

9. *Static tax report of the Federal Tax Service of Russia*. (In Russ.) URL: https://www.nalog.gov.ru/html/sites/www.new.nalog.ru/svod/1_nm/1nm010122reg.zip.
10. Yulgusheva L. Sh. Analysis of the fairness of personal income taxation in the Russian Federation. *Lex Russica*, 2021, no. 3, pp. 82—94. (In Russ.)
11. Sizova M. O. Equity in tax law: fiction or principle? *Modern lawyer*, 2019, no. 2, pp. 202—209. (In Russ.)
12. Tugolukova V. A. Is the mechanism for collecting personal income tax fair? *Business. Education. Law*, 2019, no. 2, pp. 318—321. (In Russ.)
13. Tax Code of the Russian Federation. Part two. Federal law of the Russian Federation of Aug. 5, 2000, No. 117-FZ. *SZ RF*, 2000, no. 32, Art. 3340. (In Russ.)
14. Tax Code of the Russian Federation. Part one. Federal law of the Russian Federation of July 31, 1998, No. 146-FZ. *SZ RF*, 1998, no. 31, Art. 3824. (In Russ.)
15. Terry C. S. Inflation and the Personal Income Tax. *Economic Analysis and Policy*, 1985, no. 2.

Статья поступила в редакцию 15.03.2022; одобрена после рецензирования 23.03.2022; принята к публикации 30.03.2022.
The article was submitted 15.03.2022; approved after reviewing 23.03.2022; accepted for publication 30.03.2022.

Научная статья

УДК 622.342.1

DOI: 10.25683/VOLBI.2022.59.230

Kristina Aleksandrovna Shulgina

Postgraduate in the direction 25.00.22
“Geotechnology (open, underground, construction)”,
Senior Lecturer of the Department of Business Informatics
and Modeling of Business Processes,
Institute of Business Processes Management,
Siberian Federal University
Krasnoyarsk, Russian Federation
sibirak888@gmail.com

Lyudmila Nikolaevna Kuzina

Candidate of Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Business Informatics
and Modeling of Business Processes,
Institute for Business Processes Management,
Siberian Federal University
Krasnoyarsk, Russian Federation
debi13@mail.ru

Zhenni Vladimirovna Mironova

Candidate of Technical Sciences, Professor of RAE,
Associate Professor of the Department of Business Informatics
and Modeling of Business Processes,
Institute of Business Processes Management,
Siberian Federal University
Krasnoyarsk, Russian Federation
mirgenni@yandex.ru

Alexander Vasilievich Konev

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher,
Director of INTECO LLC
Krasnoyarsk, Russian Federation,
190712avk@gmail.com

Кристина Александровна Шульгина

аспирант по направлению 25.00.22
«Геотехнология (открытая, подземная, строительная),
старший преподаватель кафедры бизнес-информатики
и моделирования бизнес-процессов,
Институт управления бизнес-процессов,
Сибирский федеральный университет
Красноярск, Российская Федерация
sibirak888@gmail.com

Людмила Николаевна Кузина

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

Женни Владимировна Миронова

канд. техн. наук, профессор РАЕ,
доцент кафедры бизнес-информатики
и моделирования бизнес-процессов,
Институт управления бизнес-процессов,
Сибирский федеральный университет
Красноярск, Российская Федерация
mirgenni@yandex.ru

Александр Васильевич Конев

канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник,
директор ООО «ИНТЕКО»
Красноярск, Российская Федерация
190712avk@gmail.com

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУД ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

08.00.05 — Экономика и управление народным хозяйством

Аннотация. Статья посвящена актуальным для предприятий, добывающих и перерабатывающих руды цветных металлов, вопросам применения предварительного обогащения.

Проектирование рудосортировочных комплексов должно предваряться оценкой технико-экономических возможностей применения предварительного обогащения. Использование

эмпирического подхода осложняется тем, что при геологической разведке залежей не оценивается качество сырья под требования предварительного обогащения, не регламентирован отбор представительных проб крупнокусковой руды, проведение технологических исследований с ними. Устанавливаемые в соответствии с методиками Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых, Российского геологического общества и Научного совета по технологическим методам исследований показатели предварительного обогащения не отражают в полной мере изменчивость характеристик отбитой горной массы и необходимость ее специальной подготовки к сортировке на обогащенный и обедненный продукты. Полученные при этом данные становятся источником риска при подготовке технологического регламента и технико-экономического обоснования, причиной полной или частичной потери инвестиций в проектирование и строительство рудосортировочных комплексов.

Для цитирования: Шульгина К. А., Кузина Л. Н., Миронова Ж. В., Конев А. В. Технико-экономические возможности предварительного обогащения руд цветных металлов // Бизнес. Образование. Право. 2022. № 2 (59). С. 50—56. DOI: 10.25683/VOLBI.2022.59.230.

