

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Применение комбинированного способа засыпки при горнотехнической рекультивации отработанного карьера №2 ПАО «ЦГОК» вскрышными породами Глееватского карьера позволило, с учетом обеспечения безопасной работы драглайнов и бульдозера, снизить дефицит выбывающих отвальных емкостей Глееватского карьера, улучшить технико-экономические показатели ПАО «ЦГОК» и уменьшить срок горнотехнической рекультивации карьера №2.

#### *Список литературы*

1. Рабочий проект с ТЭО промышленного значения магнетитовых и окисленных железистых кварцитов участка №6 карьера №2 и складирования в нем вскрыши. Проект. – Кривой Рог: «ГПИ «Кривбасспроект».
2. Способ отвалообразования при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. А.с. 1265329 СССР/ А.М.Михайлов, В.А.Ковалевский и Г.Л.Андриюц – опубл. 23.10.86. Бюл. У 39.
3. Способ заполнения отработанных глубоких карьеров рыхлыми породами со скальными включениями. А.с. 1788250 СССР/ А.Ю. Дриженко, В.И. Симоненко, А.И. Богданец. – опубл. 15.01.93 Бюл. №2.
4. Способ засыпки отработанных карьеров. А.с. 1245705/ А.М. Михайлов, В.А. Ковалевский – опубл. 23.07.86 Бюл. №27.
5. Способ восстановления поверхности площадей отработанных карьеров и зон обрушения. А.с. 3237336/ А.М. Михайлов – опубл. 23.07.82. Бюл. № 27
6. M. Donnadien. Rihabilitation de sites miniers, CoGEMA, 1993.
7. M. Duplet. Le basin de Morquise (Pas de Calis) – Un paysager a 30 ans, Sous Sol, 25, 1998.
8. Поклонский П.С. Высокие отвалы на карьерах. – Горный журнал, 1957. – №10. – С 22-25.
9. Дороненко Е.П. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками. М., Недра, 1979.
10. Рекомендации по засыпке выработанного пространства карьера №2 ЦГОКа. – Кривой Рог: КГРИ, 1991.
11. Геомеханическое обоснование устойчивости бортов карьера №1 ПАО «ЦГОК». Отчет. – Кривой Рог: КП «Академический дом».

Рукопись поступила в редакцию 19.03.14

УДК 622.27+622.341

Е.В. КИВГИЛА, ПИВНЁВ С.И., ТЕРЕШОНКОВ А.Н., А.Ю. РОМАНОВ  
ГП "ГПИ Кривбасспроект"

### **ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СОВМЕСТНОЙ ОТРАБОТКИ МАГНЕТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ ПЕРВОМАЙСКОГО КАРЬЕРА И ШАХТЫ «ПЕРВОМАЙСКАЯ» СЕВЕРНОГО ГОКа ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ**

Предложены и обоснованы технологические варианты открыто-подземной разработки Первомайского месторождения. По ряду критериев выполнен расчёт и создана технико-экономическая модель, условно описывающая указанную совместную отработку.

**Проблема и её связь с практическими задачами.** При отработке Криворожских железорудных месторождений открытым способом и переходе карьеров на граничный проектный контур остро встал вопрос способа дальнейшего ведения горных работ. Возникла необходимость перехода с открытых на подземные горные работы с промежуточной совместной открыто-подземной разработкой.

Вопросы вскрытия запасов карьерами и шахтами на многих предприятиях решаются еще по независимым схемам без учёта специфических особенностей совместного в будущем ведения открытых и подземных горных работ на одном месторождении.

Комбинированная разработка рудных месторождений получила широкое распространение в отечественной и зарубежной практике. Технология открытых и подземных горных работ в зоне взаимного их влияния достаточно полно изучена и практически освоена. Разработанные мероприятия обеспечивают безопасные условия ведения работ.

