

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ С ЗАКЛАДКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Г.Г. Пирогов

Забайкальский государственный университет, Чита, Россия, e-mail: pirogov.chita@mail.ru

Аннотация: Рудные месторождения, залегающие в благоприятных климатических, горно-геологических условиях почти отработаны или дорабатываются на большой глубине с повышенными потерями вследствие увеличения размеров целиков, что влечет истощение минеральных ресурсов. Неизбежным становится переход на технологии, в основе которых системы разработки с закладкой. Недостаток систем с закладкой заключается в высокой стоимости закладочных работ. Одним из направлений снижения стоимости закладки является применение полностью или частично хвостов обогащения, чем, кроме снижения стоимости закладочных работ, достигается повышение качества окружающей среды. К настоящему времени в отечественной и зарубежной горнорудной практике накоплен большой арсенал систем разработки с закладкой и их вариантов. Вопросу классификации систем с закладкой с использованием хвостов обогащения не уделяется достаточного внимания. Нами сделана попытка предложить классификацию систем, основанную на полном применении в закладке хвостов обогащения, т.е. без добавления щебня, песчано-гравийных смесей. Для рудных тел большой мощности предложена система разработки сплошной слоевой выемкой вертикальных прирезок. Эффективное применение систем с закладкой с использованием хвостов обогащения достигается при освоении месторождений подземными горно-обогастительными комплексами. Закладочные массивы из хвостов обогащения представляют собой техногенные минеральные объекты, в будущем пригодные для возможной повторной разработки.

Ключевые слова: рудное тело, повышенные потери, горное давление, закладка, хвосты обогащения, классификация систем разработки с закладкой, система разработки, улучшение качества окружающей среды, удешевление закладочных работ, техногенные минеральные объекты.

Для цитирования: Пирогов Г. Г. Классификация систем разработки с закладкой с применением хвостов обогащения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 12. – С. 149–158. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_12_0_149.

Classification of systems of mining with tailings-based backfill

G.G. Pirogov

Transbaikal State University, Chita, Russia, e-mail: pirogov.chita@mail.ru

Abstract: Ore deposits occurring in favorable climatic and geological conditions are either depleted so far, or their remaining reserves are extracted from great depths and at high losses of useful minerals which have to be left in scaled up pillars. Transition to the tailings-based backfill technology seems unavoidable. The systems of mining with backfill are disadvanta-

geous for the high cost. One of the ways of reducing the cost of backfilling is the use of backfill totally or partly composed of tailings, which, among other things, improves the environmental quality. The domestic and foreign practices of mining possess a wide variety of mining systems with backfill, while their classification lacks sufficient attention. This article makes an attempt to try to propose a classification of the total tailings-based backfill technology, i.e. without addition of crushed stone or sand-and-gravel mixtures. For thick ore bodies, we proposed a system of mining by continuous slicing with total tailings-based backfill prepared using underground plants. Such tailings-based backfill represents manmade mineral objects suitable for secondary development in the future.

Key words: ore body, higher losses, high overburden pressure, backfill, tailings, classification of backfill-based mining systems, stoping, environmental quality improvement, backfilling cost reduction, manmade mineral objects.

For citation: Pirogov G. G. Classification of systems of mining with tailings-based backfill. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(12):149-158. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_12_0_149.

Введение

Освоение новых месторождений, в отличие от тех, где отработка ведется давно, осуществляется в более сложных горно-геологических условиях, поэтому появляются проблемы, требующие решения [1]. Часть проблем позволяют решить технологии с закладкой выработанных пространств, с помощью которых достигаются существенное снижение потерь минеральных ресурсов, сохранение земной поверхности, наименьший ущерб геологической среде недр [2 – 6]. Основу технологий составляют системы с закладкой. В отечественной и зарубежной горнорудной практике накоплен значительный арсенал систем и их вариантов. Особенность применения систем с закладкой заключается в достаточно широком использовании в закладочных смесях хвостов обогащения [7]. В 90-е годы прошлого столетия появились закладочные смеси, заполнителями в которых полностью являются лежалые или текущие хвосты обогащения.

Актуальность темы заключается в том, что вопросу классификации систем с закладкой на основе полного использо-

вания хвостов обогащения с учетом современных закладочных смесей внимание практически не уделяется. В то же время полное использование хвостов в подземной добыче руд способствует существенному улучшению экологической ситуации в районах деятельности горнодобывающих предприятий, и проектировщики должны иметь более полную информацию для принятия решений.

