Выбор технологии и технических средств для выемки руд технологически однородных зон будет в первую очередь зависеть от прочности руд и вмещающих их горных пород. Прочные руды с коэффициентом крепости по шкале М. М. Протодяконова свыше 8...9 единиц преимущественно следует готовить к выемке с применением буровзрывных работ, хотя в отдельных случаях для локальной выемки наиболее богатых рудных зон может быть использована механическая выемка, например путем выбуривания. Дезинтеграция и выемка низкопрочных руд с коэффициентом крепости 5...9 единиц может достаточно эффективно вестись с применением механических средств выемки (комбайнов различных конструкций, горных фрез, буровых агрегатов и др.), буровзрывных работ и специальных методов.

Разработку технологически-однородных зон, представленных богатыми прочными рудами, целесообразно вести с применением селективного взрывания, при выемке наиболее богатых (штуфных) руд возможно применение локальной механической выемки посредством бурового оборудования с проведением пионерных скважин и их последующим расширением для обеспечения минимального разубоживания и/или пере-

сортицы. Богатые низкопрочные руды целесообразно в полном объеме селективно извлекать с применением средств механической выемки. Технологически-однородные зоны рядовых руд разрабатываются с применением селективного взрывания [6], в некоторых случаях при выемке рядовых низкопрочных руд более предпочтительной может быть механическая выемка. Дезинтеграция бедных руд ведется преимущественно с применением валового взрывания.

Для получения максимального экономического эффекта за счет увеличения извлечения металлов из руды в большинстве случаев требуется раздельная переработка разнородных руд. Богатую рудную массу возможно разделять на сорта: штуфную рудную массу с ураганными содержаниями полезных компонентов; рудную массу с качеством выше среднеблочного (с превышением среднего содержания выше предела погрешности анализов, т. е. рудную массу с явно повышенными (относительно среднеблочного) содержаниями); рудную массу с качеством ниже среднеблочного. Штуфную рудную массу, благодаря весьма высокому содержанию полезного компонента, в ряде случаев возможно напрямую отправлять на плавку. При менее высоких содержаниях штуфную рудную массу после дробления и измельчения можно направить на чановое выщелачивание, обеспечивающее высокую скорость процесса извлечения металлов (18...72 ч) и возможность извлечения металла из переизмельченной рудной фракции (с высоким содержанием шламов) с самым большим коэффициентом извлечения металла (до 90 %) в сравнении с другими способами выщелачивания. В некоторых случаях из богатой рудной массы целесообразно выделять рудную массу с качеством выше среднеблочного в резерв для подшихтовки рядовой руды перед обогащением.

Оставшуюся богатую рудную массу с содержанием полезного компонента ниже среднего по блоку перед переработкой необходимо сортировать для выделения из нее породных включений или минерализованной массы. В случае если рудная масса контрастная, может быть получен богатый концентрат, который направляют на плавку. Также продукты сортировки могут быть направлены на обогатительную фабрику, чановое выщелачивание или на подшихтовку рядовой не-

контрастной руды. Минерализованная масса после дробления отправляется на кучное выщелачивание, которое позволяет рентабельно перерабатывать некондиционную рудную массу с низким содержанием полезных компонентов, процесс выщелачивания продолжается 10...150 дней, извлечение металла составляет 40...75 %.

Величина извлечения металла зависит от содержания полезного компонента в руде и крупности кусков рудной массы. Так исследованиями инфильтрационного процесса при моделировании кучного выщелачивания из забалансовой руды карьера Мурунтау установлено, что за 45 дней из руды класса -1,6 мм при исходном содержании золота 1,6 и 1,1 г/т извлекалось соответственно 65 и 50 % золота [8]. Извлечение металла при выщелачивании из рудной массы забойной крупности с содержанием золота 0,8 г/т за 37,5 суток в среднем составило 40 %, при этом извлечение из фракций рудной массы крупностью -10 мм, +10...20 мм, +20...50 мм, +50...100 мм и +100...200 мм соответственно составляло 60, 40, 40, 30 и 25 % [Там же].

