

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Б.Р. Ракишев

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,
Алматы, Казахстан, e-mail: b.rakishev@mail.ru

Аннотация: Отмечено, что в горнотехнической литературе понятия «разработка месторождения полезных ископаемых» и «разработка полезных ископаемых» часто используются как синонимы. Технология горных работ нередко преподносится как система разработки полезных ископаемых. Эти неверные интерпретации, препятствующие совершенствованию методических основ геотехнологий, могут быть предотвращены при использовании системного подхода при изучении различных аспектов геотехнологий. Показано, что эти основные понятия геотехнологий не одного порядка, а различного иерархического уровня. Сформулировано определение системы открытой разработки полезных ископаемых как совокупности взаимозависимых и взаимосвязанных между собой подготовительных, вскрышных и добычных выработок, перемещающихся во времени в карьерном поле для извлечения горных пород из недр Земли. Выделены элементы системы открытой разработки. Показано, что совокупность горных выработок представляет собой оболочку технологий горных работ, т.е. система разработки является средой, где функционирует технология разработки полезных ископаемых. Это четко разграничивает понятия «система разработки» и «технология разработки полезных ископаемых». Технология открытой разработки структурно состоит из двух элементов: выемочно-погрузочных и транспортных работ. Основные характеристики технологии – непрерывность процессов выемки, погрузки, перемещения горных пород и способ транспортировки последних к пункту назначения. Эти отличительные признаки должны определять вид и содержание классификации технологий открытой разработки полезных ископаемых. При совместном учете обоих отличительных признаков эти технологии подразделяются на: циклично-бестранспортную, цикличную, циклично-поточную, поточно-цикличную и поточную. Наиболее высокий уровень производства обеспечивается при циклично-бестранспортной и поточной технологиях. Следующий уровень производства по эффективности представлен циклично-поточной и поточно-цикличной технологиями горных работ. Распространена цикличная технология открытой разработки полезных ископаемых. Перспективны технологии разработки с использованием нестандартных способов подготовки горных пород, выемки, погрузки, их транспортирования и складирования.

Ключевые слова: система разработки полезных ископаемых, технология открытой разработки, элементы системы разработки, признаки технологий разработки, виды технологий разработки, классификация технологий открытой разработки.

Для цитирования: Ракишев Б.Р. Классификация технологий открытой разработки полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 3. – С. 5–15. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-3-0-5-15.

Classification of open pit mining technologies

B.R. Rakishev

K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: b.rakishev@mail.ru

Abstract: The literature on geotechnical engineering often uses the concepts of exploitation of mineral deposits and mineral mining as synonyms. A mining technology is also often presented as a system of mining. These incorrect interpretations preventing improvement of process framework for geotechnologies can be barred by using a systemic approach to studying aspects of geotechnologies. The key concepts of geotechnologies belong to different rather than the same levels of hierarchy. An open pit mining system can be defined as an aggregate of interdependent and interrelated preparation, access and production openings advanced in time and in space of an open-pit field intended for extraction of rocks from the subsurface. The elements of an open pit mining system are specified. It is shown that this aggregate of openings is an envelope of a mining technology, i.e., the mining system is an environment inside which a mining technology functions. This is the differentiation between a mining system and a mining technology. Structurally, an open pit mining technology consists of two elements: mining-and-loading and haulage. The principal characteristic of a technology is the continuity of extraction-loading-handling of rocks and the method of haulage. These features should define the form and contents of a classification system for open pit mining technologies. With these two features considered jointly, the technologies are divisible into cycle production with direct dumping, cyclic, cyclical-and-continuous, continuous-and-cyclical and continuous flow processes. The highest rate of production is ensured by the cyclical method with direct dumping and by the continuous flow process. The lower level of efficiency is provided with the cyclical-and-continuous and continuous-and-cyclical technologies of mineral mining. The cyclical open pit mining technology is prevalent. The promising mining technologies use unconventional methods of rock preparation, extraction, loading, haulage and storage.

Key words: mineral mining system, open pit mining technology, mining system elements, mining technology features, mining technology types, open pit mining technology classification.