Original article

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF PRELIMINARY ENRICHMENT OF NON-FERROUS METAL ORES

08.00.05 — Economics and management of national economy

Abstract. The article is devoted to the issues of application of preliminary enrichment, which are relevant for enterprises mining and processing non-ferrous metal ores. Therefore, the design of ore-sorting complexes should be preceded by an assessment of the technical and economic possibilities of using preliminary enrichment. The use of an empirical approach is complicated by the fact that during geological exploration of deposits, the quality of raw materials is not assessed for the requirements of preliminary enrichment, the selection of representative samples of lumpy ore is not regulated, and technological research with them is not regulated. The pre-enrichment indicators established in accordance with the methods of the State Commission on Mineral Reserves, the Russian Geological Society and the Scientific Council for Technological Research Methods do not fully reflect the variability of the characteristics of the chipped rock mass and the need for its special preparation for sorting into enriched and depleted products. The data obtained in this case becomes a source of risk in the preparation

В связи с этим возникает необходимость оценки технико-экономических возможностей применения предварительного обогащения на этапе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и технико-экономического обоснования отработки месторождений руд цветных металлов, учитывая риски работы рудосортировочных комплексов с технологическими показателями, установленным на основе данных геологической разведки и тестовых испытаний, с учетом структуры затрат горнодобывающих предприятий. В результате снижается себестоимость производства товарной продукции, капитальные затраты на сооружение перерабатывающих мощностей, увеличивается жизненный цикл горнодобывающих предприятий за счет вовлечения в переработку руд с меньшим содержанием полезного компонента.

Ключевые слова: эффективность, горная масса, прибыль, руда, рентабельность, технико-экономическое обоснование, предварительное обогащение, моделирование, экологическая эффективность, себестоимость, инвестиции

of technological regulations and a feasibility study, the reason for the complete or partial loss of investment in the design and construction of ore sorting complexes.

In this regard, it becomes necessary to assess the technical and economic possibilities of using preliminary enrichment at the stage of research and development work and a feasibility study for the development of deposits of non-ferrous metal ores, taking into account the risks of operation of ore-sorting complexes with technological indicators established on the basis of geological exploration and testing data, taking into account the cost structure of mining enterprises. As a result, the production cost of marketable products and capital costs for the construction of processing facilities are reduced, and the life cycle of mining enterprises is increased due to the involvement of off-balance ores in processing.

Keywords: efficiency, rock mass, profit, ore, profitability, feasibility study, pre-enrichment, modeling, environmental efficiency, production cost, investment

For citation: Shulgina K. A., Kuzina L. N., Mironova Zh. V., Konev A. V. Technical and economic feasibility of preliminary enrichment of non-ferrous metal ores. *Business. Education. Law*, 2022, no. 2, pp. 50—56. DOI: 10.25683/VOLBI.2022.59.230.

Введение

Актуальность выбранной темы исследования, связанной с необходимостью широкого внедрения предварительного обогащения, обусловлена проблемой снижения рентабельности производства горно-металлургической отрасли из-за вовлечения в переработку руд с более низким качеством и усложнением логистики, возрастающими экологическими требованиями.

Изученность проблемы целесообразности применения предварительного обогащения в конкретных условиях отражена в работах Л. В. Оганесяна, Е. Г. Мирлина, В. А. Мокроусова, В. А. Чантурия, В. Ф. Баранова [1—4].

Целесообразность исследования определяется высокой практической значимостью получаемых результатов. Обоснование перспектив применения технологий предварительного обогащения позволит повысить экономическую и экологическую эффективность горнодобывающей и металлургической отрасли.

Методология опирается на методы системного анализа, количественные и качественные исследования, а также экспертные методы получения и обработки информации.

Научная новизна исследования состоит в разработке авторской методики установления зависимостей

эффективности предварительного обогащения руд цветных металлов от их качества, позволяющей горнодобывающей отрасли перейти к новому технологическому укладу, который предполагает массовое применение технологий предварительного обогащения в непосредственной близости к местам добычи полезного ископаемого, что позволит сократить расходы на логистику и повысить эффективность отработки месторождений.

Основной целью исследования является разработка теоретических основ применения предварительного обогащения как основного резерва повышения рентабельности предприятий горнодобывающей промышленности. В рамках исследования решены следующие задачи: анализ основных проблем горнодобывающей промышленности, современного состояния технологий переработки минерального сырья, динамики эффективности отрасли и выявление резервов повышения рентабельности с применением технологии предварительного обогащения.

Теоретическая значимость состоит в том, что авторский подход может быть применен для повышения эффективности работы предприятий горно-металлургической отрасли.

Проведенное исследование имеет большую **практическую значимость**, поскольку позволит повысить извлечение минерального сырья из недр, снизить негативное воздействие на экологию при ведении горных работ и переработке руд, тем самым увеличивая эффективность работы горнодобывающих предприятий.