Рудная масса рядового качества может подразделяться на контрастную и неконтрастную. Неконтрастная рудная масса без дополнительных процедур подготовки отправляется на обогатительную фабрику с использованием стандартных процессов. Контрастная рудная масса в зависимости от показателей изменчивости может быть систематизирована по физико-механическим свойствам, по содержанию полезных компонентов и по комплексу других показателей. Рудная масса контрастная по физико-механическим свойствам (прочности, шламируемости) может подразделяться на прочную и низкопрочную. Прочная составляющая требует дополнительного дробления и измельчения с получением кондиционного по крупности выходного материала и сопутствующего ему некондиционного тонкофракционного материала. Первый из них направляется на переработку по традиционной схеме обогащения, второй подвергается окомкованию и направляется на кучное выщелачивание либо напрямую (без окомкования) – на кюветное выщелачивание. Кюветное выщелачивание обеспечивает промежуточные показатели в сравнении с чановым и кучным выщелачиванием – извлечение металла составляет 60...80 %, процесс длится 5...15 суток.

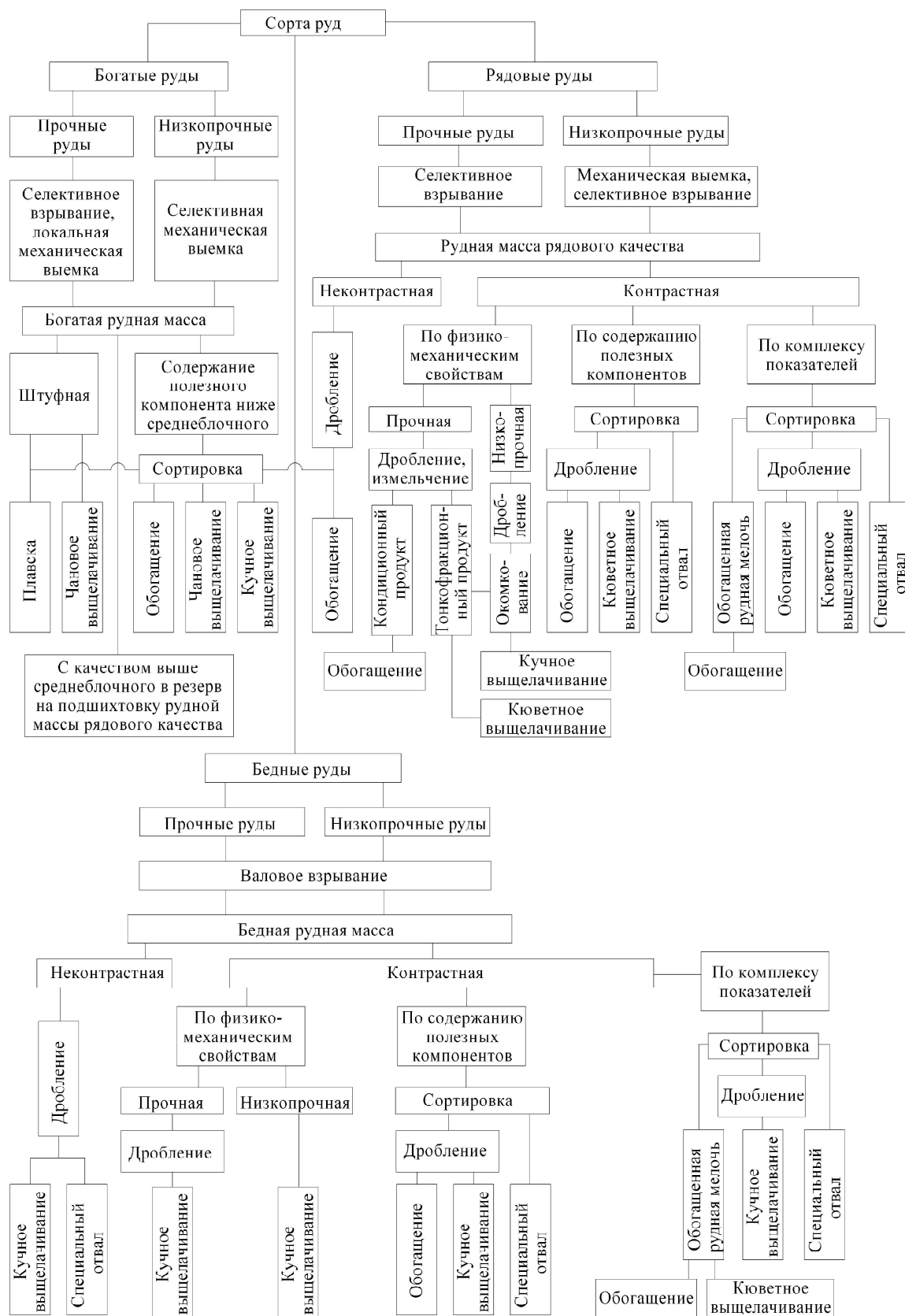


Схема технологических комплексов выемки и переработки руд /
 Scheme of technological complexes for ore extraction and processing

При переработке рядовой рудной массы, контрастной по содержанию полезных компонентов, производится сортировка [11] с выделением черного концентрата после дробления, направляемого на обогащение либо на кюветное выщелачивание. Рудная масса с содержанием ниже установленного уровня отправляется на специальный отвал для временного хранения с протеканием естественных процессов, преобразующих прочностные и качественные параметры (окисление сульфидных минералов, разупрочнение высокопрочных рудных минералов и минералов-концентраторов благородных металлов и др.) вследствие воздействия на нее природно-климатических факторов (агентов).

Рудная масса рядового качества, контрастная по комплексу показателей, отправляется на сортировку, в процессе которой отделяется обогащенная полезным компонентом рудная мелочь, кондиционные и некондиционные крупные фракции рудной массы. Обогащенная рудная мелочь отправляется на обогатительную фабрику, крупные фракции рудной массы после дробления также могут быть переработаны на обогатительной фабрике либо с применением кюветного выщелачивания. Крупные фракции рудной массы с заведомо низким содержанием транспортируются в специальный отвал.

