

містить одну чи декілька багатократно повторюваних частин (циклів);  
застосовується для простих систем, у яких елементів обмежена кількість.

Недоліки циклічного алгоритму:

щоб цикл мав шанс коли-небудь закінчитися, вміст тіла циклу повинен обов'язково впливати на умову циклу;

умова повинна складатися з конкретних виразів і значень, визначених ще до першого виконання тіла циклу.

**Висновки.** У роботі запропоновано загальну схему формалізації проектних дій проектувальника при моделюванні показників варіанта проекту. Розглянуто й проаналізовані основні алгоритми проектних дій. Визначено, що найбільш оптимальними для прийняття управлінських рішень є лінійні алгоритми, а у випадках, коли структури слідування недостатньо для рішення поставленої задачі оптимальними є розгалужені алгоритми. Крім того, існують управлінські рішення, для реалізації яких необхідно використовувати комбінації різноманітних типів алгоритмів (наприклад, використання циклічних структур у розгалужених алгоритмах).

### Список літератури

1 Григор'єв І.Є. Теорія проектування гірничих об'єктів у сучасних умовах / І.Є. Григор'єв// Вісник ДВНЗ «Криворізький національний університет». -Кривий Ріг. - Вип. 30. -2012. - С.11-14.

2. Бергаланфи Л. Общая теория систем. -М.: Прогресс, 1969.

3. Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений.- М.: Экономика, 1994.

Рукопис подано до редакції 20.02.12

УДК 553.5: 622.271

В.В. ТЕРЕЩЕНКО, Д.В. ШВЕЦ, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

## ФОРМИРОВАНИЕ И ДАЛЬНЕЙШАЯ РАЗРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ

Рассмотрены закономерности взаимосвязи добычных работ на карьерах Криворожского железорудного бассейна с режимами горных работ на отвалах. Предложен алгоритм формирования техногенных месторождений полезных ископаемых с учетом их дальнейшей разработки, последовательной переработки и извлечения полезного компонента для поддержания производственных мощностей ГОКов. Описанные схемы транспортирования вскрышных пород и их временное складирование в отвалы имеют рекомендационный характер.

**Ключевые слова:** техногенное месторождение, комплексное использование, сырьевая база, сопутствующие вскрышные породы, строительные полезные ископаемые, окисленные кварциты, железосодержащие отходы, разработка отвальных емкостей

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Криворожский железорудный бассейн представляет собой сложную природно-техногенную систему. Ведущая роль в бассейне принадлежит бедным рудам семи железистых горизонтов саксаганской свиты криворожской формации, второстепенная – железистым кварцитам и небольшим сингенетическим залежам богатых сидерит-магнетитовых руд гданцевской свиты оскольской формации [1].

Данное геологическое строение предопределяет месторасположение крупных предприятий горнодобывающей отрасли страны по добыче железорудного сырья в Криворожском бассейне. Так, на месторождении ПАО «ИнГОК» по минералого-петрохимическим, химико-аналитическим особенностям и технологическим показателям в числе балансовых запасов неокисленных железистых кварцитов пространственно выделяются гематит-магнетитовые  $sx^{5f(1)}$ , магнетитовые  $sx^{5f(2)}$ , магнетит-силикатные  $sx^{5s(3)}$ , магнетитовые  $sx^{4f(4)}$ , силикат-магнетитовые  $sx^{3f+2f+4s+3s(5)}$ , магнетитовые  $sx^{2f(6)}$  и магнетит-силикатные  $sx^{2f(7)}$  геолого-технологические сорта. Конечной продукцией, которую производит комбинат, является железорудный концентрат и товарный щебень из вскрышных пород. Однако при разработке карьера вскрываются также забалансовые запасы окисленных кварцитов, кондиционные марганцевые руды, бокситы, известняки, пески и талькосодержащие породы.

Например, в условиях ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» железосодержащие отходы образуются при каждой стадии технологического процесса: от добычи железной руды до получения конечной продукции (проката).

