

УДК 504.55.054:622(470.6)

Владимир Голик, Олег Полухин, Александр Петин

## КОНЦЕПЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КМА\*

*В статье показано, что развитие безотходных технологий горного производства КМА вносит существенный вклад в повышение уровня обеспеченности России металлами. Сформулирована основная проблема диверсификации производства КМА в виде освоения технологий разработки природных и техногенных месторождений с радикальным извлечением всех полезных компонентов и минимизацией ущерба окружающей среде. Определено требование к технологии подземной разработки – возможность компенсации уменьшения объемов добычи с высоким разубоживанием при открытой разработке улучшением качества добываемого сырья за счет реализации принципов ресурсосбережения. Доказано, что комплексное использование отходов горного производства КМА с извлечением полезных компонентов до уровня санитарных требований и использованием вторичных хвостов для приготовления твердеющих смесей является инструментом реализации перспектив развития КМА. Даны сведения о новом перспективном направлении извлечения металлов из отходов добычи и обогащения руд до требуемого санитарными нормами уровня – механохимической технологии.*

**Ключевые слова:** безотходное производство, металлы, диверсификация, разработка месторождений, окружающая среда, ресурсосбережение, комплексное использование, хвосты, твердеющие смеси, механохимия.

**Володимир Голик, Олег Полухін, Олександр Петін. КОНЦЕПЦІЯ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ РЕСУРСІВ КМА.** В статті показано, що розвиток безвідходних технологій гірничого виробництва КМА вносить істотний вклад у підвищення рівня забезпеченості Росії металами. Сформульовано основну проблему диверсифікації виробництва КМА у вигляді освоєння технологій розробки природних і техногенних родовищ з радикальним вилученням усіх корисних компонентів і мінімізацією шкоди навколишньому середовищу. Визначено вимогу до технології підземної розробки – можливість компенсації зменшення об'ємів видобутку з високим розубожуванням при відкритій розробці поліпшенням якості сировини, що видобувається, за рахунок реалізації принципів ресурсозбереження. Доведено, що комплексне використання відходів гірничого виробництва КМА з вилученням корисних компонентів до рівня санітарних вимог і використанням вторинних хвостів для приготування тверднучих сумішей є інструментом реалізації перспектив розвитку КМА. Подано відомості про новий перспективний напрям вилучення металів з відходів видобутку і збагачення руд до рівня, що вимагається санітарними нормами – механохімічної технології.

**Ключові слова:** безвідходне виробництво, метали, диверсифікація, розробка родовищ, навколишнє середовище, ресурсозбереження, комплексне використання, хвосты, тверднучі суміші, механохімія.

**Vladimir Golik, Oleg Poluhin, Alexandr Petin. CONCEPT COMPREHENSIVE UTILIZATION OF RESOURCES KMA.** It is shown that the development of clean technologies mining CMA makes a significant contribution to improving security of Russian metals. Formulated the basic problem of diversification of KMA as adopting technology to develop natural and man-made deposits with the radical extraction of useful components and minimizing damage to the environment. The requirements for the underground mining technology, the possibility of compensating reduction in production of high dilution with an open design to improve the quality of raw materials produced by the principles of resource conservation. It is proved that the integrated use of mining waste MRA with extraction of useful components to the level of health requirements and the use of secondary tails hardening mixes for making a tool implementation prospects of the KMA. Provides information about a new promising field extraction of metals from mine tailings and ore to the required level of health standards - mechanochemical technology.

**Keywords:** non-waste production, metals, diversification, mining, environment, resources, comprehensive utilization, tails, hardening mixture, mechanochemistry.

**Введение. Мировые тенденции обеспечения металлическим сырьем.** Развитие мировой экономики характеризуется увеличением потребления минерально-сырьевых ресурсов. Промышленно развитые страны, в которых проживает только 16% населения земного шара, потребляют более половины добываемого минерального сырья.

Для мировой промышленности минерального сырья характерны некоторые особенности [1].

Даже самые крупные добытчики сырья Китай, Бразилия, Россия, Австралия и Канада извлекают из недр не более 25 видов из трех десятков самых важных для обеспечения национальной безопасности полезных ископаемых.

Усиливается разрыв между состоянием запасов сырья и объемами его добычи. Так, Россия является одним из мировых лидеров по запасам желез-

ных руд (до 26% мировых запасов), но по объему добычи находится лишь на пятом месте, уступая Китаю, Бразилии, Австралии и Индии.

Возросло значение месторождений золота в терригенно-карбонатных и терригенных толщах с низким содержанием и вредными примесями мышьяка и сурьмы. В России в месторождениях этого типа заключено более 40% запасов золота. Около четверти запасов золота заключено в комплексных месторождениях.

Увеличивается объем извлечения серебра попутно из комплексных руд (более 80%). Исключение составляет Россия, где доля попутного серебра невелика. В мировой базе доля запасов золота в медно-порфириновых рудах достигла 18%, при том что в России их запасы их менее 1% всех запасов.

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта № 3407.20011 в рамках государственного задания Белгородскому государственному университету на 2013 г.