Бедная рудная масса рядового качества может подразделяться на контрастную и не-контрастную. Кондиционная (для выщелачивания) неконтрастная рудная масса после дробления подвергается кучному выщелачиванию, при этом с увеличением степени дробления растет извлечение металла. Существует рациональная степень дробления рудной массы, обусловленная содержанием в ней металла, поскольку наступает предел, при котором рост извлечения металла при уменьшении крупности выщелачиваемого материала не компенсирует дополнительных затрат на измельчение руды. Так, для карьера Мурунтау, согласно исследованию Е. А. Толстова [8], при содержании золота 1,1 г/т рациональной крупностью является руда класса -3,25 мм, при содержании 0,8 г/т – класса -5 мм, при содержании 0,53 г/т – класса -10 мм. Упорная неконтрастная рудная масса отправляется на специальный отвал для временного хранения и подготовки к последующей переработке за счет протекания естественных процессов.

Бедная рудная масса, контрастная по физико-механическим свойствам, может подразделяться на прочную и низкопрочную, оба типа рудной массы перерабатываются с применением кучного выщелачивания, при этом прочная рудная масса предварительно подвергается дроблению. При переработке бедной рудной массы, контрастной по содержанию полезных компонентов, производится сортировка с выделением после дробления черного концентрата, направляемого на обогащение, либо на кучное выщелачивание. Некондиционная рудная масса отправляется в специальный отвал. Бедная рудная масса, контрастная по комплексу показателей, направляется на сортировку для отделения обогащенной полезным компонентом рудной мелочи, металл из которой будет извлечен на обогатительной фабрике либо кюветным выщелачиванием. Крупные фракции рудной массы, кондиционной для выщелачивания, после дробления отправляются на кучное выщелачивание, а упорная рудная масса – в специальный отвал. Выделяемые в ходе сортировки породные включения отправляются в отвал вскрышных пород.