Решение проблемы комплексного использования минеральных ресурсов горных предприятий является важным источником расширения сырьевой базы месторождений и поддержания их производственных мощностей. Это связано с тем, что попутно извлекаемая некондиционная руда и сопутствующие скальные вскрышные породы являются техногенными полезными ископаемыми в будущем, так как могут быть использованы при усовершенствовании технологических процессов обогащения, применения малоотходных и ресурсосберегающих технологий отработки запасов.

**Анализ исследований и публикаций.** Разрабатываемые месторождения железистых кварцитов ПАО «ИнГОКа», ПАО «СевГОКа», ПАО «ЦГОКа», ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и ОАО «ЮГОКа» находятся в благоприятных горно-геологических и экономических условиях для комплексного использования всех попутно извлекаемых как рудных, так и нерудных полезных ископаемых, а также шламовых отходов обогащения [2].

Современное состояние горных работ и возможное увеличение производственных мощностей предприятий требует скорейшего перехода к ресурсосберегающим и малоотходным технологиям с использованием отходов добычи и обогащения полезных ископаемых.

За весь период добычи полезных компонентов накопились значительные запасы заскладированных неиспользованных забалансовых руд в отвалах, отходов обогатительного и металлургического производства, которые могут быть использованы, например, как строительные полезные ископаемые. Эти запасы являются техногенными месторождениями, одними из видов ресурсов недр планеты, не требующими проведения буровых, взрывных и вскрышных.

Максимальное промышленное использование попутно добываемых ценных полезных ископаемых является неременным фактором значительного повышения фондоотдачи и общей рентабельности горного производства.

**Постановка задачи.** Техногенные месторождения сформировались и продолжают формироваться способом селективного отвалообразования. При этом, как правило, не учитывается возможность их разборки в дальнейшем, а также не всегда соблюдается селективное складирование разнотипных пород. В результате в теле такого месторождения могут быть соединения горных пород, которые в природе никогда не встречаются.

Неупорядочность складирования пород и некондиционных руд, их перемешивание, длительность слеживания в отвалах под действием природных факторов приводит к разрушению и окислению рудного сырья, а скальные породы строительного сырья подвергаются выветриванию.

Освоение и разработка техногенных месторождений усложняется недостаточностью разработанных государственных стандартов и технических условий на материалы, сырье попутной добычи и отходов обогащения (отсутствие стимулирования предприятий горно-металлургического комплекса за счет усовершенствования экономических и организационных факторов).

Практика комплексного использования природных ресурсов и проектные проработки подтверждают экономическую эффективность использования попутных компонентов, окупаемость инвестиционных вложений которых в большинстве случаев не превышает пяти лет. Однако ориентация на комплексное использование минерального сырья из недр сдерживает объемы выемки основного полезного компонента из-за селективной выемки в полном объеме сопутствующих минеральных ресурсов. Таким образом, временное складирование объемов вскрыши и внедрение технологии формирования техногенных месторождений с учетом последующего извлечения из них компонентов минерального сырья является необходимым условием современного направления развития горной отрасли в целом.

**Изложение материала и результаты.** Комплексное использование минеральных ресурсов возможно при наличии соответствующих технических решений. Значение имеет установление последовательности разработки тех или иных сопутствующих компонентов или отходов. Необходимость соблюдения последовательности обусловлена тем, что даже при наличии технических решений невозможно одновременно внедрить в разработку все сопутствующие компоненты и отходы.

На современных карьерах объемы вскрышных работ тесно связаны с обеспечением производственной мощности предприятий по добыче сырья, в данном случае – по магнетитовым кварцитам. Важным фактором взаимосвязи добычных работ, является выполнение плановых объемов по выемке вскрыши, которые, в свою очередь, определяются режимом горных работ в карьере и на отвалах. Следовательно, режим вскрышных работ обуславливается режимом отвальных.