Теория вопроса

Многообразие горно-геологических, горнотехнических, экономических и иных факторов, повышение современных требований к полноте выемки полезных ископаемых, качеству рудоминерального сырья обуславливают появление новых, более совершенных систем с закладкой. Ключевые позиции в развитии теории и практики технологий с закладкой занимает ИПКОН РАН.

Выполненные анализ и обобщения отечественной и зарубежной горнорудной практики позволяют предложить классификацию систем разработки с закладкой полностью на основе хвостов обогащения. Известна классификация

систем с закладкой [8], однако без учета хвостов обогащения.

Применение хвостов обогащения возможно в трех вариантах: традиционном, после обезвоживания и обеззараживания, с добавлением в закладочную смесь щебня, песчано-гравийной смеси; в виде пастовой или пастообразной закладки и гранулированной закладки. Выбор типа закладки зависит от конкретных горно-геологических, геомеханических и производственных условий.

Ю.Д. Шварцем, Р.И. Семигиным, И.С. Зицером в 1992 г. предложено гранулировать предварительно обезвожен-

ные текущие хвосты обогащения и заполнять ими отработанные камеры [9]. Гранулированная закладка может подаваться в выработанное пространство в виде гидравлической смеси или твердеющей в зависимости от напряженно-деформированного состояния горного массива.

Текущие хвосты после полного обезвоживания пропускают через механические устройства для грануляции (окомкования, окускования) тонкоизмельченных материалов — грануляторы, барабанные или тарельчатые, с получением гранул диаметром 10–30 мм.

Таблица 1

Содержание полезных компонентов в хвостах обогащения по [11]
Content of useful components in tailings by [11]

Промышленные типы полезных ископаемых	Наименование отходов	Масса отходов, млн т	Сведения о металлоносности полезных компонентов
Свинцово-цинковые руды	отвальные хвосты флотации	около 10	свинец (0,12 – 0,60%) цинк (0,49 – 1,19%) кадмий (33 – 86 г/т) золото (0,05 – 0,33 г/т) серебро (7,5 – 19,2 г/т) висмут (около 10 г/т)
Оловянные руды	отвальные хвосты гравитационного обогащения	около 17	олово (0,1 – 0,15%) свинец (0,14 – 0,39%) цинк (0,14 – 0,75%) медь (0,03 – 0,08%) висмут (30 – 80 г/т) серебро (7,2 – 20 г/т)
Молибденовые руды А. Штокверковый тип	хвосты флотации	около 10	молибден – 0,03% медь – 0,04% серебро – 0,5 г/т теллур – 2 г/т
Молибденовые руды Б. Жильный тип	хвосты флотации	около 4	молибден – 0,03% медь – 0,033% свинец – 0,05% сера – 1,42% золото – 0,2 г/т серебро – 5,2 г/т
Золото Золото-сульфидный тип	отвальные хвосты флотации	около 3	золото – 0,25 г/т серебро – 1,1 г/т
Вольфрамовые руды	отвальные хвосты	около 15	вольфрам (0,15 – 0,25%) бериллий – 0,03% висмут (0,01 – 0,02%)

Грануляции подвергают материалы, содержащие не менее 70% класса минус 0,043 мм. При необходимости грануляции более грубозернистых материалов их предварительно доизмельчают.

Гранулирование хвостов удорожает закладочные работы, что является недостатком. Однако этот вид закладки имеет большой практический интерес. Положительными качествами являются достаточно высокие эффективность ее гидротранспортирования и фильтрационная способность, а также возможность в последующем повторной переработки закладочных массивов, например, методом подземного выщелачивания [10], в связи с наличием в них остаточных полезных компонентов [11] (табл. 1). С этой точки зрения закладочные массивы можно рассматривать как техногенные минеральные объекты с учетом запасов в них полезных компонентов. В условиях замкнутого подземного пространства при изоляции действующих горных выработок на хвосты обогащения почти исключаются геохимические воздействия.

В классификации также приведена комбинированная гранулированная закладка, предложенная автором и запатентованная [12]. Комбинированная закладка представляет собой конструкцию, включающую удерживающую стенку из твердеющей гранулированной закладки со стороны смежной прирезки и гидравлическую гранулированную. Такая закладка позволяет уменьшить расход дорогого цемента, следовательно, снизить стоимость закладочных работ.

