

**УДК 622.271.3**

**В.И. СИМОНЕНКО**, докт. техн. наук, с.н.с., профессор, **Л.С. ГРИЦЕНКО**, аспирант, научный сотрудник Государственного высшего учебного заведения «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), г. Днепропетровск

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ТВЕРДЫХ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

На основе исследования возможных способов поэтапной разработки твердых нерудных полезных ископаемых определены рациональные, экологически безопасные и энергосберегающие технологии разработки месторождений, даны рекомендации по их практическому применению.

**Ключевые слова:** внутренние отвалы, техногенные склады, месторождения попутных полезных ископаемых, поэтапная разработка, нарушения окружающей среды, рекультивация земель.

Разработка твердых нерудных полезных ископаемых (доломитов, известняков, гранитов, мигматитов, сиенитов, гнейсов, диоритов, амфиболитов, песчаников и др.) в Украине осуществляется исключительно открытым способом [1].

Следует отметить, что ранее существовавшая технология добычи была основана на производстве вскрышных работ с внешним отвалообразованием пород вскрыши и отходов горного производства, выемкой горной массы на рабочем борту карьера в горизон-

тальных слоях с преимущественной отработкой 60–70 % объемов пород вскрыши в первый период эксплуатации месторождений. Доработка нижних, глубоких добычных горизонтов осуществлялась на последнем этапе эксплуатации, когда вскрышные породы полностью отработаны на всей площади карьерного поля [2, 3]. Это приводило к следующим негативным последствиям:

1. Объемы вынимаемых пород вскрыши обрабатывались в основном в первую половину эксплуатации месторождений, что требовало значительных площадей, отво-



димых для их размещения вместе с другими отходами горного производства, за пределами нарушенных карьером территорий (в 1,4–1,5 раза больше земель, чем площадь карьерных полей).

2. Себестоимость добычи единицы нерудного полезного ископаемого в первый период эксплуатации была повышенной, так как имелись максимальные по величине затраты на вскрышные работы.

3. Нарушения окружающей природной среды достигали наибольшей степени в первый период эксплуатации, при этом расходы по возмещению экологического ущерба (наряду с большими производственными затратами) были особенно значительными.

4. На завершающих этапах отработки глубоких добычных горизонтов из-за применения исключительно автомобильного транспорта на увеличенном до 3–3,5 км расстоянии расходы ресурсов (дизтопливо, смазочные материалы, трудовые затраты) повышались на 30–40 %, что приводило к значительному росту выбросов от автотранспорта газообразных вредных веществ, загрязняющих атмосферу в карьерах.

Таким образом, создание новых, усовершенствованных технологий добычи и переработки нерудного минерального сырья при освоении месторождений с открытым способом разработки на рубеже XX и XXI столетий приобрело важнейшее значение [2] для отечественной науки и практики. С учетом ощутимых эффективных результатов, достигнутых в горно-металлургическом комплексе государства при добыче железных, марганцевых руд и руд цветных металлов, очевидно, что и в добыче, и в переработке нерудных полезных ископаемых необходимо переходить на новые технологии.

Ведущую роль в совершенствовании существующих и освоении новых технологий открытой разработки минерального сырья и его переработки занимает Криворожский железорудный бассейн, где с 60–70-х годов прошлого века успешно осуществлен переход карьеров на циклично-поточную технологию [3], сущность которой состоит в приближении непосредственно к забоям уступов пункта перегрузки пород из автомобильного и железнодорожного транспорта на конвейерный, за счет чего в карьере поддерживается минимальное расстояние перевозки добытой породы наиболее затратным автомобильным транспортом, а также обеспечивается эффективная отработка железорудных месторождений на глубине 300–400 м.

Позднее, в 80–90-х гг., на железорудных карьерах Качканарского и Центрального ГОКов были экспериментально апробированы технологии поточной разработки, в которых использовались самоходные дробильно-перегрузочные агрегаты (типа СДА), крутонаклонные канат-

но-ленточные конвейеры, самоходные отвалообразователи скальных пород [4]. В такой технологии забойный экскаватор загружает бункер СДА – сборочный внутрикарьерный транспорт отсутствует. Применяемые в данной технологии системы перегрузки пород, пылеподавления и аспирации на железорудных карьерах позволяют сократить удельный расход топливно-энергетических ресурсов, что снижает себестоимость добычи сырья, а также улучшает состояние окружающей природной среды (в основном за счет сокращения газообразных выбросов от работы дизельных приводов).

