

ЧАСТИНА 3. ЕКОЛОГО-ОРІЄНТОВАНІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

УДК 622.015

*А.Г. Шапарь**, *Л.В. Якубенко**,
*П.И. Копач**, *И.В. Ботанцев***

**ТЕХНОЛОГИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ
РАНЕЕ ПОТЕРЯННЫХ В НЕДРАХ РУД –
ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ НЕДР**

** Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины, Днепрпетровск;
** «Северный» ГОК «Укрмеханобр» ОАО «Мариупольский
металлургический комбинат им. Ильича», Кривой Рог*

Для ефективної повторної розробки крутопадаючих родовищ, які експлуатувалися раніше підземним способом, на підставі розробленої класифікації технологічних схем відпрацювання виявлені проблеми в технологічному та методичному забезпеченні залучення цих родовищ у повторну експлуатацію. Розроблені технологічні схеми, які дозволяють здійснити повторну розробку крутопадаючих родовищ як з нестійким, так і обваленим станом масивів гірських порід, а також забезпечити істотне розширення мінерально-сировинної бази.

Для эффективной повторной разработки крутопадающих месторождений, эксплуатируемых ранее подземным способом, на основе разработанной классификации технологических схем отработки выявлены проблемы в технологическом и методическом обеспечении вовлечения этих месторождений в повторную эксплуатацию. Разработаны технологические схемы, позволяющие осуществить повторную разработку крутопадающих месторождений как с неустойчивым так и обрушенным состоянием массивов горных пород и обеспечить существенное расширение минерально-сырьевой базы.

Устойчивое развитие провозглашено ООН как основное направление развития цивилизации в XXI веке, альтернативы которому нет, потому что иной путь приведет ко всемирной экологической катастрофе.

Одной из самых сложных проблем при реализации идей устойчивого развития является обеспечение прав будущих поколений на природные ресурсы [1]. Это особенно проблематично применительно к, так называемым, невозобновляемым природным ресурсам, к которым относится минеральное сырье. В то же время исследованиями ИППЭ НАН Украины установлено, что проблемы исчерпаемости минеральных ресурсов не существует, а общество сталкивается и может столкнуться с отсутствием эффективных технологий извлечения этих ресурсов из более бедных руд или в более сложных горно-геологических условиях [2].

Ярким подтверждением этого положения является повторная отработка крутопадающих месторождений открытым способом, значительная часть полезного ископаемого которых «утрачена» ранее в процессе производства подземных добычных работ.

Крутопадающие месторождения, отработанные подземным способом, имеют ряд специфических особенностей:

1. В контуре месторождения ранее выполнен комплекс подземных вскрывающих, подготовительных и эксплуатационных выработок. Образовавшийся в результате выпуска руды и самообрушения в недрах массив горных пород характеризуется слабой устойчивостью из-за разрыхления пород или наличия пустот. Все это требует применения таких технологических решений, которые обеспечили бы высокую безопасность горных работ.

2. После завершения эксплуатации месторождения подземным способом в контурах шахтных полей остается значительное количество «утраченного» полезного иско-

паемого в виде технологических (целики, потолочины и т.д.) и эксплуатационных потерь. Это всегда обуславливало большой интерес к этим месторождениям.

3. Ввиду значительного интервала времени между окончанием отработки месторождения подземным способом и началом повторного его освоения открытым зачастую трудно восстановить полностью маркшейдерскую документацию о наличии и состоянии подземных выработок, практически отсутствует достоверная информация о количестве и качестве «утраченного» полезного ископаемого. Все это предопределяет высокий риск обеспечения стабильного объема добычи руд и их качества.

4. Оставшиеся в недрах запасы полезных ископаемых крутопадающих месторождений, отработанных ранее подземным способом, имеют вероятностный характер. Ориентировочный подсчет этих запасов может быть осуществлен на основе нормативных потерь в период эксплуатации месторождений в зависимости от применяемых систем разработки. Точность таких подсчетов достаточно низкая.

5. К неблагоприятным факторам необходимо также отнести и ухудшение качества полезного ископаемого в связи с произошедшим сдвижением и обрушением горных пород, что вызвало, в конечном итоге, разубоживание полезных компонентов минерального сырья.