Пастовые закладочные смеси образуются из текущих хвостов при наличии в них не менее 30% частиц класса крупности минус 0,043 мм. Они основаны на использовании тиксотропных свойств: в процессе смешивания обезвоженных хвостов в цементном молоке образуется однородная по структуре

густая смесь — паста-гель, способная к быстрому и качественному затвердеванию. Однако гель обладает слабыми реологическими свойствами, затрудняющими ее гидротранспортирование. С целью повышения эффективности гидротранспорта гель при помощи специальных устройств — взвихривателей переводят в состояние золя [13]. В результате механического воздействия связи между частицами в структуре становятся исчезающе малыми, происходит разжижение смеси. После выхода смеси из трубопровода она переходит из золя снова в гель, т.е. проявляются тиксотропные свойства.

Существенным недостатком пастовых смесей являются недостаточно надежные технические решения по гидротранспортированию до выработанного пространства. Изыскания в этой области продолжаются [14], особенно известным ученым Л.А. Крупником [15, 16]. На зарубежных рудниках применяют пастообразную закладку, отличающуюся от пастовой более крупными размерами зерен, исследования по ней ведутся и в России [17].

Как известно, твердеющая закладка, основанная полностью на хвостах обогащения, не обладает высокими прочностными свойствами, ее несущая способность 1–3 МПа, поэтому в классификацию систем разработки с закладкой с применением хвостов обогащения (табл. 2) не включены камерно-целиковые системы и горизонтальными слоями с нисходящей выемкой.

Благоприятные условия для успешного применения систем разработки с закладкой возникают при освоении рудных месторождений подземными горно-обогатительными комплексами [19–22], включающими подземный рудник и подземный обогатительный комплекс с полным циклом обогащения. Подземные обогатительные комплексы распо-

Таблица 2

**Классификация систем разработки с закладкой
с полным применением хвостов обогащения**

Classification of systems of mining with total tailings-based backfill

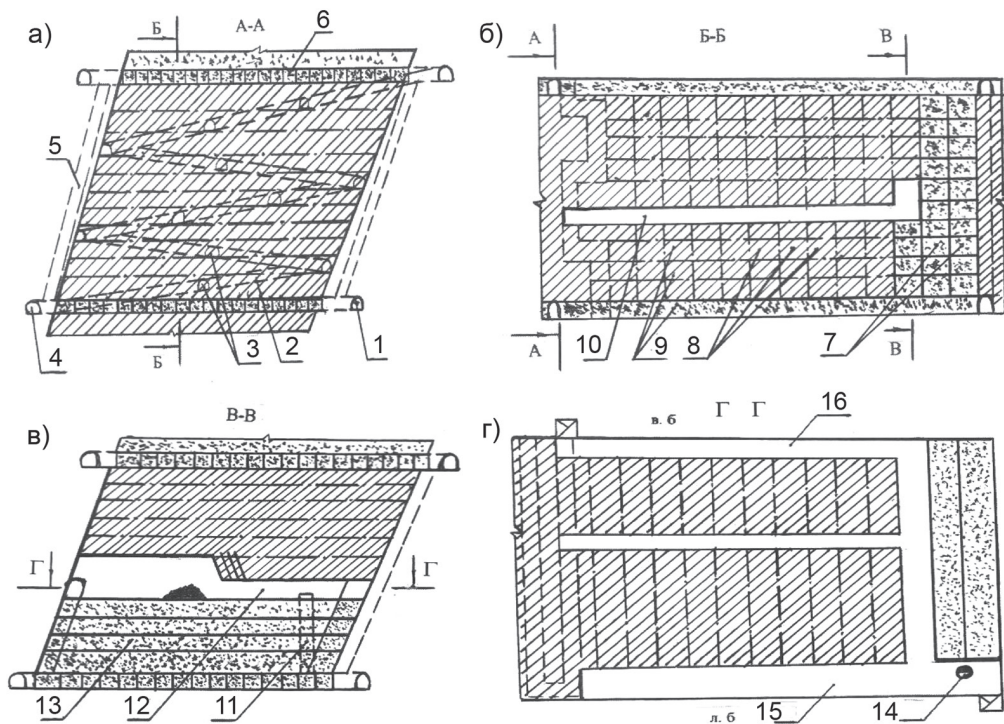
Наименование системы разработки с включением в него			Условия применения систем разработки
направления перемещения очистной выемки	порядка ведения очистной выемки	способа управления напряженно-деформированным состоянием горного массива	
Восходящая выемка	слоевая выемка	с гидравлической гранулированной закладкой	на верхних горизонтах; при небольших глубинах; руда устойчивая
Восходящая выемка	сплошная слоевая выемка вертикальных прирезок (лент, полос)	с твердеющей гранулированной (комбинированной) или пастовой закладкой	руды устойчивые; углы падения до 30°; мощность свыше 5 м; повышенное горное давление
Комбинированная выемка	сплошная слоевая выемка вертикальных прирезок (лент, полос)	с твердеющей гранулированной (комбинированной) закладкой	руды устойчивые; углы падения до 30°; породы кровли неустойчивые; мощность свыше 5 м; хвосты повышенной ценности
Этажная (подэтажная) выемка	камерная выемка	с гидравлической, твердеющей гранулированной или пастовой закладкой отработанных камер	руды и породы устойчивые; угол падения любой; мощность свыше 10–15 м
	наклонными (диагональными) слоями	с твердеющей гранулированной или пастовой закладкой	руды устойчивые; угол падения свыше 50°; мощность залежей 3–7 м
Восходящая выемка	выемка вертикальными прирезками (лентами, полосами) вкрест простирания	с твердеющей гранулированной (комбинированной) закладкой	руды устойчивые; угол падения свыше 50°; мощность залежей свыше 60 м
	сплошная слоевая выемка крутонаклонных или вертикальных прирезок [18]	с твердеющей гранулированной (комбинированной) или пастовой закладкой с использованием текущих хвостов подземного обогатительного комплекса	руды устойчивые; угол падения свыше 50°; мощность более 10 м
Сплошная (столбовая) однослойная выемка	очистными заходками	с твердеющей гранулированной или пастовой закладкой	устойчивость руды любая; мощность до 3 м; угол падения до 20–30°