С целью максимального сохранения природной структуры массива и снижения потерь при обогащении в результате шламирования авторами предлагается способ (Пат. 2683288 РФ. Способ разработки рудных месторождений с селективными взрывной подготовкой и выемкой / Г. В. Секисов, И. Ю. Рассказов, А. Ю. Чебан ; заявл. 21.05.2018 ; опубл. 27.03.2019, бюл. № 9.), в котором обуривание блока осуществляют послойно рядами горизонтальных скважин в двух взаимно ортогональных направлениях. Производят выделение рудных интервалов, отличающихся содержанием ценных компонентов, прочностными свойствами, степенью тектонической нарушенности, вещественным составом и структурно-текстурными параметрами. Осуществляют подготовку взрывных зарядов с кумулятивными полостями и короткозамедленное взрывание после монтажа секций мобильного укрытия со стороны откоса уступа. Послойно-порционное извлечение горной массы ведется с торцевой части взорванного блока, с последующей выгрузкой их в отдельные транспортные средства или бункеры. При использовании предлагаемого способа необходимо на стадии опережающей эксплуатационной разведки оценивать сложность

рудного блока (например, по соотношению объема геометрически правильного контура выемки и реального геологического контура рудного тела, а также по соотношению контактной поверхности внутренних разносортных включений и общей площади рудного контура).

Заключение. Применение дифференцированной разработки технологически однородных зон маломасштабных рудных месторождений позволит снизить разубоживание и пересортицу. Дифференцированная переработка с выделением богатой рядовой и бедной рудной массы позволит повысить извлечение металла за счет использования соответствующих особенностям руд технологий. Применение различных схем выщелачивания для переработки рудной массы с относительно невысокими содержаниями

полезных компонентов обеспечит рост извлечения полезных компонентов также за счет соответствия параметров и режимов переработки особенностям их вещественного состава, структуры и текстуры. Предлагаемый комплекс мероприятий позволит снизить энергоемкость процессов подготовки руды к переработке, повысить извлечение полезных компонентов и уменьшить стоимость извлечения металла, что в свою очередь создаст возможность широко вовлекать в переработку бедную рудную массу. Выделение части богатой рудной массы качеством выше среднеблочного в резерв для последующей подшихтовки рудной массы рядового качества, обеспечит возможность повышения суммарного извлечения из нее металла за счет работы обогатительного оборудования в наиболее рациональном режиме.

Список литературы

1. Анистратов Ю. И., Борщ-Компониц Л. В., Анистратов К. Ю. Эффективность открытой разработки месторождений по природно-технологическим зонам // Горный журнал. 1990. № 8. С. 19–24.
2. Глотов В. В. Об инвестиционной привлекательности мелких месторождений полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. № 10. С. 101–104.
3. Голик В. И., Дзапаров В. Х., Харебов Г. З. Концепция модернизации технологий подземной добычи руд // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 2. С. 37–45.
4. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В. Принципы проектирования горнотехнических систем комплексного освоения рудных месторождений комбинированной геотехнологией // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2008. № 6. С. 58–66.
5. Оганесян Л. В. Экологические и технико-технологические проблемы освоения нетрадиционных источников минерального сырья // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2019. № 2. С. 48–52.
6. Опарин В. Н., Секисов А. Г., Трубачев А. И., Смоляницкий Б. Н., Салихов В. С., Зыков Н. В. Перспективные технологии разработки золотороссыпных месторождений Забайкальского края // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. № 3. С. 70–78.
7. Секисов Г. В., Чебан А. Ю. Технологическая минеральная однородность строительных горных пород // Вестник Забайкальского государственного университета. 2017. Т. 23, № 2. С. 34–43.
8. Толстов Е. А. Физико-химические геотехнологии освоения месторождений урана и золота в Кызылкумском регионе. М.: МГУ, 1999. 312 с.
9. Трубецкой К. Н., Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Радченко Д. Н. Новые подходы к проектированию ресурсовоспроизводящих технологий комплексного освоения рудных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 3. С. 58–66.
10. Трубецкой К. Н., Шапарь А. Г. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии при открытой разработке месторождений. М.: Недра, 1993. 272 с.
11. Хакулов В. А., Крапивский Е. И., Блаев Б. Х., Шаповалов В. А. Технология формирования качества руд Тырныаузского месторождения с использованием предварительной сортировки и обогащения // Обогащение руд. 2018. № 5. С. 33–39.
12. Adams M. D. Gold ore processing: project development and operations. Amsterdam: Elsevier, 2016. 980 p.
13. Jarvie-Eggart M. E. Responsible mining: case studies in managing social & environmental risks in the developed world. Englewood, Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. 804 p.

