

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 504.55.054:622(470.6)

DOI 10.21440/2307-2091-2017-4-57-61

К ПРОБЛЕМЕ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО ЗАБАЛАНСОВЫХ ЗАПАСОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

В. И. Голик, Ю. И. Разоренов, Н. П. Косарева

The problem of the involvement of the off-balance reserves of the metallic ores into the production process

V. I. Golik, Yu. I. Razorenov, N. P. Kosareva

The underground mining of the ore deposits by means of the intensive methods of the traditional technologies is characterized by the loss of the reserves, which are off-balance for the technologies applied. The experience, which was accumulated by the state-of-the-art enterprises before the economic reforms and the crisis indicates, that it is possible to decrease the loss of metals. This can be assumed by means of involving the off-balance reserves into the production process with the metal lixiviation during closed work. The purpose of the present-day research is the substantiation of the technical possibility and economic reasonability of the lixiviation of metals from the off-balance reserves and poorly balance ores. The correct estimation of the perspectives of those combined technology is still one of the purposes. It is a matter of fact that combining traditional technologies of the underground mining with new ones concerned with the creation of the effective lixiviation of metals from ores can be carried out with the two-stage processing. It happens when the excavation of some amount of the balance reserves creates the compensational space for crushing off-balance reserves. Involving off-balance ores into the production process solves a set of the mining production problems. For example, the fullness of mineral resources usage, the strengthening of the resource base, the reduction of load of the environment and the security of works. The involvement of the off-balance reserves into the development in the course of the reevaluation of the resources and in the technological facilities of the development in the context of the growth of the scale of production reduces the production price to the competitive level. The field of application of these results is in the mining enterprises which extract solid metal-containing ores by means of the underground mining. These ores are mostly of the nonferrous, rare and precious metals, which are easily opened by chemical reagents. Combining the technologies of the development for the arrangement of conditions for the lixiviation of metals from the off-balance ores considerably increases the mineral resources of the mining enterprises. It is also a reserve for the survival of the mining enterprises under the conditions of the continuing crisis. Conversion in the lixiviation technology is especially topical for the old mines of the Urals, which have a great reserve of the off-grade raw material.

Keywords: deposit; metals; off-balance reserves; lixiviation; underground mining.

Подземная разработка рудных месторождений интенсивными методами традиционных технологий характеризуется потерями в недрах запасов, забалансовых для применяемых технологий. Опыт передовых предприятий, накопленный до реформирования экономики и разразившегося кризиса, свидетельствует о том, что снижение уровня потерь металлов возможно при вовлечении в производство забалансовых запасов технологиями с выщелачиванием металлов в подземных условиях. Целью исследований последних лет является обоснование технической возможности и экономической целесообразности выщелачивания металлов из забалансовых и бедно-балансовых руд и корректная оценка перспектив комбинирования технологий. Доказано, что комбинирование традиционных и новых технологий подземной разработки по условию создания возможности эффективного выщелачивания металлов из руд может осуществляться при двухстадийной отработке, когда выемка части балансовых запасов образует компенсационное пространство для дробления забалансовых запасов. Вовлечение в производство забалансовых руд решает комплекс проблем горного производства: полнота использования недр, упрочнение ресурсной базы, снижение нагрузки на окружающую среду и безопасность работ. Вовлечение в отработку забалансовых запасов в ходе переосмысления запасов и возможностей технологий разработки при росте масштабов производства снижает себестоимость продукции до конкурентоспособного уровня. Область применения результатов – горные предприятия, добывающие подземным способом твердые металлосодержащие руды, преимущественно цветных, редких и благородных металлов, легко вскрываемых химическими реагентами. Комбинирование технологий разработки для создания условий выщелачивания металлов из забалансовых руд существенно увеличивает минерально-сырьевую базу горных предприятий и является резервом выживания горнодобывающих предприятий в условиях продолжающегося кризиса. Конверсия на технологии с выщелачиванием приобретает особую актуальность для старых рудников Урала с большими запасами некондиционного сырья.