Следующий серьезный шаг в развитии технологии открытых горных работ – освоение поэтапной разработки железорудных месторождений Кривбасса с внутрикарьерным складированием пород вскрыши [3, 5]. Внедрение этой технологии на карьерах Полтавского, Новокриворожского, Ингулецкого и Северного ГОК показало ее существенные преимущества: значительное сокращение энергозатрат и площадей нарушенных плодородных земель, локализация вредных выбросов в пределах карьерного пространства, сокращение капитальных и эксплуатационных затрат на вскрышные работы.

Проанализировав вышеизложенное, следует отметить, что новые технологии добычи и переработки твердых нерудных полезных ископаемых должны включать составляющие:

- поэтапная отработка месторождений с поддержанием рационального текущего (эксплуатационного) коэффициента вскрыши во всех основных периодах разработки полезного ископаемого;
- внутрикарьерное складирование отходов горного производства (пород вскрыши и отходов переработки минерального сырья) с формированием в этом пространстве техногенных месторождений-складов попутных полезных ископаемых (ТМ ППИ), потребление которых возможно в будущем;
- максимальное использование в процессах разработки и переработки нерудного минерального сырья экологически безопасных и энергосберегающих комплексов оборудования, особенно на перевозке горных пород и готовой продукции, а также при производстве буровзрывных работ и грохочении щебня;
- поэтапная рекультивация внутренних отвалов и консервация ТМ ППИ.

Способы поэтапной отработки месторождений, которые можно применить при разработке полезных ископаемых, отличаются формированием первоначального выработанного пространства в карьерном поле для обеспечения складирования в нем отвалов и ТМ ППИ. Это пространство может формироваться до промежуточной небольшой глубины или до предельного контура отра-

ботки месторождения по глубине. Борты карьера формируются с предельным наклоном к горизонту, при этом они должны быть устойчивыми, что обеспечивается при технологии поэтапной разработки залежей крутыми выемочными слоями [2–5].

При отработке горных пород в крутых выемочных слоях первоначальное выработанное пространство следует формировать в контурах карьера первой очереди (КПО) до предельной глубины разработки месторождения. На последующих этапах осуществляется разработка всех горизонтов с перемещением общего фронта горных работ только в горизонтальном направлении. При этом каждый последующий этап начинается с момента развития горных работ на верхних уступах крутых слоев, обрабатываемых одновременно, – заканчивается ведением горных работ в этих же крутых слоях, но на самых нижних уступах. Одновременно в отработке может находиться от 1 до 3 крутых выемочных слоев [2, 7, 8]. Таким образом, за один этап подвигание общего фронта горных работ осуществляется на ширину 1–3 крутых слоев.

Первоначальное выработанное пространство можно формировать и до промежуточной глубины. В дальнейшем горные работы развиваются как в горизонтальном направлении, так и вглубь. Отходы производства и ППИ необходимо неоднократно переэкскавировать и перемещать по карьерному полю. Часть вскрышных пород, ППИ и отходов обогащения можно складировать за контурами карьерного поля или внутри него, в постоянных и временных отвалах, ТМ ППИ и других хранилищах.

Используя практический опыт и результаты известных научных исследований по разработке месторождений с внутрикарьерным складированием отходов производства [3, 5, 8, 9], выделим возможные конкурентные способы поэтапной отработки карьерных полей на месторождениях нерудных полезных ископаемых. При этом будем основываться на способах, в которых объемы повторной переэкскавации и перемещения отходов и ППИ в карьерном поле наименьшие.

Ниже приводится краткое описание указанных способов и исследуется влияние на их эффективность некоторых наиболее важных, на наш взгляд, горно-геологических параметров нерудных месторождений.

**Способ I.** Отработка КПО до конечной глубины с размещением отходов производства и ППИ в постоянных внешних отвалах и хранилищах. Последующая разработка оставшихся объемов пород на карьерном поле с перемещением отходов и ППИ в образованное выработанное пространство, поэтапная рекультивация внутренних отвалов и консервация ТМ ППИ вслед за подвиганием фронта горных работ [5, 8].

**Способ II.** Отработка КПО до промежуточной глубины с размещением отходов и ППИ в постоянных внешних отвалах и хранилищах. Последующая разработка оставшихся объемов пород, временное складирование отходов и ППИ в выработанном пространстве КПО и дальнейшая их переэкскавация в постоянные отвалы и ТМ ППИ на дне карьера после достижения конечной глубины. Рекультивация отвалов и консервация ТМ ППИ по мере их формирования до поверхности [8].

**Способ III.** Отработка КПО до конечной глубины с размещением отходов и ППИ вдоль боковых бортов во временных первичных внешних отвалах и хранилищах. Последующая разработка оставшихся объемов пород с перемещением отходов и ППИ в образовавшееся пространство: основные объемы – в нижние ярусы, первичные – из внешних отвалов и хранилищ в верхние. Поэтапная рекультивация внутренних отвалов и консервация ТМ ППИ вслед за подвиганием фронта работ [5, 9].