For citation: Rakishev B.R. Classification of open pit mining technologies. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(3):5-15. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-3-0-5-15.

Терминология — важнейшая составляющая специфического языка любой отрасли науки и техники. Однозначное определение и толкование терминов, понятий способствует правильному восприятию реалий и принятию верных решений при рассмотрении различных теоретических и практических задач. Необоснованные определения приводят к негативным последствиям. Например, в горных науках понятия «разработка месторождения полезных ископаемых» и «разработка полезных ископаемых» часто используются как синонимы. Технология горных работ нередко преподносится как система разработки полез-

ных ископаемых [1–5]. Эти неверные интерпретации препятствуют совершенствованию методических основ геотехнологий. Они могут быть предотвращены при использовании системного подхода при изучении различных аспектов геотехнологий.

Так, если разработку месторождения полезных ископаемых принять за систему, состоящую из пяти реально существующих элементов: «подготовка месторождения к разработке», «вскрытие месторождения», «разработка полезных ископаемых», «отвалообразование и рекультивация» и «использование выработанного пространства и отходов про-



Рис. 1. Элементы системы «разработка месторождения полезных ископаемых»

Fig. 1. Elements of a mineral mining system

изводства» (рис. 1), то становится ясным место каждого из рассматриваемых понятий. Они разного иерархического уровня. Как видно, «разработка полезных ископаемых» является элементом системы «разработка месторождения полезных ископаемых» и совместно с остальными элементами обслуживает эту систему [5].

Разработка полезных ископаемых, как известно, — это извлечение горных пород (полезного ископаемого, включая нефть, газ, воды) из недр Земли различными способами (открытым, подземным, скважинным, подводным и комбинированным) после вскрытия месторождения [6, 7]. При открытом способе разработки извлечение пород осуществляется проведением разрезных траншей (котлованов) из уже пройденных капитальных выработок, выемкой, погрузкой и транспортировкой вскрышных пород и полезного ископаемого из очистных выработок [5]. Таким образом, открытая разработка полезных ископаемых — это

извлечение горных пород из недр Земли некоторой заданной совокупностью подготовительных, вскрышных и добычных выработок, перемещающихся во времени в карьерном поле. Ввиду особой роли в общей системе «разработка месторождений полезных ископаемых» она может быть рассмотрена как самостоятельная система.

Система открытой разработки полезных ископаемых — это совокупность взаимозависимых и взаимосвязанных между собой подготовительных, вскрышных и добычных выработок, перемещающихся во времени в карьерном поле для извлечения горных пород из недр Земли. Элементы системы открытой разработки полезных ископаемых приведены на рис. 2.

Основными параметрами системы разработки являются: высота уступа, ширина разрезной траншей (размеры котлована), углы откосов рабочих уступов, ширина заходки, ширина рабочей пло-



Рис. 2. Элементы системы «открытая разработка полезных ископаемых»

Fig. 2. Elements of an open pit mining system

щадки, длина экскаваторного блока, длина добычных и вскрышных блоков на уступе, число рабочих уступов, высота и ширина, протяженность рабочей зоны, угол откоса рабочего борта карьера, объем пород на каждом уступе, в рабочей зоне; количество вскрытых и готовых к выемке запасов на каждом уступе, в рабочей зоне.

Ключевые показатели системы разработки: скорости подвигания забоев уступов, скорости перемещения откосов уступов, скорости углубки дна карьера; продолжительность подготовки нового нижележащего горизонта; эксплуатационные потери и разубоживание руды; суточная, месячная, годовая производительность карьера по полезному ископаемому, вскрыше и горной массе. Эти показатели одновременно являются производственными характеристиками технологий открытой разработки полезных ископаемых.

Извлечение горных пород из заданных горных выработок осуществляется посредством горных работ, т.е. технологий горно-подготовительных, вскрышных и добычных работ. Отсюда следует, что совокупность горных выработок представляет собой оболочку технологий горных работ. Иначе говоря, система разработки является средой, где функционирует технология разработки полезных ископаемых. Это обстоятельство четко разграничивает понятия «система разработки» и «технология разработки полезных ископаемых».