6. Неустойчивое или обрушенное состояние массива горных пород месторождений, отработанных подземным способом, характеризуется наличием заколов, трещин или воронок обрушения на дневной поверхности. Все это снижает устойчивость массива в случае его обнажения.

И все же, невзирая на столь «непривлекательную» характеристику месторождений, отработанных подземным способом, эти месторождения не только возможно, но и необходимо доработать карьерами с целью извлечения из недр «утраченного» полезного ископаемого с высокими качественными показателями.

Освоение крутопадающих месторождений, отработанных ранее подземным способом, представляет собой многоаспектную и комплексную проблему. Наиболее обоснованным подходом для ее решения является применение метода классификации с целью

установления приоритетных задач. В классификационном анализе выделяют две основные задачи: построение классов и распределение объектов по классификационным признакам. Классификация должна представить перечень признаков, характеристик и их значений, влияющих на эффективность принятия решения.

В этой связи, в основу классификации технологических схем доработки крутопадающих месторождений положены следующие признаки:

- состояние массива по фактору нарушенности его подземными работами;
- способы разработки месторождения;
- способы вскрытия и подготовки горизонтов к отработке;
- способы формирования рабочей зоны карьера.

Классификация технологических схем разработки крутопадающих месторождений, отработанных ранее подземным способом, построена с учетом иерархической значимости классификационных признаков. В качестве признаков верхней иерархии (классов) приняты способы разработки по условию состояния массива горных пород. Подклассами являются способы разработки по условию ориентирования обрабатываемых слоев в вертикальной плоскости. Следующими по иерархии являются группы и подгруппы. В этом случае деление технологических схем на группы осуществляются по способу вскрытия и подготовки рабочих горизонтов (слоев), на подгруппы – по способу формирования рабочей зоны карьера. Классификация технологических схем разработки крутопадающих месторождений открытым способом представлена в виде таблицы. В этой таблице кроме указанных выше классификационных признаков включена колонка, отражающая наличие методической базы для расчетов основных параметров технологических схем, что позволяет обоснованно выбирать приоритеты направления исследований.

Исходя из условий технологии производства горных работ и состояния массива горных пород в контурах карьерного поля, способы разработки таких месторождений разделены на две группы: традиционные и специальные.

Традиционные способы разработки крутопадающих месторождений предусматри-

вают извлечение горной массы горизонтальными слоями с внешним и внутренним отвалообразованием включают различные комбинации вскрывающих и подготовительных выработок с различными способами формирования рабочей зоны карьера. В первом случае:

- вскрытие горизонтов наклонным съездом и продольной разрезной траншеей предопределяет формирование рабочей зоны продольными блоками с односторонним или двухсторонним развитием фронта горных работ;

- вскрытие горизонтов наклонным съездом и первоначальным котлованом позволяет сформировать рабочую зону поперечными блоками также с односторонним или двухсторонним развитием фронта горных работ.

Отработка горизонтальных слоев с внутренним отвалообразованием предусматривает вскрытие и подготовку слоя наклонным съездом и первоначальным котлованом. В этом случае формирование рабочей зоны осуществляется сгруппированными поперечными блоками с односторонним или двухсторонним развитием фронта горных работ. Эта технологическая схема предусматривает формирование внутреннего отвала в выработанном пространстве. При отработке следующего этапа вскрышные породы внутреннего отвала переэскавируются во вновь сформированное выработанное пространство.

Как уже отмечалось выше, эти технологические схемы предназначены для отработки устойчивого массива горных пород.

Значительно сложнее осуществить доработку месторождения в зонах обрушения, возникших после выемки его основных запасов с помощью подземных работ. Такая ситуация складывается в случае выхода воронок обрушения на поверхность или внутри массива образовались пустоты. Эти массивы характеризуются низкой устойчивостью и большой вероятностью возникновения аварийной обстановки.

В этой связи, применяемые технологические схемы для отработки таких массивов должны:

- обеспечить заданную производительность карьера по добычным и вскрышным работам;

- обеспечить минимальную концентрацию горного оборудования в рабочей зоне карьера;

- вывести процесс вскрытия и подготовки выемочного слоя из потенциально опасной зоны, и удалить вскрывающие и подготовительные выработки как можно дальше от нее;

- иметь дублированные и независимые грузотранспортные коммуникации на каждом выемочном слое;

- снизить дальность транспортирования в рабочей зоне карьера.