В практике комбинированной разработки на некоторых предприятиях используются определенные технологические особенности, в том числе: размещение отвалов в зоне обрушения от ведения подземных работ рудника (ЦГОК, Зыряновский, Бакальский, Западный Каражал, Высокогорский рудники и др.); использование части вскрышных пород для закладки подземных пустот через породоспуски или скважины большого диаметра (Алтын-Топканский, Зырянов-

ский, «Эрцберг» и другие рудники); обустройство приграничных подземных блоков из карьера (Лебяжинский, Зыряновский рудники); транспортирование руды из карьера и подземного рудника по общим подземным выработкам (комбинат «Апатит», рудники Алтын-Топканский, Пихосальми); использование подземных выработок для выемки руды подземным способом (месторождение Чамбиши). Перечисленные особенности оказывают существенное благоприятное влияние на технико-экономические показатели как открытых, так и подземных горных работ.

**Постановка задачи.** Для обоснования рационального варианта разработки магнетитовых кварцитов Первомайского карьера и шахты «Первомайская» открыто-подземным способом институтом ГП «ГПИ»Кривбасспроект» был произведен анализ и сравнительная оценка эффективности вариантов разработки месторождения при совместном ведении открытых и подземных горных работ.

**Изложение материала и результаты.** В процессе работы было разработано девять технологических вариантов открыто-подземной разработки Первомайского месторождения. Все технологические варианты условно разбиты на две группы в зависимости от существующих в настоящее время транспортных коммуникаций карьера:

без переноса транспортных коммуникаций с северо-восточного борта карьера «с первого по пятый вариант»;

с переносом транспортных коммуникаций с северо-восточного борта карьера «с шестого по девятый вариант».

*Вариант 1.* Подземным способом обрабатываются балансовые запасы залежи «Северная» и северная часть залежи «Южная» до границы временного целика, предохраняющего транспортные коммуникации северо-западного борта карьера. Карьер обрабатывает балансовые запасы, расположенные в северной части рудного тела № 2, до постановки северо-восточного борта карьера в проектное положение.

При подземной разработке применяются этажно-камерные системы разработки с принудительным обрушением налегающих пород.

Выдача полезного ископаемого из карьера осуществляется по существующей на сегодня технологической схеме.

Вскрышные породы утилизируются в существующие отвалы и частично в зону обрушения, образовавшуюся при отработке залежи подземным способом. Технологически шахта и карьер не связаны между собой.

*Вариант 2.* Подземным способом обрабатываются балансовые запасы залежей «Северная», «Южная», а также забалансовые запасы карьера. Открытым способом обрабатываются балансовые запасы северо-восточного борта карьера. До границы временного целика, предохраняющего транспортные коммуникации северо-западного борта карьера, горные работы ведутся с применением этажно-камерных систем разработки с принудительным обрушением налегающих пород. В пределах временного целика горные работы ведутся системами с закладкой выработанного пространства, что позволит одновременно вести горные работы на северо-восточном борту карьера и в шахте. Выдача полезного ископаемого и вскрышных пород из карьера осуществляется по существующей на сегодня технологической схеме.

Породы от производства вскрышных работ в карьере и от проходки горных выработок в шахте утилизируются в отвалы на поверхности, в зону обрушения от производства подземных горных работ и частично используются для производства закладочных смесей. Технологически шахта и карьер не связаны между собой.

*Вариант 3.* Подземным способом обрабатываются балансовые запасы залежей «Северная», «Южная», а также забалансовые запасы карьера. Открытым способом обрабатываются балансовые запасы северо-восточного борта карьера. До границы временного целика, предохраняющего транспортные коммуникации северо-западного борта карьера, горные работы ведутся подземным способом с применением этажно-камерных систем разработки с принудительным обрушением налегающих пород. В пределах временного целика горные работы ведутся системами с закладкой выработанного пространства, что позволит одновременно вести горные работы на северо-восточном борту карьера и в шахте. Выдача полезного ископаемого из подземных очистных блоков производится в карьер через пройденную доставочную штольню и через существующую ЦПТ на обогатительную фабрику. Доставка руды по горным выработкам и карьере осуществляется шахтными автосамосвалами.