**Способ IV.** Отработка КПО до конечной глубины с размещением отходов и ППИ во временных приконтурных отвалах и хранилищах на неиспользованной территории карьерного поля. Последующая разработка оставшихся объемов пород горизонтальными слоями с перемещением основных и первичных объемов ППИ, отходов из приконтурных отвалов в выработанное пространство КПО. Поэтапная рекультивация внутренних отвалов и консервация ТМ ППИ вслед за подвиганием фронта горных работ [5, 7].

**Способ V.** Отработка КПО до конечной глубины с размещением отходов и ППИ во временных приконтурных отвалах и хранилищах на неиспользованной территории карьерного поля. Последующая разработка оставшихся объемов пород крутыми выемочными слоями с гравитационным перемещением основных объемов в выработанное пространство, в прибортовые отвалы и на нижние ярусы отвалов и ТМ ППИ, а первичных объемов – колесным транспортом в их верхние ярусы. Поэтапная рекультивация отвалов и консервация ТМ ППИ вслед за подвиганием фронта работ [7, 8].

**Способ VI.** Отработка КПО до конечной глубины с размещением отходов и ППИ во временных приконтурных отвалах и хранилищах на неиспользованной территории карьерного поля. Последующая разработка оставшихся объемов пород крутыми выемочными слоями с перемещением колесным транспортом основных и первичных объемов ППИ, отходов в выработанное пространство. Поэтапная рекультивация внутренних отвалов и консервация ТМ ППИ вслед за подвиганием фронта работ [5, 7, 8].

Рассмотрим применение этих способов поэтапной разработки нерудных месторождений в различных





горно-геологических условиях, характерных для действующих карьеров и перспективных к разработке месторождений. Выделим шесть групп (табл. 1) карьеров, расположив их в порядке возрастания производственной мощности.

Эффективность способов поэтапной отработки карьерных полей будем оценивать средним расстоянием  $L$  (км) перемещения отходов и ППИ в карьерах, а также удельными затратами на выемку, перемещение, складирование и рекультивацию их в отвалах и ТМ ППИ, отнесенными на  $1 \text{ м}^3$  добытого полезного ископаемого  $Z_B$  (грн), с учетом максимального восстановления нарушенных земель.

При этом допускаем, что в любом из способов затраты на добычу полезного ископаемого в каждой группе карьеров изменяются незначительно. Здесь применяется однотипное оборудование, одинаковые параметры буровзрывных работ, расстояния доставки полезного ископаемого от забоев к пунктам перегрузки на поверхности незначительно отличаются при перемещении его по бермам и скользящим съездам рабочего борта – производительность горнотранспортного оборудования одинакова во всех способах одной группы карьеров.

Расчеты выполняются с учетом фактической средней (по предприятиям) себестоимости:

- выемки горных пород  $C_B$  и погрузки отходов переработки  $C_{ПО}$  (грн/м<sup>3</sup>);
- одного тонно-километра перемещения пород транспортным оборудованием  $C_{ТР}$  (грн);
- складирования вскрыши и ППИ  $C_{ОТВ}$ , отходов переработки  $C_{ОТО}$  (грн/м<sup>3</sup>) в отвалы и техногенные месторождения;
- укладки плодородных пород для рекультивации отвалов  $C_{РО}$  и консервации ТМ ППИ  $C_{РТМ}$  (грн/м<sup>3</sup>).

Учитываются также ежегодные выплаты за недра  $Z_H$  (грн), нарушаемую землю  $Z_3$  (грн/га), загрязнение воздушной среды  $Z_{BC}$  (грн) и хранение отходов горного производства  $Z_{ХО}$  (грн/м<sup>3</sup>).

В целом указанные затраты можно определить по формуле

$$Z_B = (C_B + C_{ТР} \cdot Y_B \cdot L_{ТРВ} + C_{ОТВ}) \cdot \Pi_{ВТ} \cdot k_{НВ} + (C_B + C_{ТР} \cdot Y_{ПМ} \cdot L_{ТРИ} + C_{ОТВ}) \cdot \Pi_{ПИ} \cdot k_{НП} + (C_{ПО} + C_{ТР} \cdot Y_O \cdot L_{ТРО} + C_{ОТО}) \cdot Q_{ОТ} \cdot k_{НО} + C_{ПП} \cdot (V_{РО} + V_{РТМ}) + C_{ТР} \cdot Y_{ПП} \cdot (L_{ТРПП} \cdot V_{РО} + L_{ТРТМ} \cdot V_{РТМ}) + C_{РО} \cdot V_{РО} + C_{РТМ} \cdot V_{РТМ} + Z_H + Z_{BC} + Z_3 \cdot S_3 + Z_{ХО} \cdot V_{ХО} \quad (1)$$

