УДК 622.342.1
ББК 33.333

DOI: 10.25683/VOLBI.2021.56.320

Shulgina Kristina Aleksandrovna,
Postgraduate, Senior Lecturer
of the Department of Business Informatics
and Modeling of Business Processes,
Institute of Business Process Management,
Siberian Federal University,
Russian Federation, Krasnoyarsk,
e-mail: sibirak888@gmail.com

Шульгина Кристина Александровна,
аспирант, старший преподаватель
кафедры бизнес-информатики
и моделирования бизнес-процессов,
Институт управления бизнес-процессов,
Сибирский федеральный университет,
Российская Федерация, г. Красноярск,
e-mail: sibirak888@gmail.com

Kuzina Lyudmila Nikolaevna,
Candidate of Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Business Informatics
and Modeling of Business Processes,
Institute of Business Process Management,
Siberian Federal University,
Russian Federation, Krasnoyarsk,
e-mail: debi13@mail.ru

Кузина Людмила Николаевна,
канд. экон. наук, доцент,
доцент кафедры бизнес-информатики
и моделирования бизнес-процессов,
Институт управления бизнес-процессов,
Сибирский федеральный университет,
Российская Федерация, г. Красноярск,
e-mail: debi13@mail.ru

Mironova Zhenni Vladimirovna,
Candidate of Technical Sciences, Professor of RAE,
Associate Professor of the Department of Business Informatics
and Modeling of Business Processes,
Institute of Business Process Management,
Siberian Federal University,
Russian Federation, Krasnoyarsk,
e-mail: mirgenni@yandex.ru

Миронова Женни Владимировна,
канд. техн. наук, профессор РАЕ,
доцент кафедры бизнес-информатики
и моделирования бизнес-процессов,
Институт управления бизнес-процессов,
Сибирский федеральный университет,
Российская Федерация, г. Красноярск,
e-mail: mirgenni@yandex.ru

Konev Alexandr Vasilevich,
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Senior Researcher,
Director of INTECO LLC,
Russian Federation, Krasnoyarsk,
e-mail: 190712avk@gmail.com

Конев Александр Васильевич,
канд. физ.-мат. наук,
старший научный сотрудник,
директор ООО «ИНТЕКО»,
Российская Федерация, г. Красноярск,
e-mail: 190712avk@gmail.com

Korotkevich Vladimir Aleksandrovich,
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Director of RADOS LLC,
Russian Federation, Krasnoyarsk,
e-mail: kva011151@yandex.ru

Короткевич Владимир Александрович,
канд. физ.-мат. наук,
директор ООО «РАДОС»,
Российская Федерация, г. Красноярск,
e-mail: kva011151@yandex.ru

КРИТЕРИИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

FEASIBILITY CRITERIA FOR APPLICATION OF PRE-ENRICHMENT TECHNOLOGIES FOR MODERNIZATION OF MINING INDUSTRIES

08.00.05 — Экономика и управление народным хозяйством
08.00.05 — Economics and management of national economy

Статья посвящена актуальной для горно-металлургической промышленности проблеме, обусловленной снижением качества минерально-сырьевой базы и ростом затрат на переработку руд. Проведен анализ системных проблем горнодобывающей отрасли, выявлены направления решения поставленных проблем.

Технологическая эффективность обогащения твердых полезных ископаемых определяется в общем случае тремя детерминированными и стохастическими факторами: содержанием и минеральной формой ценного компонента в исходной руде, ее контрастностью перед разделением

и способностью аппарата селективно сортировать поток руды на обогащенный и обедненный продукты.

Однако контрастность не является однозначным критерием эффективности предварительного обогащения руд цветных и драгоценных металлов. В связи с этим применение феноменологического подхода к разработке промышленных технологий обогащения на основе корреляционной связи контрастности и обогатимости ограничено случаями низких содержаний ценного компонента и высокой селективностью сортировки потока руды обогатительным аппаратом. Установлены критерии целесообразности применения

технологии предварительного обогащения для конкретной руды. Оценена величина повышения эффективности производства товарных концентратов при совместном применении технологий предварительного и глубокого обогащения. В современных условиях ужесточения экологических требований горнодобывающие предприятия вынуждены модернизировать производственные мощности.