Технология открытой разработки полезных ископаемых, состоящая из технологий горно-подготовительных, добычных и вскрышных работ — наиболее ответственная и подытоживающая часть всей технологии горного производства. Она рассматривает принципы и способы поэтапной разработки карьерного поля, способы управления режимом горных работ, способы и средства управления

качеством выдаваемой продукции, способы управления развитием добычных и вскрышных работ во времени в карьерном поле с созданием рационального текущего объема выработанного пространства, способы обеспечения эффективного взаимодействия между отдельными технологическими процессами. Наилучшие результаты работы предприятия обеспечиваются при рационально выбранной технологии вскрышных и добычных работ с учетом параметров системы разработки и технических характеристик применяемых средств механизации.

Технология открытой разработки полезных ископаемых структурно состоит из двух элементов: выемочно-погрузочных и транспортных работ. Такая схема приведена на рис. 3.

В технологии вскрышных и добычных работ важную роль играют пункты назначения (приема) грузопотоков. В таком качестве выступают внутренние, внешние отвалы, различные внутрикарьерные и поверхностные перегрузочные склады (пункты) горных пород (руды и вскрыши) и станции отправки грузов.

При наличии условий для формирования внутренних отвалов перемещение вскрышных пород в выработанное карьерное пространство осуществляется мощными мехлопатами, драглайнами, отвалообразователями, консольно-ленточными и консольно-мостовыми комплексами.

При незначительном удалении пункта приема от забоя транспортировка горных пород выполняется выемочно-погрузочными машинами: скреперами, бульдозерами и одноковшовыми погрузчиками.

Во всех остальных случаях для транспортировки горных пород (руды и вскрыши) к пункту назначения используются транспортные средства: автомобильный, железнодорожный, конвейерный, ски-



Рис. 3. Структурная схема технологии открытой разработки ПИ

Fig. 3. Function chart of open pit mineral mining technologies

повой, гидравлический и комбинированный транспорт.

Основные характеристики технологии вскрышных и добычных работ: непрерывность процессов выемки, погрузки, перемещения горных пород и способ транспортировки последних к пункту назначения. Эти отличительные признаки должны определять вид и содержание классификации технологий открытой разработки полезных ископаемых [ОРПИ]. К удивлению, в горнотехнической литературе не приводятся классификации технологий ОРПИ. Они подменены классификациями систем разработки. Это явилось следствием того, что многие авторы не обращали внимание на различие между понятиями «система разработки» и «технология разработки».

Между тем вторую составляющую технологии открытой разработки полезных ископаемых по способу транспортировки вскрышных пород и полезного ископаемого к пункту назначения можно подразделять на бестранспортную, транспортную, специальную и комбинированную как в классификации открытой разработки акад. Н.В. Мельникова [1].

Бестранспортная составляющая технологии вскрышных работ применяется при разработке неглубоко залегающих (до 50 м) пластовых месторождений, когда перевалка вскрышных пород в выработанное пространство реализуется мощными мехлопатами и драглайнами.

Транспортная составляющая технологии ОРПИ нашла широкое распро-

странение при разработке мощных пластовых, наклонных, крутых месторождений, распространяющихся на большую глубину, жильных, штокообразных рудных залежей, а также при разработке масштабных немошных пластовых месторождений.

Специальная составляющая технологии ОРПИ применяется при разработке сложноструктурных многокомпонентных месторождений, россыпей, строительных горных пород.

При комбинированной технологии ОРПИ находит место различное сочетание перечисленных технологий.

В силу технологической важности и значимости способ транспортирования вскрышных пород на отвалы, предложенный акад. Н.В. Мельниковым, положен в основу классификации систем открытой разработки полезных ископаемых [1], хотя в ней присутствуют и другие признаки развития горных работ в карьерном поле (основной технологический процесс на вскрыше, направление развития фронта работ в плане и т.д.). Данной классификации объективно больше соответствует название «Классификация технологии вскрышных работ».

