

УДК 378:001.62

А.Г. Темченко, В.Д. Сидоренко

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ КРИВОРОЖСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Проведен анализ научно-технической деятельности Криворожского университета, предложен ряд программ, направленных на повышение эффективности работы горных предприятий, уменьшение убытков и разубоживания руды при добыче полезных ископаемых, повышение эффективности использования энергоресурсов, улучшение экологии Кривбасса.

Ключевые слова: горно-металлургическая промышленность, железорудное месторождение, карьер, отвалобразование.

Криворожский технический университет является одним из ведущих ВУЗов Украины.

Широко развитая инфраструктура кафедр и факультетов университета способствовала созданию в вузе 18 научно-исследовательских лабораторий, в том числе проблемной лаборатории физико-технических проблем разработки рудных месторождений, проблемной отраслевой лаборатории автоматического контроля и управления качеством минерального сырья и 6-ти отраслевых. В университете действуют 18 научных школ.

По эффективности научных исследований университет занимает одно из ведущих мест среди вузов Украины. Каждый год университет выполняет научно-исследовательские работы на общую сумму около одного миллиона долларов. Университет выполняет научно-технические работы по заказам более чем 40 промышленных предприятий и 2 проектных институтов.

Ученые университета решают важные проблемы для предприятий Кривбасса и других регионов Украины и уделяют большое внимание их внедрению.

На протяжении последних лет в вузе сформированы и действуют три научно-технические программы: «Энерго- и ресурсосбережения», «Экология Кривбасса» и «Комплексное освоение железорудных месторождений Криворожского бассейна». Каждый год программы пополняются новыми научно-техническими работами, которые являются наиболее актуальными для региона.

Научно-техническая программа «энерго- и ресурсосбережения»

Энергоемкость производства в Украине в 2,6 раза превышает средний уровень этого показателя в развитых странах.

Удельное энергопотребление в горно-металлургической отрасли промышленности Украины составляет 32 ГДж/т продукции, тогда как в странах ЕС — 20 ГДж/т. Вместе с этим, в последние годы горнорудные предприятия Украины работают при значительном дефиците финансовых и материальных ресурсов, а для их стабильной работы в условиях рыночных отношений необходимо постоянное снижение себестоимости и энергоемкости добычи и переработки сырья.

В связи с этим, перед наукой и производством возникла насущная проблема повышения эффективности работы горных предприятий путем управления качеством железорудной продукции в соответствии с требованиями рынка при одновременном снижении себестоимости ее добычи и переработки.

Эта проблема имеет комплексный характер, и для ее решения необходим комплексный подход, при котором все основные процессы рассматриваются как технологическая и организационная совокупность, а внимание акцентируется на тех из них, которые имеют наибольшее влияние на качественные и технологические показатели и не требуют значительных инвестиций на их усовершенствование.

Разработанная программа направлена на решение этих проблем, состоит из четырех разделов и рассчитана на период до 2011 года.

Раздел 1. Энергосбережение в результате рационального ведения горных работ

Научные разработки раздела направлены на уменьшение убытков и разубоживания руды при добыче полезных ископаемых, их комплексное использование и уменьшение энергозатрат.

Правилами охраны недр предусматривается, что горнодобывающие предприятия при разработке месторождений обязаны: обеспечить предусмотренное проектом комплексное извлечение запасов из недр, регулировать отработку разных по качеству запасов полезных ископаемых, установленные планом развития горных работ, контролировать полноту их выемки, не допускать консервации запасов и их потерь, своевременно проводить маркшейдерский учет со-

стояния и подвижности запасов, учитывать добычу, показатели извлечения из недр.

В программе предусмотрено решение основных задач учета состояния и подвижности запасов в недрах, которыми являются: контроль обеспечения горного предприятия балансовыми, промышленными запасами и готовность их к выемке; установление изменений запасов в период эксплуатации месторождений; контроль полноты извлечения запасов из недр; систематизация материалов по запасам для планирования горных работ по технологическим и экономическим критериям. Потери полезного ископаемого и его разубоживание подлежат определению, нормированию, планированию и учету для конкретных горно-геологических условий разработки месторождения.

