

Список литературы

1. Физика взрыва / **Баум Ф.А., Орленко Л.П., Станюкович К.П.** и др./ Под. ред. К.П. Станюковича. - М.: Наука, 1975. - 407 с.
2. **Persson P.A., Holmberg R. and Jailing. L.** – Rock Blasting and Explosives Engineering, CRC Press, London, 1994. PP 540.
3. **Бетин В.Д.** Развитие детонации в скважинных зарядах с полыми цилиндрами // Разработка рудных месторождений. Научно-техн. сб. – Кривой Рог: изд-во КТУ, 2003. – Вып. 83. – С.68-74.
4. **Кутузов Б.Н.** Методы ведения взрывных работ. Часть 1. - М.: Горная книга, 2009. - 471 с.
5. **Перегудов В.В., Жуков С.А.** Пути повышения качества взрывных работ при разрушении горных пород сложной структуры. Монография. - Кривой Рог: Издательский дом, ISBN 966-7388-47-6. 2002. - 305 с.
6. **Антонов А.Ю., Кириченко И.А.** Разработка технологии отбойки на нижних горизонтах железорудных карьеров // Вісник КТУ. Кривий Ріг: КТУ, 2004 - № 5. – С.16-20.
7. **Кузнецов В.М.** Математические модели взрывного дела. – Новосибирск: Наука, 1977. - 259 с.
8. <http://industry-portal24.ru/razrushenie/2738-udarno-volnovaya-teoriya-vzryvnogo-razrusheniya.html>
9. **Перегудов В.В., Жуков С.А.** Пути повышения качества взрывных работ при разрушении горных пород сложной структуры. – Кривой Рог: Издательский дом, 2002. – 179 с.

Рукопись поступила в редакцию 19.03.17

УДК 504.55.054:622(470.6)

В.И. ГОЛИК, д-р техн. наук, проф.,

ВНЦ РАН и Северо-Кавказский горно-металлургический институт, г. Владикавказ, Россия

Ю.И. РАЗОРЕНОВ, д-р техн. наук, проф., Северо-Кавказский горно-металлургический

институт, г. Владикавказ, Россия, В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог, Украина

КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Целью статьи является развитие концепции вовлечения в производство некондиционного металлосодержащего минерального сырья путем среды. Рекомендованы направления совершенствования разработки металлических месторождений. Предложена эколого-экономическая модель эффективности переработки некондиционного использования нетрадиционных методов добычи и переработки

Методы решения поставленной задачи включают в себя анализ горного предприятия как системы с большим количеством элементов, совокупности оптимизационных задач, и обоснование целесообразности многовариантного автоматизированного проектирования с поэтапной оптимизацией промежуточных решений.

Научная новизна предлагаемого материала заключается в обобщении, систематизации и формулировке основных новаций в современной добыче и переработке металлических руд.

Практическая значимость рекомендаций авторов состоит в возможности на каждом предприятии вовлечения в эксплуатацию отходов, которые ранее не имели промышленной ценности для существенного улучшения показателей использования недр.

Результаты исследования: Обосновано направление комплексного использования отходов горного производства после глубокой переработки с извлечением полезных компонентов и снижением химической опасности до уровня санитарных требований. Озвучен принцип сохранения земной поверхности от разрушения горными работами посредством управления геомеханической сбалансированностью путем закладки технологических пустот твердеющими смесями и хвостами выщелачивания металлов из руд на месте их залегания. Приведены сведения о технологии выщелачивания в дезинтеграторе с производством металлов дешевле, с меньшей затратой энергии и быстрее. Предложено сопоставлять технологии по единому критерию - прибыли с учетом ущерба от потерь полезного ископаемого в недрах и хвостах. Доказано, что вовлечение в эксплуатацию отходов, которые ранее не имели промышленной ценности, улучшает показатели использования капиталовложений и производственных фондов, а исключение необходимости хранения хвостов на земной поверхности с возвращением земли в хозяйственное пользование обеспечивает прибыль еще и за счет радикального оздоровления окружающей сырьем по критерию максимум прибыли с учетом экологии региона.