При разработке крутопадающих месторождений в большинстве случаев применяется поярусная схема отсыпки отвалов, так как первоначально отсыпается первый ярус, затем – второй и так далее до проектного контура формируемого отвала. Если на перспективу не спланировать, каким образом в будущем следует разрабатывать заскладированное минеральное сырье в проектируемом отвале, то дальнейшая отсыпка «классическим» способом существенно усложнит и удорожит выемку полезных компонентов из сложившихся таким способом техногенных месторождений.

Показательным примером комплексного использования минерально-строительных ресурсов и временное их складирование с учетом дальнейшей переработки доменного шлака, который является техногенным сырьем и может быть использован в строительной индустрии по ДСТУ Б В.2.7-149:2008, является деятельность частного предприятия «Восход». Разработка доменных шлаковых отвалов с целью извлечения отходов черных металлов в виде скрапа согласно ТУ У 322-228-29-2007 для дальнейшей переработки в цехах ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» внедрена уже более 10 лет. Скрап используется в металлургическом переделе, немагнитная часть доменного шлака реализуется сторонним организациям в виде щебня разных фракций: 10-20; 20-40 и 40-70 мм.

ГП «ГПИ «Кривбасспроект» разработан рабочий проект «Разработка доменных шлаковых отвалов ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» для дальнейшего выполнения услуг по переработке ЧП «Восход» доменных шлаковых отвалов с целью извлечения отходов черных металлов в виде скрапа и подготовки площадей под отвалы текущих шлаков [3].

Успешно применяется на ПАО «ЦГОК» отработка ресурсов железосодержащих песков опытно-промышленного участка комбината, согласно выполненному в 2003 г. институтом «Кривбасспроект» «Проекта строительства опытно-промышленного участка по дообогащению железосодержащих песков хвостохранилища «ЦГОКа».

В настоящее время ведется разработка участков №3 и №4, являющихся юго-западным и западным продолжением уже отработанных участков №1 и №2 [4]. Материалы отчета о результатах геологоразведочных работ по оценке хвостохранилища «ЦГОКа» обобщают результаты бурения и опробования 56 шнековых скважин (848,65 м), исследований 550 рядовых (массой 6-16 кг), 16 малых (массой до 70 кг) и двух лабораторных (массой 1 и 10 т) технологических проб хвостов обогатительной фабрики, уложенных в емкости хвостохранилища с 1961 г.

Разработка железосодержащих песков ведется двумя плавучими земснарядами типа 350-50Л (СУГМ). Транспортировка лежалых песков осуществляется на фабрику по системе пульпопроводов. Глубина отработки ограничивается по дну склонами балок Малая и Большая Лозоватка.

Площадь участка №3 в принятых границах составляет 62,61 га с учетом разборки центральной дамбы (пикеты 14÷30). Железосодержащие пески извлекаются в количестве 8 513 тыс. т, при средней массовой доле  $Fe_{общ} = 22,00 \%$ ,  $Fe_{маг} = 7,27 \%$ . Площадь участка №4 в принятых границах составляет 42,70 га. Железосодержащие пески извлекаются в количестве 4 690 тыс. т, при средней массовой доле  $Fe_{общ} = 18,49 \%$ ,  $Fe_{маг} = 5,13 \%$ .

После отработки участков в их емкости возможен повторный сброс хвостов обогащения.

Таким образом, ПАО «ИнГОКу», ОАО «ЮГОКу», ПАО «СевГОКу» и ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» целесообразно рекомендовать внедрение технологии переработки железосодержащих песков хвостохранилищ.