Ключевые слова: месторождение; металлы; забалансовые запасы; выщелачивание; подземная разработка.

Введение
Основное минеральное богатство Урала – локализованные в скальных магматических породах комплексные руды.

Характерная особенность первых этапов промышленного освоения железорудных месторождений Урала – ориентация на строительство крупных шахт, а при подземной добыче меди –

строительство рудников производительностью до 400 тыс. т/год. Месторождения обрабатывали с обрушением руд и вмещающих пород при высоких показателях интенсивности извлечения запасов из недр. Наибольшее распространение получила система этажного принудительного обрушения со скважинной отбойкой. Основным направлением совершенствования технологии была ориентация на поточную технологию выпуска, доставки и транспортирование руды [1, 2].

В настоящее время медные руды добывают системами разработки с закладкой выработанного пространства. При этом реализуется паллиативное направление использования в качестве складочного материала отходов обогащительного передела.

Во все времена вопросы добычи и извлечения руд преобладали над вопросами качества и полноты использования недр. В связи с этим на действующих рудниках образовались мощные участки забалансовых запасов, часть которых по содержанию сравнима с добываемыми запасами и может быть извлечена при использовании нетрадиционных технологий добычи и переработки. Например, в отвалы направляли руды с содержанием железа ниже 60 %, так как в них был вкраплен трудноотделяемый полевой шпат.

Перспективы развития подземных добычных работ связаны с отработкой нижних горизонтов месторождения и бортовых запасов карьеров. На Урале в большей степени, чем в других регионах, наблюдаются противоречия между возрастающей потребностью в сырьевых ресурсах и техногенной нагрузкой на недра.

Концепция рационального недропользования на Урале включает оптимизацию технологий производства товарной продукции за счет использования нетрадиционных технологий.

Порядок, конструкция выработок и технологические процессы разработки рудных месторождений, увязанные во времени и пространстве, должны удовлетворять требованиям не только безопасного ведения работ, получения высоких и стабильных

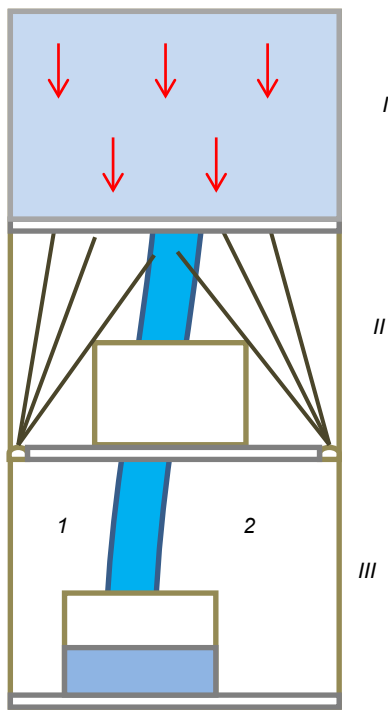


Рисунок 1. Выщелачивание металлов из разноразрядных руд. 1 – балансовая руда; 2 – забалансовая руда; I – выемка балансовой руды; II – отбойка балансовой и забалансовой руды; III – выщелачивание балансовой и забалансовой руды.

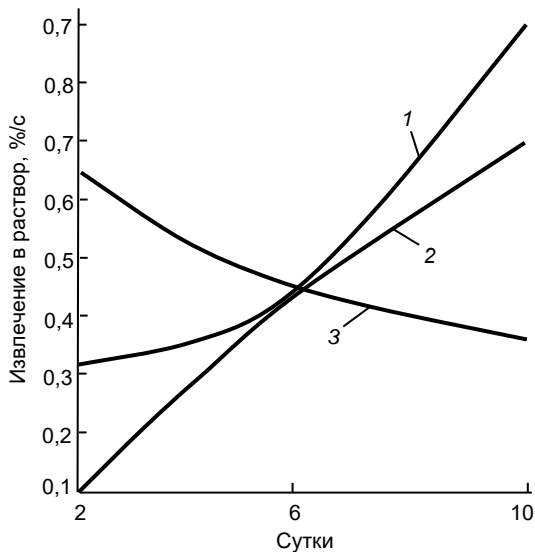


Рисунок 2. Параметры извлечения свинца серной кислотой и хлоридом натрия. 1 – скорость движения раствора; 2 – концентрация раствора; 3 – стоимость продукта.