Выводы. Глобальная задача вовлечения в эксплуатацию отходов переработки руд улучшает показатели использования капиталовложений и производственных фондов. Динамическая задача прогнозирования и оптимизации системы проектного обеспечения горных работ не может быть решена без информационных технологий. Новации в горном производстве включают в себя извлечение металлов из хвостов обогачивания и повышение качества использования недр при оптимальном управлении состоянием земной поверхности. Исключение необходимости хранения хвостов обеспечивает прибыль не только от реализации продуктов переработки, но и за счет оздоровления окружающей среды региона.

Ключевые слова: отходы, переработка, земная поверхность, выщелачивание, металл, руда, дезинтегратор, потери, недра.

Введение. Обеспечение запросов человеческого сообщества в минеральном сырье входит в число основных проблем жизнеобеспечения и тесно связано с остальными проблемами современности. Ее решению посвящены работы технологов, экономистов и экологов, поскольку она является глобальной и имеет тенденцию к обострению с увеличением населения и географии вовлечения в эксплуатацию новых участков земной коры [1-4].

Горное производство является самым капиталоемким и трудоемким. Отдача от инвестиции средств в него начинается через продолжительное время, при этом может быть значительно меньше ожидаемой при неподтверждении количества, качества и условий залегания полезных ископаемых.

Задачей развития минерально-сырьевой базы России является удовлетворение возрастающих потребностей и повышение конкурентоспособности отечественных горнорудных предприятий.

Особенностями российской рудно-сырьевой базы металлургической промышленности являются сложные горно-геологические и экономико-географические условия разработки месторождений, а также более низкое содержание целого ряда металлов в природном сырье по сравнению с минерально-сырьевой базой стран, формирующих цены на металлургическое сырье.

Задачей развития минерально-сырьевой базы России является удовлетворение возрастающих потребностей и повышение конкурентоспособности отечественных горнорудных предприятий на международном рынке.

Проблемы горного производства должны решаться уже на стадии проектирования горных предприятий. Особенностью горного производства является стохастический характер исходной информации. Большинство исходных данных для проектирования может быть задано совокупностью значений в пределах диапазона изменений. При оценке горно-добычных систем разработки месторождений по их эффективности определяют функцию эффективности, зависящую от производительности системы, суммарных затрат на разработку и эксплуатацию, величины ущерба вследствие ненадежности, времени работы системы и др.

Основная задача прогнозирования и оптимизации системы проектного обеспечения горных работ - моделирование будущих процессов добычи полезных ископаемых, в том числе:

- добыча необходимого количества руд;
- обеспечение приемлемых экономических показателей;
- обеспечение безопасности для работников и окружающей среды.

В настоящее время решение задачи не возможно без информационного обеспечения.

Несмотря на обилие публикаций, посвященных данной проблеме недостаточно разработаны вопросы вовлечения в производство некондиционного в настоящее время металлосодержающего минерального сырья. Целью настоящей публикации является развитие концепции вовлечения в производство некондиционного металлосодержающего минерального сырья путем использования нетрадиционных методов добычи и переработки [5-8].

Материалы и методы. Горное предприятие представляет собой систему с большим количеством элементов: проходческих и очистных забоев, пунктов выпуска и погрузки, транспортных средств, средств подъема, вентиляции, водоотлива, рудного склада, сортировочной установки, обогатительной фабрики и т.п.

Процесс проектирования рудника как оптимальной системы состоит из совокупности оптимизационных задач, решающих отдельные общие и частные вопросы.

Подземные рудники относятся к сложным объектам из-за следующих факторов:

- неопределенность исходных данных;
- сложность структуры управления;
- динамический характер производственных процессов;
- разобщенность технологических процессов во времени и пространстве;
- альтернативность технических и технологических решений, в т. ч. по конъюнктурным соображениям.

Для подземных рудников целесообразно многовариантное автоматизированное проектирование с поэтапной оптимизацией промежуточных решений (рис. 1).