Проведенные предварительные исследования показали, что результативное решение указанных выше задач возможно только при принятии нестандартного решения – сформировать рабочую зону карьера наклонными выемочными слоями, угол наклона которых равен руководящему углу наклона транспортных коммуникаций, а их высота – определяется параметрами экскавационного оборудования.

Классификация технологических схем повторной разработки крутопадающих месторождений открытым способом представлена в таблице 1.

Анализ классификации по последнему признаку показывает, что методическая база для расчетов основных параметров традиционных технологических схем разработана в достаточной степени. А вот для разработки крутопадающих месторождений, характеризующихся неустойчивым или обрушенным состоянием массива горных пород, методическая база и технологические схемы отсутствуют. Их разработка и научное обоснование являются предметом последующих исследований.

Сущность разработанной технологической схемы, предназначенной для разработки крутопадающих месторождений с неустойчивым состоянием массива горных пород, представленной на рисунке 1, заключается в следующем.

Формирование наклонных выемочных слоев для отработки карьерного поля осуществляется в период его вскрытия. Для этого в одном из торцов карьерного поля осуществляют одновременную нарезку с поверхности нескольких наклонных вскрывающих выработок, карьерное поле, обрабатывают наклонными выемочными слоями, которые сочетают в себе функции выемочных слоев и транспортных коммуникаций.

Таблица 1 – Классификация технологических схем повторной разработки крутопадающих месторождений открытым способом

Класс		Подкласс	Группа	Подгруппа	Наличие методической базы
Способы разработки месторождений в зависимости от нарушенности массива подземными работами		Способы формирования отрабатываемых слоев и отвалов	Способы вскрытия и подготовки горизонтов	Способы формирования рабочей зоны	
А. Традиционные	Ненарушенные подземными работами массивы, наличие безопасных целиков и потолочин	А-I. Горизонтальными слоями с внешним отвалообразованием	А-I-1. Наклонным съездом и продольной разрезной траншеей	А-I-1-а. Продольными экскаваторными блоками с односторонним развитием фронта горных работ	Методическая база для расчета основных параметров имеется
				А-I-1-б. Продольными блоками с двухсторонним развитием фронта горных работ	
			А-I-2. Наклонным съездом и первоначальным котлованом	А-I-1-а. Поперечными блоками с односторонним развитием фронта горных работ	
				А-I-1-б. Поперечными блоками с развитием фронта горных работ	
		А-II. Горизонтальными слоями с внутренним отвалообразованием	А-II-1. Наклонным съездом и первоначальным котлованом	А-II-1-а. Сгруппированными поперечными блоками с односторонним развитием фронта горных работ	
				А-II-1-б. Сгруппированными поперечными блоками с двухсторонним развитием фронта горных работ.	
А-II. Наклонным съездом и поперечной разрезной траншеей	А-II-2-а. Сгруппированными поперечными блоками с односторонним развитием фронта горных работ	А-II-2-а. Сгруппированными поперечными блоками с односторонним развитием фронта горных работ			
		А-II-2-б. Сгруппированными поперечными блоками с двухсторонним развитием фронта горных работ			
Б. Специальные	Неустойчивое состояние массива горных пород, наличие целиков и потолочин недостаточной мощности	Б-I. Наклонными слоями с внешним отвалообразованием	Б-I-1. Горизонтальной полутраншеей и поперечной разрезной траншеей	Б-I-1-а. Поперечными и диагональными блоками с односторонним развитием фронта горных работ	Отсутствуют технологические схемы и методическая база для расчета основных параметров
	Обрушенное состояние массива горных пород, наличие воронок обрушения в контурах карьерного поля	Б-II. Наклонными слоями с забутовкой воронок обрушения с внутренним отвалообразованием	Б-II-1. Двумя горизонтальными полутраншеей и поперечной разрезной траншеей	Б-II-1-а. Поперечными и диагональными блоками с двухсторонним развитием фронта горных работ с разбивкой карьерного поля на два крыла	