Классификация систем открытой разработки проф. Е.Ф. Шешко [2, 3] по направлению перемещения вскрышных пород в отвалы по существу также является классификацией технологий вскрышных работ, так как в основу классификации положен способ перемещения вскрышных пород на отвалы. В ней вы-

делены три группы систем разработки. Принимая во внимание второй отличительный признак технологий вскрышных и добычных работ, группу систем разработки А с поперечным перемещением породы в отвал в этой классификации можно назвать бестранспортной составляющей, группу систем разработки Б с продольным перемещением породы в отвалы — транспортной составляющей, а группу систем В — комбинированной составляющей технологий вскрышных работ.

В цитируемых классификациях не учтен первый отличительный признак технологии вскрышных и добычных работ — непрерывность процессов выемки, погрузки и перемещения горных пород. По этому признаку первую составляющую технологии ОРПИ можно подразделять на цикличную и поточную [8].

В целом по первому отличительному признаку технологии открытой разработки полезных ископаемых ее выемочно-погрузочная составляющая подразделяется на цикличную и поточную, а по второму признаку транспортная составляющая подразделяется на бестранспортную, транспортную, специальную и комбинированную. Такая классификация составляющих технологии разработки приведена в табл. 1.

При совместном учете обоих классификационных признаков технологию вскрышных и добычных работ по аналогии с вышеизложенным можно было

подразделять на: циклично-бестранспортную, циклично-транспортную и поточно-транспортную. Однако транспортировка горных пород производится как цикличным, так и поточным транспортом. Принимая во внимание эту реальность, технологию открытой разработки полезных ископаемых в общем случае необходимо подразделять на: циклично-бестранспортную, цикличную, циклично-поточную, поточно-цикличную, поточную и комбинированную. Этот подход нашел отражение в классификации, приведенной в табл. 2.

Актуальность, научно-методическая обоснованность, востребованность предлагаемой классификации технологий открытой разработки находят подтверждение в работах [9—19].

Циклично-бестранспортная технология реализуется мощными мехлопатами и драглайнами путем перекидки вскрышных пород в выработанное пространство (ВП) карьера. При цикличной технологии как выемочно-погрузочные, так и транспортные работы осуществляются техникой прерывного действия, т.е. выемочно-погрузочными машинами (ПМ) и транспортными машинами (ТМ) цикличного действия (ЦД). При циклично-поточной технологии выемочно-погрузочные работы выполняются техникой цикличного действия (ПМ ЦД), транспортные работы — техникой непрерывного действия (ТМ НД). При поточно-цикличной технологии выемочно-по-

Таблица 1

Классификация составляющих технологий открытой разработки полезных ископаемых
Classification of components of open pit mineral mining technologies

Классификационные признаки	Название составляющих технологий
Непрывность процессов выемки, погрузки и перемещения горных пород	цикличная поточная
Способ транспортировки горных пород к пункту назначения	бестранспортная транспортная специальная комбинированная

Таблица 2

Классификация технологий открытой разработки полезных ископаемых
Classification of open pit mineral mining technologies

Классификационные признаки	Название технологий
Непрерывность процессов выемки, погрузки, перемещения горных пород и способ их транспортировки	циклично-бестранспортная циклическая циклично-поточная поточно-циклическая поточная комбинированная

грузочные работы осуществляются техникой непрерывного действия (ПМ НД), а транспортные работы — техникой циклического действия (ТМ ЦД). При поточной технологии как выемочно-погрузочные, так и транспортные работы выполняются техникой непрерывного действия (ПМ НД и ТМ НД). Эти технологии схематично изображены на рис. 4.

К наиболее высокому уровню способа производства относятся циклично-бестранспортная и поточная технология разработки полезного ископаемого и вскрышных пород. Последняя технология реализуется при использовании выемочно-погрузочной техники непрерывного действия (роторные, многочерковые экскаваторы, гидромониторы, драги) в сочетании с транспортными средствами аналогичного действия (конвейеры, трубопроводы). Она характеризуется выполнением всех процессов

в одном темпе, неразрывностью общего процесса разработки и равномерностью его реализации.

