

УДК 504.55.054:662 (470.6)

*В.И. Голик, д.т.н., профессор,
**О.Н. Полухин, д.полит.н., профессор,
**А.Н. Петин, д.геогр.н., профессор,
*ЦГИ Владикавказского НЦ РАН,
**Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕДР

Рассмотрены вопросы оптимизации технологий подземной разработки месторождений КМА. Установлено, что между качественными показателями использования недр, производительностью труда и экономическими показателями предприятия существуют эквивалентные соотношения, являющиеся основой для управления полнотой эксплуатации недр. Показано, что уменьшение величины разубоживания в ходе модернизации традиционных технологий добычи руд является важным направлением повышения эффективности горного производства.

Ключевые слова: технология, разработка, металлические руды, разубоживание, потери, экономика, утилизация, хвосты обогащения, эквивалентные соотношения, эксплуатация недр, эффективность производства.

В.И. Голик, О.М. Полухин, О.М. Петин. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАДР. Розглянуто питання оптимізації технологій підземної розробки родовищ КМА. Встановлено, що між якісними показниками використання надр, продуктивністю праці й економічними показниками підприємства існують еквівалентні співвідношення, що є основою для керування повнотою експлуатації надр. Показано, що зменшення величини розубожіння в ході модернізації традиційних технологій видобутку руд є важливим напрямком підвищення ефективності гірського виробництва.

Ключові слова: технологія, розробка, металеві руди, розубожіння, втрати, економіка, утилізація, хвости збагачення, еквівалентні співвідношення, експлуатація надр, ефективність виробництва.

Введение

Белгородская область играет важную роль в разработке месторождений Курской магнитной аномалии (КМА), в пределах которой разведано 18 месторождений железных руд с запасами 850 млрд т железистых кварцитов и 80 млрд т богатых железных руд, что составляет 60% запасов железных руд России или 20% мировых [1].

Основная часть железной руды России добывается на горных предприятиях КМА, в том числе: Лебединском, Стойленском, Михайловском ГОКах, комбинате «КМАруда», Яковлевском руднике, Белгородской горнодобывающей компании.

Наряду с добычей богатой железной руды осваиваются ресурсы железистых кварцитов. В Старооскольском районе запасы богатых железных руд на глубине до 150 м и разрабатываются открытым способом (Лебединское, Южно-Лебединское и Стойленское месторождения). На сравнительно небольшой глубине в Новооскольском железорудном районе локализуются запасы Погромецкого и Чернянского месторождений. Но запасы ближайшей перспективы будут разрабатываться подземным способом на глубинах 400-700м.

Кроме собственно железных руд представляют интерес месторождения бокситов высокого качества, связанные с богатыми железными руд и железо - алюминиевыми рудами. Важной особенностью добываемых руд является наличие промышленных концентраций благородных металлов и редких химических элементов: галлия, ванадия, бора, лития, и др. (рис.1).

Освоение комплексных месторождений подземным способом с применением традици-

онных технологических схем делает актуальной проблему качества добываемого подземным способом сырья. Эта проблема связана с не менее важной проблемой сохранения земной поверхности от разрушения. Центральный черноземный район располагает крупными запасами черноземных земель, которые имеют не меньшее стратегическое значение, чем месторождения железных руд.

Проблема попутных металлов

Данные о месторождениях железных руд в совокупности с условием сохранности земной поверхности позволяют прогнозировать в качестве основной технологии разработки системы разработки с закладкой пустот твердеющими смесями. При этом все остальные системы исключаются из числа возможных к применению систем, как не отвечающие условию сохранения земной поверхности.

Эти системы обеспечивают высокое качество руд, полноту использования недр и высокую производительность добычи, но требуют высоких эксплуатационных затрат на изготовление твердеющих закладочных смесей. Поэтому заслуживают внимания направления компенсации увеличивающихся расходов, в том числе за счет уменьшения ущерба от разубоживания руд и потерь в процессе извлечения руд.

Стремление увеличить объем добычи руд за счет применения мощной техники и средств отбойки потребует геометризации выемочных полей с увеличением конструктивного разубоживания. Кажущееся уменьшение потерь руд при добыче будет компенсировано увеличением потерь металла за счет выноса бога той рудной металлосодержащей фракции в процессах обогащения руд.

