

2. Kuskov A. S. Hotel business. M.: Dashkov and Co., 2009. 328 p.
3. Papirian G. A. Management in hospitality industry (hotels and restaurants). M.: Economics, 2000. 207 p.
4. Putsenteylo P. R. Economics and organization of tourism and hotel business. K.: Centre of educational literature, 2007. 344 p.
5. Roglev H. Y. Fundamentals of hotel management. K.: Kondor, 2005. 408 p.
6. World ranking 2013 of the hotel groups and brands [Electronic resource]. URL: <http://www.hospitalitynet.org/news/4060119.html> (date of viewing: 05.12.2013).
7. Shapovalova O. M. Innovation activity as the basis for increasing the competitiveness of the hotel industry // Bulletin of the East-Ukrainian National University named after V. Dal'. 2013. # 16 (205). P. 224–228.
8. State statistical committee of Ukraine [Electronic resource]. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (date of viewing: 05.12.2013).

УДК 622.342.1
ББК 33.333

Shulgina Kristina Alexandrovna,
assistant professor of the department of the international
business of mining and smelting complex of the Institute
of Business Process Management and Economics
of Siberian Federal University,
Krasnoyarsk,
e-mail: sibirak@land.ru

Шульгина Кристина Александровна,
доцент кафедры экономики международного бизнеса
горно-металлургического комплекса
Института управления бизнес-процессами
и экономики Сибирского федерального университета,
г. Красноярск,
e-mail: sibirak@land.ru

Konev Alexander Vasilevich,
candidate of physical-mathematical sciences,
deputy general director for research and innovation
of Sibtsvetmetniiproekt,
Krasnoyarsk,
e-mail: 190712@land.ru

Конев Александр Васильевич,
канд. физ.-мат. наук, зам. генерального директора
по научной и инновационной работе
ОАО «Сибцветметниiproekt»,
г. Красноярск,
e-mail: 190712@land.ru

Mironova Jenny Vladimirovna,
candidate technical sciences, professor RAS, assistant
professor of the Institute of Business Process Management
and Economics of Siberian Federal University,
Krasnoyarsk,
e-mail: mirgenni@yandex.ru

Миронова Женни Владимировна,
канд. техн. наук, профессор РАЕ, доцент
Института управления бизнес-процессами
и экономики Сибирского федерального университета,
г. Красноярск,
e-mail: mirgenni@yandex.ru

Kusina Lyudmila Nikolaevna,
candidate of economics, assistant professor
of the Institute of Business Process Management
and Economics of Siberian Federal University,
Krasnoyarsk,
e-mail: debi@mail.ru

Кузина Людмила Николаевна,
канд. экон. наук, доцент Института управления
бизнес-процессами и экономики
Сибирского федерального университета,
г. Красноярск,
e-mail: debi13@mail.ru

Bogdanovskaya Svetlana Fedorovna,
assistant professor of the department of the international
business economics of mining and smelting complex
of the Institute of Business Process Management
and Economics of Siberian Federal University,
Krasnoyarsk,
e-mail: bogsf@mail.ru

Богдановская Светлана Федоровна,
доцент кафедры экономики
международного бизнеса горно-металлургического
комплекса Института управления бизнес-процессами
и экономики Сибирского федерального университета,
г. Красноярск,
e-mail: bogsf@mail.ru

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ECONOMIC MODELING OF THE PRELIMINARY ENRICHMENT TECHNOLOGY FOR IMPROVEMENT OF THE EFFICIENCY OF THE GOLD MINING COMPANIES

Статья посвящена актуальнейшей для горно-металлургической промышленности проблеме преодоления негативных тенденций, обусловленных ухудшением качества

и кондиций минерально-сырьевой базы, ростом затрат на переработку руд при снижении доходности из-за падения рыночных цен на золото. Из-за неблагоприятных клима-

тических и географо-экономических условий размещения, высокой доли транспортных и энергетических затрат в себестоимости отечественная золотодобыча оказывается в невыгодном положении по сравнению с конкурентами. В этой ситуации требуются опережающие структурные изменения – внедрение на месте добычи предварительного обогащения руды, оценить перспективы которого возможно с помощью предлагаемой модели.