Добыча богатых железных руд на протяжении последних 20 лет постоянно уменьшается, ухудшается их качество, увеличивается глубина подземных выработок. В разработке бедных магнетитовых руд также нарастают проблемы, связанные с недостаточностью объема вскрышных работ, падением качества сырья, недостаточностью качества конечного продукта и т.д. Указанные негативные явления наблюдаются на фоне постоянного повышения требований металлургических предприятий к качеству агломерационной руды, концентрата и окатышей.

Решению указанных проблем может способствовать привлечение к эксплуатации горнодобывающими и обогатительными предприятиями Кривбасса бедных гематитовых руд (гематитовых кварцитов). Предлагаются к использованию комбинированные технологии на основе гравитационных методов обогащения. Предыдущие результаты дока-

зали, что с использованием такого способа обогащения можно получить агломерационную руду с содержанием железа от 55 до 62 мас. %, а также рядовой (65—66 %) и высококачественный (68-69 %) железорудный концентрат.

Утилизация гематитовых кварцитов значительно расширит перспективы железорудных месторождений Кривбасса, поскольку ресурсы этой разновидности руд в границах горных отвалов действующих предприятий оцениваются в 50 млрд т. Использование гематитовых кварцитов позволит уменьшить объемы вскрышных работ, улучшить экономические показатели предприятий, решить ряд социальных проблем.

При проектировании и эксплуатации рудных карьеров и отвалов в Украине используют методическую и нормативную базу, разработанную в России для угольных месторождений, которая в значительной степени осуществляет влияние на обоснование удельных параметров бортов рудных карьеров, чем снижает эффективность открытых горных работ в Украине. На основании анализа эффективности инженерно-технических мероприятий по повышению стойкости откосов и их деформации будет определен выбор методов оценки состояния откосов в реальных условиях рудных карьеров и будут разработаны рекомендации для повышения стойкости откосов уступов и бортов карьеров, а также ярусов отвала, что позволит пересмотреть ранее принятые проектные решения, которые содержат необоснованный запас в удельных устойчивых углах откосов.

Приближение глубин карьеров до граничных значений обуславливает большие энергетические затраты на выдачу вскрышных пород во внешние отвалы.

Разработка малооперационной открыто-подземной технологии обработки запасов с внутренним отвалообразованием и строительством подземного рудника из карьерного пространства обеспечит снижение затрат на раскрытие в среднем на 30 % при одновременном приросте промышленных запасов действующих глубоких карьеров в 1,15—1,2 раза.

Разработка железорудных месторождений Кривбасса на протяжении 125 лет привела к необратимым изменениям природного баланса вообще и земной поверхности в частности. Проявлениями этого являются нарушения устойчивости ряда промышленных и гражданских сооружений, выведение из землеиспользования значительных площадей городских земель. Отдельные работы, которые проводятся разными учреждениями и организациями, не согласовываются между собой и не дают возможности оценить проблему в целом. Поэтому назрела необходимость создания геодинамического полигона, постановки и проведения маркшейдерско-геодезических наблюдений за устойчивостью земной поверхности на территории Криворожского региона.

Это позволит определить степень влияния горных работ на устойчивость земной поверхности и сооружений, разработать мероприятия по минимизации техногенного влияния, улучшить экологическую ситуацию в регионе в целом, привлечь в народнохозяйственное использование нарушенные земли.

Внедрение средств оперативного контроля и управления качеством руд черных металлов позволит расширить сырьевую базу Украины больше, чем в 1,5 раза, понизить потери и загрязнение руд почти на 75 % при их добыче и переработке.

Раздел 2. Энергосбережение в обогатительном, агломерационном и металлургическом производствах

Удельный вес металла в естественно богатых рудах подземной добычи достаточно высок. Однако вследствие объективных особенностей залегания железных руд и используемых технологий добычи происходит смешивание руд разных минеральных разновидностей. В результате в рудах, которые добываются из недр, общее содержание железа снижается. Применение разных методов позволяет повысить качество железорудного сырья подземной добычи, однако это приводит к образованию отходов около шахт (некондиционных руд с массовой частью железа меньше 46 %). Сухая магнитная сепарация некондиционных окисленных руд шахтной добычи позволяет выделить незначительное количество полезного материала. Для полной вытяжки железа из некондиционных окисленных шахтных руд необходимо их измельчение до крупности 75—80 % класса – 0,074 мм и последующее обогащение сухими методами.