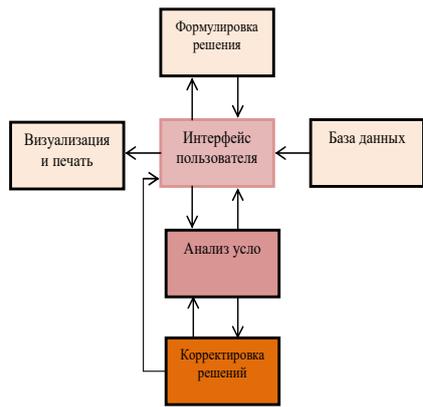


Рис. 1. Схема принятия проектного решения

Непрерывным элементом проекта является оценка его соответствия природно-техногенным условиям эксплуа-

тации месторождения (рис. 2).

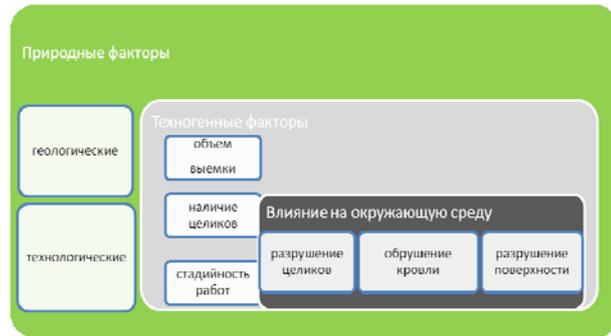


Рис. 2. Факторы оценки природно-техногенных условий

Сведения о природно-техногенной системе используются для корректировки на всех этапах разработки месторождения путем непрерывного мониторинга процессов с выдачей управляющих решений по схеме (рис. 3).

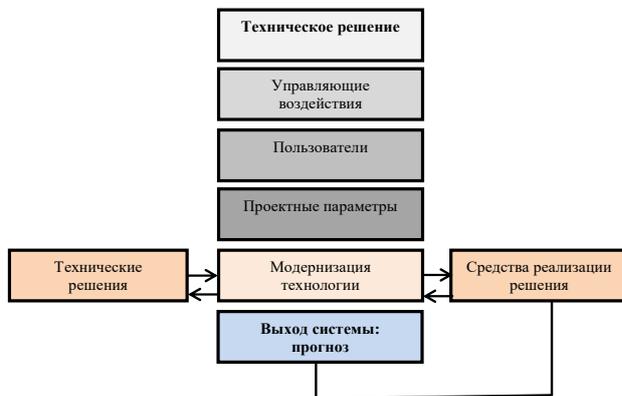


Рис. 3. Структурно-функциональная схема модернизации системы управления горным производством

В качестве управляющих воздействий рассматривается использование новых параметров добычных и перерабатывающих процессов.

Внутренние состояния объекта управления характеризуются вероятными объемами ошибок проекта, а выходом системы является уровень эффективности добычных работ.

В систему управления добычными процессами входят математические модели и направления их оптимизации. Инструментальным средством создаваемой системы может быть ГИС Arc View, характеризующаяся наличием широких возможностей при работе с базами данных и являющаяся наиболее экономичной.

Добыча минерального характеризуется увеличением объемов и ореола развития горных работ для удовлетворения растущих потребностей человечества. Ее следствием является накопление агрессивных отходов переработки на всех переделах с интенсивным воздействием на окружающую природную среду, что требует огромных затрат на проведение профилактики химического загрязнения окружающей среды (рис. 4).



Рис. 4. Схема управления состоянием окружающей среды утилизацией отходов

Хвосты переработки являются практически невостребованным и опасным при хранении ресурсом, рациональное использование которого в то же время может обеспечить экономический эффект [9-12].

Образование техногенных месторождений объясняется изменением кондиций на товарную руду в историческом разрезе и выборочной выемкой богатых участков, а также увеличением

объемов целиков при невозможности погашения технологических пустот твердеющими смесями.

Объем утилизации отходов минерального производства не превышает первых процентов от объемов добычи. Главным препятствием для этого является то, что возможности традиционных технологий не позволяют извлекать из отходов полезные компоненты.