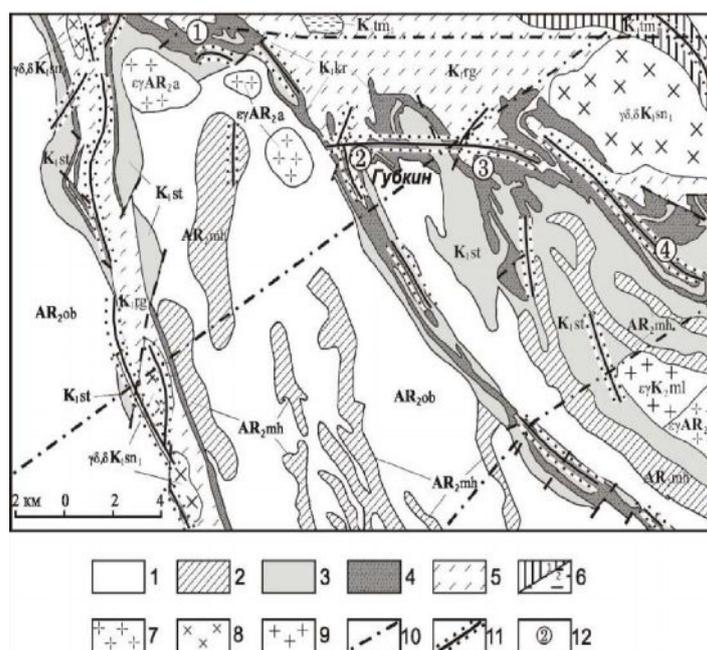


Рис. 1. Схема золото-платинометалльных рудопроявлений в Оскольском железорудном районе (по Чернышову Н.М.): 1 — обоянский плутоно-метаморфический комплекс (AR_{2ob}): плагиогнейсы-гнейсы интенсивно мигматизированные; 2 — михайловская свита нерасчлененная (AR_{2mh}): эффузивы основного, среднего состава, сланцы, метапесчаники, кварциты, метакоматииты, часто мигматизированные; 3 — стойленская свита (K st): сланцы различного состава, метаалевролиты, метапесчаники, кварциты, метагравелиты, конгломераты кварцевые олигомиктовые; 4 — коробковская свита (K kr): железистые кварциты, сланцы; 5 — роговская свита (K rg): карбонатные, карбонатно-терригенные сланцы, в основании — конгломераты с обломками железистых кварцитов; 6 — тимская свита, нижняя подсвита (K t): углеродистые терригенно-карбонатные сланцы (1); ортосланцы по ультраосновным, основным и средним эффузивам (2); 7 — атаманский комплекс (syAR_{2a}): граниты умеренно-щелочные плагиоклаз-микроклиновые, биотитовые, биотит-амфиболовые; 8 — стойло-николаевский комплекс (уд.дК^п): гранодиориты, диориты; 9 — малиновский комплекс (eyK_{2t1}): существенно калиевые, умеренно-щелочные, биотитовые, порфиоровидные пегматоидные; 10 — разрывные нарушения; 11 — оси аномалий проводимости менее 200 Ом/м; 12 — участки рудопроявлений золота и платиноидов: 1 — Панковский; 2 — Коробковский; 3 — Лебединский; 4 — Стойленский

Эта проблема имеет один интересный с эколого-экономической точки зрения аспект. Реализуемые преимущественно для извлечения металлов руды содержат ценные попутные компоненты, суммарная стоимость которых может и превышать стоимость добываемого железа. Так, в состав минералов Лебединского месторождения входят: кобальт, никель, золото самородное, медь, мышьяк, палладий, серебро, сурьма, платина, свинец бериллий и др.[2].

Проблема глубокой утилизации хвостов переработки добычи и переработки давно приобрела статус глобальной, но в регионе КМА работы по глубокой утилизации отходов производства пока не выходят за рамки обсуждения перспектив предлагаемых наукой технологий.

Перспективы извлечения металлов из некондиционного минерального сырья связывают с развитием технологий, использующих феномен перевода полезных компонентов в растворимые соединения. Получает развитие направ-

ление, в рамках которого механическая активация процесса выщелачивания комбинируется с химической в рамках механохимической технологии, а из хвостов обогащения металлических руд в раствор может быть переведено до 80% ранее теряемого металла.

Глубокая утилизация хвостов обогащения хвостов необходима не только по причине извлечения полезных продуктов, но и по экологическим соображениям, потому что хвосты генерируют в окружающую среду опасные жидкие и газовые компоненты.