Основная часть

Основным критерием эффективности функционирования горнодобывающего предприятия является получение прибыли с максимально возможной рентабельностью производства. Однако с истощением минерально-сырьевой базы и исчерпанием потенциала развития технологической модели отработки месторождений с глубоким обогащением

отбитой горной массы гравитацией и флотацией в водных средах наблюдается системное снижение рентабельности производства, не компенсируемое наращиванием объемов переработки сырья ухудшающегося качества [5–7].

Распространенное мнение о том, что предварительное обогащение снижает затраты на первичную переработку сырья и обеспечивает дополнительную прибыль, не подкреплено научными исследованиями в данной области [8, 9].

Наиболее показательны в этом отношении результаты применения рентгенорадиометрической сепарации (РРС) полиметаллических руд Корбалихинского месторождения, обрабатываемого АО «Сибирь-Полиметаллы»: установленный выход $\gamma_{\text{хво}}$ хвостов в 9...17 % от исходной руды оказался заметно ниже экономически обоснованного уровня [10].

Действительно, в реальных условиях с высокой изменчивостью характеристик отбитой горной массы выход $\gamma_{\text{хво}}$ снизится до 5...10 %, тогда как одним из необходимых условий экономичного применения предварительного обогащения является превышение $\gamma_{\text{хво}}$ отношения θ совокупных затрат к сумме издержек обогатительной фабрики, в данном случае 1222 руб./т [3]. Для условий АО «Сибирь-Полиметаллы» затраты на рентгенорадиометрический сепарационный комплекс (РСК) составляют от 76...99 руб./т в случае нахождения РСК возле обогатительной фабрики и до [(76...99) + 210] руб./т, где второе слагаемое определяет затраты на транспортировку руды от РСК возле рудника до обогатительной фабрики на расстояние около 70 км. Показатель θ изменяется при этом от 6...8 % и до 23...25 %. Из чего следует, что достаточным условием целесообразности строительства рентгенорадиометрического сепарационного комплекса является выход хвостов более 25...30 %.

Данный вывод подтверждается и результатами испытаний рентгенорадиометрической сепарации на других полиметаллических месторождениях с выделением более 23...34 % хвостов, причем в основном в классе крупности –50+25 мм (табл. 1) [11, 12].

Таблица 1

Технологические параметры сортировки полиметаллических руд

Месторождение (ценные компоненты)	Сортируемый класс крупности, мм	Выход хвостов РРС, в % отн.	Потери цинка с хвостами РРС, %
Джимодинское (Zn-Pb-Cu)	–50+25	51...65	3,6
Уч-Кулач (Pb-Zn)	–50+25	45	7,9
Левихинское (Cu-Zn)	–50+25	23	3,8
Гайское (Cu-Zn)	–50+25	34	1,7
Александринское (Cu-Zn)	–150+40	35...50	4,3

С целью повышения выхода хвостов с применением РСК рядом авторов, в частности Е. Ф. Цыпиным, Т. А. Ефремовым, Т. Ю. Овчинниковой [10], предлагается улучшать технико-экономические показатели различными мерами: организацией буровзрывных работ с целью минимизации выхода мелкой фракции, сортировкой руды, снижением нагрузки на обогатительную фабрику. При этом не прорабатываются условия управления качеством питания (изучением структурно-морфологических характеристик, физико-механических свойств и вещественного состава руд на соответствие их гранулометрическому составу, контрастности отбитой горной массы) и не учитывается, что рентгенорадиометрический сепарационный комплекс не заменяет обогатительную фабрику, а лишь дополняет ее возможно-

сти переработки сырья. Кроме того, исследование осуществляли на небольшом количестве проб весом 2...3 т с крупностью менее 250 мм с выделением 33...43 % «машинного» класса крупностью –120+30 мм под технические возможности аппарата рентгенорадиометрической сепарации.

Таким образом, результаты работ [10, 13, 14] не дали достаточных оснований АО «Сибирь-Полиметаллы» для принятия решения о целесообразности инвестирования в строительство РСК.

Результаты. Предварительная оценка целесообразности предварительного обогащения может быть выполнена на основе моделирования условий с использованием данных геологической разведки, технологических показателей тестовых испытаний и структуры затрат горнодобывающего предприятия.

Очевидно, что из-за выделения породы рентгенометрическим сепарационным комплексом объем отбитой горной массы Q должен превышать перерабатываемую обогатительной фабрикой массу сырья $Q_{\text{оф}}$ в единицу времени на величину, определяемую выражением [6]:

$$Q = Q_{\text{оф}}(1 + K_{\text{рм}} \cdot \gamma_{\text{мп}}), \quad (1)$$

где $K_{\text{рм}}$ — параметр, зависящий от степени вкраплений пустой породы в условиях естественного залегания и при добыче;

$\gamma_{\text{мп}}$ — характеризует долю «машинного» класса крупнее +5...10 мм, перерабатываемую рентгенометрическим сепарационным комплексом.