Выдача полезного ископаемого и вскрышных пород из карьера осуществляется по существующей технологической схеме.

Породы от производства вскрышных работ в карьере и от проходки горных выработок в шахте утилизируются в отвалы на поверхности, в зону обрушения от производства подземных горных работ и частично используют для производства закладочных смесей. Технологически шахта и карьер взаимосвязаны между собой.

*Вариант 4.* Подземным способом отрабатываются балансовые запасы залежей «Северная», «Южная», а также забалансовые запасы карьера. Открытым способом отрабатываются балансовые запасы северо-восточного борта карьера. До границы временного целика предохраняющего транспортные коммуникации северо-западного борта карьера, горные работы ведутся с применением этажно-камерных систем разработки с принудительным обрушением налегающих пород. В пределах временного целика горные работы ведутся системами с закладкой выработанного пространства, что позволит одновременно вести горные работы на северо-восточном борту карьера и в шахте. Выдача полезного ископаемого из карьера осуществляется частично по существующей схеме, а частично через рудоспуск в дне карьера, подземный дробильный комплекс, по откаточным выработкам горизонта - 570 м, и по стволу шахты «Первомайская-2» на поверхность, далее на обогатительную фабрику. Породы от производства вскрышных работ в карьере и от проходки горных выработок в шахте утилизируются в отвалы на поверхности, в зону обрушения от производства подземных горных работ и частично используют для производства закладочных смесей. Технологически шахта и карьер взаимосвязаны между собой.

*Вариант 5.* Подземным способом отрабатываются балансовые запасы залежей «Северная», «Южная» а так же забалансовые запасы карьера. Открытым способом отрабатываются балансовые запасы северо-восточного борта карьера. До границы временного целика, предохраняющего транспортные коммуникации северо-западного борта карьера, горные работы ведутся с применением этажно-камерных систем разработки с принудительным обрушением налегающих пород. В пределах временного целика, горные работы ведутся системами с закладкой выработанного пространства, что позволит одновременно вести горные работы на северо-восточном борту карьера и в шахте. Доставка полезного ископаемого из подземных очистных блоков производится по горизонту -465 м, в бункерные комплексы горизонтов -465, -570 м и по стволам «Первомайская-1», «Первомайская-2» на поверхность, далее на обогатительную фабрику. Выдача полезного ископаемого из карьера осуществляется по существующей схеме.

Вскрышные породы нижних горизонтов доставляются через рудоспуск в дне карьера, подземный дробильный комплекс, по откаточным выработкам горизонта -570 м, и по стволу шахты «Первомайская-2» на поверхность.

Породы от производства вскрышных работ нижних горизонтов карьера и от проходки горных выработок в шахте утилизируются в отвалы на поверхности, в зону обрушения от производства подземных горных работ и частично используют для производства закладочных смесей. Технологически шахта и карьер взаимосвязаны между собой.

Непременным условием отработки месторождения по вариантам 6-9 является перенос транспортных коммуникаций, прекращение работ по добыче руды на северо-восточном борту Первомайского карьера. Разработке подлежат запасы магнетитовых кварцитов залежей «Северная» и «Южная», балансовые и забалансовые запасы северо-восточного борта Первомайского карьера. В этом случае осуществляется переход на отработку северо-восточного борта карьера подземным способом камерными системами разработки с принудительным обрушением.

*Вариант 6.* Выдача полезного ископаемого и вскрышных пород из карьера осуществляется по вновь организованной технологической схеме. Породы от производства вскрышных работ в карьере и от проходки горных выработок в шахте, утилизируются в отвалы на поверхности и в зону обрушения от производства подземных горных работ.

*Вариант 7.* Выдача полезного ископаемого и пустых пород из шахты, осуществляется шахтными дизельными самосвалами через штольню пройденную в дно карьера. Выдача полезного ископаемого, добытого в шахте и карьере, вскрышных пород, осуществляется по вновь организованной технологической схеме карьера. Породы от производства вскрышных работ в карьере и от проходки горных выработок в шахте утилизируются в отвалы на поверхности и в зону обрушения от производства подземных горных работ.