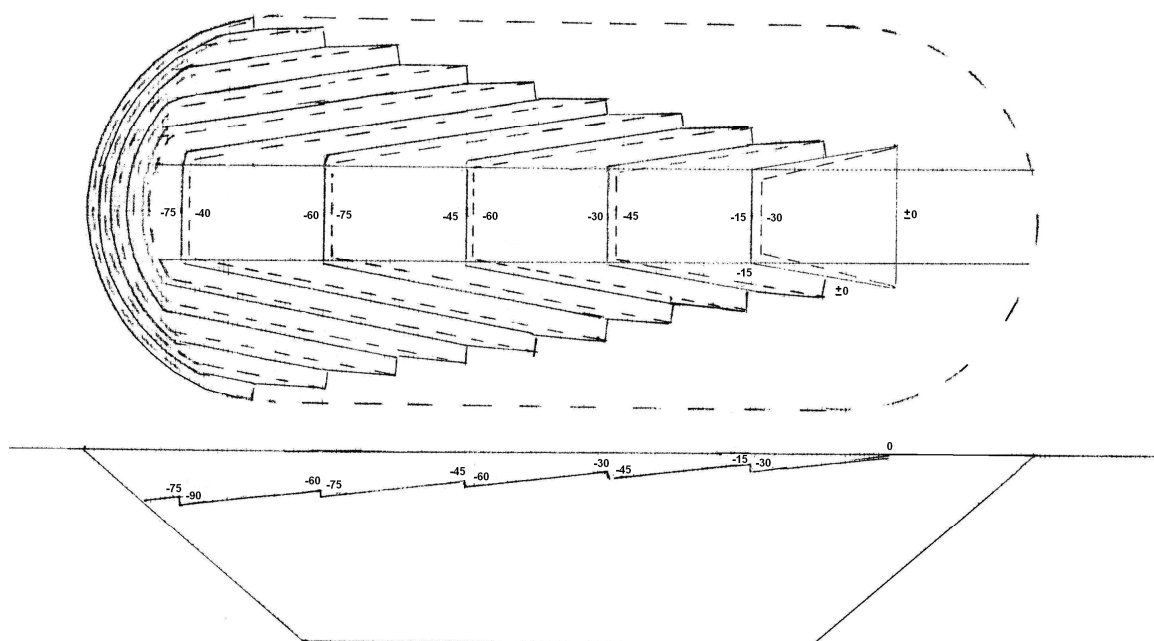


Рисунок 1 – Технологическая схема обработки карьерного поля наклонными слоями с односторонним развитием фронта горных работ

При этом рабочая зона карьера формируется поперечными добычными блоками, которые являются верхним основанием наклонных вскрывающих выработок и диагональными блоками, образующиеся при разном боковых сторон этих выработок.

В период основного срока службы карьера вскрытие и подготовка наклонных выемочных слоев к их отработке осуществляется не в самой нижней части карьера, как это общепринято при существующих способах отработки крутопадающих месторождений, а в самой верхней части карьерного поля, расположенной в противоположном торце. В этом случае нарезка нового наклонного слоя осуществляется путем проходки двух горизонтальных съездов и разрезной траншеи с организацией сквозного движения транспортных средств.

При таком формировании рабочей зоны карьера достигается необходимая рассредоточенность горного оборудования (расстояние между поперечными экскаваторными блоками составляет 350-400 м). Кроме того, так как карьерное поле обрабатывается наклонными слоями, то: во-первых, поперечный блок по наклонной плоскости постепенно приближается к возможным пустотам, образованным подземными работами, вследствие чего сдвигание горных пород может произойти не по всей площади вы-

емочного слоя, а только в его самой нижней точке. В этом случае объем разведочного бурения с установкой датчиков наблюдения за состоянием горного массива резко снижается.

Во-вторых, в связи с тем, что угол наклона выемочных слоев равен руководящему углу наклона транспортных коммуникаций, то устраняется необходимость не только дублирования, но и проведения их вообще, так как по сути вся площадь наклонных слоев является транспортными коммуникациями. В этом случае сдвигание горных пород и, как следствие, образование воронок обрушения не вызывает полной остановки производственных процессов в карьере. Следующим положительным моментом совмещения функциональности выемочного слоя с транспортными коммуникациями является обеспечение снижения дальности транспортирования в рабочей зоне карьера, так как транспортное средство из экскаваторного забоя к пункту разгрузки перемещается по кратчайшему пути.