Следующий уровень производства по эффективности представлен циклично-поточной и поточно-циклической технологиями горных работ.

В первом случае выемочно-погрузочные работы осуществляются техникой циклического действия (одноковшовые экскаваторы, карьерные погрузчики, бульдозеры, скреперы), а транспортировка горной массы после ее обработки на дробильных или грохотильных установках — машинами непрерывного действия (конвейеры).

Во втором случае погрузка производится машинами непрерывного действия (роторный, фрезерный экскаватор), а транспортировка — средствами непрерывного действия (железнодорожный, автомобильный транспорт). Эти техноло-

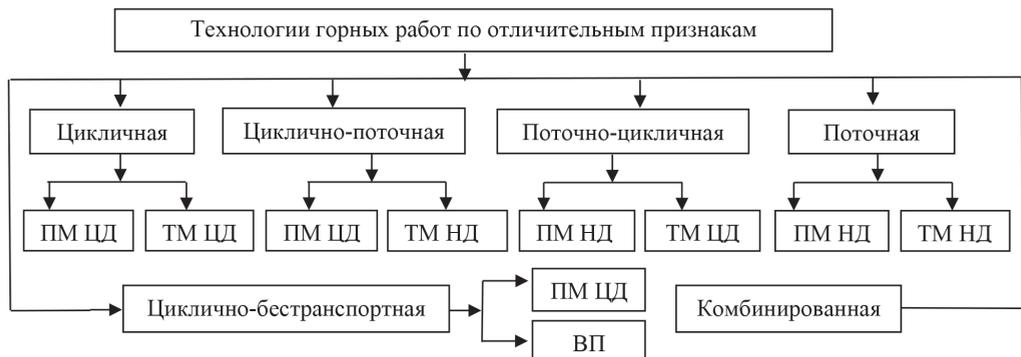


Рис. 4. Структура технологий открытой разработки полезных ископаемых
 Fig. 4. Structure of open pit mineral mining technologies

гии достаточно эффективны и более перспективны.

Распространенной является цикличная технология открытой разработки полезных ископаемых. Здесь выемочно-погрузочные работы выполняются оборудованием циклического действия (одноковшовые экскаваторы, карьерные погрузки, бульдозеры, скреперы), в качестве транспортных средств используются также машины циклического действия (железнодорожный транспорт, автотранспорт, скипы, грузоподъемники и т.д.). Перспективными являются технологии разработки с использованием нестандартных способов подготовки горных пород, выемки, погрузки и транспортировки.

В целом, рационально выбранная технология разработки во взаимосвязке с параметрами системы разработки и технических характеристик применяемых средств механизации должна служить базой для внедрения в широком масштабе безопасных малоотходных и безотходных производств, позволяющих обеспечить полноту выемки полезных ископаемых из недр, глубокую их переработку, комплексное использование всех отходов и сократить или полностью исключить негативное воздействие горных работ на окружающую среду.

Заключение

- Обосновано, что понятия «разработка месторождения полезных ископаемых», «разработка полезных ископаемых» не одного порядка, а различного иерархического уровня.

- Технология и система разработки полезных ископаемых — не синонимы. Система разработки является оболоч-

кой технологий горных работ, т.е. средой, где функционирует технология разработки полезных ископаемых. Это четко разграничивает понятия «система разработки» и «технология разработки полезных ископаемых».

- Технология открытой разработки полезных ископаемых структурно состоит из двух элементов: выемочно-погрузочных и транспортных работ. Ее отличительными признаками являются: непрерывность процессов выемки, погрузки, перемещения горных пород и способ транспортировки последних к пункту назначения. Они определяют вид и содержание классификации технологий открытой разработки полезных ископаемых.

- При совместном учете этих классификационных признаков технология открытой разработки подразделяется на: циклично-бестранспортную, цикличную, циклично-поточную, поточно-цикличную и поточную. Приведены классификация технологий открытой разработки полезных ископаемых и структура технологий.