*Вариант 8.* Выдача полезного ископаемого из карьера осуществляется: с верхних добычных уступов - по вновь организованной технологической схеме; с нижних добычных уступов - через рудоспуск в дне карьера, подземный дробильный комплекс, по откаточным выработкам горизонта - 570 м, по стволу «Первомайская 2» на поверхность и далее на обогатительную фабрику. Породы от производства вскрышных работ в карьере и от проходки горных выработок в шахте, утилизируются в отвалы на поверхности и в зону обрушения от производства подземных горных работ

*Вариант 9.* Руда из карьера выдается по вновь организованной технологической схеме.

Вскрышные породы выдаются из карьера: с верхних уступов непосредственно в отвалы и зону обрушения; с нижних уступов карьера - через рудоспуск в дне карьера, подземный дробильный комплекс, по откаточным выработкам горизонта -570 м, по стволу «Первомайская-2» на поверхность и далее в отвалы или в зону обрушения.

Отсутствие количественных критериев, характеризующих различное сочетание горных работ во времени и пространстве в пределах одного месторождения затрудняет выбор наиболее оптимальных технологических решений. Как открытым, так и подземным горным работам свойственны свои технологические особенности, которые должны быть использованы при комбинированной разработке и за счет этого получены более высокие технико-экономические показатели по карьере, шахте и в целом по предприятию.

Наибольший эффект, в целом по предприятию, может быть получен при условии выделения для открытых горных работ максимальной части запасов месторождения и широком использовании при их извлечении некоторых благоприятных особенностей подземных горных работ.

Оценка эффективности разработки месторождения при совместном ведении открытых и подземных горных работ представляет собой сложную многовариантную задачу.

Для придания количественной определенности при выборе технологических вариантов разработки и выявления качественных взаимосвязей предлагается производить оценку вариантов по следующим критериям:

производительность предприятия;	полнота извлечения запасов;
сроки строительства;	срок отработки запасов;
необходимость отведения земель;	объемы капитального строительства.

В результате анализа и качественной оценки для дальнейшего технико-экономического расчета были отобраны следующие варианты:

*вариант 2* - отработка месторождения подземным способом осуществляется с закладкой выработанного пространства с годовой производительностью 8 млн т; отработка месторождения открытым способом осуществляется с годовой производительностью 30 млн т; технологически шахта и карьер не связаны между собой;

*вариант 4* - отработка месторождения подземным способом осуществляется с закладкой выработанного пространства с годовой производительностью 8 млн т; отработка месторождения открытым способом осуществляется с годовой производительностью 30 млн т. Технологически шахта и карьер связаны между собой. Часть полезного ископаемого из карьера в объеме 8 млн.т предусматривается выдавать через шахту;

*вариант 8* - отработка месторождения подземным способом осуществляется без закладки выработанного пространства с годовой производительностью 10 млн т; отработка месторождения открытым способом осуществляется с годовой производительностью 30 млн т. Технологически шахта и карьер связаны между собой. Часть полезного ископаемого из карьера в объеме 4 млн т предусматривается выдавать через шахту.

Для выбора наиболее эффективного варианта из рассматриваемых была создана технико-экономическая модель, условно описывающая совместную открыто-подземную отработку Первомайского месторождения, которая имеет следующие параметры и допущения:

для оценки и сравнения вариантов определялась максимальная производительность горнодобывающего предприятия и период ее поддержания;

основным критерием эффективности приняты суммарные дисконтированные затраты;

затраты по процессам добычи определяются, исходя из условно-постоянных и условно-переменных фактических расходов с корректировкой на расчетный объем по проведенной научно-исследовательской работе;

оценка инвестиций на реконструкцию и модернизацию дробильных и обогащательных фабрик, а также расчет затрат по переделам дробления и обогащения не производились.