References

1. Anistratov Yu. I., Borsch-Komponiets L. V., Anistratov K. Yu. *Gornyi Zhurnal* (Mining Journal), 1990, no. 8, pp. 19–24.
2. Glotov V. V. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical bulletin), 2003, no. 10, pp. 101–104.
3. Golik V. I., Dzaparov V. Kh., Kharebov G. Z. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskie, tehnicheckie nauki i nauki o Zemle* (Bulletin of the Kemerovo State University. Series: Biological, engineering and earth sciences), 2017, no. 2, pp. 37–45.
4. Kaplunov D. R., Rylnikova M. V. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh* (Physical and technical problems of mining), 2008, no. 6, pp. 58–66.
5. Oganessian L. V. *Mineralnye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie* (Mineral resources of Russia. Economics and management), 2019, no. 2, pp. 48–52.
6. Oparin V. N., Sekisov A. G., Trubachev A. I., Smolyanitsky B. N., Salikhov V. S., Zykov N. V. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh* (Physical and technical problems of mining), 2017, no. 3, pp. 70–78.
7. Sekisov G. V., Cheban A. Yu. *Vestnik Zabayskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of the Transbaikalian State University), 2017, vol. 23, no. 2, pp. 34–43.
8. Tolstov E. A. *Fiziko-himicheskie geotekhnologii osvoeniya mestorozhdeniy urana i zolota v Kyzylkumskom regione* (Physical and chemical geotechnologies for the development of uranium and gold deposits in the Kyzylkum region). Moscow: MGGU, 1999. 312 p.
9. Trubetskoy K. N., Kaplunov D. R., Rylnikova M. V., Radchenko D. N. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh* (Physical and technical problems of mining), 2011, no. 3, pp. 58–66.
10. Trubetskoy K. N., Shapar A. G. *Malootvodnye i resursoberegayushhie tekhnologii pri otkrytoy razrabotke mestorozhdeniy* (Low-waste and resource-saving technologies in open pit mining). Moscow: Nedra, 1993. 272 p.
11. Khakulov V. A., Krapivsky E. I., Blaev B. Kh., Shapovalov V. A. *Obogashcheniye rud* (Ore beneficiation), 2018, no. 5, pp. 33–39.
12. Adams M. D. *Gold ore processing: project development and operations* (Gold ore processing: project development and operations). Amsterdam: Elsevier, 2016. 980 p.
13. Jarvie-Eggart M. E. *Responsible mining: case studies in managing social & environmental risks in the developed world* (Responsible mining: case studies in managing social & environmental risks in the developed world). Englewood, Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. 804 p.

Коротко об авторах

Чебан Антон Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, вед. науч. сотрудник, Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия. Область научных интересов: горные машины и технологии chebanay@mail.ru

Секисов Геннадий Валентинович, д-р техн. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, член-корр. НАН КР, гл. науч. сотрудник, Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия. Область научных интересов: горные науки и производства sekisovag@mail.ru

Briefly about the authors

Anton Cheban, candidate of technical sciences, associate Professor, leading researcher, Russian Academy of Science Far Eastern Branch Mining Institute. Khabarovsk, Russia. Sphere of scientific interests: mining machinery and technology

Gennady Sekisov, doctor of technical Sciences, professor, Honored Worker of Science, corresponding member of NAS KR, Senior Researcher, Russian Academy of Science Far Eastern Branch Mining Institute, Khabarovsk, Russia. Sphere of scientific interests: the mountain of science and industry

Образец цитирования

Чебан А. Ю., Секисов Г. В. Систематизация способов выемки и переработки руд маломасштабных месторождений // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 26, № 5. С. 13–20. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-5-13-20.

Cheban A., Sekisov G. Systematization of methods for extraction and processing of ores of small deposits // Transbaikalian State University Journal, 2020, vol. 26, no. 5, pp. 13–20. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-5-13-20.

Статья поступила в редакцию: 20.05.2020 г.
Статья принята к публикации: 26.05.2020 г.