Утилизация металлосодержащих хвостов возможна только при условии извлечения из них металлов до уровня санитарных норм. Такую возможность предоставляет только механохимическая переработка. Важным достоинством утилизации хвостов является исключение необходимости их хранения на земной поверхности с возвращением земли в хозяйственное пользование.

В Российских регионах, в том числе КМА, имеются условия для утилизации металлосодержащих хвостов обогащения: запасы техногенного сырья, инфраструктура и кадры для перерабатывающего производства. Но практических мер по утилизации пока не предпринимается. Вместо этого происходит бесконтрольное расширение хвостохранилищ для нужд населения и использования в теневом бизнесе. В результате территория региона засоряется опасными продуктами переработки и еще более усугубляет свой статус региона с катастрофической загрязненностью химическими продуктами.

Использование металлосодержащих отходов без извлечения металлов переработки происходит и в промышленных масштабах. Так, Коробковское железорудное месторождение КМА обрабатывается подземным способом этажно-камерной системой разработки с закладкой хвостами обогащения обогатительной фабрики. В камеры шахты уложено несколько сотен тыс. тонн хвостов, а всего планируется похоронить в 24 камерах 1.5 млн.м³ хвостов обогащения. Эта новация носит название «уникальный эксперимент по апробированию в промышленных условиях безотходной технологии производства железорудного концентрата с подземным складированием необесшламленных хвостов».

Суммарная стоимость полезных элементов, подлежащих захоронению, может быть сравнима со стоимостью извлеченного железа. Прогнозные ресурсы золота, содержащегося в текущих отходах четырех ГОК КМА, составляют не менее 3 т/год при валовом содержании 0.5–0.6 г/т. По данным Тульского филиала ЦНИГРИ на Лебединском, Михайловском ГОК и на обогатительной фабрике шахты им. Губкина в единичных пробах содержание золота достигает 9 г/т. Рано или поздно технология извлечения всех металлов появится и будет рентабельной, поэтому хвосты обогащения должны храниться как сырье для потомков.

Считается общепризнанным, что:

- комплексная переработка хвостов является актуальной задачей;
- комплексная переработка способствует решению проблем энергосбережения;
- в регионе сложились условия для освоения технологий комплексной переработки;
- решение вопросов переработки улучшает экологическую обстановку.

Однако, сегодняшние собственники и руководители предприятий:

- нередко не считают себя ответственными за состояние хранилищ хвостов на том основании, что приобретали только рудники и шахты;

- критически относятся к предлагаемым им технологиям как убыточным;

- не расходуют средств на разработку технологий глубокой переработки, возлагая это на институты без финансирования исследовательских работ;

- считают возможным заниматься утилизацией только на выгодных для собственной экономики условиях;

- предпочитают получить прибыль за счет увеличения основного производства, не тратя средств и времени на рекультивацию.

В регионах не обеспечивается выполнение требований Закона Российской Федерации "О недрах", статья 22. «Основные права и обязанности пользователя недр»:

- соблюдение требований законодательства, а также утвержденных в установленном порядке стандартов по технологии ведения работ, связанных с пользованием недрами, и при первичной переработке минерального сырья;

- соблюдение утвержденных в установленном порядке стандартов, регламентирующих условия охраны недр, атмосферного воздуха, земель, лесов, вод, а также зданий и сооружений от вредного влияния работ, связанных с пользованием недрами;

- приведение участков земли и других природных объектов, нарушенных при пользовании недрами, в состояние, пригодное для их дальнейшего использования.

Добыча и переработка минеральных ресурсов производится с образованием сверхнормативных отходов при использовании устаревших технологий. При этом считается нормальным, что заболеваемость и преждевременная смерть населения регионов компенсируется штрафами, которые на самом деле совершенно несопоставимы по величине с получаемой прибылью от пользования недрами.

Региональная администрация в лице Департамента инвестиций и предпринимательства не может перейти от политики увещаний и согласования к обеспечению требований законодательства о недрах в интересах жителей регионов катастрофического загрязнения.

Ситуация с утилизацией хвостов резко отличается от практики развитых стран. В Германии утилизация осуществляется за счет средств, отчисляемых предпринимателем с начала добычи ресурсов в установленном законом порядке. При нарушении условий эксплуатации предприниматель лишается лицензии.