Проведенные исследования показали принципиальную возможность обогащения окисленных железных руд на сепараторах циклонного типа с высокоинтенсивными магнитами. Для внедрения этой технологии необходимо разработать техническое задание на изготовление модуля циклонного сепаратора для сухого магнитного обогащения тонкоизмельченных железных руд, разработать конструкторскую документацию сухих магнитных сепараторов для измельченного материала, изготовить и смонтировать пилотную установку. Технология сухого обогащения окисленных руд позволит получить концентрат с массовой частицей железа

не ниже 62—62,6 % при вытяжке 76—77 %. В процессе стадийного обогащения в магнитных циклонах отходы обогащения, в количестве 33—35 % по массе, можно использовать как компоненты смесей при производстве тяжелых бетонов. Удельный вес железа в песках составляет 15—20 %.

Использование энергоэффективного управления технологическими процессами горного производства на базе ультразвуковых и радиометрических методов контроля позволит увеличить содержание полезного компонента в концентрате, уменьшить его затраты в хвостах и уменьшить энергозатраты.

Слежавшиеся отходы горно-обогатительных комбинатов являются ценным сырьем, но содержат значительную часть примесей, поэтому необходимы технологии обогащения таких отходов и их переработки. В процессе переработки будет извлечена значительная часть полезных веществ, а инертные необходимо рекультивировать. Кроме этого, в процессе переработки могут быть изъятые фракции, содержащие значительное количество калия, которые в дальнейшем можно использовать как удобрения.

Раздел 3. Повышение эффективности использования энергоресурсов

Сегодня использование энергии и других ресурсов в индустриализованном мире достигло высокого уровня. Это приводит к повышению уровня дефицита природных энергетических материальных ресурсов и, как следствие, к увеличению уничтожения и загрязнения окружающей среды. В то же время очень усложняются методы, связанные с регенерацией отработанных энергоматериальных социально-общес-

твенных и производственных потоков. Технические решения чаще всего концентрируются в направлении к менее важным преобразованиям ресурсов, которые не дают ощутимых экономико-энергетических результатов. Технические и технологические предложения по экономии или по регенерации энергоматериальных ресурсов иногда даже приводят к перерасходу других менее значимых в этот момент ресурсов, которые характеризуются или низкой стоимостью (например, стоимость рабочей силы) или существующим в регионе переизбытком.

Анализ использования энергоматериальных ресурсов в обществе, в терминах термодинамики «эксергия», дает возможность комплексного изучения баланса ресурсов на любом уровне оценки от отдельного производственного агрегата до региональных (государственных). При помощи глубокого анализа энергоматериальных потоков на любом уровне производства или социально-производственных отношений можно определить наиболее экономически выгодные направления усовершенствования технологического процесса, потребление материально-трудовых ресурсов, регенерацию отходов.

Эффективность использования сырьевых ресурсов на предприятиях Украины очень низкая. Повысить эффективность можно двумя способами. Первый — это внедрение новых технологий переработки, требующих закупки нового современного технологического оборудования, а это очень большие средства, которые чаще всего отсутствуют у отечественных производителей в необходимом объеме. Второй — это существенное изменение режимов функционирования того оборудования, которое уже есть на предприятии, по новой технологии ресурсосберегающего управле-

ния. Только этот способ, который во много раз дешевле, дает возможность на существующем оборудовании достичь повышения темпов роста технологического и финансового потенциала предприятия. На это направлена работа по оптимизации технологических процессов по критерию эффективности потребления ресурсов.

Одним из направлений экономии энергии является повышение КПД установок по преобразованию и конечному использованию энергии. Оно связано с реализацией режима работы оборудования и с повышением его технического уровня.

Почти 100 % стационарного роторного промышленного оборудования работает при наличии в нем определенного количества (почти всегда неконтролируемого) конструкторско-технологических и эксплуатационных дефектов, которые вызывают эффект разбалансированности механизмов, заставляет их работать в режиме возбудителей механических колебаний и необходимости использования дополнительной энергии на предотвращение этого последствия.