Технология предварительного обогащения наиболее доступна из имеющихся технологий, позволяющих снизить экологическую нагрузку за счет снижения количества мелкодисперсных отходов, переизмельчения, применения реагентов. Применение предложенных критериев оценки целесообразности внедрения технологии предварительного обогащения конкретных руд позволит повысить полноту извлечения ценных компонентов, снизить экологическую нагрузку, повысить эффективность горнодобывающей отрасли.

The article is devoted to a topical issue of the mining and metallurgical industry, caused by a decrease in the quality of the mineral resource base and an increase in the cost of ore processing. The analysis of the systemic problems of the mining industry is carried out; directions for solving the problems posed are identified.

The technological efficiency of enrichment of solid minerals is generally determined by three deterministic and stochastic factors: the content and mineral form of the valuable component in the original ore, its contrast before separation, and the ability of the apparatus to selectively sort the ore flow into enriched and depleted products.

The contrast is not an unambiguous criterion for the efficiency of preliminary concentration of non-ferrous and precious metal ores. In this regard, the application of a phenomenological approach to the development of industrial processing technologies based on the correlation between contrast and washability is limited to cases of low contents of the valuable component and high selectivity of sorting the ore flow by the dressing apparatus. The criteria for the expediency of applying the pre-enrichment, technology for a particular ore have been established. The magnitude of the increase in the efficiency of the production of commercial concentrates with the combined use of technologies of preliminary and deep concentration is estimated. In modern conditions of stricter environmental requirements, mining enterprises are forced to modernize their production facilities.

Introduction of pre-enrichment technology is the most accessible of the available technologies, allowing to reduce the environmental load by reducing the amount of fine waste, over-grinding, and the use of reagents. Application of the proposed criteria for assessing the feasibility of preliminary concentration of specific ores will increase the completeness of extraction of valuable components, reduce the environmental load, and increase the efficiency of the mining industry.

Ключевые слова: отбитая горная масса, контрастность, предварительное обогащение, технологическая эффективность, руда, концентрат, минерально-сырьевая база, цветные металлы, золото, эффективность.

Keywords: chipped rock mass, contrast, preliminary enrichment, technological efficiency, ore, concentrate, mineral resource base, non-ferrous metals, gold, efficiency.

Введение

Актуальность выбранной темы исследования обусловлена тем, что для горно-металлургической промышленности характерна проблема снижения качества минерально-сырьевой базы и роста затрат на переработку руд [1—5]. Между тем горнодобывающая и перерабатывающая отрасль является основой промышленного развития региона и страны в целом.

Изученность проблемы снижения технологической и экономической эффективности отработки месторождений полезных ископаемых и использования технологий предварительного обогащения представлена работами Оганесяна Л. В., Мирлина Е. Г., Мокроусова В. А., Чантурии В. А., Баранова В. Ф. [5—9].

Целесообразность представленной темы исследования и ее научной разработки определяется высокой практической значимостью получаемых результатов. Обоснование перспектив развития горно-металлургической отрасли региона и страны на основе предложенных критериев целесообразности применения технологий предварительного обогащения может быть основой повышения эффективности работы горнодобывающих предприятий и снижения экологической нагрузки.

Научная новизна исследования состоит в разработке авторского подхода к технологической переработке отбитой горной массы на основе установления зависимостей технологической эффективности предварительного обогащения твердых полезных ископаемых от среднего содержанием, от содержания полезного компонента в каждом куске отбитой горной массы, минеральной формы полезного ископаемого в руде, гетерогенности и контрастности руды кусковой и порционной перед предварительным обогащением на разных этапах переработки руд и способностью аппарата селективно сортировать поток руды на обогащенный и обедненный продукты. Это позволит снизить эксплуатационные затраты и повысить эффективность отработки месторождений.

Основной **целью** исследования является разработка теоретических основ моделирования целесообразности предварительного обогащения как для модернизации действующих, так и для проектируемых предприятий горнодобывающей промышленности. В рамках исследования решены следующие **задачи**: анализ современного состояния технологии, выявление динамики эффективности отрасли и резервов ее повышения, установление и обоснование критериев применимости технологии предварительного обогащения.

Теоретическая значимость состоит в том, что предложенные методологические основы могут быть использованы для выбора и обоснования направлений дальнейшего развития и модернизации предприятий горно-металлургического комплекса.