Критерий оптимальности добычи руд

При уменьшении запасов месторождений, удовлетворяющих возможностям сегодняшних технологий разработки, обостряется проблема

снижения объема добычи не содержащего полезных компонентов сырья.

В этих условиях требует конкретизации критерий оптимальности деятельности горно-рудного предприятия, который представляет собой совокупность показателей не только в процессе добычи, но и в сфере переработки. Существенно увеличивается значение повышения качества. Известно, что обогащение не может компенсировать повышение разубоживания при интенсификации добычных работ [3]. Лучшим доказательством тому является неуклонное накопление хвостов обогащения и металлургии, несмотря на совершенствование технических средств обогащения.

Оптимизацию параметров деятельности горных предприятий, в том числе, систем разработки месторождений и других элементов

горного производства осуществляют из условия, что экономическая эффективность определяется корректностью извлечения запасов из недр.

Снижение объемов горной массы уменьшает «землеемкость» горного производства, повышает эффективность использования природных ресурсов и минимизирует вредное влияние горных работ на окружающую среду.

Наибольшее влияние на качество добываемого сырья оказывает способ управления состоянием рудовмещающего массива, который практически определяет качественные показатели процесса добычи полезных ископаемых: потери и разубоживание. Критерием оптимальности управления состоянием рудовмещающего массива являются затраты на добычу руды с учетом ущерба от потерь и разубоживания [4].

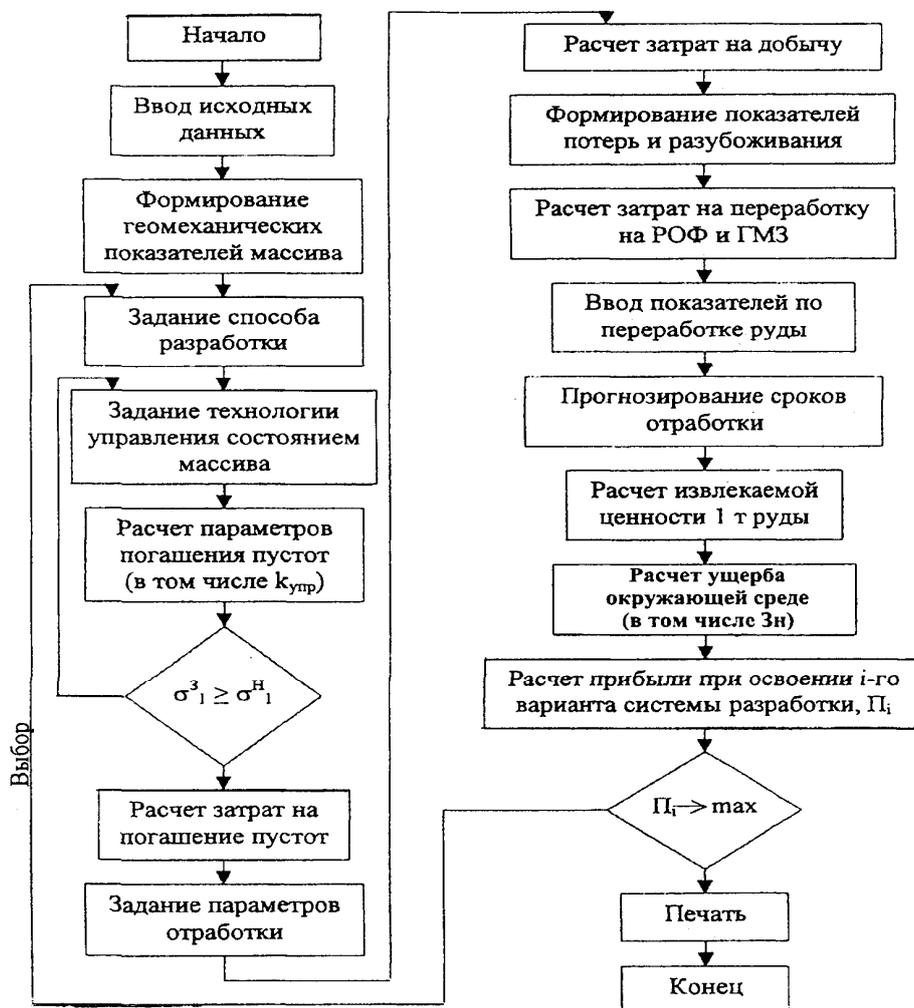


Рис. 2. Блок-схема выбора системы разработки: $k_{упр}$ – коэффициент упрочнения массива, доли ед.; σ_1^i, σ_1^C – нормативная и фактическая прочность закладки, МПа; РОФ – радиометрическая обогатительная фабрика; ГМЗ – гидromеталлургический завод, Z_n – затраты на защиту населения в зоне влияния горных предприятий, ден.ед.; Π_i – прибыль от освоения запасов руды.