лагают вблизи очистных работ в устойчивых породных массивах на глубине, которая поддается оптимизации по затратному фактору. Текущие хвосты после соответствующей подготовки и обработки подаются в составе закладочных смесей в выработанные пространства. Это перспективное направление совершенствования горного производства, значимость которого будет возрастать по мере углубления горных работ и ухудшения экологической обстановки на земной поверхности.

При разработке рудных тел (зон) большой мощности (свыше 60 м) рациональной является выемка вкрест простирания. Нами предложена система

разработки сплошной слоевой выемкой вертикальных прирезок с твердеющей гранулированной или комбинированной закладкой (рисунок), которая представляет собой развитие системы по запатентованному способу разработки структурных крутопадающих мощных и средней мощности рудных месторождений [18].

Сущность предложенной системы состоит в следующем. В породах лежащего и висячего боков проходят откаточные штреки 1 и 4, сбиваемые откаточными ортами. Во временно оставляемом междублоковом целике проходят диагональный наклонный съезд 2 с заездами 3 на очистные слои вертикальных



Система разработки крутопадающих рудных тел (зон) большой мощности вкрест простирания сплошной слоевой выемкой вертикальных прирезок с твердеющей гранулированной закладкой: разрезы вкрест простирания рудного тела (а, в); вертикальный разрез по простиранию (б); горизонтальный разрез (г)

Mining of thick and steeply dipping ore bodies (ore zones) by continuous slicing across the strike with cemented granular backfill: elevations across the strike of the ore body (a, v); elevation along the strike of the ore body (b); horizontal section (g)

прирезок. Для подвода свежего и отвода загрязненного воздуха проходят восстающие 5. Очистные работы в верхней части блока ведутся под защитой искусственной потолочины 6, которую образуют отработкой и закладкой твердеющей смесью очистных заходок.

На указанном рисунке 7 — отработанные вертикальные прирезки, 8 — прирезки, подлежащие отработке, 9 — слои вертикальной прирезки, 10 — заезд на обрабатываемый слой, 12, 13 — слои, заполненные закладкой. Отбитая руда доставляется в рудоспуски 14.

Отработка вертикальных прирезок осуществляется от фланга, противоположного тому, на котором пройден диагональный съезд. В горизонтальной плоскости очистного слоя по линиям контактов лежащего и висячего боков укрепляют в закладочном массиве слоевые транспортные сбойки 15 для доставки отбитой руды в рудоспуски 14 и вентиляционные сбойки 16 для отвода загрязненного воздуха.