В настоящее время для каждого вида технологии добычи или переработки руды существует экономически целесообразный предел извлечения, который устанавливается условиями.

Не отвечающие условиям минералы выбрасываются в окружающую среду и служат генераторами загрязнения. Причем кондиционному фильтру руды подлежат только по тем металлам, которые могут извлекаться на данном предприятии. Поэтому в отвале могут оказаться минералы, отвечающие условиям, но не перерабатываемые по причине отсутствия технологической линии.

В соответствии с современными представлениями в составе отходов различают природные, техногенные и природно-техногенные ресурсы, в том числе оставляемые в охранных целях целики.

Техногенные месторождения в большинстве случаев формируют без учета последующего использования хвостов, хотя развивается тенденция формирования техногенных месторождений для обеспечения определенных технологических, геомеханических и физико-химических параметров освоения их в будущем, например, складирование с созданием геохимических барьеров.

Безотходность современного горно-перерабатывающего производства обеспечивается при соблюдении принципов [13-16]:

вопросы извлечения полезных ископаемых из недр и ценных компонентов из природного и техногенного минерального сырья рассматриваются в едином технологическом комплексе;

параметры реализации процессов комплексирования определяются с приоритетом условия сохранности земной поверхности от разрушения;

эффективность эксплуатации месторождения оценивается с учетом потерь при добыче ресурсов.

Результаты. Комплексное использование отходов горного производства предусматривает глубокую переработку техногенного сырья с извлечением полезных компонентов и снижение химической опасности вторичных хвостов до уровня санитарных требований.

Сберегающие литосферу технологии основаны на принципе сохранения земной поверхности от разрушения горными работами посредством управления геомеханической сбалансированностью. Природоохранная сущность новых технологий состоит в закладке пустот твердеющими смесями и хвостами выщелачивания металлов из руд на месте залегания.

Накоплению хвостов переработки объясняется тем, что возможности большинства традиционных технологий обогащения и металлургии ограничены использованием только одной механической энергии. Выщелачивание в перколяторах не существенно повышает извлечение металлов, но требует продолжительного времени. В последнее время заявила о праве на существование технология выщелачивания в дезинтеграторе.

Активация вещества большой механической энергией при скорости обработки более 250 м/с в дезинтеграторе создает в материале электрически неравномерно заряженные центры и радикально изменяет свойства минерального сырья. Механохимическая технология позволяет производить продукты существенно дешевле, с меньшей затратой энергии и быстрее.

Это направление открывает возможности прорывного совершенствования технологии переработки руд.

Доказательство его преимуществ не может требовать использования возможностей информационных технологий в форме:

- использование машинных методов контроля параметров процесса;
- версификация вариантов технологических решений;
- разработка расчетов и составление программ на машинных языках;
- разработка имитационных проектных комплексов.

При сопоставлении технологий с различной полнотой извлечения из недр оценку потерь целесообразно осуществлять по потерянной ценности полезных компонентов, определяемой по

предельной цене отрасли. Это позволяет использовать единый критерий технологии - прибыль с учетом ущерба от потерь полезного ископаемого в недрах и хвостах.

Вовлечение в эксплуатацию отходов, которые ранее не имели промышленной ценности, оказывает существенное влияние на величину извлекаемых запасов и содержание металлов в добываемой рудной массе, что снижает эксплуатационные затраты и улучшает показатели использования капиталовложений и производственных фондов [17-18].

Исключение необходимости хранения хвостов на земной поверхности с возвращением земли в хозяйственное пользование обеспечивает прибыль не только от реализации продуктов переработки, но и за счет радикального оздоровления окружающей среды региона.

Новации в горном производстве последнего времени характеризуются направлениями (табл.).