При всем различии экономических показателей разработки месторождения между технологическими, качественными и экономическими показателями технологии добычи имеются коррелятивные связи.

Так, для условий полиметаллического месторождения потери 1% балансовой руды с содержанием металла 20 кг/т эквивалентны [5]:

- 5,2% разубоживания по контуру блока с содержанием металла 10 кг/т;
- 16,7% разубоживания руды за счет пропластков с содержанием 10 кг/т;
- 23,6% снижения производительности труда на очистных работах;
- 18,4% снижения производительности блока;
- 14,5% снижения производительности труда.

Корреляционная зависимость между потерями руды при добыче, разубоживанием руды породами и интенсивностью очистной выемки при одинаковых затратах на добычу в зависимости от состояния рудовмещающего массива устанавливается в ходе сравнения вариантов добычи руд при различном способе управления массивом.

Потери руд и разубоживание их породой в процессе добычи определяют показатели альтернативных вариантов добычи руд (рис.2). При разработке мощных месторождений показатели технологий при прочих равных условиях различаются долей использования для закладки пустот твердеющих смесей.

Из практики горных предприятий следует, что снижение величины ущерба от потерь руды и разубоживания ее породами при неэффективном управлении состоянием массива компенсирует увеличение затрат на заполнения пустот твердеющими смесями.

Особенностью месторождений КМА является то, что стремление решить проблему сырья для приготовления твердеющих смесей с одновременным радикальным улучшением экологии региона за счет ликвидации хранилищ хвостов вступает в неразрешимое противоречие с экономическими соображениями. В составе твердеющих смесей будут безвозвратно потеряны ценные полезные ископаемые, извлечение которых из сегодняшних отходов становится возможным при использовании инновационных технологий, например, механохимической активации (рис. 3) [6].

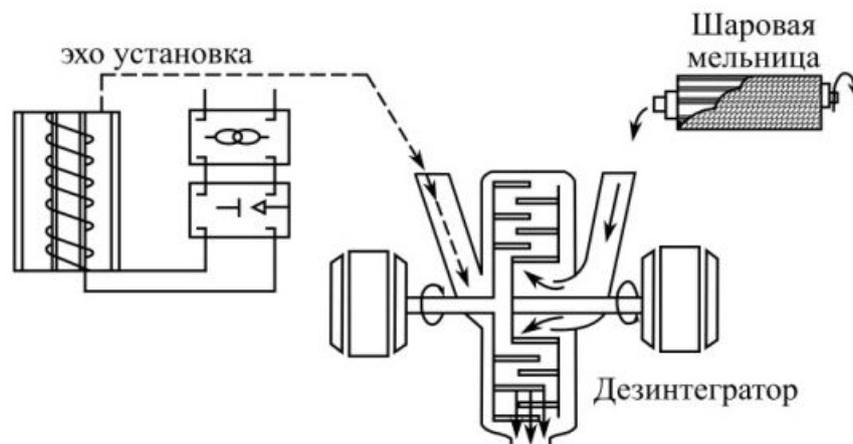


Рис.3. Механохимическая технология извлечения металлов из хвостов

Затраты на производство и использование продукции из добываемого полезного ископаемого:

$$Z_t^P = \sum_{t=I_H}^{t_K} Z_t^P \alpha_t = \sum_{t=I_H}^{t_K} (I_{t_H} + K_{t_H} - L_{t_H}) \alpha_t,$$

$$Z_t^K = \sum_{t=I_H}^{t_K} Z_t^K \alpha_t = \sum_{t=I_H}^{t_K} (I_{t_K} + K_{t_K} - L_{t_K}) \alpha_t,$$

где Z_t^P - затраты на производство продукции в t-ом году, руб;

Z_t^K - затраты на использование продукции в t-ом году, руб;

α_t - коэффициент дисконтирования;

I_{t_H} - текущие затраты на производство продукции в t-ом году без учета амортизационных отчислений на реновацию, руб;

I_{t_K} - текущие затраты на использование продукции в t-ом году без учета амортизационных отчислений на реновацию, руб;

K_{t_H} - капитальные затраты на производство продукции в t-ом году, руб;

K_{t_K} - капитальные затраты на использование продукции в t-ом году, руб;

L_{t_H} - остаточная стоимость основных фондов, выбывающих в t-ом году, руб. при производстве.