Исследования зависимости энергозатрат приводов стационарного роторного оборудования (насосы, вентиляторы, эксгаустеры, дымососы, компрессоры, турбооборудование, мельницы, дробилки и другие) от наличия, степени развития дефектов, повреждений, ошибок эксплуатации, некачественного изготовления или ремонта оборудования позволит разработать и внедрить энерго- и ресурсосберегающие технологии эксплуатации промышленного оборудования. Это даст экономию энергозатрат на эксплуатацию всего множества приводов стационарного роторного промышленного оборудования до 5 %, увеличить ресурсные параметры оборудования от 30 до 50 %.

Раздел 4. Энерго- и ресурсосбережения в коммунальном хозяйстве и на строительстве

Достаточно высокая теплопроводность современных строительных материалов, которые применяются для изготовления стеновых конструкций, приводит к значительным затратам энергоносителей на отопление строений и сооружений и изготовление портландцемента. Разработка вяжущих веществ, которые на 90 % состоят из отходов металлургических и горно-обогатительных комбинатов, и технология получения из них строительных изделий широкой номенклатуры, в том числе теплоизоляционных, позволит уменьшить стоимость строительных материалов и изделий, уменьшить тепловые затраты домов и сооружений.

Система мониторинга городской сети энергоресурсов САПР «K-Mine-GAS» дает возможность визуализации коммуникаций газо- и теплоснабжения, схем подключения электросетей, подземных и наземных коммуникаций и др. Это позволяет оперативно отследить поточное состояние энергосетей, аварии, отключения, перенапряжения и другие особенные ситуации, что позволит оптимизировать потребление энергоресурсов города.

Научно-техническая программа «экология Кривбасса»

Город Кривой Рог входит в ряд экологически опасных городов Украины. Анализ данных качества воздуха по таким вредным примесям в воздухе, как оксиды углерода, азота, сероводорода, промышленной пыли и других ингредиентов, их максимальные разовые концентрации превышают граничные нормы.

На предприятиях города не все существующие системы пыле- и газо-

очистки отвечают современным требованиям по их эффективности и нуждаются в модернизации или в реконструкции, а технологии производства готовой продукции допускают большие объемы валовых выбросов вредных веществ в атмосферу.

В городе и на предприятиях отсутствуют автоматические системы контроля качества воздуха, что не дает возможности быстро реагировать на внезапные чрезвычайные ситуации в атмосфере при авариях, залповых выбросах массовых взрывов, а также при несанкционированных выбросах вредных веществ на предприятиях.

Отсутствует также научно обоснованная методология расчета допустимых уровней аэротехнических нагрузок вредных веществ на селитебные территории города и на их жителей, а также методика расчета возмещения и платы за загрязнения атмосферы у тех предприятий, вредные выбросы которых привели к потере здоровья людей, которые живут в экологически опасных районах города.

Система мониторинга экологического загрязнения местности на основе использования «K-Mine-GAS» позволяет визуализировать состояние экологии всей территории местности, оперативно отслеживать поточное состояние и пополнять графическую модель. Это даст возможность прогнозировать состояние техногенного загрязнения и его последствия, что приведет к улучшению экологической ситуации в целом.

На Криворожье более 35 тыс. га нарушенных земель, которые требуют рекультивации. Каждый год такие работы проводятся на 10—20 га, остальная территория остается под спонтанное зарастание. На части отвалов за 25—35 лет спонтанно сформировались лесные и травянистые группировки, которые по про-

дуктивности не уступают искусственно созданным при проведении рекультивации. Проведение рекультивационных работ на таких участках нецелесообразно. Для перевода этих территорий в разряд таких, которые не требуют рекультивации, необходимо определить критерии. Разработка таких критериев возможна только при учете экологического потенциала спонтанно сформированного биогеоценотического покрова.

Предложенная программа позволит устранить вышесказанные недостатки современного состояния решаемой проблемы в экологии города и его жителей.