Таблица

Направления совершенствования разработки металлических месторождений

Область применения	Направления совершенствования	Способ осуществления
Разработка подземным способом	Уменьшение потерь металлов в недрах	Выщелачивание металлов из некондиционных руд в подземных выработках растворами реагентов
		Выщелачивание металлов из некондиционных руд в подземных выработках природными водами
	Повышение качества использования недр уменьшением потерь и разубоживания руд	Сохранение земной поверхности от разрушения путем использования хвостов подземного выщелачивания и хвостов обогащения
Разработка открытым и подземным способом	Уменьшение потерь металлов в хвостах переработки	Природное выщелачивание металлов атмосферными осадками
		Извлечение металлов выщелачиванием в активаторах с комбинированным механохимическим воздействием

Эколого-экономическая модель эффективности переработки некондиционного сырья по критерию максимум прибыли с учетом экологии региона имеет вид [19-20]

$$\Pi = \sum_{p=1}^P \sum_{o=1}^O \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T \sum_{f=1}^F \sum_{n=1}^N \{ (M_{ey} C_{my} + Q_y C_{qy}) \} - \sum_{z=1}^3 [K(1 + E_{ny}) + E_q + E_x] - [(M_e C_m + Q C_q) + Q_2 C_2] K_c K_y K_m K_\delta K_z K_{\text{вр}} K_z \rightarrow \max,$$

где P - продукты утилизации хвостов; O - виды хвостов; Π - процессы переработки хвостов; T - время переработки; F - фазы существования хранилищ; N - стадия использования хвостов; M_{ey} - количество металлов из отходов; C_{my} - цена металлов; Q_y - количество восстановленных эффектов; C_{qy} - цена утилизированных веществ; E_q - коэффициент процентной ставки на кредит для утилизации; E_x - коэффициент процентной ставки на кредит для производства металлов; E_{ny} - коэффициент процентной ставки на экологию; M_e - количество потерянных металлов; C_m - цена потерянных металлов; Q - количество потерянных эффектов; C_q - цена потерянных полезных веществ; Q_2 - количество эффектов поражения среды; C_2 - затраты на компенсацию глобальных факторов поражения; 3 - затраты на управление; K - затраты на управление хранилищами; K_c - коэффициент самоорганизации хвостов; K_y - коэффициент утечки продуктов выщелачивания; K_t - коэффициент дальности утечки растворов; K_δ - коэффициент влияния на биосферу; K_r - коэффициент влияния загрязнения на соседние регионы; $K_{\text{вр}}$ - коэффициент реализации опасности со временем; K_r - коэффициент риска поражения окружающей среды от неучтенных факторов.

Выводы. Динамическая задача прогнозирования и оптимизации системы проектного обеспечения горных работ не может быть решена без информационного обеспечения.

Вовлечение в эксплуатацию отходов, которые ранее не имели промышленной ценности, улучшает показатели использования капиталовложений и производственных фондов.

Новации в горном производстве последнего времени характеризуются извлечением металлов под комбинированным механохимическим воздействием и повышением качества использования недр при использовании хвостов переработки для управления состоянием земной поверхности.

Исключение необходимости хранения хвостов на земной поверхности обеспечивает прирост не только от реализации продуктов переработки, но и за счет радикального оздоровления окружающей среды региона.

Перспективы дальнейшего развития в этом направлении увеличиваются в соответствии с дальнейшим увеличением численности населения Земли и исчерпанием запасов руд в комфортных для разработки месторождений условиях. Получение металлов, экологически чистых строительных материалов и другой продукции из доступно любому предприятию горного профиля.