The article is devoted to the most urgent problem of mining and metallurgical industry of overcoming negative tendencies caused by deterioration of conditions and quality of the mineral base, growth of the costs for processing of the ore at reduction of the profitability due to decrease of the market prices for gold. Due to adverse climatic, geographical and economic conditions of location, high share of costs for transportation and energy in the cost price the domestic gold mining is at the disadvantageous position compared to competitors. In this situation the outstripped structural changes are required – introduction of the on-site ore pre-enrichment, which prospects can be assessed by means of the proposed model.

Ключевые слова: золото, руда, добыча, предварительное обогащение, моделирование, запасы, горно-металлургический комплекс, экология, природопользование, экономическая оценка.

Keywords: gold, ore, mining, pre-enrichment, simulation, reserves, mining and metallurgical complex, ecology, nature management, economic evaluation.

Мировые запасы золота в 2013 году достигли 180 тыс. тонн, большая часть которого распределена между ювелирными изделиями (53%), государственными центральными банками (20%), инвестиционными накоплениями (16%) и электронной промышленностью (11%) [1]. Анализ золотодобывающей отрасли показывает, что добыча золота горными работами из рудных, россыпных и техногенных месторождений обеспечивает две трети совокупного предложения золота [2]. Более 60 стран мира занимается получением золота, из них в последние годы стабильно лидируют Китай, Австрия, США и Россия (табл.) [3].

Таблица

Динамика добычи золота, тонн [4; 5]

№	Страна	2009	2010	2011	2012
1	Китай	300	330	355	379
2	Австралия	220	223	270	266
3	США	210	214	237	227
4	Россия	185	181	200	216
5	ЮАР	212	222	190	170
6	Перу	175	180	150	165
7	Канада	100	95	110	102
8	Индонезия	98	146	100	95
9	Гана	83	87	100	89
10	Узбекистан	77	74	90	90
11	Папуа – Новая Гвинея	67	68	70	60
12	Прочие	857	889	940	841
	Итого	2584	2709	2812	2700

На протяжении последних двух лет Россия стабильно занимает 4-е место по добыче золота в мире. Именно наличие значительных промышленных запасов обеспечивало России одно из лидирующих мест в мировом производстве золота. Общее состояние горнодобывающей промышленности характеризуется снижением качества сырья (уменьшается содержание полезного компонента, увеличивается наличие вредных примесей, низкая обогатимость руд), усложнением горно-геологических условий (сложная конфигурация рудных тел) и снижением рентабельности отработки месторождений.

Оценивая перспективы развития отечественной золотодобычи, необходимо проанализировать состояние минерально-сырьевой базы. Минерально-сырьевая база россыпного золота истощается (рис.), и перспективы ее развития и прироста незначительны (не более 20% общих запасов золота) [6]. Россыпные месторождения характеризуются низким содержанием полезных компонентов, сложной структурой (погребенные глубокозалегающие россыпи), строением золотин (тонкое, чешуйчатое, мелкое золото), что ведет к удорожанию добычи и обогащения песков в связи с большими потерями золота с хвостами промывки. Значительная часть рудных месторождений с высоким содержанием уже отработана, поэтому вовлечение в эксплуатацию техногенных россыпей, хвостов обогащения и бедных руд приобретает значительные перспективы, с одной стороны, в связи с истощением базы, а с другой – в связи с достаточно высокой ценой золота. Но их отработка осложняется технологическими аспектами: наличие золота в различных формах, переизмельчение, склонность мелкодисперсного сырья к окислению, равномерное распределение золота по плотности и гранулометрическому составу, свободное золото покрыто пленками гидроокислов железа, наличие водорастворимых солей, смазочных масел, флотационных реагентов [7].