технико-экономических показателей, но и минимизации потерь полезного ископаемого в недрах.

Традиционные системы разработки не в полной мере отвечают последнему требованию, поскольку исключают из сферы производства забалансовые запасы, составляющие большую часть запасов месторождения.

Выдача на земную поверхность для переработки всей отделенной от массива отвечающей современным кондициям горной массы и оставление в недрах не отвечающих кондициям запасов является недостатком традиционных технологий.

Радикальную альтернативу традиционным технологиям разработки представляет технология выщелачивания металлов

в подземных условиях без извлечения на земную поверхность или совокупность горных выработок и порядок их проведения и эксплуатации, увязанный во времени и пространстве с переводом полезного компонента в жидкую фазу для последующего извлечения из раствора [3–6].

Принципиальное отличие этой технологии заключается в оставлении в выработанном пространстве хвостов подземного выщелачивания, участвующих в сохранении геомеханической стабильности рудовмещающих массивов и земной поверхности над ними. Основным ее преимуществом является возможность отработать недоступные для традиционной технологии запасы в охранных целиках, зонах обрушения, горелых рудах и др.

Положительный опыт подземного выщелачивания металлов может способствовать расширению ареала использования метода при разработке металлических месторождений твердых руд при создании научных основ технологии. Доказательство возможности и целесообразности подземного выщелачивания металлов из забалансовых руд формирует новую проблему горного производства.

Наиболее известно выщелачивание металлов из забалансовых, а затем балансовых запасов скальных руд на отдельных участках, которое осуществлялось с середины XX в. на месторождениях Минсредмаша, а затем МАЭП СССР, например, Табошар и др. [7–9].

Забалансовые руды Быкогорского месторождения на Северном Кавказе выщелачивали более 20 лет с извлечением металла до 60 %. На месторождении Звездное в Казахстане извлечение металла из бедно-балансовых руд составило 70 %.

Балансовые руды впервые в мировой практике выщелачивали в 1980-х гг. на месторождении Восток в Казахстане с извлечением 72 % металла. Выщелачивать балансовые руды пытались на полиметаллическом месторождении Какадур-Ханикомское в Северной Осетии. С конца XX в. выщелачиванием добывают более 30 % металлов с извлечением около 65 % на урановых месторождениях Стрельцовской провинции Забайкалья.

Любое металлическое месторождение включает балансовые и забалансовые запасы, соотносящиеся примерно как 1/3 к 2/3. Перестройка производства на добычу выщелачиванием только забалансовых запасов не всегда возможна, поэтому реальное вовлечение забалансовых запасов в производство обеспечивается при комбинировании традиционной и новой технологий [10–12].

На первой стадии комбинированной разработки примерно 40 % балансовой руды от запасов секции извлекается одним из вариантов традиционной системы с созданием компенсационного пространства для отбойки оставшихся балансовых и забалансовых запасов руды (рис. 1).

Во второй стадии балансовые и забалансовые запасы отбивают вместе на открытую камеру первой стадии, что повышает содержание металлов в руде и улучшает условия выщелачивания.

Секции отработывают в нисходящем порядке, поэтому при отбойке разноразрядных запасов нижележащей секции процесс выщелачивания интенсифицируется за счет подвижки рудных кусков вышележащей секции.

Для выщелачивания пригодны рудные куски размером от 20 до 50 мм. В процессе выщелачивания раствор реагента фильтруется сквозь руду под действием гравитации, не заполняя пустоты между кусками руды, а лишь покрывая их пленкой. При этом уплотнение руды создает преграду движению раствора, а большие промежутки между кусками руды не способствуют проникновению раствора в кусок, поэтому объем компенсационного пространства определяется из условия оптимального разрыхления руды.