Руда более мелкого класса направляется непосредственно в мельницы обогатительной фабрики.

В табл. 2 представлены расчетные значения параметров $K_{\text{рм}}$ (колонка 3) и $K_{\text{рм}} \cdot \gamma_{\text{мп}}$ при $\gamma_{\text{мп}} = 50 / 80 \%$ (колонка 4),

нижний предел выхода хвостов предварительного обогащения в доли от объема отбитой горной массы как произведение разубоживания R на долю «машинного» класса крупнее +5...10 мм (колонка 5), а также коэффициент обогащения $K_{\text{по}}$ ценного компонента в концентрате предварительного обогащения (колонка 6).

Как видно из уравнения (1) и табл. 2, производительность рудника Q с внедрением рентгенометрического сепарационного комплекса должна превышать мощность обогатительной фабрики на месторождениях полиметаллических руд в 1,1...1,3 раза, редкометалльных и урановых руд — в 1,3...2,2 раза, золотосодержащих — в 2,1...7,6 раз. Соответственно снижаются капитальные затраты на сооружение перерабатывающих комплексов горно-обогатительных комбинатов и горно-металлургических комплексов в общих затратах, сроки возврата инвестиций, увеличивается жизненный цикл горнодобывающих предприятий за счет вовлечения в переработку бедных и забалансовых руд.

Таблица 2

Значения параметров $K_{\text{рм}}$, $\gamma_{\text{хпо}}$ и $K_{\text{по}}$ для разных руд

Тип руды	R	$K_{\text{рм}}$	$K_{\text{рм}} \cdot \gamma_{\text{мп}}$	$\gamma_{\text{хпо}}, \%$	$K_{\text{по}}, \text{ в отн. ед.}$
Полиметаллические руды	0,10	0,11	0,06 / 0,09	5 / 8	0,95...1,01 / 0,98...1,04
	0,20	0,25	0,13 / 0,20	10 / 16	1,02...1,07 / 1,08...1,14
	0,30	0,43	0,22 / 0,34	15 / 24	1,10...1,16 / 1,21...1,28
Редкометалльные и урановые руды	0,40	0,65	0,33 / 0,52	20 / 32	1,20...1,26 / 1,37...1,44
	0,50	0,98	0,49 / 0,78	25 / 40	1,34...1,42 / 1,60...1,69
	0,60	1,46	0,73 / 1,17	30 / 48	1,56...1,64 / 1,95...2,06
Золотосодержащие руды	0,70	2,23	1,12 / 1,78	35 / 56	1,91...2,01 / 2,50...2,64
	0,80	3,78	1,89 / 3,02	40 / 64	2,60...2,75 / 3,62...3,82
	0,90	8,26	4,13 / 6,61	45 / 72	4,62...4,87 / 6,85...7,23

Примерно в таких же пределах изменяются расчетные значения $K_{\text{по}}$, подтверждаемые результатами тестовых и опытно-промышленных испытаний [11].

Себестоимость Z производства единицы товарной продукции (тонны) в технологической модели глубокого обогащения определяется уравнением

$$Z = Z_{\text{гд}} : (Q * \alpha * \epsilon_{\text{го}}) + Z_{\text{го}} : (Q_{\text{оф}} * \alpha * \epsilon_{\text{го}}) + Z_{\text{хм}} : (Q_{\text{ко}} * \alpha_{\text{к}} * \epsilon_{\text{хм}}), \quad (2)$$

где $Z_{\text{гд}}$ и $Z_{\text{го}}$ — затраты на добычу и глубокое обогащение отбитой горной массы соответственно;

$\epsilon_{\text{пп}}$ — сквозное извлечение ценного компонента в товарный продукт, определяемое извлечением $\epsilon_{\text{го}}$ в концентрат обогатительной фабрики и химико-металлургическим переделом $\epsilon_{\text{хм}}$;

$$\epsilon_{\text{пп}} = \epsilon_{\text{го}} * \epsilon_{\text{хм}}. \quad (3)$$

Затраты горнодобывающих предприятий с предварительным обогащением $Z_{\text{по}}$ отбитой горной массы составляют:

$$Z^* = \frac{[Z_{\text{гд}} + Z_{\text{по}} + Z_{\text{пг}} * (1 - \gamma_{\text{хпо}}) * (1 + K_{\text{рм}} * \gamma_{\text{мп}})]}{[Q_{\text{оф}} * (1 + K_{\text{рм}} * \gamma_{\text{мп}}) * \alpha * \epsilon_{\text{по}} * \epsilon_{\text{пг}}]}, \quad (4)$$

где $Z_{\text{пг}}^*$ — затраты на глубокую переработку после предварительного обогащения;

$\gamma_{\text{хпо}}$ — выход хвостов предварительного обогащения.