где  $Y_B, Y_{ПМ}, Y_O, Y_{ПП}$  – насыпной вес (плотность) соответственно вскрыши, попутных полезных ископаемых, отходов переработки и почвенно-плодородных пород, т/м<sup>3</sup>;  $L_{ТРВ}, L_{ТРИ}, L_{ТРО}, L_{ТРПП}, L_{РТМ}$  – среднее расстояние доставки соответственно вскрышных пород, попутных полезных ископаемых и отходов обогащения, а также почвенно-плодородных пород к внутреннему отвалу и техногенному месторождению, км;

$\Pi_{ВТ}, \Pi_{ПИ}, Q_{ОТ}, V_{РО}, V_{РТМ}$  – годовые объемы соответственно выемки вскрышных пород и попутного сырья, отходов переработки, а также почвенно-плодородных пород на рекультивации отвалов и консервации ТМ ППИ, м<sup>3</sup>;

$k_{НВ}, k_{НП}, k_{НО}$  – коэффициент неравномерности соответственно выемки вскрышных и попутных полезных ископаемых, а также выхода отходов переработки;

$S_3, V_{ХО}$  – соответственно годовая площадь нарушаемых земель (га) и годовой объем неутилизованных, складированных в отвале отходов переработки, м<sup>3</sup>.

При расчетах по формуле (1) использованы фактические величины средней себестоимости и других оплат, имеющих на нерудных горнодобывающих предприятиях по состоянию на 01.02.2000 г.:

- $C_B = 0,5-0,82 \text{ грн/м}^3$ ;
- $C_{ПО} = 0,28-0,44 \text{ грн/м}^3$ ;
- $C_{ТР} = 0,52-0,83 \text{ грн/т-км}$ ;
- $C_{ОТВ} = 0,414-0,58 \text{ грн/м}^3$ ;
- $C_{ОТО} = 0,31-0,45 \text{ грн/м}^3$ ;
- $C_{РО} = 0,31-0,42 \text{ грн/м}^3$ ;
- $C_{РТМ} = 0,3-0,405 \text{ грн/м}^3$ ;
- $Z_3 = 68,1 \text{ тыс. грн/га}$ ;
- $Z_{ХО} = 0,2-0,25 \text{ грн/м}^3$ ;
- $Z_{BC} = 0,47-0,52 \text{ грн/м}^3$  выпущенной продукции;
- $Z_H = 0,081-0,085 \text{ грн/м}^3$  полезных ископаемых.

**Таблица 1 – Параметры исследуемых нерудных карьеров**

| Параметры   | Группы карьеров |         |          |          |           |           |
|---|-----------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|
|   | 1               | 2       | 3        | 4        | 5         | 6         |
| Производительность по полезному ископаемому, тыс. м <sup>3</sup> /год   | 70–250          | 400–600 | 800–1000 | 900–1200 | 1300–1600 | 1800–2000 |
| Полная глубина отработки, м   | 75–80           | 85–100  | 100–105  | 55–65    | 170–180   | 60–80     |
| Мощность покрывающей вскрыши, м   | 15–18           | 18–20   | 2–5      | 12–18    | 45–60     | 3–8       |
| Площадь поверхности карьерного поля, га   | 10–11,5         | 30–45   | 50–75    | 90–108   | 180–290   | 70–100    |
| Примечание. Рассмотрены карьеры глубиной более 50 м, которые при существующей технологии разрабатываются с систематическим понижением горных работ до предельной глубины и складированием отходов во внешних отвалах. |                 |         |          |          |           |           |

Результаты расчетов представлены на графиках изменения дальности транспортирования отходов производства  $L$ , площади нарушаемых земель  $S_n$  и удельных затрат  $Z_b$  в рассматриваемых способах (рис. 1). Способы поэтапной отработки карьерных полей размещены на оси абсцисс в порядке возрастания дальности  $L$ : V, VI, II, III, IV, I. Дальность транспортирования возрастает от способов V, VI в 2,1–5 раз к способам IV, I.

Площадь нарушаемых земель  $S_n$  в способах V, VI имеет наименьшие значения, затем возрастает в 1,2–2,1 раза к способу IV. При применении способа отработки I снижается, не достигая величин площади, соответствующей способам V и VI.