Для обеспечения нужной скорости процесса выщелачивания с увеличением крупности руд и уменьшением градиента концентраций между поровым раствором и объемом растворителя руду дробят с расстоянием между концами взрывных скважин и расходом ВВ максимальным в верхней части и минимальным в нижней части массива.

Важная особенность технологий с выщелачиванием состоит в том, что в производственный раствор извлекаются все содержа-

Таблица 1. Показатели сравниваемых технологий.

Показатель	Технология	
	традицион-ная	комбини-рованная
Использование недр, %:		
разубоживание	30	0
потери	20	10
Добыча металлов горными работами, %	100	200
Выпуск концентратов, т/год:		
свинцовых	7000	10 500
цинковых	10 000	15 500
Цена концентратов, руб./т:		
свинцовых	555	555
цинковых	360	360
Стоимость, тыс. руб.:		
свинцовых концентратов	3900	5800
цинковых концентратов	3600	5600
годовой добычи металлов	7500	11 400
Производительность по горной массе, т × м ³ /год	170	340
Объем образуемых пустот в год, тыс. м ³	220	220
Образовано хвостов, тыс. т	800	–
Дополнительно концентратов:		
свинцовых	–	440
цинковых	–	680
Всего стоимость дополнительных про-дуктов, тыс. руб.	–	12 200
Результаты использования технологий, тыс. руб./год	7500	19 700
Экономия на годовой объем, тыс. руб./год	–	12 200
Экономия, %	–	160

щиеся в руде металлы в зависимости от технологических факторов. Этим они отличаются от традиционных технологий, которые извлекают только балансовую руду, а из нее только часть металлов, на которые рассчитаны перерабатывающие возможности предприятий.

Благодаря выщелачиванию руд на месте их залегания, затраты на подземный транспорт, подъем, проветривание с глубиной повышаются незначительно, хотя возрастают затраты на откачку продуктивных растворов на поверхность.

Для установления экономически целесообразных границ комбинированной разработки запасов учитывают не только себестоимость подземных горных работ, но и общее извлечение металлов, зависящее от начального содержания металлов в рудах, коэффициента сквозного извлечения металлов и эксплуатационных затрат [13–15].

Частные зависимости извлечения металлов из руд от состава и скорости подачи выщелачивающего раствора описываются экспериментальными моделями, например, зависимость извлечения свинца и цинка от содержания серной кислоты и хлорида натрия в выщелачивающем растворе (рис. 2).

Согласно годовому объему добычи, определяют дополнительный выход металла для формирования экономического эффекта (табл. 1).

Хранящиеся в окрестностях горных предприятий руды неизвлеченных металлов отдадут в окружающую среду продукты природного выщелачивания, приближая химическую катастрофу для живого вещества. С освоением технологии выщелачивания радикальное сокращение объемов хранимых на земной

поверхности хвостов обогащения и металлургического передела больше, чем остальные меры, уменьшает воздействие горного производства на окружающую среду [16–17].

Прибыль от вовлечения забалансовых запасов в производство за счет увеличения объемов добычи, прироста продукции и повышения отдачи капитала [18]:

$$\Pi = \sum_1^n \left[(C_p^6 - Z_d^6 - Z_o^6 - Z_m^6) A_o^c + (C_p^k - Z_d^k - Z_o^k - Z_m^k) - \Pi_o \right] A_k,$$

где Π – годовая прибыль от комбинирования технологий, руб.; C_p^6 – стоимость реализации металлов из балансовых руд, руб./т; Z_d^6 – затраты на добычу балансовых руд, руб./т; Z_o^6 – затраты на обогащение балансовых руд, руб./т; Z_m^6 – затраты на металлургический передел балансовых руд, руб./т; C_p^k – стоимость реализации металлов из комбинированных запасов, руб./т; Z_d^k – затраты на добычу балансовых руд, руб./т; Z_o^k – затраты на обогащение комбинированных запасов, руб./т; Z_m^k – затраты на металлургический передел комбинированных запасов, руб./т; A_o^c – объем селективно добытых балансовых руд, т; A_k – объем добычи комбинированных запасов, т; n – номенклатура извлекаемых металлов; Π_o – штраф за хранение загрязняющих окружающую среду отходов при селективной добыче балансовых руд.