Экономический эффект от применения предварительного обогащения с использованием соотношений (2) и (4):

$$\Xi_c = 1 - \xi_{\text{пг}} * (1 - \gamma_{\text{хпо}}) : (1 - \epsilon_{\text{хп}}) - \frac{(\xi_{\text{по}} + (1 - \xi_{\text{по}} - \xi_{\text{пг}}) * (1 + K_{\text{рм}}))}{(1 + K_{\text{рм}} * \gamma_{\text{мп}}) * (1 - \epsilon_{\text{хм}})}, \quad (5)$$

где $\xi_{\text{гд}}$, $\xi_{\text{по}}$ и $\xi_{\text{пг}}$ — величины, определяющие доли затрат на добычу, ПО и глубокую переработку в себестоимости производства товарной продукции $Z_{\text{ос}}$:

$$\xi_{\text{гд}} = Z_{\text{гд}} : Z_{\text{ос}}, \quad (6)$$

$$\xi_{\text{по}} = Z_{\text{по}} : Z_{\text{ос}}, \quad (7)$$

$$\xi_{\text{пг}} = Z_{\text{пг}} : Z_{\text{ос}}, \quad (8)$$

$$\xi_{\text{гд}} = \xi_{\text{по}} : \xi_{\text{пг}} = 1. \quad (9)$$

Второе слагаемое в уравнении (5) характеризует эффект от предварительного обогащения за счет снижения затрат на глубокую переработку, третье — за счет увеличения объемов переработки отбитой горной массы в порядке возмещения выделенной пустой и слабоминерализованной породы.

На рис. представлены расчетные зависимости Ξ_c от выхода хвостов с различным извлечением в них металла при предварительном обогащении золотосодержащих руд с показателями, близкими к тем, что наблюдались в испытаниях или при эксплуатации рентгенометрического сепарационного

комплекса на действующих предприятиях. Параметр $\xi_{\text{пр}}$ изменяется в 90 % случаев в интервале 30...70 %, сквозное извлечение золота $\epsilon_{\text{хпо}}$ в товарную продукцию составляет 80...95 %, соответственно, извлечение металла в хвосты предварительного обогащения — 5...20 %. Объем выделяемых предварительным обогащением хвостов принимали в пределах 20...90 % от количества отбитой горной массы. Хотя доля отбитой горной

массы, перерабатываемая, например, рентгенометрическим сепарационным комплексом на основе рентгенометрической сепарации, обычно не превышает 40...60 %, параметр $\gamma_{\text{пр}}$ принимали в данном случае равными 40 и 80 %. Во всех случаях $R = 80 \%$ и $K_{\text{рм}} = 3,78$. Затраты на предварительное обогащение обычно не превышают 10...20 % себестоимости производства товарной продукции [10, 13—15].