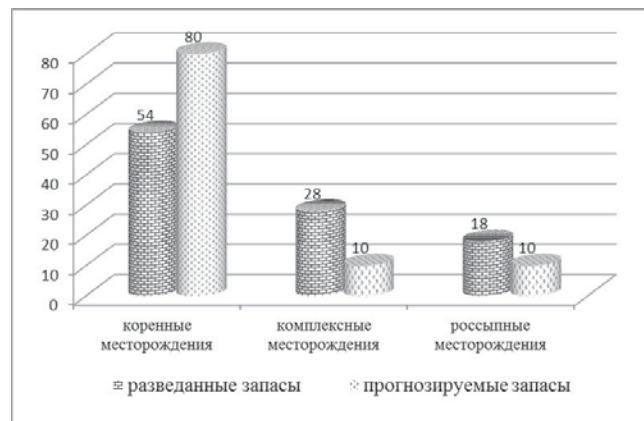


Рис. Структура минерально-сырьевой базы золота России [6]

Развитие минерально-сырьевой базы золота тесно коррелируется с показателями работы золотодобывающих предприятий. Перспективы развития минерально-сырьевой базы золота представлены следующими направлениями:

- увеличение объемов геологоразведочных работ и перевод прогнозных запасов в промышленные;
- освоение новых золотосырьевых районов;
- пересмотр стандартов оценки месторождений (методические рекомендации по оценке возможности использования технологии предварительного обогащения от 1993 года, учет в процессе оценки технологии предварительного обогащения, разработанной с опорой на современную теорию контрастности руд);
- вовлечение в отработку бедных руд и хвостов обогащения для доизвлечения полезных компонентов;
- сплошная отработка месторождений с низким, неравномерным содержанием золота, забалансовых руд с предварительным обогащением.

Необходимость пересмотра технико-экономических требований к оценке месторождений золота обусловлена вышеперечисленными факторами и актуальна в условиях дальнейшего развития золотодобычи. Динамика развития отрасли определяется соотношением следующих факторов:

– экзогенные рыночные: цены, спрос, предложение на рынке золота; значительное снижение удельных капитальных и эксплуатационных затрат золотодобывающих предприятий за счет сворачивания геологоразведочных работ; перераспределение производственной нагрузки между предприятиями, что, в свою очередь, привело к закрытию или консервированию работ на нерентабельных месторождениях; изменение географической структуры добычи – снижению затрат способствует рост добычи золота в странах с дешевой рабочей силой (Китай, Индонезия, Гана, Латинская Америка); общий экономический спад позволил уменьшить общие издержки на добычу и обогащение на 5–10%, тогда как в нормальных экономических условиях прирост затрат в среднем составлял около 17% [6, с. 307];

– эндогенные отраслевые: количество и качество месторождений, условия недропользования, стратегия развития добывающих предприятий; развитие технологий извлечения металла из песков и руд вплоть до экономически целесообразного вовлечения в переработку бедных и труднообогатимых руд и хвостов с содержанием от 0,3 г/т и менее (кучное выщелачивание, цианирование, биологическое выщелачивание); внедрение высокопроизводительной техники и трудосберегающих технологий (автоматизация);

– перераспределение нагрузки на месторождении в зависимости от цены на золото: при падении цены отрабатывают богатые руды и за счет этого при минимальных объемах переработки обеспечивают увеличение добычи металла, а при увеличении цены вовлекают бедные руды, что приводит к росту срока отработки месторождения, но позволяет нивелировать изменение цены и сохранить уровень доходности на примерно одном уровне [8].

Последнее вызвано тем, что большинство лидеров золотодобычи придерживается стратегии диверсификации активов, компании с объемом добычи до 10 тонн золота в год способны вести добычу на транснациональном уровне, но на небольших месторождениях. Прибыль, полученная за счет эксплуатации крупных месторождений (соотношение затрат от 600 долларов за унцию для крупнейших предприятий до 1200 долларов для остальных производителей в России в 2012 году [9]), позволяет финансировать разведку и подготовку к промышленному освоению новых месторождений, такая цепочка REIP (profit-exploration-investment-profit) в основном обеспечивает приращение сырьевой базы [8].