Работы в очистном слое развиваются от заезда. При ведении закладочных работ под обнаженным рудным забоем оставляют свободное пространство высотой 3,0 м для перемещения самоходных машин.

Параметры блока: высота 60–80 м, ширина блока определяется количеством включенных в него вертикальных прирезок шириной до 8 м, длина блока равна горизонтальной мощности рудного тела; ширина прирезок (лент)

до 8,0 м, высота очистного слоя 3,0–3,5 м. Условия применения: мощность рудных тел свыше 60 м; угол падения более 50°; руда устойчивая, средней устойчивости; устойчивость вмещающих пород любая; руда ценная (повышенной ценности).

Заключение

Впервые предложена классификация систем разработки с закладкой с применением в качестве заполнителя только хвостов обогащения, в которую включены современные закладочные смеси, в т.ч. с использованием текущих хвостов подземных обогатительных комплексов. В классификацию включены новые системы разработки.

Она может быть полезной, особенно при проектировании технологии очистной выемки ценных руд; в условиях повышенного горного давления; необходимости сохранения земной поверхности в природоохранных зонах.

Система разработки крутопадающих рудных тел большой мощности вкрест простирания сплошной слоевой выемкой вертикальных прирезок с твердеющей гранулированной или комбинированной закладкой является ресурсосберегающей, способствует восстановлению целостности горных массивов.

Эффективное применение систем разработки с закладкой достигается при освоении рудных месторождений подземными горно-обогатительными комплексами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каплунов Д. Р., Ломоносов Г. Г. Основные проблемы освоения недр при подземной разработке рудных месторождений // Горный журнал. — 1999. — № 1. — С. 42–45.
2. Ломоносов Г. Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений, 2-е изд. — М.: Изд-во «Горная книга», 2013. — 517 с.
3. Ritcey G. M. Tailings management. Elsevier-Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1989.
4. Franks D. M. Sustainable development principles for the disposal of mining and mineral processing wastes // Resources Policy. 2011, vol. 36, no. 2, pp. 114–122.

5. O' Sullivan D., Newman A. Extraction and backfill scheduling in a complex underground mine // *Interfaces*. 2014, vol. 44, no. 2, pp. 104 – 221.

6. Sheshpari M. A. Review of underground mine backfil methods with emphasis on cemented paste backfil // *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. 2015, vol. 20, no. 13, pp. 5183 – 5208.

7. Хомяков В. И. Зарубежный опыт закладки на рудниках. – М.: Недра, 1984. – 223 с.

8. *Закладочные работы в шахтах: Справочник* / Под ред. Д. М. Бронникова, М. Н. Цыгалова. – М.: Недра, 1989. – 398 с.

9. Шварц Ю. Д., Семигин Р. И., Зицер И. С., Кутузов Д. С. Безотходное горно-обогатительное производство на базе подземных комплексов // *Горный журнал*. – 1992. – № 5. – С. 42 – 45.

10. Морозов А. А., Лизункин В. М., Авдеев П. Б., Лизункин М. В. Комплексная технология добычи и переработки беднобалансовых урановых руд // *Горный журнал*. – 2018. – № 7. – С. 44 – 48. DOI: 10.17580/gzh.2018.07.08.

11. Наркелюн Л. Ф. Комплексное использование минерального сырья и горно-технологических отходов: учебное пособие. – Чита: ЧитТГУ, 1996. – 139 с.

12. Пирогов Г. Г., Лаевский Д. Н. Патент РФ № 2393355. Способ закладки выработанного пространства. Оpubл. 27.06.2010. Бюл. № 18.

13. Коган И. Ш. Разработка и внедрение технологии закладочных работ на основе тиксотропных смесей. Обзорная информация. Вып. 2. – М., 1982. – 63 с.

14. Бодров А. С. Исследование возможности применения сгущенных отходов гидрометаллургической переработки урановых руд для закладки выработанного пространства рудников // *Горный журнал*. – 2018. – № 7. – С. 40 – 43.

15. Крупник Л. А., Соколов В. Г., Едильбаев В. И. Повышение эффективности использования хвостов флотации для закладки // *Горный журнал*. – 1987. – № 6. – С. 20 – 22.

16. Крупник Л. А., Пятигорский Л. В. Перспективы развития технологии и механизации закладочных работ при подземной разработке руд // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2000. – № 4. – С. 204 – 206.