Список литературы

1. **Голик В.И., Разоренов Ю.И., Страданченко С.Г., Прокопов А.Ю., Масленников С.А.** Экспериментальное обоснование возможности извлечения металлов из хвостов обогащения угля // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 5. С. 128-134.
2. **Голик В.И.** Природоохранные технологии разработки рудных месторождений // Москва, ИНФРА –М, 2014. Сер. Высшее образование: Бакалавриат, 192 с.
3. **Вагин В.С., Голик В.И.** Проблемы использования природных ресурсов южного федерального округа // учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. 650100 "Приклад. геология", по горно-геол. специальности / Владикавказ, 2005, 192 с.
4. **Голик В.И., Брюховецкий О.С., Габараев О.З.** Технологии освоения месторождений урановых руд // Учебн. пособ. для студентов высших учебных заведений, обучающихся по горно-геологическим специальностям; Федеральное агентство по образованию, Российский гос. геологоразведочный ун-т им. Серго Орджоникидзе. Москва, 2007, 131 с.
5. **Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Khasheva Z.** The effectiveness of combining the stages of ore fields development // Metallurgical and Mining Industry. 2015. Т. 7. № 5. С. 401-405.
6. **Исмаилов Т.Т., Голик В.И., Дольников Е.Б.** Специальные способы разработки месторождений полезных ископаемых // учебник для студентов, магистров и аспирантов вузов, обучающихся по горно-геологическим специальностям по направлению подготовки 130200 "Технологии геологической разведки" / **Т. Т. Исмаилов, В. И. Голик, Е. Б. Дольников.** Москва, 2006. Сер. Высшее горное образование, 331 с.
7. **Golik V.I., Khasheva Z.M., Shulgatyi L.P.** Economical efficiency of utilization of allied mining enterprises waste // The Social Sciences (Pakistan). 2015. Т. 10. № 6. С. 750-754.
8. **Голик В.И.** Специальные способы разработки месторождений // Москва, 2014. ИНФРА –М, Сер. Высшее образование: Бакалавриат, 132 с.
9. **Golik V.I., Komashchenko V.I., Razorenov Yu.I.** Activation of technogenic resources in desintegrator // Mine Planning and Equipment Selection Proceedings of the 22nd MPES Conference. Editors: Carsten Drebenstedt, Raj Singhal. 2013. С. 1101-1106.
10. **Polukhin O.N., Komashchenko V.I., Golik V.I., Drebenstedt C.** Substantiating the possibility and expediency of the ore beneficiation tailings usage in solidifying mixtures production // Scientific Reports on Resource Issues Innovations in Mineral Resource Value Chains: Geology, Mining, Processing, Economics, Safety, and Environmental Management. Freiberg, 2014. С. 402-412.
11. **Пагиев К.Х., Голик В.И., Габараев О.З.** Научные технологии добычи и переработки руд // Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный технологический университет). Владикавказ, 1998, 571 с.
12. **Ляшенко В.И., Коваленко В.Н., Голик В.И., Габараев О.З.** Бесцементная закладка на горных предприятиях, Москва, 1992, 94 с.
13. **Голик В.И., Хадонов З.М., Габараев О.З.** Управление технологическими комплексами и экономическая эффективность разработки рудных месторождений, Владикавказ, 2001, 391 с.
14. **Голик В.И., Разоренов Ю.И.** Проектирование горных предприятий, Новочеркасск, 2007, 262 с.
15. **Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Zaalishvili V.** Enhancement of lost ore production efficiency by usage of canopies // Metallurgical and Mining Industry. 2015. Т. 7. № 4. С. 325-329.
16. **Golik V.I., Razorenov Yu.I., Efremkov A.B.** Recycling of metal ore mill tailings // Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 682. С. 363-368.
17. **Jordens Adam, Cheng Ying Ping, Waters Kristian E.** A review of the beneficiation of rare earth element bearing minerals // Minerals Engineering. – 2013. – Vol.41. – P.97-114.
18. **Liu J., Han Y., Li Y., Zhang S.** Study on mechanism and technology of deep reduction for linyang iron ore // 26th International Mineral Processing Congress, IMPC 2012: Innovative Processing for Sustainable Growth, New Delhi, India. – 2012. –P. 2335-2343.
19. **Разоренов Ю.И., Голик В.И., Куликов М.М.** // Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по горно-геологическим специальностям; Министерство образования и науки Российской Федерации, Южно-Российский гос. технический ун-т (Новочеркасский политехнический ин-т). Новочеркасск, 2010, 251 с.
20. **Разоренов Ю.И., Голик В.И.** Проблемы глубокой утилизации отходов переработки угля // Маркшейдерия и недропользование. 2013. № 4 (66). С. 52-54.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.17