Следует отметить, что при росте затрат на производство (снижении рентабельности) на действующих рудниках происходит активное приобретение новых месторождений, подготовка месторождений и инвестиции в геологоразведку [Там же. С. 311]. Поскольку при технико-экономическом обосновании месторождений в расчеты закладываются минимальные цены, то золотодобыча и ее стратегия развития в области геологоразведочных работ и реконструкции действующих предприятий не находится под влиянием ценовой конъюнктуры (не зависит от цены на золото напрямую) [Там же. С. 313]. Исследования Н. Ю. Самсонова показали, что эффективность отраслевой стратегии определяется не только результатами деятельности предприятий, но и сбалансированным портфелем запасов, что обуславливает незаинтересованность золотодобытчиков в крупном приросте собственных запасов. В свою очередь, это привело к тому, что с 2005 года ни одно крупное предприятие не имело существенного прироста сырьевой базы и объемов добычи золота [Там же. С. 315].

Будучи одним из ведущих производителей золота, для которого продукция цветной металлургии является одной

из основных статей экспорта, Россия потребляет около 1% мирового потребления золота, более половины приходится на технические нужды. Лидирующими регионами в золотодобыче являются Красноярский край, Дальний Восток (Амурская область, Чукотский АО и Хабаровский край) и Саха (Якутия) [10]. Объективная оценка минерально-сырьевой базы актуальна, и для разработки соответствующей методики необходимо построить модель функционирования горно-металлургического комплекса России.

Самым вероятным вариантом развития отрасли является снижение объемов переработки глубоким обогащением путем предварительного обогащения. В сложившейся ситуации требуются опережающие структурные изменения, внедрение на месте добычи схем переработки, включающих предварительное обогащение руды, глубокое обогащение концентрата предварительного обогащения, переработку концентратов и промежуточных продуктов глубокого обогащения химико-металлургическими технологиями. Масштабному промышленному применению такой схемы препятствует недостаточный уровень развития теории и методологии предварительного обогащения, отсутствие инструментов ведения научно-исследовательских и проектно-изыскательских работ.

Моделирование позволит оценить изменение затрат на дополнительный передел и влияние на показатели эффективности золотодобывающих предприятий. С помощью модели «добыча – предварительное обогащение – обогащение – металлургический (химико-металлургический) передел» (конечная продукция металл Au) можно оценить эффективность внедрения технологии предварительного обогащения для предприятий цветной металлургии, отрабатывающих месторождения рудных золота.

С целью определения практической пригодности модели были выполнены расчеты на основе геологических условий ведущих золотодобывающих предприятий Красноярского края: ЗАО «Васильевский рудник» (Мотыгинский район), ООО «Соврудник» и ЗАО «Полус» (С.-Енисейский район). В основу модели положены характеристика отрабатываемых предприятиями месторождений, технология добычи и переработки золотосодержащих руд, показатели работы предприятий, в том числе по стадиям «горный передел», «обогащительный и металлургический (химико-металлургический) передел». Выбор базовых предприятий позволяет учесть разный масштаб производства по горному переделу 1000 тыс. тонн, 3000 тыс. тонн и 10000 тыс. тонн соответственно, что расширяет область ее применения.

Предлагаемая модель позволяет выбрать оптимальный метод предварительного обогащения с учетом природных особенностей перерабатываемых руд; оценить изменения основных технико-экономических показателей предприятия; изменение структуры себестоимости металла по переделам; пересмотреть требования к качеству минерального сырья для горного передела с учетом предварительного обогащения; перераспределить объемы производства по переделам в соответствии с новыми требованиями. Для построения модели необходимы результаты анализа изменения технологических показателей стадии глубокого обогащения (гравитационных и флотационных методов), химико-металлургической переработки руд, подвергшихся предварительному обогащению.