17. Ломоносов Г. Г., Полоник П. И. Пастообразные смеси: достоинства, недостатки, перспективы применения // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 1997. – № 4. – С. 110 – 113.

18. Пирогов Г. Г. Патент РФ № 2327038. Способ разработки сложноструктурных крутопадающих мощных и средней мощности рудных месторождений. Оpubл. 20.06.2008. Бюл. № 17.

19. Пирогов Г. Г. Патент РФ № 2338879. Способ разработки рудных месторождений. Оpubл. 20.11.2008. Бюл. № 32.

20. Шварц Ю. Д., Кутузов Д. С., Зицер И. С. Эколого-экономическая эффективность подземных комплексов по добыче и переработке полезных ископаемых // *Цветная металлургия*. – 1994. – № 8. – С. 3 – 9.

21. Семигин Р. И., Шварц Ю. Д., Зицер И. С., Кутузов Д. С. Геологические аспекты создания подземных комплексов по добыче и переработке минерального сырья // *Горный журнал*. – 1995. – № 5. – С. 31 – 33.

22. Соколов И. В., Гобов Н. В., Антипин Ю. Г., Смирнов А. А., Никитин И. В., Соломеин Ю. М. Систематизация и методика оценки вариантов стратегии освоения железорудных месторождений с применением подземных обогатительных комплексов // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2015. – № 7. – С. 101 – 108. **ГИАБ**

REFERENCES

1. Kaplunov D. R., Lomonosov G. G. Main problems of subsoil development during underground mining of ore deposits. *Gornyi Zhurnal*. 1999, no. 1, pp. 42 – 45. [In Russ].

2. Lomonosov G. G. *Proizvodstvennye protsessy podzemnoy razrabotki rudnykh mestorozhdeniy* [Production processes of underground mining of ore deposits], 2nd edition, Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2013, 517 p.
3. Ritcey G. M. *Tailings management*. Elsevier-Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1989.
4. Franks D. M. Sustainable development principles for the disposal of mining and mineral processing wastes. *Resources Policy*. 2011, vol. 36, no. 2, pp. 114–122.
5. O' Sullivan D., Newman A. Extraction and backfill scheduling in a complex underground mine. *Interfaces*. 2014, vol. 44, no. 2, pp. 104–221.
6. Sheshpari M. A. Review of underground mine backfil methods with emphasis on cemented paste backfil. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. 2015, vol. 20, no. 13, pp. 5183–5208.
7. Khomyakov V. I. *Zarubezhnyy opyt zakladki na rudnikakh* [Foreign experience of laying in mines], Moscow, Nedra, 1984, 223 p.
8. *Zakladochnye raboty v shakhtakh: Spravochnik*. Pod red. D. M. Bronnikova, M. N. Tsygalova [Stowage works in mines: reference book, Bronnikov D. M., Tsygalov M. N. (Eds.)], Moscow, Nedra, 1989, 398 p.
9. Shvarts Yu. D., Semigin R. I., Zitser I. S., Kutuzov D. S. Waste-free mining and processing production on the basis of underground complexes. *Gornyi Zhurnal*. 1992, no. 5, pp. 42–45. [In Russ].
10. Morozov A. A., Lizunkin V. M., Avdeev P. B., Lizunkin M. V. Complex technology of mining and processing of ores beloborodovym uranoid. *Gornyi Zhurnal*. 2018, no. 7, pp. 44–48. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2018.07.08.
11. Narkelyun L. F. *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya i gorno-tekhnologicheskikh otkhodov: uchebnoe posobie* [Complex use of mineral raw materials and mining and technological waste: textbook], Chita: ChitTGU, 1996, 139 p.
12. Pirogov G. G., Laevskiy D. N. *Patent RU 2393355*. 27.06.2010. [In Russ].
13. Kogan I. Sh. *Razrabotka i vnedrenie tekhnologii zakladochnykh rabot na osnove tiksotropnykh smesey*. Obzornaya informatsiya [Development and implementation of technology of laying works based on thixotropic mixtures. Overview information], Issue 2, Moscow, 1982, 63 p.
14. Bodrov A. S. Study the possibility of using condensed waste hydrometallurgical processing of uranium ores for laying-out space of mines. *Gornyi Zhurnal*. 2018, no. 7, pp. 40–43. [In Russ].
15. Krupnik L. A., Sokolov V. G., Edil'baev V. I. Increase of efficiency of use of flotation tailings for the bookmark. *Gornyi Zhurnal*. 1987, no. 6, pp. 20–22. [In Russ].
16. Krupnik L. A., Pyatigorskiy L. V. Prospects for development of technology and mechanization of laying operations in underground ore mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2000, no. 4, pp. 204–206. [In Russ].
17. Lomonosov G. G., Polonik P. I. Pasty mixtures: advantages, disadvantages, application prospects. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 1997, no. 4, pp. 110–113. [In Russ].
18. Pirogov G. G. *Patent RU 2327038*. 20.06.2008. [In Russ].
19. Pirogov G. G. *Patent RU 2338879*. 20.11.2008. [In Russ].
20. Shvartz Yu. D., Kutuzov D. S., Zitser I. S. Ecological and economic efficiency of underground complexes for mining and processing of minerals. *Tsvetnaya metallurgiya*. 1994, no. 8, pp. 3–9. [In Russ].
21. Semigin R. I., Shvarts Yu. D., Zitser I. S., Kutuzov D. S. Geological aspects of creating underground complexes for mining and processing of mineral raw materials. *Gornyi Zhurnal*. 1995, no. 5, pp. 31–33. [In Russ].
22. Sokolov I. V., Gobov N. V., Antipin Yu. G., Smirnov A. A., Nikitin I. V., Solomein Yu. M. Systematization and methodology for evaluating options for the development of iron ore deposits using underground processing complexes. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2015, no. 7, pp. 101–108. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Пирогов Геннадий Георгиевич — д-р техн. наук, профессор,
горный инженер, e-mail: pirogov.chita@mail.ru,
Забайкальский государственный университет.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