Среди стран, добывающих уран, сменились приоритеты: Казахстан увеличил выпуск урановых концентратов за прошедшее десятилетие в восемь раз и вышел на первое место в мире. Россия располагает примерно третью наиболее совершенных мировых мощностей по разделению и обогащению урановых продуктов.

Несмотря на значительные запасы вольфрама (более 10% мировых), на долю России приходится только 5% добычи. Располагая половиной мировых разведанных запасов апатит-нефелиновых руд, по добыче фосфорных руд Россия находится на четвертом месте в мире. Добывая незначительное количество бокситов, цинка, свинца, хромовых и марганцевых руд, плавикового шпата, молибдена, и др. сырья (3%), Россия является крупным производителем продукции из него.

Испытывая дефицит бокситов и импортируя их, Россия удовлетворяет четвертую часть спроса алюминия на мировом рынке. При практически полном отсутствии добычи руд титана страна производит из импортного сырья около 18% мирового количества губчатого титана и является его крупнейшим экспортером. И наоборот, располагая около 15% мировых запасов диоксида титана в рудах, Россия его не добывает.

При наличии 8% мировых запасов циркония циркониевые руды добываются только попутно, зато Россия единственная производит концентраты циркония.

Спрос на редкие металлы и рассеянные элементы (рений, германий, гафний и др.) в России удовлетворяется, преимущественно, за счет импорта.

Анализ состояния металлической сырьевой базы позволяет резюмировать:

- обеспеченность России целым рядом металлов недостаточна для обеспечения ее национальной безопасности;
- объем производства ряда металлов не соответствует ее ресурсным возможностям;
- резервом увеличения производства металлов является их попутное извлечение при разработке природных и техногенных месторождений.

**Основная часть. Проблемы эксплуатации месторождений КМА.** Комплекс месторождений КМА переживает новый период развития: назрела необходимость диверсификации производства с освоением в недрах открытого способа добычи с массовым поражением экосистем окружающей среды на подземный способ добычи с минимизацией воздействия на среду.

Особенность этого периода заключается в том, что диверсифицированное производство в силу своей масштабности имеет возможность существенно повлиять на состояние металлической сырьевой базы России, в первую очередь, за счет комплексного использования недр.

В сложившихся условиях приходится решать триединую проблему увеличения добычи металлов при одновременном повышении полноты использования недр и снижения издержек на его производство.

Причиной диверсификации является кардинальная перестройка технологии при вовлечении в производство железистых кварцитов и богатых железных руд на глубине до 700 м, недоступной для открытой разработки.

Особенностью оруденения является увеличение содержания железа в железистых кварцитах до 37%, а в мартитовых и железнослудково - мартитовых рудах коры выветривания до 66% с включениями попутных металлов. Осложняющим фактором является наличие водоносных горизонтов в глинистых, песчаных и карбонатных породах. Бедные, но рентабельно обогащаемые руды содержат железа от 32 до 39%, серы до 0,3%, фосфора до 0,3%. Богатые - содержат железа 54 - 62%, серы 0,1-0,4%, фосфора 0,02-0,03% [2].

Эффективность диверсификации зависит от повышения качества товарной продукции и снижения издержек производства товарного железа за счет комплексного использования руд.

Одним из основных компонентов проблемы развития КМА является освоение технологий разработки природных и техногенных месторождений с радикальным извлечением всех полезных компонентов, использованием вторичных хвостов для собственного и сопряженного производства и возвращением в хозяйственный оборот ранее выведенных земель. От валовой выемки разносортного сырья открытым способом предстоит переход к селективному извлечению подземным способом. Уменьшение объемов открытой добычи с высоким разубоживанием должно быть компенсировано улучшением качества добываемого сырья при подземной разработке.

**Особенности подземной разработки месторождений.** Накопленный опыт добычи железных руд основывается на применении этажно-камерной системы разработки под защитой предохранительной рудной потолчины, опирающейся на междукамерные целики [3].

Увеличение высоты очистных камер более 70 м осложняет состояние массива и увеличивает потери до уровня 60%.

Коробковское железорудное месторождение КМА отрабатывается подземным способом этажно-камерной системой разработки уже более полувека. За это время под землей образовано более 50 млн м<sup>3</sup> пустот, в пустоты уложено более 6 млн тонн металлосодержащих хвостов. На земной поверхности накоплено более 100 млн тонн хвостов, в том числе 95 млн тонн отходов обогащения, которые предполагается использовать для приготовления гидравлических смесей без извлечения из них ценных компонентов, что является паллиативом.

Для увеличения полноты извлечения запасов до одновременно экономически и экологически приемлемого уровня безальтернативны технологии разработки с закладкой пустот твердеющими смесями. Эффективность таких технологий определяется превышением стоимости дополнительно добытого металла над увеличением затрат на приготовление твердеющих смесей. Эффективность будет увеличиваться за счет вовлечения в сельскохозяйственный

оборот отчужденных земель для хранения хвостов.

Состав фракций в хвостах обогащения: более 0,5 мм- 0,72%, 0,5-0,25 мм- 7,7 %, 0,25-0,1 мм- 24,5%, менее 0,1 мм- 67,4%. Такой состав весьма пригоден для гидрометаллургического извлечения металлов в процессе приготовления твердых смесей.