Перспективы использования забалансовых запасов зависят от внешней и внутренней среды функционирования горного предприятия. В период высоких цен на рынке повышение конкурентоспособности рудника может быть достигнуто за счет добычи сырья невысокого качества.

Для реализации комбинированной технологии определяют параметры оруденения балансовых и забалансовых запасов, показатели совместной выемки запасов, содержание металлов в разрабатываемом массиве, величина потеря и разубоживания, показатели обогащения и прочие затраты.

Для продления жизни месторождения бортовое содержание снижается с увеличением запасов за счет забалансовых руд. Качество добычи зависит от технологий добычи и обогащения, содержания металла в руде, потеря, разубоживания и извлечения при обогащении:

$$\gamma = \frac{\varepsilon \alpha (1 - R) (1 - \Pi) 10}{\beta},$$

где γ – выход концентрата, кг/т; ε – извлечение металла в концентрат при обогащении, доли ед.; α – содержание металла в руде, доли ед.; β – содержание металла в концентрате, доли ед.;

$$C_k = \frac{C_d + C_o}{\gamma},$$

где C_k – себестоимость концентрата, руб./т; C_d – себестоимость добычи, руб./т.

Влияние показателей технологий разработки на себестоимость концентрата поясняется на примере полиметаллического месторождения (табл. 2).

В рамках моделирования показателей комбинированной разработки сравниваются варианты, предусматривающие прирост объемов добычи за счет вовлечения в отработку забалансовых запасов. За счет роста масштабов производства возможно снижение себестоимости продукции примерно в 3 раза.

Бедные руды целесообразно обогащать совместно с богатыми, потому что извлечение металлов из усредненной по содержанию руды всегда больше, чем при их раздельном обогащении.

Таблица 2. Изменение экономических показателей в зависимости от эффективности технологий.

Металл в руде, %	Разубоживание, %	Потери, %	Извлечение, ε , %	Металл в концентрате, β , %	Выход металла, γ , кг/т	Стоимость, руб./т	Стоимость концентрата, C_k , руб./кг
3,65	30	20	85,7	56,2	32	367	11,4
3,55	26	18	84,5	55,8	32,5	358	11,0
3,34	25	15	83,8	54	33	337	10,2
3,09	22	10	78,7	48,5	35,2	312	8,8
2,88	20	10	74	46	33,3	290	8,7

Основными показателями управления качеством руды в рудопотоках являются бортовое содержание полезного компонента в руде α_6 , при котором производится оконтуривание запасов, и минимальное промышленное содержание полезного компонента α_{\min} .
Зависимость между α_{\min} и показателем полноты извлечения запасов месторождений описывается уравнением баланса ценностей:

$$3_6 \Pi_6 - \Pi_{\text{п}} + \Pi_{\text{р}} = A \Pi_{\text{р.м}},$$

где 3_6 – величина балансовых запасов месторождения; Π – потери руды при отработке запасов комбинированными технологиями; $\Pi_{\text{р}}$ – количество разубоживающих пород в добываемой руде; A – объем участвующей в производстве руды; Π_6 – ценность, заключенная в балансовых запасах, руб./т; $\Pi_{\text{п}}$ – ценность, заключенная в потерях, руб./т; $\Pi_{\text{р}}$ – ценность, заключенная в разубоживающих породах, руб./т; $\Pi_{\text{р.м}}$ – ценность, заключенная в добытой рудной массе.

Для повышения экономической эффективности отработки применяют технологии, при которых потери, разубоживание и себестоимость добычи ниже, чем при традиционных технологиях. При пересмотре бортового содержания и увеличении объемов добычи снижение содержания металлов компенсируется опережением снижения себестоимости добычи руды над снижением содержания металлов.

Опыт конверсии горнодобывающих предприятий свидетельствует о том, что минимальное промышленное содержание металлов в руде, обеспечивающее безубыточную работу, зависит от затрат на добычу и обогащение, а затраты на добычу и обогащение должны снижаться интенсивнее, чем содержание металлов в добываемых рудах.