*Рассмотрим сложившуюся ситуацию положения горных работ ПАО «ИнГОКа».* При добыче балансовых запасов неокисленных железистых кварцитов из недр месторождения извлекаются забалансовые окисленные железистые кварциты ( $sx^{4f}$  и  $sx^{5f}$ ), силикат-магнетитовые кварциты ( $sx^{1f}$ ), малорудные железистые кварциты переходной пачки ( $sx^{2f}$ ) железистых горизонтов, сланцы кварц-биотит-хлоритовые и гранат-куммингтонитовые ( $sx^{1-4s}$ ) сланцевых горизонтов, хлорит-тальковые и кварц-серицитовые сланцы ( $sk^3$  и  $sk^{1-2}$ ), граниты ( $\gamma AR_2dn$ ) и мигматиты ( $\gamma mAR_2dn$ ), каолины (коры выветривания гранитов и мигматитов), известняки ( $N_2p-N_1s$ ), глины ( $N_2p-P_2bc$ ), суглинки ( $Q_1$ ), пески ( $P_2kv$ ).

В 1987 г. институтами «Кривбасспроект» и «Механобрчермет» было выполнено «ТЭО промышленного значения и временных кондиций для подсчета запасов окисленных железистых кварцитов Ингулецкого месторождения», которым рекомендовалось использовать их для получения товарного концентрата после 2001 г., однако до настоящего времени окисленные железистые кварциты складировались в отвал № 2.

Кроме того, окисленные железистые кварциты используются в строительстве дамбы хвостохранилища, а также для поддержания откосов отвалов, строительства внутрикарьерных дорог и производства щебня. В связи со сложившимися условиями в «ТЭО определения перспективных границ и производительности карьера ПАО «ИнГок» ГП «ГПИ «Кривбаспроект» предложена схема грузопотоков горной массы, складирования окисленных кварцитов и их переработки, начиная с 2018 г. и до конца отработки Ингулецкого месторождения, рис. 1 [5].

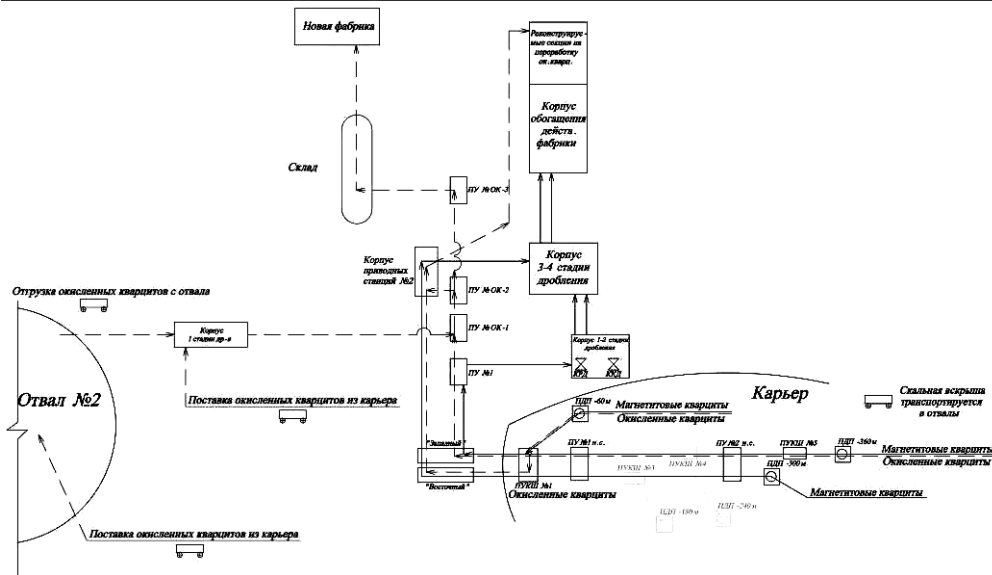


Рис. 1. Сводная схема грузопотоков горной массы

Согласно данному проектному решению карьер обеспечивает добычу 38,0 млн. тонн магнетитовых кварцитов и вовлекаются в переработку окисленные кварциты с учетом возможности сырьевой базы Ингулецкого месторождения.