**Научно-техническая программа
«комплексное освоение
железородных месторождений
криворожского бассейна»**

На протяжении многих лет эксплуатации железородных месторождений Кривбасса сформировался односторонний подход к изучению и добыче минерального сырья. Основными полезными ископаемыми, которые подлежали добыче и переработке, были железистые кварциты и богатые железные руды. При этом 70—73 % минеральной массы, которая добывается из недр и содержит промышленные концентрации рудогенных элементов (скандий, ванадий, германий, золото, платина и платиноиды) и неметаллические полезные ископаемые (гранат, слюдистые кварциты, амфиболиты, песок, глина, известняки и др.), складировались и складировались в отвалах и шламохранилищах, создавая превышающую норму техногенную нагрузку на окружающую среду. Кроме этого, в недрах Криворожья сосредоточены залежи многих видов минерального сырья, необходимых для переработки основных ископаемых и потребностей

региона, и которые завозятся в регионы из других мест и даже из-за рубежа, а это значительно повышает экономические затраты предприятий, сказывается на стоимости продукции и, как следствие, на ее конкурентоспособности.

Металлургические отходы, которые в большом объеме накопились в Кривбассе, характеризуются значительным содержанием в них железа, цветных металлов, кокса и других полезных компонентов. Минералогическое и петрографическое изучение отходов металлургического производства позволит разработать технологию дополнительного извлечения из них металла, энергоносителей и других полезных компонентов с целью использования их в народном хозяйстве.

За относительно короткое время под влиянием хозяйственной деятельности человека произошли существенные изменения ландшафта, а также геологической, гидрологической, гидрогеологической составляющих естественной среды. Создание техногенного ландшафта, высокая степень повреждения геологической среды вследствие открытой и подземной разработки железных руд, нарушение гидродинамического режима подземных вод, загрязнение поверхностных вод, атмосферного воздуха, грунтов вместе с особенностями геологического строения Криворожья способствуют активизации развития провалов, сдвигов, техногенного карста, подтоплению территорий, снижению степени сейсмостойкости региона, формированию техногенных геохимических аномалий в грунтах и др. Пруды-накопители и шламохранилища являются прямыми причинами возникновения левых явлений с присущими для

них катастрофическими последствиями. Сегодня территория Криворожского бассейна представляет собой потенциальную зону, в границах которой активизированы все причины возникновения чрезвычайных ситуаций техногенно-естественного характера, связанных с существенными изменениями естественного состояния геологической среды.

Выход из этого сложного социального, экономического и экологического положения, в котором сегодня пребывает Кривбасс, проходит через комплексное освоение месторождений, что даст возможность сохранить существующие инфраструктуры добывающих и перерабатывающих комплексов, решить вопросы трудоустройства населения и улучшить экологическое состояние окружающей среды путем существенного уменьшения отходов добывающей промышленности.

В процессе реализации этой комплексной программы ожидается:

- получить всесторонние сведения о наличии в недрах Кривбасса основных и попутных полезных ископаемых с прогнозируемой оценкой нахождения новых месторождений;
- получить сведения о попутных полезных ископаемых железорудных месторождений с их качественными, количественными и технологическими характеристиками, а также рекомендациями относительно использования;
- разработать рекомендации по усовершенствованию действующих

технологических схем обогащения основных полезных ископаемых, направленных на минимизацию объемов отходов производства и повышение качества продукции;

- разработать рекомендации и мероприятия по направлениям изменения технологии добычи основных полезных ископаемых с учетом необходимости привлечения к производственным процессам сопутствующих полезных ископаемых;
- разработать критерии предупреждения чрезвычайных ситуаций, что позволит минимизировать степень риска их возникновения и обеспечит стабильность функционирования и развитие территорий с нарушенным состоянием геологической среды;
- создать обоснованную модель последовательности и поэтапности дальнейшего освоения и развития Криворожского бассейна для его эффективного функционирования с минимальным влиянием на изменения экологической среды.

В итоге следует отметить, что научно-технические инновационные разработки ученых университета внедрены на многих промышленных предприятиях как Украины, так и за ее пределами.

В 2006 году научную работу «Комплекс ресурсо- и энергосберегающих геотехнологий добычи и переработки минерального сырья, технических средств их мониторинга с системой управления и оптимизации горнорудных производств» наградили Государственной премией Украины в области науки и техники.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Темченко А.Г. — доктор технических наук, профессор Криворожского технического университета (Украина); ktu@alba.dp.ua

Сидоренко В.Д. — доктор технических наук, профессор Криворожского технического университета (Украина); ktu@alba.dp.ua