- Рационально выбранная технология разработки во взаимосвязке с параметрами системы разработки и технических характеристик применяемых средств механизации должна служить базой для внедрения в широком масштабе безопасных малоотходных и безотходных производств, позволяющих обеспечить полноту выемки всех полезных ископаемых из недр, глубокую их переработку, комплексное использование всех отходов и сократить или полностью исключить негативное воздействие горных работ на окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников Н.В. Избранные труды: Состояние и проблемы развития горной науки и техники в СССР. — М.: Наука, 1992. — 230 с.

2. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Ч. 2. — М.: Недра, 1985. — 550 с.

3. Шешко Е.Ф. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. — М.-Харьков: Углетехиздат, 1951. — 222 с.

4. Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В., Коваленко В.С. Проектирование карьеров. — М.: Высшая школа, 2009. — 694 с.
5. Ракишев Б.Р. Системы и технологии открытой разработки. — Алматы: НИЦ «Гылым», 2003. — 328 с.
6. БСЭ. Т. 21. С. 301—307. Т. 23. С. 463—470. — М.: Советская энциклопедия, 1976.
7. Горная энциклопедия. Т. 4. С. 301. Г. 1, С. 439. — М.: Советская энциклопедия, 1989.
8. Rakishev B.R. Systematization of the elements of minerals opencast development / 16th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, Istanbul, Turkey, 2016, p. 21.
9. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В. Состояние и перспективы развития открытых горных работ в XXI веке // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — СВ 45-1. — С. 21—32.
10. Галкин В.И., Шешко Е.Е. Перспективы развития транспортных систем в глубоких карьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — СВ 1. — С. 369—379.
11. Яковлев В.Л., Яковлев В.А. Формирование транспортных систем карьеров с учетом адаптации к изменяющимся условиям разработки глубокозалегающих сложноструктурных месторождений // Известия вузов. Горный журнал. — 2018. — № 6. — С. 118—126.
12. Секисов Г.В., Чебан А.Ю., Соболев А.А., Якимов А.А. Система основных категорий комплексной оценки горных технологий // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 4. — С. 187—198. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-187-198.
13. Meisam Saleki, Reza Kakaie, Mahammad Ataei Mathematical relationship between ultimate pit limits generated by discounted and undiscounted block value maximization in open pit mining // Journal of Sustainable Mining, 2019, Vol. 18, Issue 2, Pp. 94—99. DOI: 10.1016/j.jsm.2019.03.003.
14. Giovanni Franco-Sepulveda, Juan Camilo Del Rio-Cuervo, Maria Angelica, Pachon-Hernandez State of the art about metaheuristics and artificial neural networks applied to open pit mining // Resources Policy, 2019, Vol. 60, Pp. 125—133. DOI: 10.1016/j.resourpol.2018.12.013.
15. Whittle D., Brazilb M., Grossmana P.A., Rubinsteinc J.H., Thomasa D.A. Combined optimisation of an open-pit mine outline and the transition depth to underground mining // European Journal of Operational Research, 2018, Vol. 268, Issue 2, Pp. 624—634. DOI: 10.1016/j.ejor.2018.02.005.
16. Hongquan Guo, Hoang Nguyen, Diep-Anh Vu, Xuan-Nam Bui Forecasting mining capital cost for open-pit mining projects based on artificial neural network approach // Resources Policy, Available online 23 August 2019, 101474. DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.101474.
17. Montiel Luis, Roussos Dimitrakopoulos, Kazuhiro Kawahata Globally optimising open-pit and underground mining operations under geological uncertainty // Mining Technology, 2016, Vol. 125, no. 1, Pp. 2—14. DOI: 10.1179/1743286315Y.0000000027.
18. Paricheh Morteza, Morteza Osanloo, Mehdi Rahmanpour A heuristic approach for in-pit crusher and conveyor system's time and location problem in large open-pit mining // International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 2018, Vol. 32, no. 1, Pp. 35—55. DOI: 10.1080/17480930.2016.1247206.
19. Symonenko V.I., Jamil Sami Haddad, Cherniaiev O.V., Rastsvietaiev V.O., Al-Rawashdeh M.O. Substantiating Systems of Open-Pit Mining Equipment in the Context of Specific Cost // Journal of the Institution of Engineers (India): Series D. 2019, Vol. 100, Pp. 301—305. DOI: 10.1007/s40033-019-00185-2. **ГИАБ**