Утвержденные запасы тальковых сланцев и суглинков, которые попутно добываются на вскрываемых горизонтах карьера и складированы в отвалы, по химическому составу и технологическим свойствам пригодны для производства керамического кирпича марок «175-200» ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Протоколом ГКЗ Украины от 14 марта 2001 г. № 594 запасы суглинков и тальковых сланцев в количестве 3023,2 и 1709,1 тыс. м<sup>3</sup> соответственно сняты с государственного учета, как утратившие промышленное значение в связи с изменением условий хозяйствования.

Пригодность известняков Ингулецкого месторождения для получения строительной извести и цемента установлена Днепропетровским научно-исследовательским институтом строительной промышленности по 3 технологическим лабораторным пробам массой 100 кг каждая, отобраным Криворожской ГРЭ «Кривбасгеология» при доразведке месторождения в 1989-1994 годах. Лабораторными испытаниями определены физико-механические свойства: объемная плотность – 1,48-2,15 т/м<sup>3</sup>, пористость – 19,17-43,45 %, водопоглощение – 4,0-21,7 %, временное сопротивление одноосному сжатию – 54,76-238,0 МПа и химический состав известняков: CaO – 47,42 %, MgO – 0,24 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,97 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 1,32 %, потери при прокаливании – 38,12 %, нерастворимый остаток – 11,97 %.

В пределах Ингулецкого месторождения в западном и восточном бортах карьера развиты коры выветривания гранитов и мигматитов, представленные каолинами белого и светло-серого цветов.

В связи с изложенным, для формирования, строительства и дальнейшей разработки техногенных месторождений полезных ископаемых в современных условиях добычи железорудного сырья рекомендуется выполнение следующего алгоритма транспортировки, разделения и складирования вскрышных горных пород и некондиционной руды, рис. 2.

Применение данного алгоритма в производственной практике обеспечит комплексное использование минеральных ресурсов сырьевой базы месторождений и предопределяет дальнейшую работу предприятий на перспективу.

Исследовано, что возможность производства щебня из скальных горных пород месторождения определена по 16 пробам лабораторией Криворожской ГРЭ ГПИ «Южукргеология».