Норма прибыли и предельные издержки производства товарной продукции связаны с ценами на рынках, поэтому при ухудшении конъюнктуры забалансовые запасы не отработывают, а при улучшении рыночных условий эти запасы включают в отработку.

Прогнозирование поведения горных предприятий в рыночной экономике основано на максимальном использовании ресурсов в виде забалансовых запасов. Критерием экономической целесообразности этого является минимальное бортовое содержание полезного компонента.

В результате продолжающегося кризиса перерабатывающие предприятия недостаточно загружены местным сырьем. Если на базовых рудниках увеличить производство концентратов, то за счет улучшения использования мощностей рудников, фабрик, заводов и транспортных средств может быть получен экономический эффект.

Конверсия горных предприятий на новые технологии и комплексное использование ресурсов в 2–3 раза эффективнее по сравнению со строительством новых предприятий из-за использования имеющихся производственных фондов и запасов.

При этом эффект от применения новой технологии в рамках концепции гибкого управления процессами может быть определен как сумма эффектов у производителя руд и концентратов и у их потребителя по сравнению с базовым вариантом. Результаты исследования позволяют утверждать, что вовлечение в производство забалансовых запасов руд комбинированными традиционными и новыми технологиями является резервом выживания горных предприятий в системе рыночных отношений [19–20].

Выводы

Интересам ресурсо- и природосбережения отвечает комбинированная технология подземной разработки месторождений, позволяющая извлекать часть балансовых руд для заводской переработки и увеличивать содержание забалансовых руд до приемлемого с точки зрения выщелачивания значения.

Подземное выщелачивание металлов является перспективным направлением упрочнения сырьевой базы горно-металлургической отрасли, оздоровления экономики и решения экологических и социальных проблем.

В статье представлены результаты исследований, выполненных по программе Erasmus + 574061-EPP-1-2016-1-DE-EP-РКА2-CBHE-JP «Modernization of geological education in russian and vietnamese universities».

ЛИТЕРАТУРА

1. Косарев Н. П. Уральской кузнице горных инженеров – 90 лет // Горный журнал. 2004. № 10. С. 73–75.
2. Прокин В. А. История изучения и промышленного освоения рудных месторождений Урала // Литосфера. 2008. № 1. С. 100–119.
3. Голик В. И. Природоохранные технологии разработки рудных месторождений. М.: ИНФРА-М, 2014. 192 с.
4. Исмаилов Т. Т., Голик В. И., Дольников Е. Б. Специальные способы разработки месторождений полезных ископаемых. М.: МГУ, 2006. 331 с.
5. Голик В. И. Специальные способы разработки месторождений. М.: Инфра-М, 2014. 132 с.
6. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Радченко Д. Н. Расширение сырьевой базы горнорудных предприятий на основе комплексного использования минеральных ресурсов месторождений // Горный журнал. 2013. № 12. С. 29–33.
7. Пагиев К. Х., Голик В. И., Габараев О. З. Научные технологии добычи и переработки руд. Владикавказ: СКГМИ (ГТУ), 1998. 571 с.
8. Голик В. И., Брюховецкий О. С., Габараев О. З. Технологии освоения месторождений урановых руд. М.: РГГУ, 2007. 131 с.
9. Бубнов В. К., Спиринов Э. К., Голик В. И. и др. Теория и практика добычи полезных ископаемых для комбинированных способов выщелачивания. Челябинск: Жана-Арка, 1992. 545 с.
10. Голик В. И., Разоренов Ю. И. Проектирование горных предприятий. Новочеркасск: Набл, 2007. 262 с.
11. Волков Ю. В., Соколов И. В. Подземная геотехнология при комбинированной разработке рудных месторождений // ГИАБ. 2013. № 1. С. 34–40.
12. Ляшенко В. И., Голик В. И. Научное и конструкторско-технологическое сопровождение развития уранового производства. Достижения и задачи // ГИАБ. 2017. № 7. С. 137–152.
13. Шелкунова Т. Г. Экономическое обоснование разработки забалансовых руд // Современные проблемы рыночного реформирования экономики: науч. тр. аспирантов, соискателей и преподавателей экономического факультета. Владикавказ, 2005. С. 45–52.
14. Подземное и кучное выщелачивание урана, золота и других металлов / под ред. М. И. Фазлуллиной. М.: Руда и Металлы, 2005. Т. 1. Уран. 407 с. Т. 2: Золото. 328 с.
15. Голик В. И., Комащенко В. И., Качурин Н. М. К проблеме подземной разработки рудных месторождений Центрального федерального округа // Изв. ТулГУ. Сер. «Науки о Земле». 2016. № 4. С. 127–139.
16. Ляшенко В. И., Голик В. И. Природоохранные технологии подземной разработки урановых месторождений // Горный журнал. 2006. № 2. С. 89–92.
17. Вагин В. С., Голик В. И. Проблемы использования природных ресурсов Южного федерального округа. Владикавказ: Проект-Пресс, 2005. 192 с.
18. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Khasheva Z. The effectiveness of combining the stages of ore fields development // Metallurgical and Mining Industry. 2015. Vol. 7, № 5. P. 401–405.
19. Golik V. I., Khasheva Z. M., Shulgatyi L. P. Economical efficiency of utilization of allied mining enterprises waste // The Social Sciences. 2015. Vol. 10. № 6. P. 750–754.
20. Голик В. И., Хашева З. М., Шульгатый Л. П. Экономический механизм конверсии горнодобывающей отрасли депрессивных регионов Юга России // Науч. вестник Южного института менеджмента. 2016. № 3 (15). С. 27–32.