В рамках моделирования решаются следующие задачи:

1) анализ эксплуатационных затрат по горному, обогащительному и металлургическому переделам без применения предварительного обогащения;

2) определение необходимого количества оборудования и объемов инвестиций в соответствии с технологическими схемами предварительного обогащения. Проектируемые технологические схемы должны обеспечить переработку годового объема руды до 1 млн тонн, от 3 до 5 млн тонн и свыше 10 млн тонн, что позволит учесть влияние масштаба производства на основные технико-экономические показатели работы предприятия при внедрении предварительного обогащения;

3) определение эксплуатационных затрат по разным классам крупности с шагом 10% по каждому из методов предварительного обогащения, а также в зависимости от выхода пустой породы;

4) моделирование эксплуатационных затрат по горному, обогатительному и металлургическому переделам с учетом применения предварительного обогащения по разным классам крупности с шагом 10%, а также в зависимости от выхода пустой породы;

5) определение эффективности внедрения предварительного обогащения при различных сочетаниях используемых методов для каждого из статистически возможного варианта гранулометрического состава руды и выхода пустой породы. Модель оценивает возможные варианты сочетания основных факторов с шагом изменения 10%. С учетом того, что золото содержится в мелких классах больше из-за раскрытия свободного золота [11, с. 102], радикальные сочетания вариантов (максимальное или минимальное значение одновременно всех факторов) маловероятны. Расчеты модели скорректированы с учетом вероятности развития технологического процесса по какому-либо из сценариев;

6) анализ последствий перераспределения производственной нагрузки по переделам. С одной стороны, предварительное обогащение позволит снизить объемы переработки на глубоком обогащении (от 30 до 90% в данной модели), что увеличит объемы производства на горном пере-

деле на соответствующий процент; с другой стороны, снизит затраты на транспортировку руды с добычных забоев с разным содержанием и на усреднение руды, то есть отойти от селективной выемки и повсеместно перейти к сплошной системе разработки месторождений. Кроме того, возможен пересмотр кондиций, вовлечение в отработку отвалов, бедных и забалансовых руд;

7) оценка экологических последствий внедрения предварительного обогащения. Вовлечение в разработку больших объемов горной массы повысит негативное воздействие горнодобывающей промышленности на атмосферу (пыль буровзрывных работ), литосферу (нарушение почвенно-растительного слоя, выработанное пространство, вскрышные отвалы), гидросферу (осушение, водоотводные работы, загрязнение карьерными водами водоносных горизонтов) и, как следствие, биосферу (нарушение или уничтожение среды обитания, шумовое и вибрационное загрязнение, снижение качества окружающей среды). На горный передел приходится значительная доля экологического ущерба, однако снижение объемов переработки минерального сырья методами глубокого обогащения позволит снизить количество мелкодисперсных отходов (гранулометрический состав горного передела +1–350 мм с содержанием класса +1–20 не более 50%; гранулометрический состав после дробления для глубокого обогащения +0,05–10 мм); снизить количество отходов, загрязненных химикатами (флотационные реагенты, цианиды при кучном выщелачивании), и снизить потребление воды [12]. Предварительное обогащение является наиболее перспективной альтернативой кучного выщелачивания как способа получения золота с весьма низкими капитальными затратами. Как и кучное выщелачивание, предварительное обогащение позволит вовлечь в отработку крупные месторождения бедных руд, хвосты, отработанные традиционными методами, отвалы и хвосты обогащения закрытых и действующих предприятий [10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мировая экономика, мировые товарные и финансовые рынки [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ereport.ru/graph/gold.htm> (дата обращения: 14.11.2013).
2. Сайт информационно-аналитического центра «Минерал» (создан по приказу председателя Комитета Российской Федерации по геологии и недропользованию) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mineral.ru/Facts/russia/index.html> (дата обращения: 25.10.2013).
3. Чайкина Е. В. Особенности функционирования мирового рынка золота в условиях финансового кризиса // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 138/2013. Сер. Економіка і фінанси. Севастополь, 2013. С. 149–158.
4. Все про золото. Цена на золото. Цена на золото в мире – еженедельные обзоры. Золотые месторождения России [Электронный ресурс]. URL: http://www.goldomania.ru/menu_024.html (дата обращения: 17.09.2013).
5. Журнал НИИ золотодобывающей промышленности России ОАО «Иргиредмет». Золотодобыча [Электронный ресурс]. URL: <http://zolotodb.ru/articles/placer> (дата обращения: 25.11.2013).
6. Золотодобывающая промышленность России: научно-технический специализированный журнал «Горная Промышленность». 1999. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mining-media.ru/ru/article/ekonomic/2001-zolotodobyvayushchaya-promyshlennost-rossii> (дата обращения: 25.10.2013).
7. Доизвлечение золота из отходов переработки бедных руд золотосодержащих руд Южного Урала / В. Н. Лыгач, Г. В. Ладыгина, В. Д. Саморукова, А. В. Шубодеров. Семинар № 24. ГИАБ. 2007. С. 381–385.
8. Самсонов Н. Ю. Взаимосвязь запасов золота с экономическими показателями добычи // Регион: экономика и социология. 2010. № 1. С. 306–315.
9. Союз золотопромышленников. Результаты работы отрасли за 2012 год [Электронный ресурс]. URL: http://goldminingunion.ru/news/view/1719/itogi_proizvodstva_zolota_v_rossii_z_10_mesyatsev_2013_goda_.htm (дата обращения: 07.10.2013).
10. Якубович И. А., Резвухин К. Е. Современные технологии обогащения золота как источник экологической опасности // Семинар № 11. ГИАБ. 2010. С. 243–245.
11. Матвеев А. И., Львов Е. С. Исследование контрастности по содержанию золото-сурьмяной руды Сенчанского месторождения в зависимости от гранулометрического состава продукта дробления // ГИАБ. 2009. С. 96–102.
12. Информационно-аналитический журнал «Золото и технологии» [Электронный ресурс]. URL: <http://zolteh.ru/index.php?dn=news&to=cat&id=20> (дата обращения: 01.11.2013).