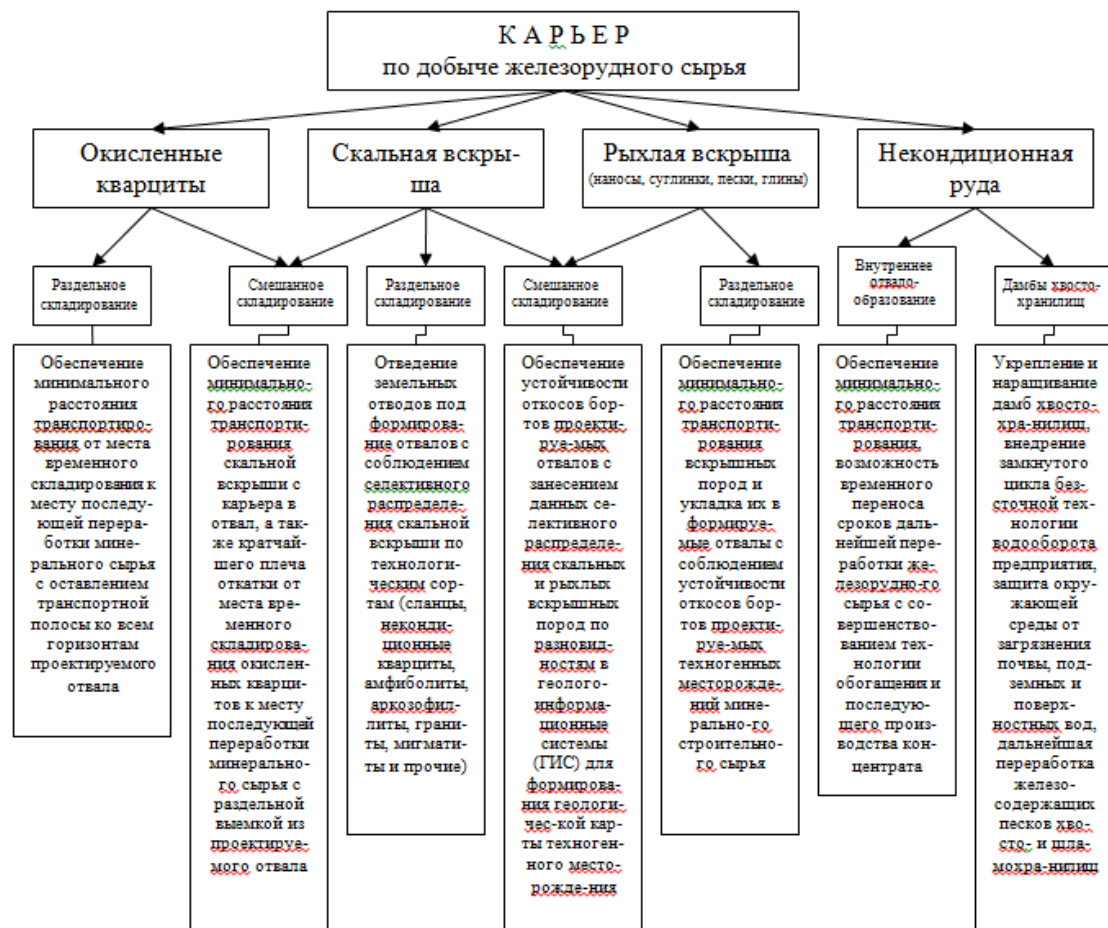


Рис. 2. Алгоритм комплексного использования минеральных ресурсов железорудных месторождений Кривбасса

Испытания проб проведены в соответствии с требованиями ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебень и гравий плотные природные для строительных материалов, изделий, конструкций и работ». По своим физико-механическим свойствам породы соответствуют требованиям ГОСТ 23845 – 86 «Породы горные скальные для производства щебня для строительных работ», действующего в настоящее время.

При обогащении неокисленных железистых кварцитов образуемые отходы обогатительного производства представляют собой кварц-силикат-железистый искусственный песок с модулем крупности от 0,01 до 1,2. Минеральный состав его представлен в основном кварцем и другими силикатами, зернами и сростками магнетита, гематита и сидерита с другими минералами.

По химическому составу хвосты обогащения магнетитовых кварцитов характеризуются относительным постоянством массовых долей: Fe<sub>общ</sub> (12,1-15,8 %), SiO<sub>2</sub> (61,4-63,75 %), FeO (10,51-13,55 %), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,5-6,57 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,37-3,05 %), Na<sub>2</sub>O (0,33-0,38 %), K<sub>2</sub>O (0,28-0,54 %), CaO (1,44-1,64 %), MnO (0,1-0,14 %), MgO (2,19-2,93 %) и потери при прокаливании (2,19-2,93 %).

Отходы, направляемые непосредственно в хвостохранилище, характеризуются следующими величинами физических и механических свойств: насыпная плотность – 1068 кг/м<sup>3</sup>, объемная плотность – 2,65 т/м<sup>3</sup>, пустотность – 40 %, приращение объема при набухании – 30 %, массовая доля частиц пылевидных, глинистых и илистых – 2,7 %, в том числе: глинистых – 0,7 %.

В хвостохранилище более крупные фракции оседают в прибрежной части, а глинистые примеси и частицы наиболее тонкой фракции уносятся водой к центру.

В связи с этим физико-механические свойства их несколько изменяются и составляют: насыпная плотность – 1431 кг/м<sup>3</sup>, объемная плотность – 2,68 т/м<sup>3</sup>, набухание – 20 %, массовая доля частиц пылевидных глинистых и илистых – 1 %, в том числе: глинистых – 0,8 %. Органические примеси отсутствуют.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Отечественная и зарубежная практика свидетельствует об огромных возможностях использования многих отходов и попутно извлекаемых горных пород в качестве ценных строительных материалов. Кроме того, отходы

ряда горнодобывающих предприятий все шире необходимо использовать как сырье для извлечения редких и ценных элементов, ранее не извлекавшихся вследствие несовершенства технологии переработки полезных ископаемых.