Технологическая схема, представленная на рисунке 1, применяется в случае, если подземные выработки (пустоты) расположены в одном из торцов карьерного поля. В случае центрального расположения подземных выработок и возможных пустот предусматривается применение технологической схемы отработки карьерного поля наклон-

ними слоями с двухсторонним развитием фронта горных работ (рисунок 2). Эта технологическая схема отличается от выше рассмотренной центральным вскрытием

карьерного поля и организацией встречного подвигания фронта горных работ со взаимной отработкой наклонных выемочных слоев.

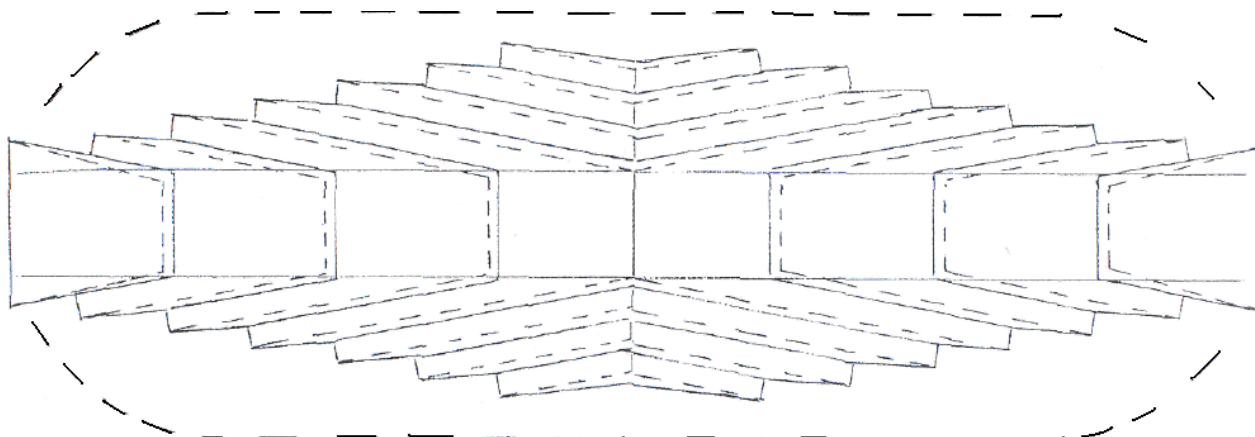


Рисунок 2 – Технологическая схема отработки карьерного поля наклонными слоями с двухсторонним развитием фронта горных работ

Немаловажным достоинством этой технологической схемы является то, что в случае возникновения аварийной обстановки (сдвигание горных пород, повлекшее образование воронок обрушения в любой части карьерного поля, (см. рисунок 3) производственная деятельность

карьера не будет полностью заблокирована. В этом случае производство горных работ будет оставлено только в той части рабочей зоны карьера, где произошло образование воронок обрушения для проведения комплекса мероприятий по ликвидации аварийной ситуации.

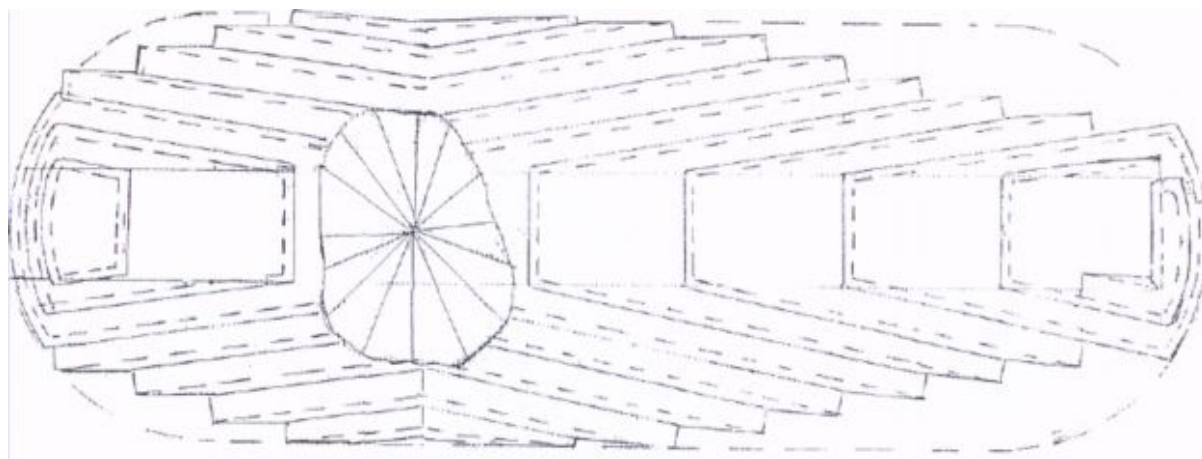


Рисунок 3 – Образование воронок обрушения при отработке карьерного поля наклонными слоями