Проведенное исследование имеет большую **практическую значимость**, поскольку позволит более полно извлекать полезные компоненты из недр, снижать экологическую нагрузку при добыче и переработке руд, тем самым повышая эффективность работы предприятий горно-металлургического комплекса.

Основная часть

Оценка целесообразности применения предварительного обогащения. Главным условием целесообразности применения предварительного обогащения является повышение рентабельности P_3^* производства горнодобывающего предприятия по всей технологической цепочке

относительно значения P_3 его работы в технологической модели глубокого обогащения [10, 11]:

$$P_3^* - P_3 > 0. \quad (1)$$

Неравенство (1) преобразуем в следующее соотношение:

$$\alpha(1 - R)(1 - W)[Q^*(1 - P^*)\varepsilon^* \left(\frac{\Pi^* \times K_B^*}{3^*} - 1\right) - Q(1 - P)\varepsilon \left(\frac{\Pi}{3 \times K_B} - 1\right)] > 0, \quad (2)$$

где α — среднее содержание ценного компонента в балансовых запасах; Q — объем отбиваемой горной массы в единицу времени; R — разубоживание отбитой горной массы пустой породой, включая горно-технологическое $R_{гт}$ и геолого-экономическое $R_{гэ}$; P и ε — потери ценного компонента при добыче и его сквозное извлечение при переработке соответственно; W — вероятность нахождения предприятия в нерабочем состоянии; K_B — параметр, отражающий зависимость рублевой выручки и затрат производства Z от курса рубля к иностранным валютам, используемым в международной торговле; P_3 — рентабельность горнодобывающего предприятия; Z — себестоимость производства концентратов и металлов, Π — цены на них; Q^* , P^* , ε^* и 3^* — объемы добычи, потери металла при отбойке и транспортировке, его сквозное извлечение, затраты с предварительным обогащением сырья соответственно [11—15].

Множитель $\alpha(1 - R)(1 - W) > 0$. Неравенство (3) выполняется, если

$$Q^*(1 - P^*)\varepsilon^* \left(\frac{\Pi^* \times K_B^*}{3^*} - 1\right) > Q(1 - P)\varepsilon \left(\frac{\Pi}{3 \times K_B} - 1\right). \quad (3)$$

Величины $(1 - P)$ и $(1 - P^*)$ положительны по определению. Поэтому необходимым и достаточным условием выполнения соотношения (3) являются неравенства

$$Q^* > Q, \quad (4)$$

$$P^* < P, \quad (5)$$

$$\varepsilon^* > \varepsilon, \quad (6)$$

$$3^* < 3. \quad (7)$$

Согласно им технологическими критериями целесообразности применения предварительного обогащения являются увеличение объемов переработки руд $Q^* > Q$ в порядке возмещения выделенной породы без наращивания мощности перерабатывающего комплекса [2], снижение потерь металла $P^* < P$ при добыче и компенсация потерь ценного компонента с хвостами предварительного обогащения $\Delta\varepsilon_{по} = 1 - \varepsilon_{по}$ повышением извлечения на стадиях глубокого обогащения $\Delta\varepsilon_{го} = 1 - \varepsilon_{го}$ и химико-металлургической переработки $\Delta\varepsilon_{хм} = 1 - \varepsilon_{хм}$:

$$\Delta\varepsilon_{по} \leq |\varepsilon_{го} + \varepsilon_{хм}|. \quad (8)$$

Экономическим критерием целесообразности применения предварительного обогащения является компенсация затрат $Z_{по}$ на предварительное обогащение снижением издержек глубокого обогащения $\Delta Z_{го} = Z_{го} - Z_{го}^*$ и химико-металлургического передела $\Delta Z_{хм} = Z_{хм} - Z_{хм}^*$:

$$\Delta Z_{по} \leq |\Delta Z_{го} + \Delta Z_{хм}|. \quad (9)$$

Эффект определяется также местом нахождения комплекса предварительного обогащения и структурой совокупных издержек Z предприятия, выражаемых уравнением

$$Z = a_d + a_{кд} + (a_t + a_{кт}) + (a_n + a_{кп} + a_y + a_{кы}), \quad (10)$$

где a_d , a_t , a_n и a_y — затраты на добычу, транспортировку, переработку и утилизацию отходов соответственно в расчете на тонну сырья; $a_{кд}$, $a_{кт}$, $a_{кп}$ и $a_{кы}$ — амортизационные отчисления на восстановление связанных с этими процессами основных средств.