Величина затрат  $Z_b$  возрастает в 1,6–4 раза к способу III, далее к способу отработки I снижается в 1,2–2,5 раза. Наименьшие значения  $Z_b$ , соответствующие способам поэтапной отработки карьерных полей V и VI, достигаются при минимальной дальности перевозки  $L$  и площади отводов под карьеры, отвалы и транспортные коммуникации  $S_n$  (рис. 1).

Установленные закономерности изменения  $L$ ,  $S_n$ ,  $Z_b$  позволяют сделать вывод: в технологии добычи нерудных полезных ископаемых затраты  $Z_b$  могут быть понижены в 1,6–4 раза только при минимальных величинах нарушаемых площадей земли  $S_n$  и расстоянии транспортирования отходов в отвалы и другие хранилища  $L$ . Это достигается при формировании КПО до конечной глубины путем интенсивной углубки его с темпами 7–18,5 м/год и использованием под выработанное пространство 20–45 % всей площади горного отвода. Отходы производства и ППИ складировать на поверхности карьерного поля. На втором и последующих этапах породы разрабатывают в крутых выемочных слоях, отходы перемещают в выработанное пространство КПО, согласно описанию к способам V и VI, гравитационно и доставкой колесным транспортом.

Организация отработки карьерного поля по рациональным способам V и VI описывается ниже. На первом этапе в одном из торцов карьерного поля с наименьшей мощностью вскрыши формируется выработанное пространство до конечной глубины. Интенсивно обрабатывается КПО с минимальными размерами по условию складирования в выработанном пространстве отходов производства и ППИ. Вскрыша из КПО размещается на свободной площади земной поверхности в границах карьерного поля, где формируется приконтурный отвал (рис. 2, а).

Плодородные породы и подстилающие их суглинки предварительно снимаются и укладываются вдоль контура карьерного поля. Приконтурный отвал формируется с раздельным складированием отходов и ППИ.

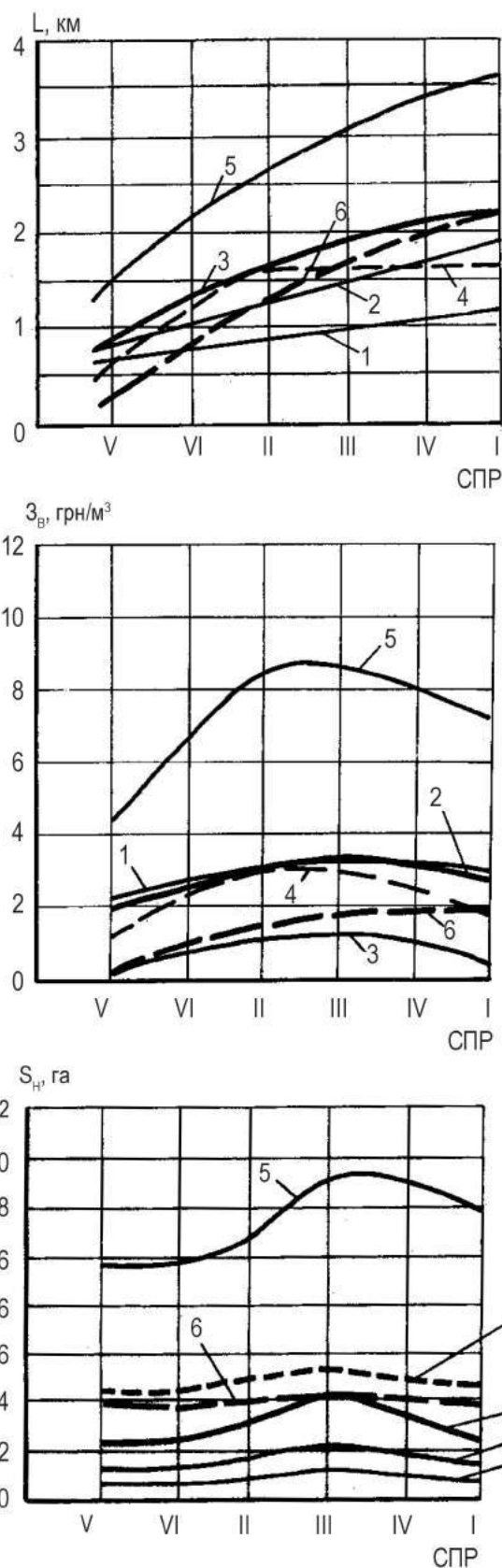
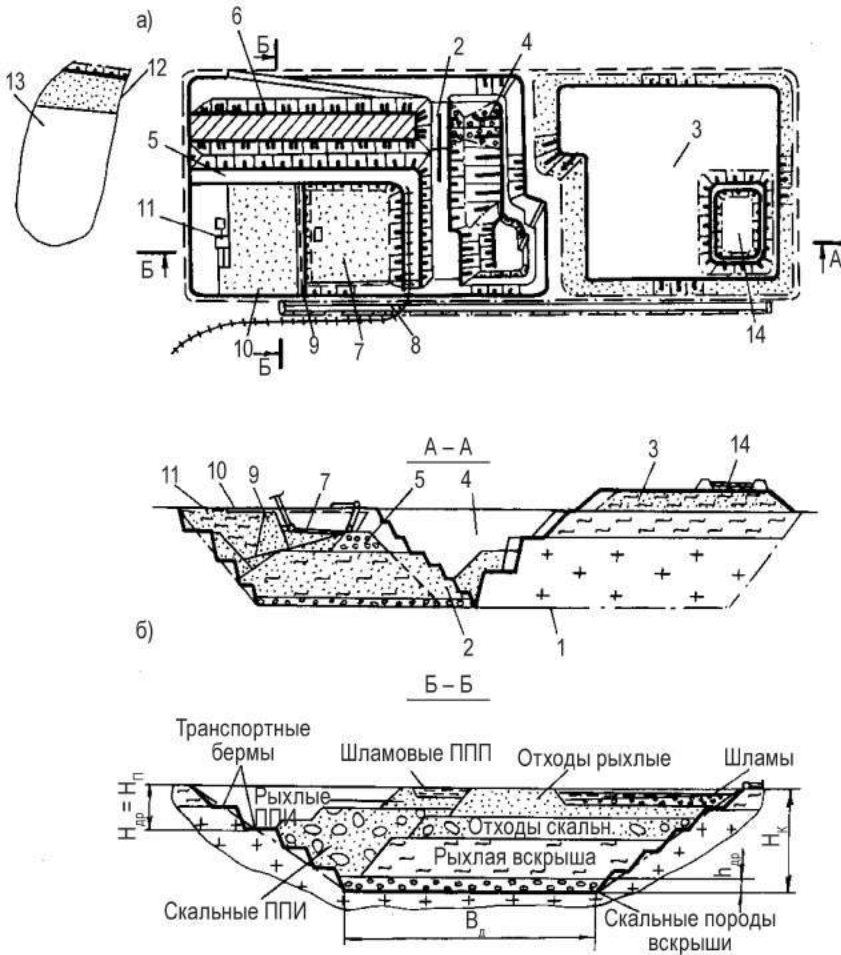