В случае возможного интенсивного процесса сдвигания горных пород, вызывающего образование значительных воронок обрушения (обрушенное состояние массива горных пород), карьерное

поле разбивается на два крыла. Вскрытие карьерного поля осуществляется путем нарезки наклонных слоев от центра карьерного поля в направлении его торцов (рисунок 4).

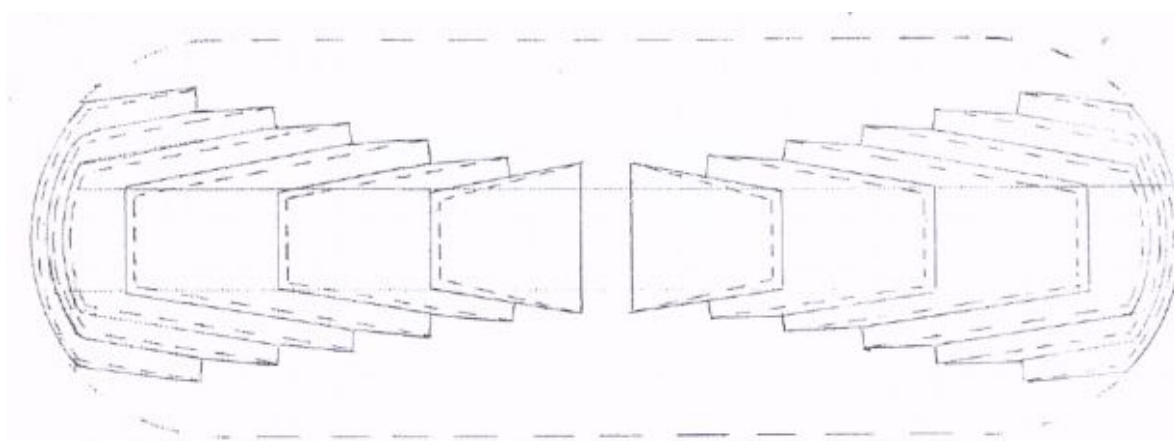


Рисунок 4 - Вскрытие карьерного поля наклонными выработками при разбитии его на два крыла

Отработка месторождения осуществляется при двухстороннем развитии фронта горных работ от центра карьерного поля в направлении его торцов. В этом случае имеется возможность как одновременной, так и попеременной отработки крыльев карьерного поля. Такое формирование рабочей зоны обеспечивает непрерывность процесса производства горных работ, даже если в одном из крыльев карьерного поля произошло интенсивное обрушение горных пород и осуществляется

комплекс мероприятий по устранению образовавшихся воронок обрушения. Если же в результате значительного по объемам сдвига горных пород, как правило, может происходить в торце карьерного поля и осуществлять открытую доработку в этом месте будет нецелесообразно, то возникает возможность осуществления частичного внутреннего отвалообразования, используя при этом наклонные слои как контрфорсы (рисунок 5).