В случае расположения комплекса предварительного обогащения в непосредственной близости к месту добычи руды (карьеру, руднику) затраты $Z^*(1)$ определяются выражением

$$Z^*(1) = a_d + a_{кд} + Z_{по}(1) + [(a_t + a_{кт}) + (a_n + a_{кп} + a_y + a_{кы})]\gamma_k^*(1), \quad (11)$$

в котором $Z_{по}(1) = a_{по} + a_{кп}$ — издержки предварительного обогащения на единицу отбитой горной массы; γ_k^* — выход его концентрата, равный $\gamma_k^* = 1 - \gamma_x^*$, где γ_x^* — выход хвостов предварительного обогащения.

Если комплекс предварительного обогащения располагается рядом с обоганительной фабрикой, то затраты $Z^*(2)$ равны:

$$Z^*(2) = a_d + a_{кд} + (a_t + a_{кт}) + Z_{по}(2) + (a_n + a_{кп} + a_y + a_{кы})\gamma_k^*(2). \quad (12)$$

Условием снижения себестоимости горнодобывающего предприятия с предварительным обогащением является выполнение неравенств

$$3 - Z^*(1) > 0, \quad (13)$$

$$3 - Z^*(2) > 0, \quad (14)$$

преобразуемых с использованием выражений (10)—(12) в соотношения

$$\gamma_x^*(1) > Z_{по}(1) : [(a_t + a_{кт}) + (a_n + a_{кп} + a_y + a_{кы})], \quad (15)$$

$$\gamma_x^*(2) > Z_{по}(2) : (a_n + a_{кп} + a_y + a_{кы}), \quad (16)$$

из которых следует, что выход хвостов предварительного обогащения должен превышать величину отношения затрат на нее к сумме всех остальных издержек горнодобывающего предприятия на транспортировку и переработку сырья. Учитывая, что $Z_{по}(1) \approx Z_{по}(2)$, получим из сравнения выражений (15) и (16) тождество

$$\gamma_x^*(1)[(a_t + a_{кт}) + (a_n + a_{кп} + a_y + a_{кы})] = \gamma_x^*(2)(a_n + a_{кп} + a_y + a_{кы}), \quad (17)$$

которое выполняется при условии

$$\gamma_x^*(1) < \gamma_x^*(2), \quad (18)$$

так как очевидно, что

$$[(a_t + a_{кт}) + (a_n + a_{кп} + a_y + a_{кы})] > (a_n + a_{кп} + a_y + a_{кы}). \quad (19)$$

Таким образом, эффект от применения предварительного обогащения выше в случае нахождения комплекса в непосредственной близости к месту добычи руды, причем тем значительнее, чем больше затраты на транспорт, глубокое

обогащение и химико-металлургическую переработку концентратов. Затраты на два последних передела, включаемые в себестоимость продукции горно-металлургических комбинатов, выше таковых для горно-обогатительных комбинатов. В связи с чем, согласно выражениям (15) и (16), пороговый выход хвостов предварительного обогащения для горно-металлургического комбината будет ниже, чем для горно-обогатительного комбината, а эффект выше при равных γ_x^* (1) и γ_x^* (2). Предварительное обогащение в непосредственной близости к месту добычи руды будет технологически эффективнее, в силу того что контрастность отбитой горной массы снижается усреднением.