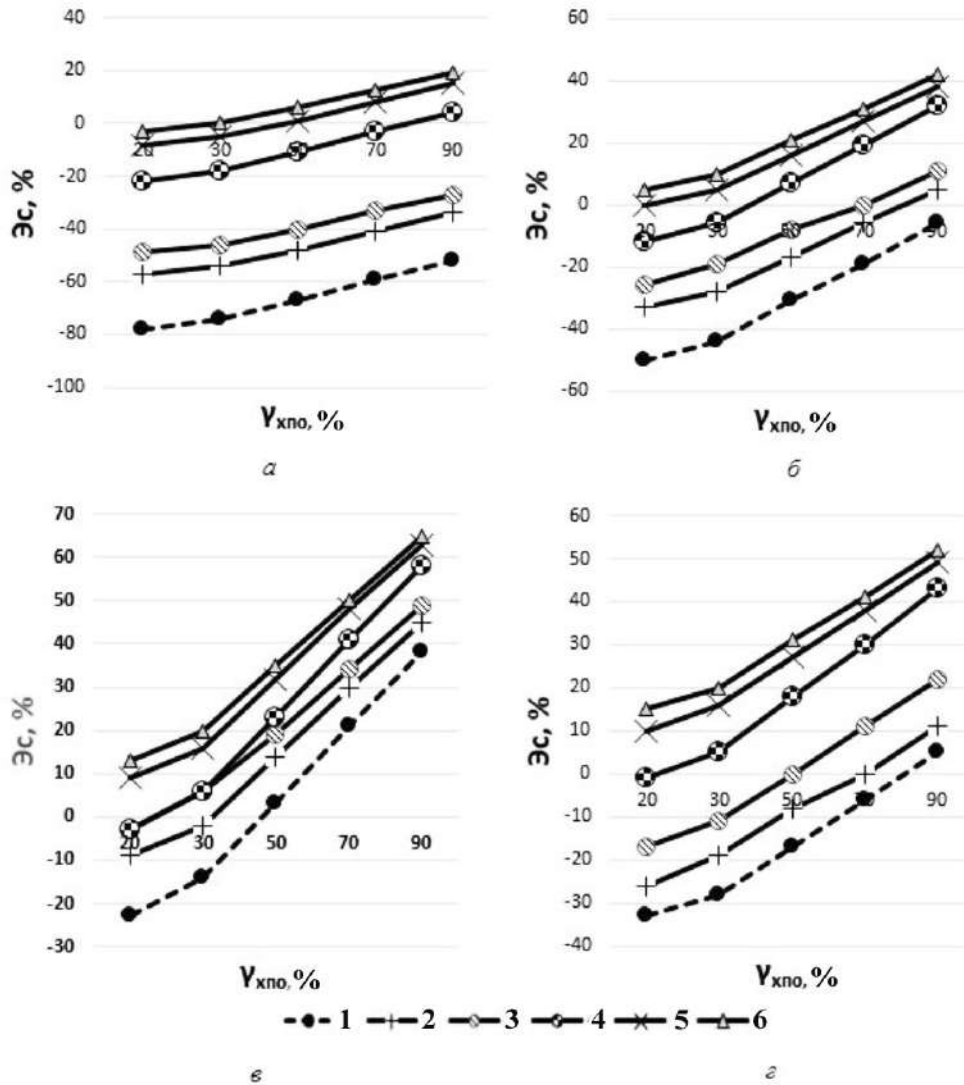


Рис. Зависимость показателя эффективности предварительного обогащения Эс золотосодержащих руд от выхода $\gamma_{\text{хпо}}$ хвостов и извлечения $\epsilon_{\text{хпо}}$ в них металла: кривые 1 и 4 — $\epsilon_{\text{хпо}} = 20 \%$; кривые 2 и 5 — 10% ; кривые 3 и 6 — 5% . Рис. соответствует условиям ГДП: а — $\xi_{\text{пр}} = 10 \%$ и $\xi_{\text{пр}} = 30 \%$; б — $\xi_{\text{пр}} = 10 \%$ и $\xi_{\text{пр}} = 50 \%$; в — $\xi_{\text{пр}} = 10 \%$ и $\xi_{\text{пр}} = 50 \%$; г — $\xi_{\text{пр}} = 20 \%$ и $\xi_{\text{пр}} = 50 \%$. Во всех случаях $\gamma_{\text{пр}} = 40 \%$ (кривые 1—3) и 80% (кривые 4—6)

Анализ рис. показывает, что с применением предварительного обогащения себестоимость производства цветных металлов может как снижаться, так и возрастать в зависимости от условий конкретного предприятия, технологических и экономических показателей работы рентгенометрического сепарационного комплекса. Максимальное снижение себестоимости от применения предварительного обогащения будет тем выше, чем большая доля общих затрат горнодобывающего предприятия приходится на глубокую переработку сырья $\xi_{\text{пр}}$, с увеличением выхода хвостов предварительного обогащения $\gamma_{\text{хпо}}$ и снижением извлечения ценного металла $\epsilon_{\text{хпо}}$ в них, достигая 50...60 % от уровня в технологической модели глубокого обогащения. Соответственно возрастают прибыль и рентабельность работы

предприятия, причем тем значительней, чем ниже было базовое значение рентабельности. Во всех случаях эффективность применения предварительного обогащения обеспечивается достаточно высоким выходом его хвостов $\gamma_{\text{хпо}}$ с низким извлечением в них ценного компонента.

Заключение

1. Технико-экономическая эффективность предварительного обогащения обусловлена в первую очередь свойствами и составом руд в условиях естественного залегания, отбитой горной массы, технологическими показателями рентгенометрического сепарационного комплекса и базовыми экономическими параметрами работы предприятия.

2. Экономическая эффективность предварительного обогащения определяется в первом приближении выходом $\gamma_{\text{хпо}}$ хвостов предварительного обогащения и извлечением $\varepsilon_{\text{хпо}}$ ценного компонента в них, высокой долей затрат $\xi_{\text{пр}}$ на глубокую переработку в себестоимости горного предприятия, а также долей «машинного» класса $\gamma_{\text{мр}}$ в отбитой горной массе, подвергаемой предварительному обогащению, и затратами $\xi_{\text{но}}$ на это. Влияние фактора $\gamma_{\text{мр}}$ резко возрастает с увеличением степени неоднородности добываемого сырья.