В связи с этим предлагается выполнять следующие рекомендации:

организовать обособленное складирование всех попутно добываемых неокисленных малорудных магнетит-силикатных кварцитов оторочек и переходных зон горизонтов с целью последующей их переработки на железорудный концентрат;

использовать весь текущий выход попутно добываемых окисленных гематит-магнетитовых кварцитов для переработки на железорудный концентрат или же организовать упорядоченное временное складирование окисленных кварцитов;

осуществлять комплексное использование всего текущего выхода попутно добываемых скальных пород (сланцев и безрудных кварцитов) для производства строительного и дорожного щебня, а также строительных (бетонных) песков из текущего выхода шламовых отходов обогащения;

при утверждении кондиций - учитывать массовую долю других сопутствующих минералов месторождения полезных компонентов.

Разработка техногенных месторождений позволит освободить отвальные емкости и нарушенные антропогенной деятельностью земли. Решение описанных проблем предполагается дальнейшим исследованием упорядочения возможных схем развития внешних отвалов, классификацией их за формой и направлением развития селективного складирования пород с учетом дальнейшей разработки техногенного месторождения минерального сырья с соблюдением норм и правил безопасного ведения горных работ открытым способом в стесненных условиях.

#### *Список литературы*

1. Яковлев П.Д. Промышленные типы рудных месторождений. Лабораторный практикум: Учеб. пособие для вузов. – М.: Недра, 1990. – 172 с.: ил.
2. Куделя А.Д. Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горно-обогатительных комбинатов УССР. – Киев: Наук. думка, 1984. – 496 с.
3. ЧП «Восход». Рабочий проект «Разработка доменных шлаковых отвалов ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». – ГП «ГПИ «Кривбасспроект», 2011.
4. ПАО «ЦГОК». Проект «Корректировка проекта опытно-промышленного участка по дообогащению железосодержащих песков хвостохранилища». – ГП «ГПИ «Кривбасспроект», 2011.
5. ПАО «ИнГОК». «ТЭО определения перспективных границ и производительности карьера ПАО «ИнГОК» (Оценка вариантов развития комбината). Перспективы развития сырьевой базы открытым способом». – ГП «ГПИ «Кривбасспроект», 2010.

Рукопись поступила в редакцию 29.02.12

УДК 622.271

А.В. РОМАНЕНКО, А.Е. БИЛЕНКО, В.В. ТЕРЕЩЕНКО, В.Г. ПШЕНИЧНЫЙ  
ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

### **ОБЗОР И АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА ГЛЕЕВАТСКОМ КАРЬЕРЕ ПАО «ЦГОК»**

Рассмотрена актуальность анализа проектных решений за продолжительный период времени. Выполнен обзор и анализ проектов, разработанных ГП «ГПИ «Кривбасспроект» по Глееватскому карьере ПАО «ЦГОК» с начала его эксплуатации и до нашего времени. Выявлены тенденции развития проектных работ с учетом развития техники и технологии горных работ, применения современного высокопроизводительного оборудования, внедрения научных разработок, а также с учетом экономической и производственной ситуации.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Одной из важнейших задач проектирования карьеров является принятие технических решений, обеспечивающих стабильную, бесперебойную работу карьера и горно-обогатительного комбината в целом по добыче полезного ископаемого заданного качества и с минимальными затратами.

Экономическая ситуация изменяется, периодически происходят спады и подъемы экономики, случаются экономические кризисы, что оказывает большое влияние на работу горно-обогатительного комбината в целом и отдельно взятого карьера в частности. Поэтому периодически возникает необ-