REFERENCES

1. The world economics, global commodity and financial markets [Electronic resource]. URL: <http://www.ereport.ru/graph/gold.htm> (date of viewing: 14.11.2013).
2. Website of the information-analytical center «Mineral» [Electronic resource]. URL: <http://www.mineral.ru/Facts/russia/index.html> (date of viewing: 25.10.2013).
3. Chaikin E. V. Peculiarities of functioning of the world gold market in the conditions of financial crisis // News of SevNTU. Vol. 138/2013. Ser. «Economy and Finance». Sevastopol, 2013. P. 149–158.
4. All about gold [Electronic resource]. URL: http://www.goldomania.ru/menu_024.html (date of viewing: 17.09.2013).
5. Journal of Russian gold mining industry of «Irgiredmet» [Electronic resource]. URL: <http://zolotodb.ru/articles/placer> (date of viewing: 25.11.2013).
6. Russian gold mining industry: scientific and technical specialised magazine «Mining». 1999. # 3 [Electronic resource]. URL: <http://www.mining-media.ru/ru/article/ekonomicheskoe/2001-zolotodobyvayushchaya-promyshlennost-rossii/> (date of viewing: 25.10.2013).
7. Additional extraction of gold from the processing wastes of the gold-containing low-grade ores of the Southern Ural / V. N. Lygach, G. V. Ladygina, V. D. Samorukova, A. V. Shuboderov // Seminar # 24. MIAB. 2007. P. 381–385.
8. Samsonov N. Yu. The relationship of gold reserves to economic indicators of production // Region: Economics and Sociology. 2010. # 1. P. 306–315.
9. Gold Miners Union. The results of the industry in 2012 [Electronic resource]. URL: http://goldminingunion.ru/news/view/1719/itogi_proizvodstva_zolota_v_rossii_za_10_mesyatsev_2013_goda_.htm (date of viewing: 07.10.2013).
10. Yakubovich I. A., Rezvukhin K. E. Modern gold enrichment technology as a source of environmental hazard // Seminar # 11. MIAB. 2010. P. 243–245.
11. Matveyev A. I., Lvov E. S. Contrast study on the content of gold – antimony ore deposits Senchanskogo depending on the crushing product grain-size composition // MIAB. 2009. P. 96–102.
12. Information-analytical journal «Gold and technology» [Electronic resource]. URL: <http://zolteh.ru/index.php?dn=news&to=cat&id=20> (date of viewing: 01.11.2013).