3. При высокой доле затрат на глубокую переработку сырья $\xi_{\text{пр}} \rightarrow 70...80\%$, выходе хвостов предварительного обогащения $\gamma_{\text{хпо}} \rightarrow 70...80\%$ и низком извлечении в них ценного компонента $\varepsilon_{\text{хпо}} \rightarrow 5...10\%$ себестоимость товарной продукции снижается на $55...60\%$, т. е. практически в два раза относительно уровня в технологической модели глубокого обогащения. При $\xi_{\text{пр}} \rightarrow 20...30\%$ и выходе хвостов предварительного обогащения $\gamma_{\text{хпо}} \rightarrow 10...20\%$ эффект практически отсутствует независимо от того, насколько низко извлечение ценного компонента в них $\varepsilon_{\text{хпо}} \rightarrow 5...10\%$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мокроусов В. А., Лилеев В. А. Радиометрическое обогащение нерадиоактивных руд. М. : Недра, 1979. 192 с.
2. Ревнивцев В. И., Рыбакова Т. Г., Леман Е. П. Рентгенорадиометрическое обогащение комплексных руд цветных и редких металлов. М. : Недра, 1990. 120 с.
3. Wotruba H., Neubert K. State of the art and new developments in sensor based sorting applications // *Proceedings of the XIV International mineral processing symposium*. Kusadasi, Turkey, Oct. 15—17, 2014. Pp. 47—53.
4. Robben C., Wotruba H. Sensor based on sorting technology in mining — past, present and future // *Minerals*. 2019. Vol. 9. Iss. 9. DOI: 10.3390/min9090523.
5. 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.
6. 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 — 2015 : сб. докл. VII междунар. конгр. Красноярск, 2015*. С. 1356—1363.
7. Критерии целесообразности применения технологий предварительного обогащения для модернизации предприятий горнодобывающей промышленности / К. А. Шульгина, Л. Н. Кузина, Ж. В. Миронова, А. В. Конев, В. А. Короткевич // *Бизнес. Образование. Право*. 2021. № 3(56). С. 93—97. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.56.320.
8. Шибаява Д. Н., Терещенко С. В. Экономическая оценка целесообразности отработки месторождения бедных руд с использованием различных принципов управления их качеством // *Вестн. МГТУ*. 2011. Т. 14. № 4. С. 778—783.
9. Миллар Э. Предварительное обогащение как источник дополнительной прибыли // *Глобус*. 2019. № 3(57). С. 136—140.
10. Влияния фракционирования по крупности на эффективность рентгенорадиометрической сепарации полиметаллической руды / Е. Ф. Цыпин, Т. А. Ефремова, Т. Ю. Овчинникова и др. // *Обогащение руд*. 2018. № 3. с. 14—19.
11. Опыт и практика рентгенорадиометрической сепарации (РРС) золотосодержащих и других типов руд / Ю. О. Федоров, О. В. Коренев, В. А. Короткевич и др. // *Золотодобывающая промышленность*. 2004. № 4. С. 16—19.
12. Балакина И. Г., Звонарев В. Н., Воеводин И. В. Предварительное обогащение полиметаллических руд рентгенорадиометрическим методом. Состояние и перспективы // *ГИАБ*. 2003. № 11. С. 209—212.
13. Рентгенорадиометрическая сепарация полиметаллической руды / Т. А. Ефремова, Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова и др. // *Известия вузов. Горный журнал*. 2017. № 7. С. 113—119.
14. Цыпин Е. Ф., Ефремова Т. А., Овчинникова Т. Ю. Экономическая эффективность предварительной концентрации с использованием рентгенофлуоресцентной сепарации // *Известия вузов. Горный журнал*. 2020. № 6. С. 66—74.
15. Оценка радиометрической обогатимости руд методами крупнопорционной сортировки и покусковой сепарации при разведке месторождений твердых полезных ископаемых : метод. рекомендации НСОМТИ № 131. М., 2018. 29 с.

REFERENCES

1. Mokrousov V. A., Lileev V. A. *Radiometric enrichment of non-radioactive ores*. Moscow, Nedra, 1979. 187 p. (In Russ.)
2. Revnivitsev V. I., Rybakova T. G., Leman E. P. *X-ray radiometric enrichment of complex ores of non-ferrous and rare metals*. Moscow, Nedra, 1990. 120 p. (In Russ.)
3. Wotruba H., Neubert K. State of the art and new developments in sensor based sorting applications. In: *Proceedings of the XIV International mineral processing symposium*. Kusadasi, Turkey, Oct. 15—17, 2014. Pp. 47—53.
4. Robben C., Wotruba H. Sensor based on sorting technology in mining — past, present and future. *Minerals*, 2019, vol. 9, iss 9. DOI: 10.3390/min9090523.
5. Konev A. V., Kiseleva S. P., Stresler K. A. et al. Problems of development of deposits of non-ferrous metals and gold with preliminary enrichment. *Journal of Mining Institute*, 2013, vol. 205, pp. 179—184. (In Russ.)
6. 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 using ore preparation innovations. In: *Non-ferrous metals — 2015. Proceedings of the VII international congress*. Krasnoyarsk, 2015. Pp. 1356—1363. (In Russ.)
7. Shulgina K. A., Kuzina L. N., Mironova Zh. V., Konev A. V., Korotkevich V. A. Criteria for the expediency of using pre-enrichment technologies for the modernization of mining enterprises. *Business. Education. Law*, 2021, no. 3, pp. 93—97. (In Russ.) DOI: 10.25683/VOLBI.2021.56.320.
8. Shibaeva D. N., Tereshchenko S. V. Economic assessment of the expediency of developing a deposit of poor ores using various principles for managing their quality. *MSTU Vestnik*, 2011, vol. 14, no. 4, pp. 778—783. (In Russ.)