Рисунок 1 – Графики изменения дальности транспортирования отходов производства  $L$ , площади нарушенных земель  $S_n$  и удельных затрат  $Z_b$ , отнесенных к  $1 \text{ м}^3$  добытого полезного ископаемого, при различных способах (I–VI) поэтапной отработки карьерных полей групп 1–6 (табл. 1)



**Рисунок 2 – Схема поэтапной обработки карьерного поля с внутрикарьерным складированием отходов и ППИ (а) и размещением их в выработанном пространстве (б):**

- 1 – предельный контур карьерного поля;
- 2 – внутренний отвал в выработанном пространстве;
- 3 – приконтурный отвал пород и отходов переработки на свободной площади карьерного поля;
- 4 – рабочая зона карьера;
- 5 – дамба обвалования шламохранилища отходов обогащения;
- 6 – ТМ ППИ;
- 7 – карта намыва шламохранилища жидких отходов;
- 8 – склад потенциально-плодородных пород и черноземов;
- 9 – разделительная дамба шламохранилища;
- 10 – обезвоженный участок карты намыва;
- 11 – участок рекультивации карты намыва;
- 12 – внешний участок малопродуктивных земель;
- 13 – участок земель с воспроизведенным плодородием;
- 14 – временное шламохранилище жидких отходов