REFERENCES

1. Kosarev N. P. 2004, *Ural'skoy kuznitse gornyykh inzhenerov – 90 let* [the 90th anniversary of the mining engineers' smithy in the Urals]. *Gorniy zhurnal* [Mining Journal], no. 10, pp. 73–75.
2. Prokin V. A. 2008, *Istoriya izucheniya i promyshlennogo osvoyeniya rudnykh mestorozhdeniy Urala* [The History of Studying and Industrial Development of the Ore Deposits of the Urals]. *Litosfera* [Litosfera], no. 1, pp. 100–119.
3. Golik V. I. 2014, *Prirodookhrannyye tekhnologii razrabotki rudnykh mestorozhdeniy* [Nature conservation technologies of the ore deposits development], Moscow, 192 p.
4. Ismailov T. T., Golik V. I., Dol'nikov Ye. B. 2006, *Spetsialnye sposoby razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh* [The special ways of the mineral deposits development], Moscow, 331 p.
5. Golik V. I. 2014, *Spetsial'nye sposoby razrabotki mestorozhdeniy* [The special ways of the deposits development], Moscow, 132p.
6. Kaplunov D. R., Ryl'nikova M. V., Radchenko D. N. 2013, *Rashirennyye syr'evoy bazy gornorudnykh predpriyatiy na osnove kompleksnogo ispol'zovaniya mineralnykh resursov mestorozhdeniy* [The expansion of the raw materials sources in the mining enterprises on the basis of the complex usage of the mineral resources of deposits]. *Gorniy zhurnal* [Mining Journal], no. 12, pp. 29–33.
7. Pagiev K. Kh., Golik V. I., Gabaraev O. Z. 1998, *Naukoyomkie tekhnologii dobychi i pererabotki rud* [The science intensive technologies of the ores mining and processing], Vladikavkaz, 571 p.
8. Golik V. I., Brukhovetskiy O. S., Gabaraev O. Z. 2007, *Tekhnologii osvoyeniya mestorozhdeniy uranovykh rud* [The technologies of the development of the uranium ores deposits], Moscow, 131 p.
9. Bubnov V. K., Spirin E. K., Golik V. I. and others. 1992, *Teoriya i praktika dobychi poleznykh iskopayemykh dlya kombinirovannykh sposobov vyshchelachivaniya* [The theory and practice of the mining operations for the combined ways of lixiviation], Tselinograd, 545 p.