G.G. Pirogov, Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Mining Engineer, e-mail: pirogov.chita@mail.ru,
Transbaikal State University, 672039, Chita, Russia.

Получена редакцией 01.06.2020; получена после рецензии 06.10.2021; принята к печати 10.11.2021.
Received by the editors 01.06.2020; received after the review 06.10.2021; accepted for printing 10.11.2021.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПО ОСНОВНЫМ УЗЛАМ МЕХАНИЗМОВ ГОРНОЙ ТЕХНИКИ В АО «ЗОЛОТО СЕЛИГДАРА»

(2021, № 11, СБ 17, 12 с.)

Дмитриев Андрей Андреевич¹ — старший преподаватель,
Герасимов Л.А.¹ — студент,

¹ Горный институт Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова.

Экспертизы промышленной безопасности по оценке технического состояния в АО «Золото Селигдара» прошли несколько типов технических устройств горной техники, которые проходили эксплуатацию на карьерах Нижнеякокитского рудного поля. Анализ и систематизация различных нарушений и дефектов, условно объединенных в блоки близких по принципу работы механизмов, позволили выявить наиболее часто встречающиеся нарушения по отдельным видам горных машин (бульдозера, буровые установки, автосамосвалы). Определены наиболее слабые блоки для комплекса всего рассматриваемого горного оборудования. Проведенный анализ показал, что максимальные ремонтные нагрузки на оборудование приходятся на поломки и нарушения в электрооборудовании, рассматриваемого в работе комплекса различного горного оборудования.

Ключевые слова: экспертиза, промышленная безопасность, визуальный и измерительный контроль, дефекты, бульдозер, карьерный автосамосвал, полигон, временные автодороги.

ANALYSIS AND SYSTEMATIZATION OF VARIOUS MALFUNCTIONS ON THE MAIN NODES OF MINING MACHINERY MECHANISMS IN JSC «GOLD OF SELIGDARA»

A.A. Dmitriev¹, Senior Lecturer,
L.A. Gerasimov¹, Student,

¹ Mining Institute, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, 677000, Yakutsk, Russia.

Industrial safety expertise to assess the technical condition in JSC «Gold of Seligdar» passed several types of technical devices of mining equipment, which were operated at the pits of the Nizhneyakokitskoye ore field. The analysis and systematization of various violations and defects, conditionally combined into blocks similar in principle to the mechanisms, allowed us to identify the most common violations for certain types of mining machines (bulldozers, drilling rigs, dump trucks). Also, the weakest blocks for the complex of all mining equipment under consideration have been identified. The analysis showed that the maximum repair loads on the equipment are due to breakdowns and violations in the electrical equipment considered in the operation of the complex of various mining equipment.

Key words: expertise, industrial safety, visual and measuring control, defects, bulldozer, dump truck, landfill, temporary roads.