Таблица 1

Сравниваемые показатели по вариантам

Наименование сравниваемых показателей	Вариант 2	Вариант 4	Вариант 8
Годовые эксплуатационные затраты, млрд грн.	1,95	2,03	1,92
Капитальные инвестиции, млрд грн.	3,62	3,37	3,36
Средневзвешенная по запасам себестоимость добычи 1 т руды по Первомайскому месторождению в целом, грн.	47,53	47,53	49,82
Суммарные дисконтированные затраты, млрд грн.	14,7	15	*

Основными составными частями, рассмотренными в технико-экономической модели, представленной в табл. 1 являются:

эксплуатационные затраты по каждому из вариантов;

капитальные инвестиции, необходимые для реализации вариантов.

**Выводы.** *Вариант 8* является нецелесообразным, так как неэффективно осуществлять переход к подземному способу отработки запасов полезных ископаемых, которые можно отработать открытым способом с меньшими эксплуатационными затратами.

Динамическая оценка варианта 8 не осуществлялась. Наиболее эффективным из рассматриваемых вариантов, исходя из суммарных дисконтированных затрат является *вариант 2*.

В результате проведенной работы были разработаны критерии качественной оценки вариантов открыто-подземной отработки Первомайского карьера и шахты «Первомайская», а также определён наиболее перспективный вариант для дальнейшего более детального расчета технико-экономических показателей на стадии ТЭО и проекта.

#### Список литературы

1. Обоснование эффективной совместной отработки магнетитовых кварцитов Первомайского карьера и шахты «Первомайская» открыто-подземным способом // Отчёт о НИР, ГП «ГПИ «Кривбасспроект», – Кривой Рог, 2013.
2. **Щелканов В.А.** Комбинированная разработка рудных месторождений, – М.: Недра, 1974.
3. **Павленок Ф.Л., Кивгила Е.В., Ларионов О.О.** Оценка схем вскрытия рудных запасов в бортах действующих карьеров с применением открыто-подземного способа разработки месторождений, ГП «ГПИ «Кривбасспроект», – Кривой Рог.
4. **Андреев Б.Н., Письменный С.В., Бровко Д.В., Андреев Н.Б., Письменный И.А., Литвяк Б.И.** Перспективы эксплуатации шахты «Первомайская» в геотехнологической системе «карьер-шахта»// Наукові праці ДонНТУ, Серія «Гірнично-геологічна» №7(135п), 2008.– с.54-60.
5. Отчёт по научно-исследовательской работе «Исследование сдвижения горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных залежей Кривбасса и Южно-Белозерского железорудного месторождения». Л., 1972, ВНИМИ.
6. Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на рудных месторождениях с неизученным процессом сдвижения горных пород. Л. 1966, ВНИМИ.
7. Обоснование рекомендаций и мероприятий по обеспечению устойчивости откосов и защите от подземных вод бортов и уступов Первомайского карьера и его отвалов. Часть 1. Мероприятия по защите Первомайского карьера от подземных вод на период эксплуатации с 2011 по 2025. «НОВОТЕК-2» г. Харьков, -2011.
8. Обоснование рекомендаций и мероприятий по обеспечению устойчивости откосов и защите от подземных вод бортов и уступов Первомайского карьера и его отвалов. Часть 2. Рекомендации по обеспечению устойчивости откосов бортов Первомайского карьера. «НОВОТЕК-2» г. Харьков, - 2011.
9. Определение параметров взрывных работ и расстояний, безопасных по действию сейсмических и ударных воздушных волн. – Кривой Рог: НИГРИ, 1995. – 26 с.
10. Отчет по научно-исследовательской работе «Исследование сдвижения горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных залежей Кривбасса и Южно-Белозерского железорудного месторождения». Л., 1972, ВНИМИ.
11. **Томаков П.И., Наумов И.К.** Технология, механизация и организация открытых горных работ. – М.: Недра, 1986. – 312 с.
12. **Черных А.Д., Гушко П.И.** Комплексная открыто-подземная разработка железорудных месторождений. – К.: Тэхніка, 1991. – 279 с.

Рукопись поступила в редакцию 19.03.14