REFERENCES

1. Mel'nikov N.V. *Izbrannyye trudy: Sostoyanie i problemy razvitiya gornoy nauki i tekhniki v SSSR* [Selectals: State and development problems in the mining science and technology in the USSR], Moscow, Nauka, 1992, 230 p.

2. Rzhnevskiy V.V. *Otkrytye gornye raboty*. Ch. 2 [Open pit mining, part 2], Moscow, Nedra, 1985, 550 p.
3. Sheshko E.F. *Otkrytaya razrabotka mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh* [Open pit mining of mineral deposits], Moscow-Khar'kov, Ugletekhizdat, 1951, 222 p.
4. Trubetskoy K.N., Krasnyanskiy G.L., Khronin V.V., Kovalenko V.S. *Proektirovanie kar'erov* [Open pit mine design], Moscow, Vysshaya shkola, 2009, 694 p.
5. Rakishev B.R. *Sistemy i tekhnologii otkrytoy razrabotki* [Systems and technologies of open pit mining], Almaty, NITS «Gylym», 2003, 328 p.
6. *Bol'shaya sovetskaya entsiklopediya* [Great soviet encyclopedia], Vol. 21, pp. 301–307. Vol. 23, pp. 463–470], Moscow, Sovetskaya entsiklopediya, 1976.
7. *Gornaya entsiklopediya* [Mining encyclopedia]. Vol. 4, pp. 301, chapter 1, pp. 439], Moscow, Sovetskaya entsiklopediya, 1989.
8. Rakishev B.R. Systematization of the elements of minerals opencast development. *16th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production*, Istanbul, Turkey, 2016, p. 21.
9. Trubetskoy K.N., Ryl'nikova M.V. State and development prospects of open pit mining in XXI century. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015. Special edition 45-1, pp. 21–32. [In Russ].
10. Galkin V.I., Sheshko E.E. Prospects for advance of transport systems in deep open pit mines. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2018. Special edition 1, pp. 369–379. [In Russ].
11. Yakovlev V.L., Yakovlev V.A. Formation of transport systems for open pit mines with regard to their adaptability to variable production climate at deep-seated complex-structure deposits. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*. 2018, no 6, pp. 118–126. [In Russ].
12. Sekisov G.V., Cheban A.Yu., Sobolev A.A., Yakimov A.A. Grading system for integrated assessment of mining technologies. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;4:187-198. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-187-198.
13. Meisam Saleki, Reza Kakaie, Mahammad Ataei Mathematical relationship between ultimate pit limits generated by discounted and undiscounted block value maximization in open pit mining. *Journal of Sustainable Mining*, 2019, Vol. 18, Issue 2, Pp. 94–99. DOI: 10.1016/j.jsm.2019.03.003.
14. Giovanni Franco-Sepulveda, Juan Camilo Del Rio-Cuervo, Maria Angelica, Pachon-Hernandez State of the art about metaheuristics and artificial neural networks applied to open pit mining. *Resources Policy*, 2019, Vol. 60, Pp. 125–133. DOI: 10.1016/j.resourpol.2018.12.013.
15. Whittle D., Brazilb M., Grossmana P.A., Rubinsteinc J.H., Thomasa D.A. Combined optimisation of an open-pit mine outline and the transition depth to underground mining. *European Journal of Operational Research*, 2018, Vol. 268, Issue 2, Pp. 624–634. DOI: 10.1016/j.ejor.2018.02.005.
16. Hongquan Guo, Hoang Nguyen, Diep-Anh Vu, Xuan-Nam Bui Forecasting mining capital cost for open-pit mining projects based on artificial neural network approach. *Resources Policy*, Available online 23 August 2019, 101474. DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.101474.
17. Montiel Luis, Roussos Dimitrakopoulos, Kazuhiro Kawahata Globally optimising open-pit and underground mining operations under geological uncertainty. *Mining Technology*, 2016, Vol. 125, no. 1, Pp. 2–14. DOI: 10.1179/1743286315Y.0000000027.
18. Paricheh Morteza, Morteza Osanloo, Mehdi Rahmanpour A heuristic approach for in-pit crusher and conveyor system's time and location problem in large open-pit mining. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2018, Vol. 32, no. 1, Pp. 35–55. DOI: 10.1080/17480930.2016.1247206.
19. Symonenko V.I., Jamil Sami Haddad, Cherniaiev O.V., Rastsvietaiev V.O., Al-Rawashdeh M.O. Substantiating Systems of Open-Pit Mining Equipment in the Context of Specific Cost. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series D*. 2019, Vol. 100, Pp. 301–305. DOI: 10.1007/s40033-019-00185-2.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Ракишев Баян Ракишевич — академик НАН РК, д-р техн. наук, профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан, e-mail: b.rakishev@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