L_{t_k} - остаточная стоимость основных фондов, выбывающих в t-ом году, руб. при использовании.

Если показатели технологии горных работ постоянны в течение расчетного периода, экономический эффект:

$$\mathcal{E}_T = \frac{P_T - \mathcal{Z}_T}{K_P + E_H},$$

где P_T - неизменная по годам расчетного периода стоимость результатов технологии горных работ, включающая основные и сопутствующие результаты, руб;

\mathcal{Z}_T - неизменные по годам расчетного периода затраты на производство и реализацию продукции:

$$\mathcal{Z}_T = I + (K_P + E_H)K,$$

где I - годовые издержки при использовании продукции без учета амортизации на реновацию;

K_P - норма реновации основных фондов при использовании продукции:

$$K_P = \frac{E_H}{(1 + E_H)^{t_{cl} - 1}},$$

где t_{cl} - срок службы средств и орудий труда;

K - капитальные затраты на использование продукции.

При использовании хвостов обогащения без извлечения из них ценных компонентов:

$$\mathcal{E}_T = \frac{(P_T - \mathcal{Z}_T) - (C_u - \mathcal{Z}_u)}{K_P + E_H}$$

где - стоимость извлеченных из хвостов металлов;

- затраты на извлечение металлов из хвостов.

Концепция оптимизации технологии подземной разработки

Концепция оптимизации технологии подземной разработки месторождений КМА за

счет управления качеством добываемой руды включает положения:

1. Массивы рудных месторождений представляют собой среду с незакономерно изменяющимися свойствами, вторжение в которую увеличивает потери до 30% и разубоживание до 60%.

2. Интенсификация добычных работ традиционными технологиями при снижении показателей качества добываемых руд сопровождается усилением негативного воздействия на окружающую среду за счет дальнейшей химизации производства.

3. Попытки уменьшить нагрузку на среду путем утилизации хвостов переработки в составе твердеющих смесей не могут быть признаны удачными, поскольку являются способом неоправданного увеличения потерь ценных металлов.

4. Между потерями и разубоживанием руд, производительностью труда и производственной мощностью предприятия существуют коррелятивные соотношения, являющиеся основой для управления качеством эксплуатации запасов недр.

5. Оптимизация потерь и разубоживания на эксплуатируемых месторождениях является альтернативой вовлечения в эксплуатацию новых месторождений полезных ископаемых.

Заключение

Оптимизация технологий подземной разработки железорудных месторождений КМА требует постановки комплексных научно-исследовательских работ, отличающихся от ранее известных оценкой возможности использования хвостов переработки руд для управления состоянием рудовмещающих массивов с сохранением земной поверхности, как приоритетного условия охраны окружающей среды, а также получения дополнительного источника средств для увеличения объемов выпуска руд при улучшении качества эксплуатации недр.

Литература

1. Петин, А.Н. Минерально-сырьевые ресурсы Курской Магнитной аномалии и экологические проблемы их промышленного освоения / А.Н.Петин // Вестник РУДН Сер. Инженерные исследования, 2006, № 11(12) . - С. 124- 135.
2. Чернышов Н.М., Коробкина Т.П. Особенности распределения и формы концентрирования платиноидов и золота в железистых кварцитах Лебединского месторождения. Вестник Воронежского университета. 2005, №1. - С. 140-152.
3. Комащенко В.И., Голик В.И., Дребенштедт К. Влияние деятельности геологоразведочной и горнодобывающей промышленности на окружающую среду. М.: КДУ, 2010. - 356 с.
4. Голик В.И., Комащенко В.И. Природоохранные технологии управления состоянием массива на геомеханической основе. М.: КДУ. 2010. - 556 с.
5. Голик В.И. Охрана окружающей среды утилизацией отходов горного производства / В.И. Голик, И.Д. Алборов, Т.Ф. Цгоев. - ИПО СОИГСИ, 2010. - 346 с.
6. Голик В.И., Комащенко В.И., Страданченко С.Г., Масленников С.А. Механо-химико-активационная технология извлечения металлов из скальных руд. ГИАБ. 2012. №9. - С. 20-26.