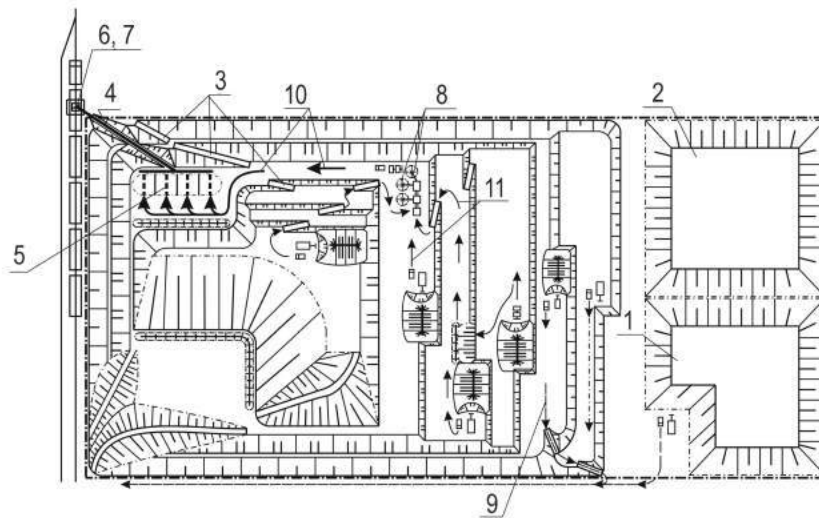
По верху его размещается временное шламохранилище. При невозможности размещения всех отходов из КПО на свободной площади поля их частично складировать за его пределами, для чего используются участки малопродуктивных земель, подлежащих улучшению или рекультивации, – к ним направляются мягкие вскрышные породы, которые будут применяться для воспроизводства плодородия нарушенных земель и малопродуктивных угодий.

В последующем карьерное поле разделяется на этапы обработки крутыми выемочными слоями на полную глубину по протяженности (простирацию) залежи. Месторождение обрабатывается с подвиганием общего фронта горных работ только в горизонтальном направлении. Вскрышные породы обрабатываются одновременно с отходами сформированного на поверхности приконтурного отвала. Выемка всех отходов ведется по горизонтальному, от верхнего уступа к нижнему крутыми слоями. Крутыми выемочными слоями производится также и добыча полезного ископаемого. За один этап обеспечивается обработка 1–3 крутых выемочных слоев на полную глубину с гравитационным и транспортным перемещением отходов и ППИ на дно карьера – в ярусы постоянного внутреннего отвала и ТМ ППИ.

Применение крутых выемочных слоев обеспечивает формирование рабочего борта под максимальным устойчивым углом откоса 26–40°. На рабочем борту оставляются лишь транспортные площадки минимальной ширины 15–18 м и площадки для складирования временных прибортовых отвалов (40–150 м). Рабочие площадки перемещаются по падению крутых слоев. Между площадками для складирования прибортовых отвалов по высоте формируются участки временно нерабочего борта (УВНБ) высотой 30–50 м. Угол откоса борта на УВНБ более 40–42° позволяет в наибольшей степени использовать гравитационный способ перемещения отходов и ППИ из верхних уступов на нижние и дно карьера. При этом расстояния доставки пород вскрыши и ППИ от забоев к откосу борта будут минимальными (0,5–0,8 км). Незначительное расстояние доставки отходов и ППИ будет поддерживаться и на дне карьера при перемещении их в ярусы постоянного внутреннего отвала отходов и ТМ ППИ.

В данных отвалах породы складированы отдельно – по разновидностям (рис. 2, б). Аналогично складированы в техногенном месторождении все виды ППИ. При этом основные транспортные коммуникации карьера не засыпаются – и их следует использовать при последующей





**Рисунок 3 – Схема разработки нерудного месторождения при использовании мобильного дробильно-сортировочного устройства в карьере:**

- 1, 2 – приконтурный отвал вскрыши и временное ТМ ППИ; 3 – внутренние полутраншеи-съезды;
- 4 – конвейерный подъемник; 5 – площадка приема готовой продукции ПСК; 6, 7 – погрузочный бункер и железнодорожный поезд; 8 – мобильная дробильно-сортировочная установка (МДСУ);
- 9 – направление перемещения пород вскрыши и отходов в выработанное пространство;
- 10 – направление перемещения готовой продукции от МДСУ к площадке ПСК; 11 – направление доставки полезного ископаемого от забоев к МДСУ

разработке техногенных месторождений. Полезное ископаемое в крутом слое обрабатывается поуступно – одной рабочей площадкой шириной 36–45 м поперечными заходками шириной 20–30 м; доставляется автотранспортом или колесными погрузчиками по скользящим съездам и транспортным бермам на боковой нерабочий борт к стационарной площадке карьерного перегрузочного складского комплекса (ПСК), размещенного на глубине от 30 до 110 м. Далее конвейерным (реже железнодорожным) транспортом сырье или готовая продукция доставляется на дробильно-обоганительную фабрику (ДОФ) или на погрузку в магистральные виды наземного транспорта (рис. 3)

Шламовые отходы обогащения укладываются по верху внутренних отвалов пустых пород (рис. 2), а ППИ из шламов переработки сырья – по верху породных техногенных месторождений в картах намыва, разделенных дамбами высотой до 4 м. Их поверхности формируются на уровне ненарушенных участков земли. Поверхность внутреннего отвала отходов рекультивируется в сельскохозяйственном направлении.