9. Millar E. Pre-enrichment as a source of additional profit. *Globus*, 2019, no. 3, pp. 136—140. (In Russ.)
10. Tsy-pin E. F., Efremova T. A., Ovchinnikova T. Yu. et al. Effects of particle size fractionation on the efficiency of X-ray radiometric separation of polymetallic ore. *Obogashchenie Rud*, 2018, no. 3, pp. 14—19. (In Russ.)
11. Fedorov Yu. O., Korenev O. V., Korotkevich V. A. Experience and practice of X-ray radiometric separation (RRS) of gold-bearing and other types of ores. *Zolotodobyvayushchaya promyshlennost'*, 2004, no. 4, pp. 16—19. (In Russ.)
12. Balakina I. G., Zvonarev V. N., Voevodin I. V. Preliminary enrichment of polymetallic ores by X-ray radiometric method. Status and prospects. *GIAB*, 2003, no. 11, pp. 209—212. (In Russ.)
13. Efremova T. A., Tsy-pin E. F., Ovchinnikova T. Yu. X-ray radiometric separation of polymetallic ore. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*, 2017, no. 7, pp. 113—119. (In Russ.)
14. Tsy-pin E. F., Efremova T. A., Ovchinnikova T. Yu. Economic efficiency of pre-concentration using X-ray fluorescent separation. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*, 2020, no. 6, pp. 66—74. (In Russ.)
15. *Evaluation of the radiometric dressing of ores by the methods of large-portion sorting and piece separation in the exploration of deposits of solid minerals. Methodological recommendations of NSOMTI No. 131*. Moscow, 2018. 29 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 15.03.2022; одобрена после рецензирования 23.03.2022; принята к публикации 30.03.2022.
The article was submitted 15.03.2022; approved after reviewing 23.03.2022; accepted for publication 30.03.2022.

Научная статья
УДК 631.171:658.011.56
DOI: 10.25683/VOLBI.2022.59.232

Viktor Ivanovich Medennikov
Doctor of Engineering, Senior Researcher,
Leading Researcher,
Federal Research Center
“Computer Science and Control”
of the Russian Academy of Sciences
Moscow, Russian Federation
dommed@mail.ru

Виктор Иванович Меденников
д-р техн. наук, старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник,
Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление»
Российской академии наук
Москва, Российская Федерация
dommed@mail.ru

ЦИФРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ПРОДУКЦИИ АПК

08.00.05 — Экономика и управление народным хозяйством

Аннотация. На базе одного из основных принципов цифровой трансформации экономики — формирования структуры управления информацией с повсеместной интеграцией разрозненных данных в единую систему — в работе рассматривается возможность формирования цифрового инструмента прослеживаемости товаров и продукции на примере агропромышленного комплекса по всей производственно-логистической цепочке от поля до стола конечного потребителя. Под прослеживаемостью понимается цифровой инструмент, дающий возможность достоверно и в требуемый срок информировать партнера, контролирующие органы, конечного потребителя об изготовителе, сроках, качестве, цене и других характеристиках товара. Показано, что такой цифровой инструмент опирается на цифровые стандарты в рамках единой цифровой платформы управления производством, полученной математическим моделированием. Показано, что в пространстве проектирования цифровых стандартов данные алгоритмы решения функциональных управленческих задач и инструментарий автоматизации в виде

программного обеспечения находятся в комплементарных связях с сильным синергетическим эффектом. Так, алгоритмы приводят к росту эффективности использования информации, так же, как и структурированные, все более интегрированные данные совершенствуют методы их обработки. Цифровые стандарты в рамках единой цифровой платформы управления производством представляют собой облачные подплатформы: сбора и хранения пооперационной первичной учетной информации всех предприятий в едином формате, единой базы данных технологического учета и описания алгоритмов управленческих задач (база знаний), единых для всех предприятий некоторой отрасли. Рассматриваются также проблемы перехода экономики страны на данные цифровые стандарты и цифровой инструмент прослеживаемости товаров и продукции.

Ключевые слова: прослеживаемость, АПК, цифровые стандарты, моделирование, цифровая платформа, информационные системы, учет, алгоритмы, база данных, комплементарность, управление

Для цитирования: Меденников В. И. Цифровой инструмент прослеживаемости продукции АПК // Бизнес. Образование. Право. 2022. № 2 (59). С. 56—61. DOI: 10.25683/VOLBI.2022.59.232.