Действительно, преобразуем выражение (3) к виду

$$3^* < (\text{Ц}^* \div \text{К}_B^*) : [(1 - \text{К}_T) + (\text{К}_T \times \text{Ц}) \div (3 \times \text{К}_B)], \quad (20)$$

где технологический параметр

$$\text{К}_T = [Q(1 - P)\varepsilon] : [Q^*(1 - P^*)\varepsilon^*] \quad (21)$$

изменяется в пределах $0 < \text{К}_T < 1$ с учетом соотношений (4—(6). Неравенство (20) упрощается при $\text{К}_T \rightarrow 1$ до вида

$$3^* < 3 [\text{Ц}^* \times \text{К}_B] : [\text{К}_B^* \times \text{Ц}], \quad (22)$$

а при $\text{К}_T \rightarrow 0$ до

$$3^* < \text{Ц}^* : \text{К}_B^*. \quad (23)$$

Из соотношений (22) и (23) следует, что внедрение предварительного обогащения целесообразно без существенного улучшения технологических показателей горнодобывающего предприятия ($\text{К}_T \rightarrow 1$) лишь при очевидном тренде на повышение цены Ц^* и снижении курса рубля в период окупаемости проекта. Если технологические показатели значительно возрастают ($\text{К}_T \rightarrow 0$), то применение предварительного обогащения целесообразно даже при снижении Ц^* и повышении курса рубля.

Заключение

Таким образом, применение технологических критериев, среди которых увеличение объемов переработки руд в порядке возмещения выделенной породы без наращивания мощности перерабатывающего комплекса; снижение потерь металла при добыче и с отвальными хвостами повышением извлечения на стадиях глубокого обогащения и химико-металлургической переработки, а также экономических критериев — компенсации затрат предварительного обогащения снижением издержек глубокого обогащения и химико-металлургического передела, позволит снизить экологическую нагрузку, повысить уровень использования минерально-сырьевой базы, эффективность горнодобывающих предприятий и инвестиционную привлекательность отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожиев Х. Х., Ломоносов Г. Г. Рудничные системы управления качеством минерального сырья. М. : Изд-во МГГУ, 2008. 292 с.
2. Чантурия В. А. Современные проблемы обогащения минерального сырья в России // Вестник ОГТГН РАН. 1998. № 4(6). С. 17.
3. Результаты переоценки минерально-сырьевой базы металлических полезных ископаемых Российской Федерации / Ю. М. Дауев, П. Я. Бакланов, В. П. Василенко и др. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2000. № 4. С. 32—39.
4. МСБ золота России и ее перспективы до 2035 г. URL: <http://www.gold.lprime.ru/bulletin/reviews/show.asp?id=36745>.
5. Оганесян Л. В., Мирлин Е. Г. Проблема исчерпания минерально-сырьевых ресурсов земной коры // Горная промышленность. 2019. № 6. С. 100—105. URL: <http://dx.doi.org/10.30686/1609-9192-2019-6-148-100-105>.
6. Мокроусов В. А., Лилеев В. А. Радиометрическое обогащение нерадиоактивных руд. М. : Недра, 1979. 192 с.
7. Мокроусов В. А. Контрастность руд, ее определение и использование при оценке обогатимости // Минеральное сырье. 1960. Вып. 1. С. 316—319.
8. Баранов В. Ф. Обзор мировых достижений и проектов рудоподготовки новейших зарубежных фабрик // Обогащение руд. 2008. № 1. С. 8—12.
9. Цыпин Е. Ф. Научные основы и технологии предварительного обогащения минерального и техногенного сырья : дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург, 2000. 323 с.
10. Проблемы отработки месторождений руд цветных металлов и золота с предварительным обогащением / А. В. Конев, С. П. Киселева, К. А. Штреслер и др. // Записки горного института. 2013. Т. 205. С. 179—184.
11. Инвестиционное проектирование высокорентабельной отработки месторождений руд цветных металлов и золота с применением новаций рудоподготовки / А. В. Конев, К. А. Шульгина, С. Ф. Богдановская и др. // Цветные металлы и минералы — 2015 : сб. докл. VII междунар. конгр. Красноярск, 2015. С. 1356—1363.
12. Предпосылки для формирования золотодобывающих кластеров в России / А. В. Конев, В. А. Макаров, К. А. Шульгина и др. // Техника и технология. 2017. № 10(7). С. 940—951.
13. Батугина Н. С., Джемакулова И. Д., Ткач С. М. Новые аспекты оценки разубоживания руд при разработке месторождений // ГИАБ. 2007. № 2. С. 124—130.
14. Конев А. В., Шульгина К. А., Миронова Ж. В. К вопросу разубоживания и потерь полезных компонентов при отработке месторождений руд цветных металлов и золота // Цветные металлы и минералы — 2015 : сб. докл. VII междунар. конгр. Красноярск, 2015. С. 58—65.
15. Об утверждении стратегии развития черной и цветной металлургии России на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 года : приказ МП и Т РФ от 05.05.2014 г. № 839.