По результатам изложенных выше исследований была разработана и обоснована концепция освоения нерудных месторождений [2]. Она характеризуется отсутствием возведения внешних отвалов и шламохранилищ, созданием временных шламохранилищ и отвалов на ненарушенной поверхности карьерного поля, формированием ТМ ППИ вблизи основных транспортных коммуникаций карьера, складированием отходов и ППИ до уровня земной поверхности, восстановлением плодородия площадок для культивирования сельскохозяйственных растений, лесонасаждений и кормовых трав.

Предлагаемая экологически безопасная и энергосберегающая технология открытой разработки твердых нерудных полезных ископаемых апробиро-

вана в ГВУЗ «Национальный горный университет» (г. Днепропетровск) при проектировании отработки Одаровского месторождения мигматитов. При этом дополнительное снижение степени нарушения окружающей природной среды обеспечено:

- применением более глубокого ввода конвейерного транспорта;
- использованием для внутрикарьерного дробления пород СДА первичного и вторичного дробления фирмы «Metso Minerals»;
- производством взрывных работ эмульсионными взрывчатыми веществами с иницированием зарядов системами «Импульс», «NONEL» и соответствующим направлением ориентирования взрывааемых блоков в карьере [8].

Такие технологии обеспечивают снижение степени загрязнения воздушной среды на уровне ПДК по нормируемым показателям за 400–450 м от карьера (вместо установленных действующими санитарными нормами и правилами 1500 м). В целом же внедрение предложенной экологически безопасной ресурсо- и энергосберегающей технологии поэтапной разработки открытым способом месторождений нерудных полезных ископаемых позволит существенно сократить капитальные и эксплуатационные затраты.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Мищенко, В.С.** Минерально-сырьевой комплекс Украинской ССР / В.С. Мищенко. – К. : Наук. думка, 1987. – 232 с.
2. **Симоненко, В.И.** Новая концепция открытой разработки нерудных месторождений скального минерального сырья / В.И. Симоненко // Сб. науч. тр. НГА Украины. –



- Днепрпетровск : РИК НГА Украины, 2001. – № 12. – С. 155–160.
3. Шилин, А.Н. Эффективность ЦПТ на карьерах Кривбасса / А.Н. Шилин, В.Д. Шампурина // Горн. журн. – 1983 – № 6. – С. 31–33.
  4. Четверик, М.С. Вскрытие горизонтов глубоких карьеров при комбинированном транспорте / М.С. Четверик. – К. : Наук. думка, 1985. – 188 с.
  5. Дриженко, А.Ю. Карьерные технологические горнотранспортные системы / А.Ю. Дриженко. – Д. : Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 542 с.
  6. Кучерявый, Ф.И. Совершенствование технологии разработки гранитных карьеров / Ф.И. Кучерявый, Р.С. Крысин, Ю.П. Бурков. – К. : Техніка, 1966. – 267 с.
  7. Симоненко, В.И. Параметры системы разработки нерудных карьеров при выемке пород крутыми слоями / В.И. Симоненко // Разраб. руд. мест-й : Респ. межвед. науч.-техн. сб. – К. : Техніка, 1998. – Вып. 62. – С. 33–37.
  8. Пат. 46844 Украина, МПК<sup>8</sup> E21C41/26. Спосіб відкритої розробки родовищ нерудних скельних корисних копалин / Симоненко В.И.; Дриженко А.Ю., Черняев А.В., Мостика А.В., Гриценко Л.С. ; заявитель и патентообладатель Нац. горный университет. – № u200906798 ; заявл. 30.06.09 ; опубл. 11.01.10, Бюл. № 1. – 9 с. : ил.
  9. Открытая разработка крутопадающих месторождений с внутренним отвалообразованием / А.Г. Шаларь, В.Т. Лашко, А.В. Романенко и др. – К. : Наук. думка, 1992. – 115 с.
  10. Совершенствование добычи и переработки горных пород на щебеночных карьерах / В.П. Воловик, И.Л. Коган, А.В. Карпенко, В.И.Симоненко, А.А. Анисимов, Л.С. Гриценко // Матеріали Міжнар. конф. «Форум гірників 2010». – Д. : НГУ, 2010. – С. 97–104.

*Поступила в редакцию 15.04.2011*

На основі дослідження можливих способів поетапної розробки твердих нерудних корисних копалин визначено раціональні екологічно безпечні та енергозберігаючі технології розробки родовищ, надано рекомендації щодо їх практичного застосування.

Based on a study of possible ways of step-by-step mining of solid nonmetallics the rational, environmentally friendly and energy-saving technologies of mining are defined; recommendations for their practical application are given.