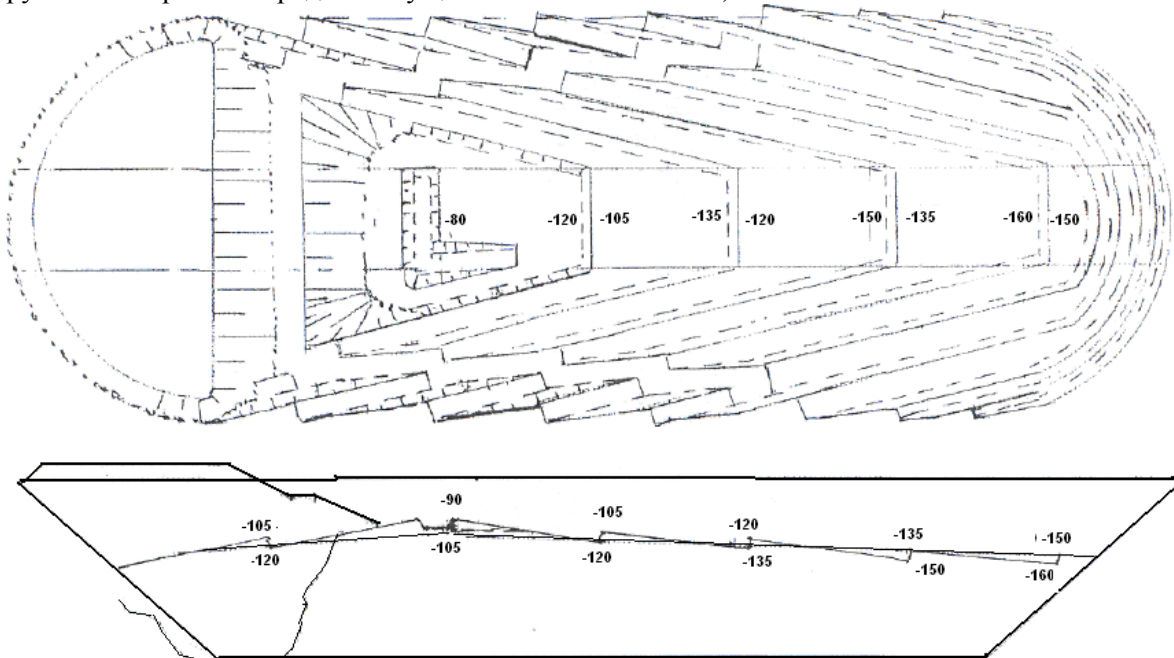


Рисунок 5 – Технологическая схема отработки карьерного поля наклонными слоями с внутренним отвалообразованием

В этом случае для развития внутреннего отвала, при ярусной его отсыпке, в рабочей зоне карьера предусматривается форми-

рование горизонтальных транспортных берм по бортам карьера, отметки которых соответствуют отметкам ярусов отвала.

Следующим достоинством разработанной технологической схемы является то, что вскрытие и подготовка наклонных слоев к отработке осуществляется двумя горизонтальными полутраншеями и поперечной разрезной траншеей с организацией сквозного движения транспортных средств. При этом они располагаются в самом безопасном месте на самой верхней отметке наклонных слоев, обеспечивая их отработку сверху вниз.

Таким образом, разработанные технологические схемы для повторной отработки крутопадающих месторождений, решают поставленные перед ними задачи. Кроме того, они являются ярким примером того, как можно существенно увеличить минеральную сырьевую базу, вовлекая в разработку подработанные подземными работами участки месторождений, минеральное сырье, на которых оно ранее считалось безвозвратно потерянным.

Перелік посилань

1. Шапар А.Г. Про концепцію переходу України до сталого розвитку // Екологія і природокористування. – 2006. – №9. – С. 37-62.
2. Шапарь А.Г. Минеральные ресурсы, их исчерпаемость, целесообразность и условия ввода в эксплуатацию / А.Г. Шапарь, П.И. Копач // Экология и ресурсосбережение. – 2001. – № 2. – С. 11-7.
3. Опыт совместной открытой и подземной разработки богатых руд / В.А. Щелканов, К.В. Куриленко, В.В. Кузнецов [и др.]. – Горный журнал. – 1981. – № 7. – С. 19-22.

A.G. Shapar*, I.V. Yakubenko*, P.I. Kopach*, I.V. Botantsev** **OPEN MINING TECHNOLOGY OF PREVIOUSLY LOST ORES WITHIN MINERAL DEPOSITS – EFFECTIVE WAY OF MINERAL RESOURCES CONSERVATION**

** Institute for Nature Management Problems and Ecology of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipropetrovsk;*

*** «North» mining wook «Ukrmekhanobr» OAS the «Mariupol metallurgical combine plant nasned utter», Ukraine*

Authors discovered problems of technological and methodological providing of remining exploration on the basis of developed classification of technological exploration schenes for effective remining of vertically oriented ore deposits, which had been explored with underground wining. The development of technological charts allowed performing of vertically oriented ore deposits remining as for non-stable and collapsed contition of mining rocks mas-sives. Besides it allowed providing of greater dispersion of mineral resources hase.

*Надійшла до редколегії 22 березня 2011 р.
Рекомендовано членом редколегії канд. геол.-мін. наук О.К. Тяпкіним*