REFERENCES

1. Kozhiev Kh. Kh., Lomonosov G. G. *Mine management systems for the quality of mineral raw materials*. Moscow, MMU publ., 2008. 292 p. (In Russ.)
2. Chanturia V. A. Modern problems of mineral processing in Russia. *Bulletin of OGGGGN RAS*, 1998, no. 4(6), p. 17. (In Russ.)
3. Dauev Yu. M., Baklanov P. Ya., Vasilenko V. P. et al. Results of reevaluation of the mineral resource base of metal minerals of the Russian Federation. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2000, no. 4, p. 32—39. (In Russ.)
4. *Mineral resource base of gold of Russia and its prospects until 2035*. (In Russ.) URL: <http://www.gold.1prime.ru/bulletin/reviews/show.asp?id=36745>.
5. Oganesyan L. V., Mirlin E. G. The problem of depletion of mineral resources of the earth's crust. *Mining Industry*, 2019, no. 6, pp. 100—105. (In Russ.) DOI: <http://dx.doi.org/10.30686/1609-9192-2019-6-148-100-105>.
6. Mokrousov V. A., Lileev V. A. *Radiometric enrichment of non-radioactive ores*. Moscow, Nedra, 1979. 192 p. (In Russ.)
7. Mokrousov V. A. Contrast of ores, its definition and use in the assessment of washability. *Mineral Raw Materials*, 1960, iss. 1, pp. 316—319. (In Russ.)
8. Baranov V. F. Review of world achievements and ore preparation projects of the newest foreign factories. *Ore Enrichment*, 2008, no. 1, pp. 8—12. (In Russ.)
9. Tsylin E. F. *Scientific bases and technologies for preliminary enrichment of mineral and technogenic raw materials*. Diss. of the Doc. of Tech. sciences. Ekaterinburg, 2000, 323 p. (In Russ.)
10. Konev A. V., Kiseleva S. P., Shtresler K. A. et al. Problems of mining of deposits of non-ferrous metals and gold ores with preliminary enrichment. *Notes of the Mining Institute*, 2013, vol. 205, pp. 179—184. (In Russ.)
11. Konev A. V., Shulgina K. A., Bogdanovskaya S. F. et al. Investment design of highly profitable mining of non-ferrous metal and gold ore deposits with the use of ore preparation innovations. In: *Non-ferrous metals and minerals — 2015. Reports of VII Int. congress*. Krasnoyarsk, 2015. Pp. 1356—1363. (In Russ.)
12. Konev A. V., Makarov V. A., Shulgina K. A. et al. Prerequisites for the formation of gold mining clusters in Russia. *Technics and technology*, 2017, no. 10(7), pp. 940—951. (In Russ.)
13. Batugina N. S., Dzhemakulova I. D., Tkach S. M. New aspects of assessing ore dilution during the development of deposits. *GIAB publ.*, 2007, no. 2, pp. 124—130. (In Russ.)
14. Konev A. V., Shulgina K. A., Mironova Zh. V. On the issue of dilution and loss of useful components during the development of deposits of ores of non-ferrous metals and gold. In: *Non-ferrous metals and minerals — 2015. Reports of VII Int. congress*. Krasnoyarsk, 2015. Pp. 58—65. (In Russ.)
15. *On approval of the strategy for the development of ferrous and non-ferrous metallurgy in Russia for 2014—2020 and until 2030*. Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation of 05.05.2014 No. 839. (In Russ.)

Как цитировать статью: Шульгина К. А., Кузина Л. Н., Миронова Ж. В., Конев А. В., Короткевич В. А. Критерии целесообразности применения технологий предварительного обогащения для модернизации предприятий горнодобывающей промышленности // Бизнес. Образование. Право. 2021. № 3 (56). С. 93—97. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.56.320.

For citation: Shulgina K. A., Kuzina L. N., Mironova Zh. V., Konev A. V., Korotkevich V. A. Feasibility criteria for application of pre-enrichment technologies for modernization of mining industries. *Business. Education. Law*, 2021, no. 3, pp. 93—97. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.56.320.