**Резервы развития минерально-сырьевой базы.** Прогнозные ресурсы железистых кварцитов до глубины 700 м составляют 900 млрд. тонн, богатых железных руд до глубины 1200 м - 80 млрд. тонн, поэтому необходимые темпы увеличения производственной мощности добычи железа запасами месторождений обеспечиваются.

Перед предприятиями стоит нетрадиционная для многих задача: увеличение объема производства при обеспечении сохранности земной поверхности от разрушения горными работами. Эта проблема не может решаться без использования для приготовления твердых смесей собственных омертвленных

техногенных ресурсов в виде отходов добычи и обогащения руд [4].

В России в хранилища ежегодно поступает около 15 млн. тонн отходов, а утилизируется не более 10% из них. На предприятиях КМА выход отходов составляет около 5т/т товарной руды.

Вместе с железными компонентами в хранилищах хвостов хранятся уран, золото, редкоземельные элементы и другие металлические компоненты [5]. Только в хвостохранилища Михайловского ГОК ежегодно поступает не менее 1.5 т золота и 2т урана. Извлечение металлов из хвостов обогащения является резервом укрепления финансового благополучия предприятий и региональной экономики.

Концепция природо- и ресурсосбережения состоит в создании замкнутого производства, когда в ходе одних технологических процессов создается база для производства попутной товарной продукции (рис. 1).

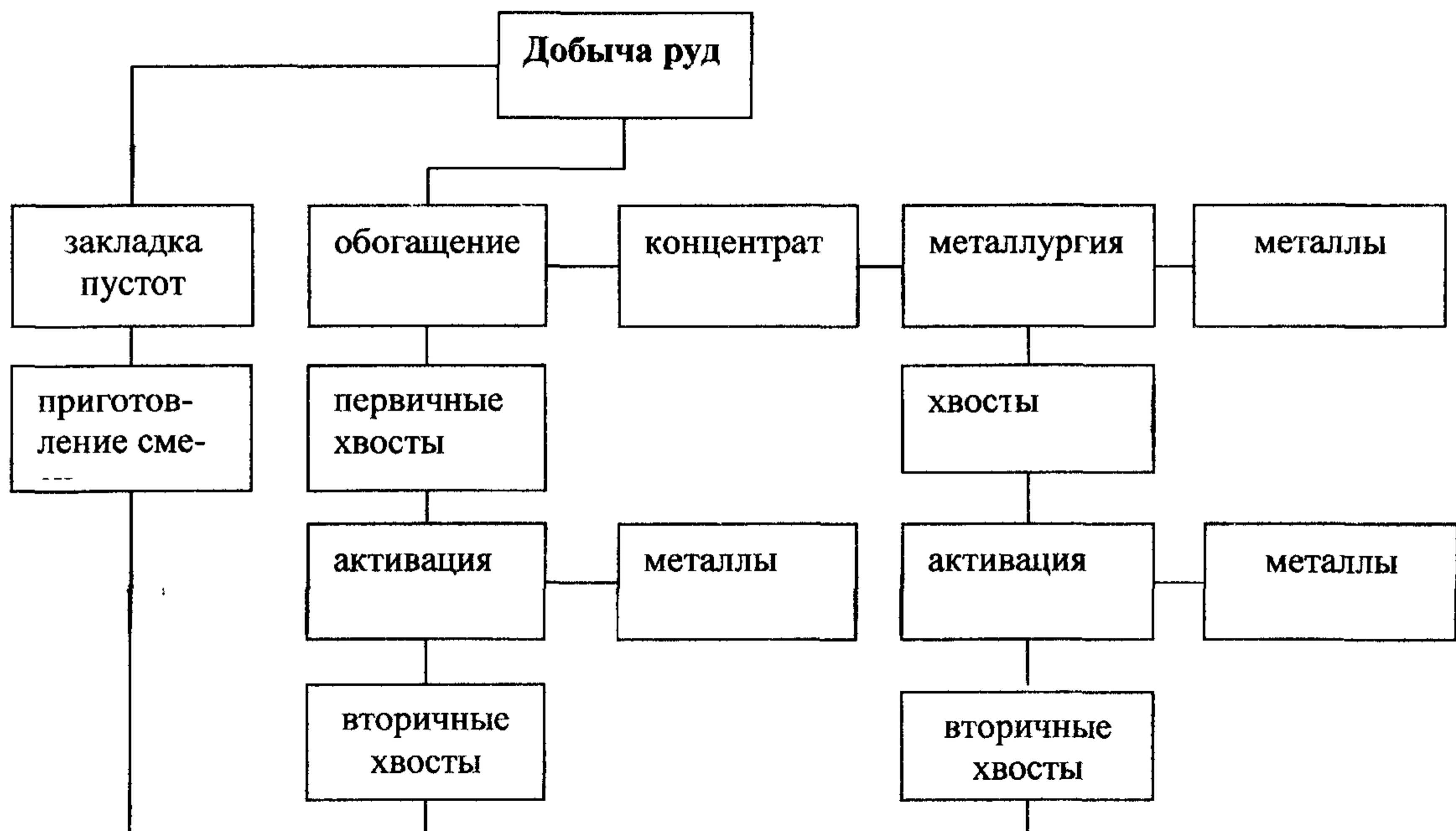


Рис. 1. Схема комплексирования процессов добычи и переработки руд

Практика «безотходного производства» - изготовление твердых смесей из хвостов обогащения без извлечения из них металлов ухудшает уровень использования недр, поскольку в составе такой закладки металлы безвозвратно теряются. Помимо прямого экономического ущерба, искусственные массивы в подземных выработках превращаются в источники природного выщелачивания металлов с катастрофическими последствиями химического заражения.

**Комплексное использование отходов.** В результате интенсивного развития горно-металлургического комплекса в регионах России накоплен значительный объем отходов горного производства. Степень использования отходов весьма низка. Они используются, преимущественно, в качестве строительных материалов, в том числе для изготовления твердых смесей.

Техногенные месторождения формируют без учета последующего использования, хотя появляются технические решения о формировании техногенных месторождений с обеспечением возможности их освоения в будущем. Так, разноразные отходы укладываются для хранения в определенном порядке, который обеспечивает возможность природного обогащения сформированного техногенного месторождения. В этом случае природные процессы: природное выщелачивание, сегрегация и седиментация, выветривание, эрозия, пыление и другие целенаправленно используются для эффективной утилизации техногенного сырья.

Принципы безотходности горно-перерабатывающего производства включают в себя главные положения [6]:

- процессы извлечения полезных ископаемых из недр и ценных компонентов из них составляют

единый технологический комплекс;

- оценка эффективности комплексирования процессов производится при приоритете условия сохранности окружающей среды, в том числе, земной поверхности от разрушения.

Реализация этих принципов в горном производстве КМА, предусматривает глубокую переработку природного и техногенного сырья с извлечением металлических компонентов до такого уровня, чтобы они могли стать сырьем для отраслей промышленности и экономики без дополнительной обработки.

Попутная добыча минерального сырья повышает экономическую эффективность эксплуатации месторождений, снижая приведенные затраты на 1 т

товарной руды в зависимости от объема внедрения примерно на 10%.

Технологические комплексы утилизации металлических хвостов используют процессы тонкого измельчения, классификации с разделением зернистых материалов и концентрации с извлечением металлов из хвостов (рис 2).

Но традиционные технологии не обеспечивают экономической эффективности утилизации. Эффективное извлечение металлов из хвостов обогащения руд до требуемого санитарными нормами уровня обеспечивается использованием технологий с применением большой механической энергии (рис 3) [7].

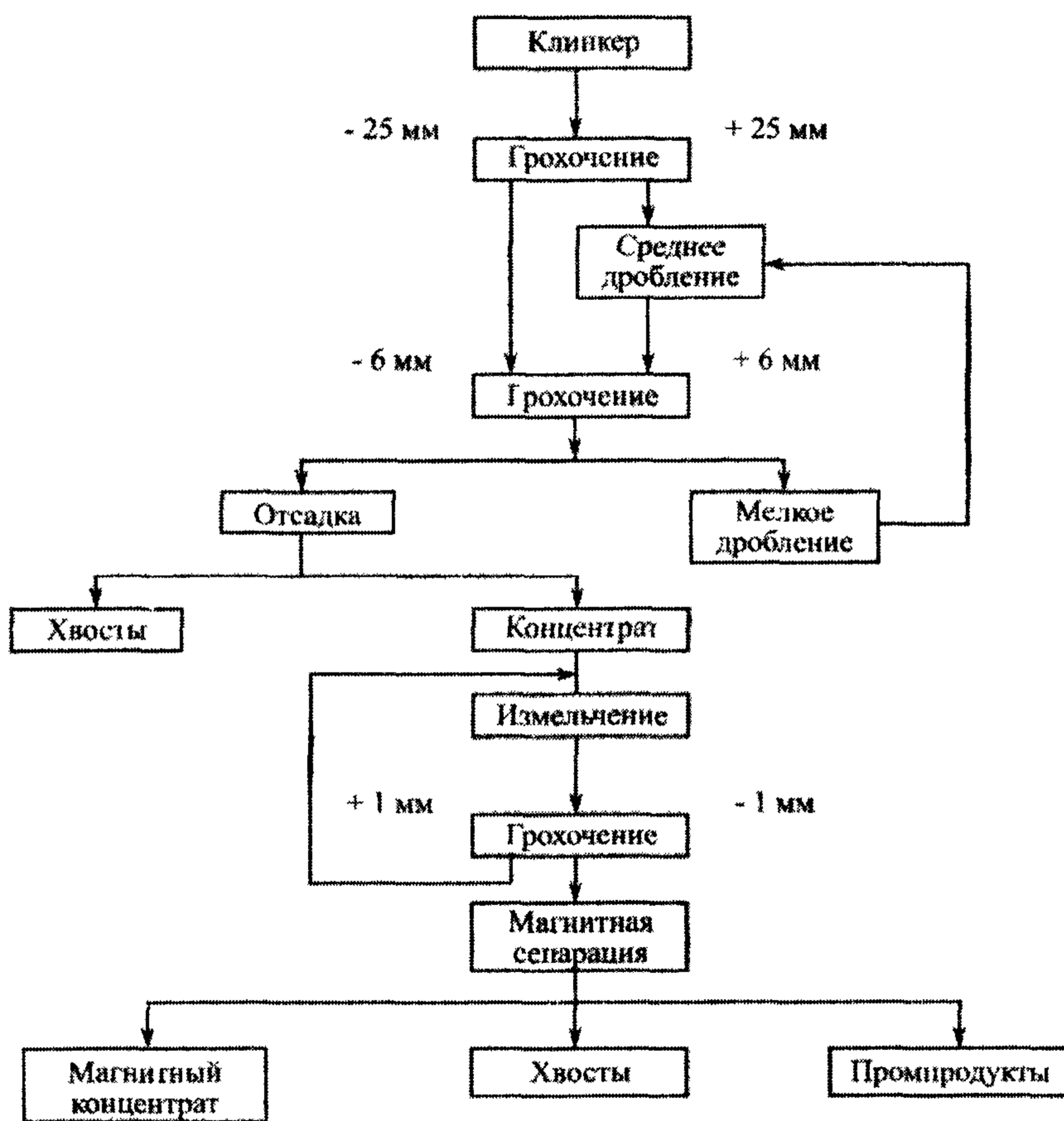


Рис. 2. Технологическая схема переработки хвостов металлургии

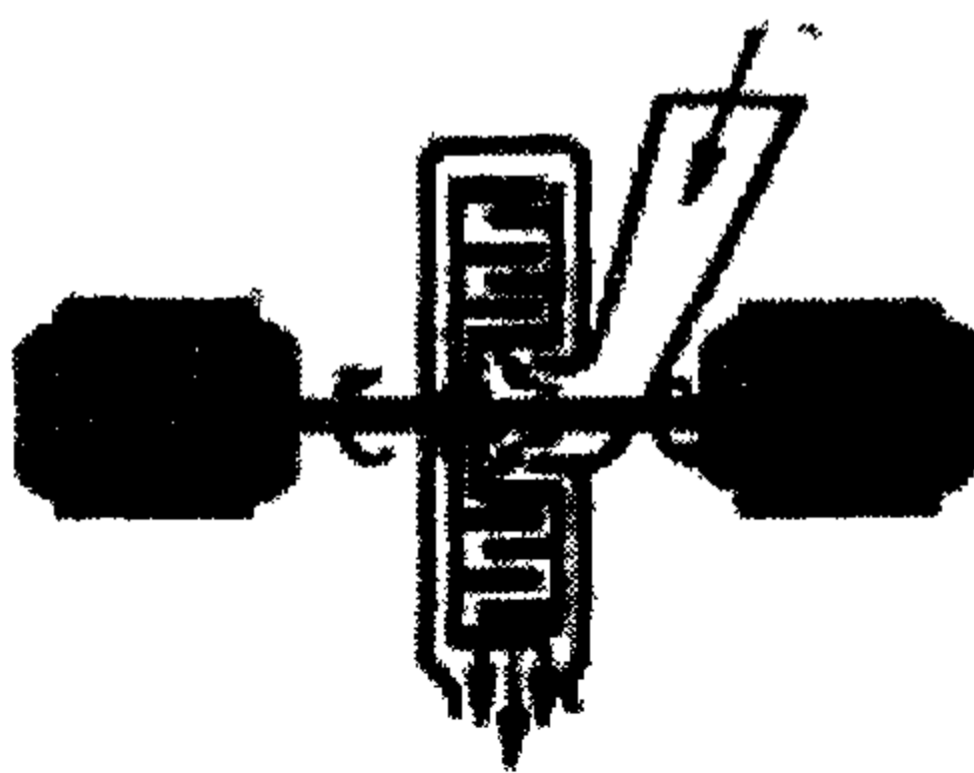


Рис. 3. Принципиальная схема дезинтегратора-активатора

Механическая активация изменяет структуру материала путем воздействия механических сил с нагрузками до четырехсот миллионов ускорений

свободного падения при скачкообразном изменении нагрузки на каждой последующей ступени. При обработке кристаллического сырья оно разрушается по

поверхностям спайности кристаллов, вследствие чего минералы разрушаются, процессы сепарирования фаз упрощаются, а выход целевого продукта увеличивается [8].

Промышленное использование дезинтегратора в горной практике впервые в мире осуществлено на руднике «Шокпак» (Северный Казахстан) [9]. Дезинтегратор обеспечивал выход активного класса до 55 %, а в комбинации с вибро-мельницей - 70 %, что позволяло заменить цемент активированным доменным шлаком с эквивалентом 1 кг цемента и 4 кг активированных хвостов. Обработка в дезинтеграторе по сравнению с шаровой мельницей обеспечивает

приращение прочности на 25-30% больше. Использование дезинтеграторной технологии позволяет производить продукты на 30% дешевле с 30-процентной экономией энергии.

Развивается направление извлечения металлов из некондиционных минералов путем выщелачивания полезных компонентов из раскрытых зерен обрабатываемого сырья в дезинтеграторе, в который загружается одновременно сырье, измельченное в шаровой мельнице и выщелачивающий реагент, подготовленный в установке электрохимической очистки промышленных стоков (рис. 4).

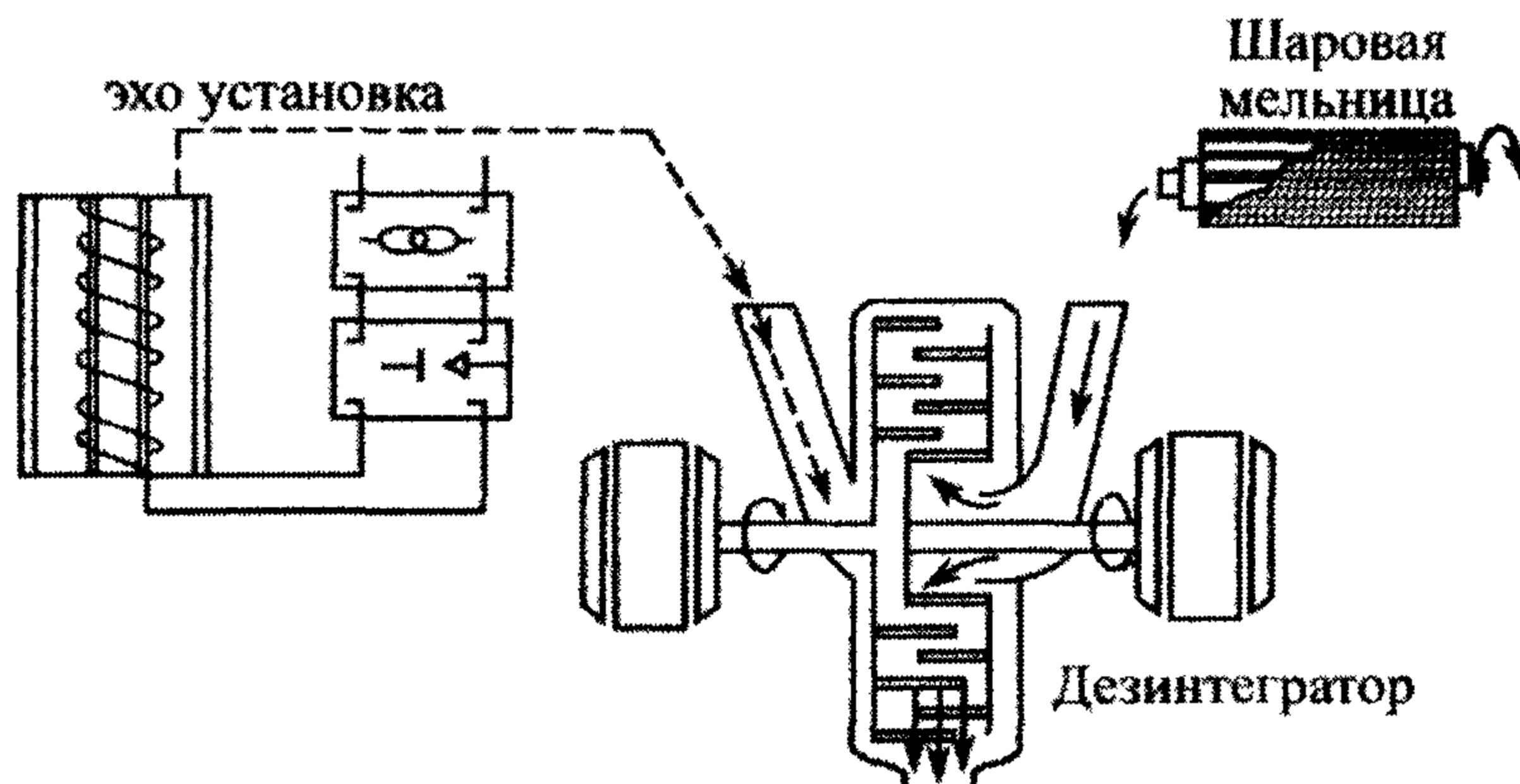


Рис. 4. Схема комбинированной механохимической активации хвостов

Задачами дальнейшего развития механохимической технологии является повышение эффективности извлечения металлов за счет ускорения процесса с более полным раскрытием зерен обрабатываемого материала и активацией поверхности структурных компонентов по трем направлениям:

1. На обрабатываемый в дезинтеграторе материал дополнительно воздействуют вибрацией в горизонтальной плоскости с подбрасываем. При обработке в дезинтеграторе частицы вещества приобретают новые технологические свойства, рациональное использование которых обеспечивает технологический и экономический эффект. Однако этот эффект использовался лишь в последующих технологических операциях, что при разрыве между операциями снижало эффективность процесса за счет падения активности поверхностей обработанных в дезинтеграторе частиц со временем. При одновременной загрузке хвостов обогащения и выщелачивающего реагента возникает синергетический эффект [10].

2. Перед подачей в дезинтегратор хвостов в смеси с серой их предварительно обрабатывают раствором смеси серной и азотной кислот. При обработке образуются сильные окислители, которые переводят минералы металлов в легко вскрываемые формы. При дальнейшем выщелачивании эти разрушенные предварительной обработкой соединения металлов переходят в растворимые комплексы [11].

3. После активации хвостов в дезинтеграторе его укладывают в штабели и обрабатывают раство-

ром серной кислоты с концентрацией 10-30 г/л, затем промывают водой и выщелачивают растворами сульфидотриоксосульфата натрия с концентрацией 10-20 г/л.

Возникает синергетический эффект от совмещения извлечения в дезинтеграторе и выщелачивания в стационарной массе, поскольку механохимически активированная в дезинтеграторе минеральная масса продолжает интенсивно отдавать содержащиеся в ней металлы в течение определенного времени, увеличивая извлечение металлов по сравнению с обоими базовыми способами в отдельности [12].

Схема извлечения металлов из хвостов обогащения комплексных руд дана на рис. 5.

Использование возможностей активаторов открывает пути к решению главной проблемы диверсификации-обеспечению сырьем для приготовления твердых смесей (рис. 6).

#### Выводы.

1 Развитие безотходных технологий горного производства КМА может внести существенный вклад в повышение уровня обеспеченности России цветными, благородными и редкими металлами и увеличение объема производства железа.

2. Освоение технологий разработки природных и техногенных месторождений с радикальным извлечением всех полезных компонентов и минимизацией ущерба окружающей среде является основной проблемой диверсификации производства КМА.

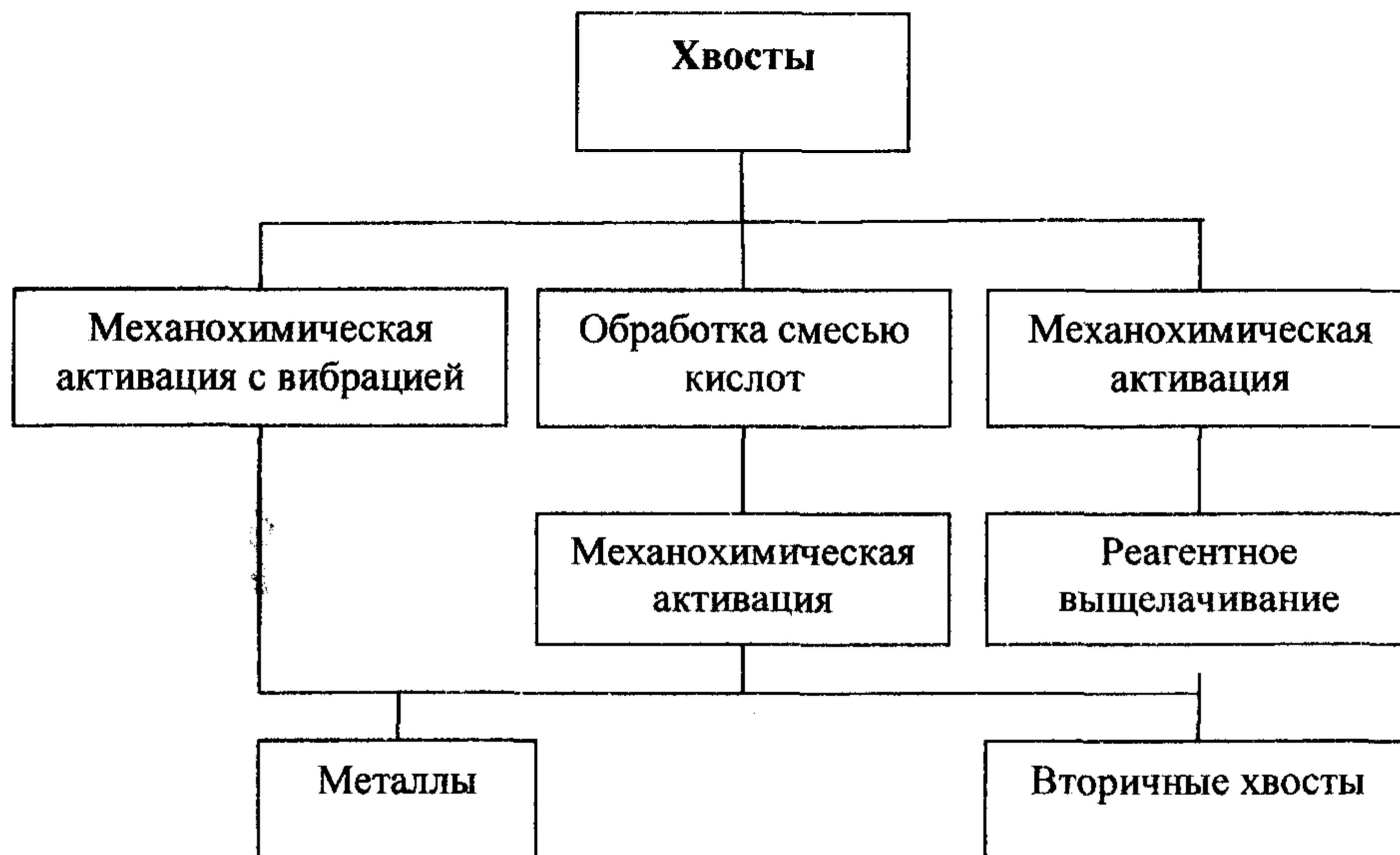


Рис. 5. Схема извлечения металлов из хвостов обогащения методами механохимической активации



Рис. 6. Схема приготовления твердеющей смеси на основе хвостов обогащения

3. Технологии подземной разработки должны компенсировать уменьшение объемов добычи с высоким разубоживанием улучшением качества добываемого сырья за счет реализации принципов ресурсосбережения.

4. Комплексное использование отходов горно-го производства КМА с извлечением полезных компонентов до уровня санитарных требований и ис-

пользованием вторичных хвостов для приготовления твердеющих смесей является инструментом реализации перспектив развития предприятий КМА.

5. Перспективным направлением извлечения металлов из отходов добычи и обогащения руд до требуемого санитарными нормами уровня является механохимическая технология.

## Список использованных источников:

1. Российский статистический ежегодник. М.: Федеральная служба государственной статистики. 2011 г.
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. Сергеев С.В., Лябах А.И., Зайцев Д.А. Опыт разработки богатых железных руд Яковлевского месторождения КМА // Научные ведомости БелГУ, 2011. - № 3. - Вып. 14. - С. 200-208.
4. Ермолович Е.А., Шок И.А. Техногенные отходы в составе закладочных композиционных материалов. М.: Горный журнал, 2012. - № 9. - С. 26-28.
5. Петин А.Н. Минерально-сырьевые ресурсы Курской Магнитной аномалии и экологические проблемы их промышленного освоения. Вестник РУДН. Москва, 2006. - Т.12. - С. 124-135.
6. Голик, В.И. Разработка месторождений полезных ископаемых. - Владикавказ: МАВР, 2006. - 977 с.
7. Голик В.И. Научные основы инновационных технологий извлечения металлов из хвостов обогащения. Цветная металлургия. М., 2010. - № 5. - С. 84-91.
8. Хинт И.А. УДА-технология: проблемы и перспективы. - Таллин. 1981. - 36 с.
9. Голик В.И., Комащенко В.И. / Природоохранные технологии управления состоянием массива на геомеханической основе. М.: КДУ, 2010. - 556 с.
10. Голик В.И., Комащенко В.И., Заалишвили В.Б. Способ извлечения металлов из хвостов обогащения. Патент № 2011105254/02(007422) от 25 мая 2012.
11. Голик В.И., Комащенко В.И., Заалишвили В.Б. Способ извлечения металлов из хвостов обогащения. № 2011105255/02(007423) от 1 июня 2012.
12. Голик В.И., Комащенко В.И., Заалишвили В.Б. Способ извлечения металлов из хвостов обогащения. № 2011105256/02(007424) от 1 июня 2012.

УДК 308:504(075.8)

Елена Лопина, Андрей Корнилов, Екатерина Дроздова,  
Юлия Белицкая, Алена ПенченковаРАЗРАБОТКА КАРТ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ В РАЙОНАХ  
РАЗМЕЩЕНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КМА\*

В статье рассмотрен методологический подход к построению карт рекреационной нагрузки на основе эстетико-потребительских параметров общественного природопользования применительно к территориям в районе размещения горнодобывающих предприятий КМА. Определены коэффициенты репрезентации среды, радиусы рекреации; рассчитана рекреационная нагрузка и представлен пример построения карты распределения рекреационной нагрузки.

**Ключевые слова:** методика социально-географического исследования, рекреационная нагрузка, общественное природопользование, эстетика природной среды, репрезентация среды, территория КМА.

**Олена Лопіна, Андрій Корнілов, Катерина Дроздова, Юлія Бєлицька, Алена Пенченкова. РОЗРОБКА КАРТ РЕКРЕАЦІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В РАЙОНАХ РОЗМІЩЕННЯ ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ КМА.** У статті розглянуто методологічний підхід до побудови карт рекреаційного навантаження на основі естетико-споживацьких параметрів суспільного природокористування стосовно територій у районі розміщення гірничодобувних підприємств КМА. Визначено коефіцієнти репрезентації середовища, радіуси рекреації; розраховано рекреаційне навантаження і представлено приклад побудови карти розподілу рекреаційного навантаження.

**Ключові слова:** методика соціально-географічного дослідження, рекреаційне навантаження, суспільне природокористування, естетика природного середовища, репрезентація середовища, територія КМА.

**Elena Lopina, Andrey Kornilov, Ekaterina Drozdova, Yulia Belickay, Alyona Penchenkova. DEVELOPMENT OF RECREATIONAL LOAD MAPS IN THE AREAS PLACEMENT OF MINING REGION OF KMA.** This article describes the methodological approach to the construction of recreational load maps on the basis of aesthetic and social nature of consumer options to the territories in the vicinity of the mining KMA. Also defines the coefficients of the medium of representation, the radius of recreation, recreational load is calculated and presented an example of mapping the distribution of recreational load.

**Keywords:** methods of social and geographical research, recreation load, the public nature, aesthetics of environment, media representation, KMA areas.

**Введение.** Разработка карт рекреационной нагрузки – одно из перспективных направлений, реализуемых на кафедре географии и геоэкологии НИУ «БелГУ» в рамках исследования социально-географических аспектов общественного природо-

пользования и эстетико-потребительских параметров среды. Подход к построению карт рекреационной нагрузки на основе оценки эстетико-потребительских параметров общественного природопользования является логическим развитием ранее

\* Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом на 2013 год (№ проекта 5.1739.2011)