B.R. Rakishev, Academician of NAS of the Republic of Kazakhstan, Dr. Sci. (Eng.), Professor, e-mail: b.rakishev@mail.ru, K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan,

Получена редакцией 29.11.2019; получена после рецензии 19.12.2019; принята к печати 20.02.2020.
Received by the editors 29.11.2019; received after the review 19.12.2019; accepted for printing 20.02.2020.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД

(№ 1212/03–20 от 29.01.2020; 12 с.)

*Шогенова Залина Асланбековна*¹ — старший преподаватель, e-mail: shogenova.88@mail.ru,

*Жилов Ислам Анзорович*¹ — студент, e-mail: Wazaabi@mail.ru,

*Замеев Руслан Анзорович*¹ — студент, e-mail: Zamaev1998@gmail.com,

*Созаев Ильяс Исхакович*¹ — студент, e-mail: sozaev.ilias2014@yandex.ru,

*Нагоев Султан Артурович*¹ — студент, e-mail: sjsula07@gmail.com,

¹ Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова.

Проведено исследование буровзрывных работ (БВР), которые являются первыми в цепи технологических процессов горного производства и в значительной мере определяют себестоимость добычи полезных ископаемых. На крупных карьерах затраты на БВР достигают 30% от общих затрат на добычу и ожидается их увеличение по мере понижения горных работ. Требования к БВР в этой связи неуклонно растут в части сокращения затрат, а параметры бурения и взрывания оптимизируются в зависимости от изменяющихся горнотехнических условий.

Ключевые слова: мониторинг, шарошечное бурение, буровзрывные работы, алгоритмы, бурение массивов горных пород, гидроратоматика.

THE STUDY OF MONITORING ALGORITHMS AND PROCESS CONTROL CONE DRILLING ROCK MASSES

*Z.A. Shogenova*¹, Senior Lecturer, e-mail: shogenova.88@mail.ru,

*I.A. Zhilov*¹, Student, e-mail: Wazaabi@mail.ru, *R.A. Zamaev*¹, Student,

e-mail: Zamaev1998@gmail.com,

*I.I. Sozaev*¹, Student, e-mail: sozaev.ilias2014@yandex.ru, *S.A. Nagoev*¹, Student,

e-mail: sjsula07@gmail.com,

¹ Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov,

360004, North Caucasian Federal district, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Russia.

The work is devoted to the study of drilling and blasting operations (BLR), since they are the first in the chain of technological processes of mining and to a large extent determine the cost of mining. In large quarries, the costs of drilling and blasting operations reach 30% of the total production costs and are expected to increase as mining operations decrease. In this regard, the requirements for drilling and blasting are steadily growing in terms of cost reduction, and drilling and blasting parameters are optimized depending on changing mining conditions.

Key words: monitoring, cone drilling, blasting, algorithms, drilling rock masses, hydropathics.