10. Golik V. I., Razorenov Yu. I. 2007, *Proyektirovanie gornyykh predpriyatiy* [The projection of mining enterprises], Novocherkassk, 262 p.
11. Volkov Yu. V., Sokolov I. V. 2013, *Podzemnaya geotekhnologiya pri kombinirovannoy razrabotke rudnykh mestorozhdeniy* [The subsurface geotechnology during the combined development of the ore deposits]. *GIAB* [Mining informational and analytical bulletin], no. 1, pp. 34–40.
12. Lyashenko V. I., Golik V. I. 2017, *Nauchnoye i konstruktorskotekhnologicheskoye soprovozhdeniye razvitiya uranovogo proizvodstva. Dostizheniya i zadachi* [The scientific, engineering and design tracking of the uranium production. Achievements and goals]. *GIAB* [Mining informational and analytical bulletin], no. 7, pp. 137–152.
13. Shekunova T. G. 2005, *Ekonomicheskoye obosnovaniye razrabotki zabalansovykh rud* [The economic explanation of the off-balance ores development]. *Sovremennyye problemy rynochnogo reformirovaniya ekonomiki: nauch. tr. aspirantov, soiskatelei i prepodavatelei ekonomicheskogo fakul'teta* [The modern problems of the market reform of the economy: a mental collection of scientific papers by postgraduate students, scientific applicants and professors of the Department of Economics]. Vladikavkaz, pp. 45–52.
14. 2005, *Podzemnoye i kuchnoye vyshchelachivaniye urana, zolota i drugikh metallov* [The underground heap leaching of uranium, gold and other metals], *pod red. M. I. Fazlullina* [ed. by M. I. Fazlullin], Moscow, Vol. 1: Uranium, 407 p. Volume 2: Gold, 328 p.
15. Golik V. I., Komashchenko V. I., Kachurin N. M. 2016, *K probleme podzemnoy razrabotki rudnykh mestorozhdeniy Tsentral'nogo federal'nogo okruga* [The problem of the underground mining of ore deposits of the Central Federal District]. *Izvestiya TulGU. Seriya "Nauki o Zemle"* [Proceedings of the TSU, "Earth Sciences" series], no. 4, pp. 127–139.
16. Lyashenko V. I., Golik V. I. 2006, *Prirodookhrannyye tekhnologii podzemnoy razrabotki uranovykh mestorozhdeniy* [Nature conservation technologies of the underground mining of uranium deposits]. *Gornyi zhurnal* [Mining Journal], no. 2, pp. 89–92.
17. Wagin V. S., Golik V. I. 2005, *Problemy ispol'zovaniya prirodnyykh resursov Yuzhnogo federal'nogo okruga* [The problems of the use of natural resources in the Southern Federal district], Vladikavkaz, 192 p.
18. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Khasheva Z. The effectiveness of combining the stages of ore fields development. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. Vol. 7, no. 5, pp. 401–405.
19. Golik V. I., Khasheva Z. M., Shulgaty L. P. Economical efficiency of utilization of allied mining enterprises waste. *The Social Sciences*. 2015. Vol. 10, no. 6, pp. 750–754.
20. Golik V. I., Khasheva Z. M., Shulgaty L. P. 2016, *Ekonomicheskyy mekhanizm konversii gornodobyvayushchey otrasli depressivnykh regionov Yuga Rossii* [The economical mechanism of conversion in the mining sector of the depressive regions of Southern Russia]. *Nauch. vestnik Yuzhnogo instituta menegmenta* [The scientific bulletin of the Southern institute of Management], no. 3 (15), pp. 27–32.

Владимир Иванович Голик,

v.i.golik@mail.ru

Юрий Иванович Разоренов

yiri1963@mail.ru

Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)
Россия, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44

Николай Петрович Косарев

Уральский государственный горный университет
Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Vladimir Ivanovich Golik,

v.i.golik@mail.ru

Yuriy Ivanovich Razorenov

yiri1963@mail.ru

North-Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological
University)
Vladikavkaz, Russia

Nikolay Petrovich Kosarev

Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia