

М.С. ЧЕТВЕРИК, д-р техн. наук, проф., Е.В. БАБИЙ, Е.А. БУБНОВА, кандидаты техн. наук, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины
В.В. ТЕРЕЩЕНКО, главный специалист ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Проанализированы основные ресурсосберегающие технологии, технические и технологические решения по рациональной выемке полезных ископаемых. На примере Петровского карьера обоснованы контактные зоны по типу вмещающих пород, рассчитаны потери железистых кварцитов согласно запланированному режиму горных работ на период 2013-2025 гг., определен объем горных пород подлежащий крупнокусковой механизированной магнитной рудоразборке. Проанализировано влияние открытых горных работ на рациональное землепользование, изменение гидрогеологической среды и экологического состояния горнодобывающего региона.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Украина обладает мощным ресурсным потенциалом, но несмотря на это в последнее время все чаще возникает вопрос рационального использования полезных ископаемых и сохранения природных компонентов, в т.ч. земельного покрова, недр, поверхностных и подземных вод. Вопросы рационального природопользования многократно поднимаются учеными различных специальностей, разрабатываются международные и государственные программы, но практический результат их ничтожно мал, поскольку все разработки, как правило, направлены на решение конкретных задач на определенных предприятиях. Поэтому эта проблема остается острой, а ее решение актуальным.

Объектом данного исследования является горнодобывающая отрасль, осуществляющая добычу полезных ископаемых открытым способом, так как именно при открытой добыче наиболее нерационально используются ресурсы нашей страны. Ввиду того, что Украина не может отказаться от добычи полезных ископаемых открытым способом, усилия всех ученых и государственных программ должны быть направлены на разработку и внедрение эффективных ресурсосберегающих технологий добычи.

Анализ исследований и публикаций. В горнодобывающей промышленности одним из направлений ресурсосбережения является рациональное земле- и недропользование, которое сводится к щадящему режиму горных работ, уменьшению изъятия сельскохозяйственных земель под отвалы и хвостохранилища и минимизированию потерь и разубоживания полезного ископаемого. Существуют различные способы рационального извлечения полезного ископаемого и повышения качества рудной массы:

изменение параметров систем разработки: уменьшение высоты уступа, выделение подступов (М.Г. Новожилов, Б.Н. Тартаковский, М.С. Четверик);

планирование горных работ: разрабатываются новые и совершенствуются существующие технологии добычи и переработки полезного ископаемого, взрывание с сохранением геологической среды (В.Н. Мосинец), селективная выемка (В.В. Ржевский, Ф.Г. Грачев), планируются режимы горных работ (А.Ю. Дриженко), параметры карьера (В.Г. Близиуков), разрабатывают критерии оптимизации формирования карьерных грузопотоков (В.А. Пивень), усреднение рудного сырья перед обогащением и металлургическим переделом в процессе добычи, на складах, в бункерах или непрерывных потоках (М.Г. Новожилов, Я.Ш. Ройзен, А.М. Эрперт), определяются границы карьеров и вычисляется экономически обоснованное бортовое содержание полезного компонента (Б.П. Юматов, Г.В. Секисов, М.И. Буянов), применяют предварительное обогащение на обогатительной фабрике или в карьере (Р.С. Улубабов, М.С. Четверик);

изменение параметров горного оборудования: выполняют подборку экскавационного оборудования (П.Э. Зурков), использование мехлопат с небольшой емкостью ковша (до 4-5 м³) (В.В. Ржевский), применение поворотных ковшей.

Анализ существующих способов повышения качества руды в очистном забое показал, что, несмотря на современные научно-технические разработки, на производстве самыми распространенными способами остаются селективная выемка и усреднение полезного ископаемого. Однако селективную выемку руды было эффективно осуществлять в 1980-1990 гг., когда применялись экскаваторы с вместимостью ковшей 3-5 м³ иногда 8 м³ (при грузоподъемности автосамосвалов 45-75 т). В 2000-е годы в забоях используются экскаваторы с вместимостью ковшей 8-12 м³ (в соответствии с увеличением грузоподъемности автосамосвалов до 110-150 т) и планируется применять экскаваторы с вместимостью 20 м³. Эта тенденция увеличения вместимо-

сти ковшей экскавационного оборудования приводит к повышенному разубоживанию рудной массы или большим потерям [1].

Таким образом, все перечисленные способы рационального извлечения полезных ископаемых не дают желаемых результатов, так как каждый из них действует на решение отдельной задачи технического или технологического характера, а для производства необходимо комплексно решать проблему рационального природопользования путем разработки ресурсосберегающих технологий и минимизирования потерь.

Как уже упоминалось, одним из направлений ресурсосбережения, является охрана окружающей природной среды. Многочисленные исследования, перечислить которые не представляется возможным, проводятся в области снижения техногенной нагрузки на окружающую природную среду. Основной целью этих работ является рациональное использование и охрана природных объектов (земельные ресурсы, атмосферный воздух, водные объекты). Но эффективность разработок оставляет желать лучшего, поскольку отмечается ежегодное ухудшение экологического состояния техногенно нагруженных регионов.

Постановка задания. Целью данной работы является анализ причин нерационального использования ресурсов при открытой добыче полезных ископаемых и обоснование направлений ресурсосбережения.

Изложение материала и результатов. Проблему рационального недропользования рекомендуется решать путем применения технологии предобогащения руды в карьере для уменьшения потерь и разубоживания горной массы. Согласно этой технологии в карьере или непосредственной близости от него выполняется крупнокусковая рудоразборка отдельных грузопотоков [1]. Специалистами ИГТМ НАН Украины ранее выполненными исследованиями было установлено, что при выборе технологического комплекса предварительного обогащения руды, в т.ч. стадийность дробления горной массы, необходимо учитывать тип руд и ценность горной массы. Кондиционные руды с высоким содержанием полезного компонента рационально подвергать всем трем стадиям дробления и только после этого предварительно обогащать через сухую магнитную сепарацию. Учитывая запыленность процесса мелкого дробления и трудность транспортирования мелкой фракции, эти руды перерабатывать лучше на обогатительной фабрике. Некондиционные руды забалансовых запасов или разубоженные руды слабомагнитными включениями из контактных зон подлежат рудоразборке после среднего дробления в карьере или непосредственной близости от него. После крупного дробления подвергать рудоразборке рационально разубоженные руды пустыми породами и вскрышные породы, содержащие магнетит, тем самым увеличить производительность карьера по руде, уменьшить объем вскрышных пород, уменьшить потери полезного ископаемого.

Таким образом, на комплекс крупнокусковой рудоразборки в карьере после крупного механического дробления рационально направлять грузопотоки:

Вскрышных пород из контактных зон «руда - вскрыша» для уменьшения потерь полезного ископаемого;

Рудной массы с сильномагнитными свойствами при отработке контактных зон «руда - вскрыша» с безрудными породами для уменьшения разубоживания;

Рудной массы при отработке: а) безрудных прослоев до 10 м, которые согласно [2] обязаны взять в полезное ископаемое, б) сложноструктурных добычных забоев, где перемежаемость рудных слоев и безрудных прослоев более двух и в) при выклинивании рудной залежи во вмещающие породы для уменьшения разубоживания;

Вскрышных пород при отработке железистых горизонтов, не вошедших в продуктивную толщу, для рационального использования богатства недр, минимизирования потерь полезного ископаемого и создания безотходных технологий. Так, например, в железорудной свите Первомайского месторождения выделяют 7 железистых и 7 сланцевых горизонтов. Тогда как продуктивной толщей являются только силикат-магнетитовые кварциты пятого и шестого железистых горизонтов. А остальные железистые горизонты, которые имеют непостоянную мощность или кондицию полезного компонента, не вошли в балансовые запасы.

Предварительное обогащение вскрышных пород для извлечения магнитной составляющей позволяет в первую очередь уменьшить потери полезного ископаемого балансовых запасов. Так на примере Петровского карьера были проанализированы контактные зоны «руда – вмещающие породы», рассчитаны потери железистых кварцитов согласно запланированному ре-

жиму горных работ на период 2013-2025 гг., определен объем горных пород подлежащий сухой магнитной сепарации.

Потери определялись согласно классификации контактных зон [1] по фактору - тип пород, примыкающий к рудному телу. Вмещающие породы подразделяются на: окисленные кварциты, некондиционные руды, безрудные породы и вскрышные породы, содержащие магнетит. За анализируемый период работы Петровского карьера контактные зоны магнетитовых кварцитов представлены с пегматитами, гнейсами и магнетит-силикатными кварцитами. Магнетит-силикатные кварциты с содержанием железа ниже бортового относятся к некондиционным рудам. Тогда как пегматиты и гнейсы к безрудным породам, в которых имеются трудно извлекаемые кристаллы железа в химических соединениях (содержание железа общего 1-3 %). Для обоснования экономической эффективности и рентабельности применения комплекса крупнокусовой рудоразборки на Петровском карьере были проведены в ООО «Научно-технический центр магнитной сепарации «МАГНИС ЛТД»» стендовые испытания проб горной массы. Полученные результаты испытаний показали, что из вскрышных пород руда/порода (содержание железа магнитного 7,5-14 %) выход магнитного продукта составляет 62,7-72,5 % с содержанием железа магнитного 25-35 % и сухих хвостов 27-37 % с содержанием железа магнитного менее 2 %. Следовательно, если на комплексе крупнокусовой механизированной рудоразборки перерабатывать объемы из контактных зон, то можно минимизировать потери полезного ископаемого. Кроме того при хороших показателях работы комплекса рационально перерабатывать объемы рудной массы из контактной зоны для уменьшения разубоживания.

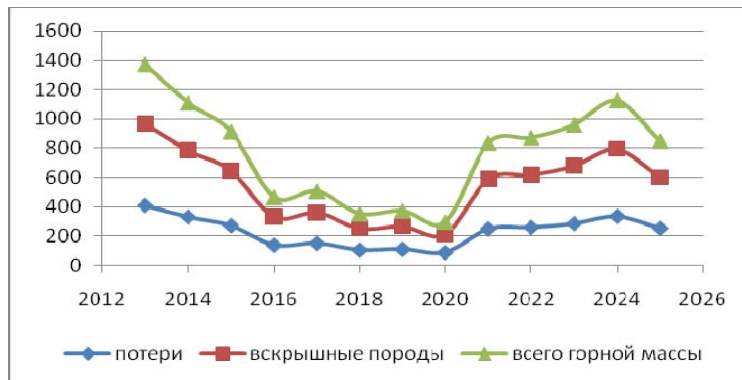


Рис. 1. Распределение объемов горной массы в тыс.т, подлежащих крупнокусовой рудоразборке по годам

Расчет количества потерь железистых кварцитов производился в соответствии с «Отраслевой инструкцией ...» [2]. При подсчете учитывалось направление отработки контактов рудных залежей, которое определялось по направлению подвигания фронта добычных работ для каждого года по

календарным планам горных работ согласно проекту «Разработка и вскрытие глубоких горизонтов карьера №3 (III-я очередь углубки карьера №3)».

Непостоянство объемов объясняется выбранной схемой вскрытия рабочих горизонтов, режимом отработки рудных блоков и перемежаемостью рудных пластов с вмещающими породами.

Ценнейшим ресурсом нашей страны являются плодородные земли, значительная часть которых изъята с севооборота под объекты горнодобывающей промышленности. Используемые технологии добычи и обогащения полезных ископаемых направлены на более полное извлечение полезного компонента с наименьшими материальными затратами, а сохранность природных ресурсов, таких как земли и воды, учитывается в последнюю очередь.

В результате открытой добычи полезных ископаемых образуются открытые выемки огромные по площади и глубине, плодородный слой снимается и десятилетиями хранится заскларированным, что снижает его ценность. Кроме того, в результате обезвоживания массива происходит нарушение геологической толщи, включающей земельные ресурсы, и оседание поверхности [3] Такого рода нарушения не учитываются до настоящего времени. Наряду с непосредственным нарушением земной поверхности происходит изъятие земель под размещение техногенных объектов (отвалов пустых пород, хвосто- и шламохранилищ, прудов-накопителей, буртов с плодородным слоем).

Влияние техногенной среды на почвенный покров определяется следующим:

исключение из хозяйственного оборота больших площадей земель, занятых отходами производства;

уничтожение или снижение качества земель через пылевые заносы с поверхностей отвалов и хвостохранилищ;

загрязнение окружающей среды (почв, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха) тяжелыми металлами и солями в концентрациях, нередко превышают допустимые нормы.

Решение вопроса о снижении влияния горных разработок на земельный покров можно разделить на два направления: исключение дальнейшего воздействия проводимых работ и решение проблемы уже нарушенных земель.

Поскольку причины нарушения земель одинаковы на всех предприятиях, добывающих полезные ископаемые открытым способом, то и направления повышения рациональности использования земельных ресурсов едины.

В качестве эффективных решений исключения дальнейшего воздействия горных работ на земельные ресурсы стоит выделить следующие: а) складирование отходов обогащения и вскрышных пород в пространства отработанных карьеров; б) разработка отвалов и хвостохранилищ с извлечением полезных компонентов, что позволит подготовить дополнительные емкости для складирования отходов без дополнительного изъятия земель и повысить ресурсоемкость предприятия за счет вовлечения в разработку отходов; в) переход на открыто-подземную разработку полезных ископаемых с закладкой подземного выработанного пространства вскрышными породами.

Решения проблемы уже существующих нарушенных земель можно разделить на следующие варианты:

использование нарушенных земель в хозяйственных целях без рекультивации (складирование отходов, создание предприятий или зон отдыха);

проведение рекультивации по направлениям (биологическая, лесохозяйственная и т.д.);

восстановление свойств нарушенного массива и плодородия почв до природного состояния [4,5].

Не менее важным ресурсом, непосредственно или косвенно, затрагиваемым горными разработками являются поверхностные и подземные воды.

Образование и наличие в пределах естественной среды нарушенной и техногенной оказывает отрицательное влияние на естественные гидрогеологические условия, что проявляется в изменении области питания, движения и разгрузки подземных вод, образовании и деформировании достаточно больших по площади депрессионных воронок. Нарушение гидрорежима территорий, в отличие от нарушения массива горных пород и земельного покрова, является более динамичным фактором, способным резко усиливать воздействие на окружающую среду других факторов [3]. В результате образуются косвенным образом нарушенные земли (подтопленные, заболоченные, проходит дополнительное оседание, изменяются свойства плодородных пород).

Это происходит по следующим причинам.

При открытой разработке фронтом горных работ пересекаются основные потоки подземных и поверхностных вод, что приводит к нарушению гидрорежима (дренирование и осушение водоносных горизонтов, препятствие естественному поверхностному и подземному стоку), и как следствие к развитию оползневых процессов на уступах и бортах карьеров (отвалов).

Внутренние отвалы по существующей технологии формирования не имеют гидравлической связи с природной средой, уложенные породы имеют нарушенную структуру. Таким образом, такая техногенная среда, располагаясь в окружении природной геологической среды, является преградой, которая препятствует движению подземных и поверхностных вод, что может приводить к оползневым процессам и поднятию уровня подземных вод.

Внешние отвалы влияют на движение поверхностных и подземных вод, поскольку зачастую располагают в балках или оврагах, т.е. в местах, где обычно происходит разгрузка подземных и поверхностных вод, что приводит к подтоплению и оползням. Шламоаккумуляторы, хвостохранилища, шламохранилища и др. в большинстве случаев располагают в балках, оврагах и т.п., что уже в самом начале эксплуатации приводит к существенному нарушению режима подземных и поверхностных вод.

В настоящее время регулирование гидродинамического режима подземных вод в районах ведения горных работ осуществляется закладкой различного вида дренажных систем с целью отвода вод от разрабатываемого месторождения. Данная технология позволяет на значительном расстоянии понизить уровень грунтовых вод и вод первого водоносного горизонта путем развития депрессионной воронки радиусом до 1 км. Однако технология не только не предусматривает восстановление природного состояния геологической среды, но и приносит значительное негативное влияние на нее, нарушая естественный гидродинамический баланс и изменяя свойства пород осушаемого массива.

В связи с этим, предлагается концепция восстановления гидродинамического режима подземных вод в районах горных разработок, суть которой заключается в следующем.

При открытом способе разработки полезных ископаемых рекомендуется в качестве основных технических решений по сохранению свойств пород в природной среде, примыкающей к нарушенной, и сохранения водного баланса территории, осуществлять перехват потоков подземных вод до их подхода к границам карьера и отводить в соответствующие им водоносные горизонты за пределами конечных контуров карьера. Параметры такой технологии зависят от глубины карьера, количества, мощности и глубины залегания вскрываемых водоносных горизонтов, расположения в плане карьерного поля по отношению к направлению потока подземных вод.

Для сохранения гидрорежима в условиях техногенной геологической среды предлагается перехват поверхностного стока дренажной системой с отводом его в природные места разгрузки, что не только позволит сохранить водный баланс территории, но и обеспечить безопасную эксплуатацию техногенного объекта.

При проведении рекультивации нарушенных и техногенных геологических сред предлагается восстанавливать верхние водоносные горизонты [5].

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, для рационального природопользования необходимо разрабатывать и применять ресурсосберегающие технологии. Технология предобогащения руды в карьерах позволяет уменьшить потери и разубоживание, извлечь забалансовые запасы и увеличить производственную мощность карьера по руде.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение нарушения естественной геологической среды и особенности формирования техногенной, законов формирования их новых свойств, а также на научное обоснование и разработку технических решений, направленных на восстановление в техногенной и нарушенной геологической средах свойств, соответствующих природным.

Список литературы

1. **Бабий Е.В.** Технология предобогащения железных руд в глубоких карьерах / **Е.В. Бабий**. – К.: Наукова думка, 2011. – 184 с.
2. Отраслевая инструкция по определению, учету и нормированию потерь руды при разработке железорудных, марганцевых и хромитовых месторождений на предприятиях Министерства черной металлургии СССР / ВАОГЕМ. - Белгород, 1975. – 68 с.
3. **Четверик М.С.** Оседание земной поверхности при водопонижении и потопление территорий горнодобывающих регионов / **М.С. Четверик, Е.А. Бубнова** // Научно-технічний збірник. - Кривий Ріг: КТУ, 2004. -Вип. 86.- С. 31-36.
4. Патент на корисну модель 64879 Україна, МПК кл. А 01 С 7/00, Е 21 Спосіб рекультивації земель, порушених відкритими гірничими роботами по створенню потенційно-родючого шару ґрунту / **М.С. Четверик, О.А. Ворон (UA)**.; заявл. 05.04.2011; опубл. 25.11.2011, Бюл. №22.
5. **Бубнова О.А.** Відновлення властивостей порушених гірничими роботами земель / **О.А. Бубнова** // Геотехнічна механіка. Межвед. сб. научн. трудов / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск, 2011.- № 94.- С. 17-23.

Рукопись поступила в редакцию 12.02.13