

the iron-ore mining processing plant and the stability of this grade of ore at the given value of the root-mean-square deviation.

**The practical importance** of the research lies in establishing that an increase by one unit in the root-mean-square deviation in the grade of ore in the final ore-flow of the ore mining processing plant causes losses of profit of up to 100 million UAH per year.

**Keywords:** *the final ore-flow, the grade of ore, the forecast profit of the mill, the root-mean-square deviation, amplitude fluctuations of the grade*

УДК 622.271

© О.А. Анисимов

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ КАРЬЕРОВ КРУТОНАКЛОННЫМИ СЛОЯМИ**

© O. Anisimov

## **TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR PLACING MAIN TRANSPORT COMMUNICATIONS FOR THE FORMATION OF THE WORKING ZONE OF OPEN PITS BY STEEP DIPPING LAYERS**

**Целью работы** является создание и предложение новых схем транспортирования горной массы при разработке глубоких карьеров крутонаклонными слоями по породам вскрыши.

**Методы исследования.** Для принятия решений размещения основных транспортных коммуникаций при формировании рабочей зоны карьеров крутонаклонными слоями были использованы методы анализа существующих схем размещения транспортных путей. Предложены новые схемы развития горных работ и транспортных площадок внутри карьера.

**Результаты.** Предложены схемы размещения транспортных коммуникаций в условиях отработки глубоких карьеров крутонаклонными слоями указаны пути их развития при углубке горных работ. Последовательность отработки крутонаклонных слоев и размещение основных транспортных коммуникаций дает возможность планировать работы на карьерах и решать плановые задачи по выемке пород вскрыши и извлечению полезных ископаемых.

**Научная новизна.** Применение крутонаклонных слоев дает возможность снизить объемы выемки пустых пород. Предложены новые схемы развития транспортных коммуникаций, которые позволяют ускоренно производить выемку вскрышных пород и добычу полезных ископаемых на глубоких карьерах.

**Практическое значение.** Наличие съездов и транспортных площадок в зоне ведения горных работ с применением крутонаклонных слоев приводит к снижению производительности из-за необходимости переноса этих выработок и приводит к необходимости сооружения других грузопотоков в пределах глубоких карьеров.

**Ключевые слова:** крутонаклонные слои, глубокий карьер, технологические схемы для разработки месторождения, транспортные системы глубоких карьеров

**Введение.** Транспортная схема глубокого карьера формируется одновременно с развитием горных работ и взаимосвязана с ними во времени и пространстве. При проектировании разработки глубоких карьеров для формирования транспортных систем и планирования транспортных схем, предварительно определяют основные направления и особенности развития рабочей зоны с учетом горно-геологических условий. Это подтверждается практикой эксплуатации мощных отечественных и зарубежных карьеров [1].

В процессе проектной разработки месторождений полезных ископаемых проектировщик изначально решает задачу извлечения всех запасов полезного ископаемого и обеспечения транспортного доступа до дна карьера. На действующих предприятиях Украины при разработке месторождения и годовом планировании извлечения полезного ископаемого технический отдел предприятия принимает решения, связанные с формированием грузопотоков, размещения съездов, отработкой отдельных участков или всего карьера [2-4].

**Постановка проблемы.** Отработка крутонаклонными слоями (крутыми слоями) в глубоких карьерах является необходимостью, которая возникла в Украине в связи с увеличивающимися объемами вскрышных работ. Решение вопроса отработки крутонаклонными слоями приводит к вопросу рассмотрения транспортных задач (размещение транспортных коммуникаций, определения длины транспортирования, высоты подъема горной массы, размещение перегрузочных пунктов и т.д.) [5-7]. Предлагается рассмотреть схемы грузопотоков, обеспечиваемые транспортными коммуникациями в пределах глубоких карьеров.

**Целью работы** является создание и предложение новых схем транспортирования горной массы при разработке глубоких карьеров крутонаклонными слоями по породам вскрыши.

**Изложение основного материала.** Транспортные коммуникации при отработке карьерных полей крутонаклонными слоями и соответствующем формировании бортов карьера согласно существующей классификации делятся на временные и постоянные [4]. Их размещают таким образом, чтобы временные съезды были сформированы в торце или торцах карьера на вытянутых по простиранию месторождениях (рис. 1, а, г) или же за счет образования спиралеобразных съездов на карьерах округлой формы (рис. 1, б) со строительством соответствующих рабочих площадок и берм, которые позволяют безопасно проводить работы [8].

В случае расположения стационарных съездов в торце карьера нужно осуществлять строительство временных съездов между рабочими площадками (рис. 1, в) при понижении каждого этапа разработки крутонаклонного слоя. Схемы на рис. 1 а, г предусматривают формирование временных съездов в од-

ном или двух торцах карьера со следующим перемещением их в новое положение по мере вовлечения нового крутонаклонного слоя в разработку. При последующей отработке каждого уступа транспортная сеть начинает изменять свое положение сверху книзу. Когда на горизонте будет сформированный новый временный съезд, ранее действующий, может быть отработан.

Технология формирования временных съездов на карьерах округлой формы (см. рис. 1, б) при спиральной форме трассы такая же, однако при этом необходимо предусматривать размещение площадок безопасности при ведении горных работ. Такие площадки формируются на нижних горизонтах и позволяют безопасно вести горные работы на них при возможных осыпях породы с верхних горизонтов, а также при ведении взрывных работ на верхних горизонтах. Схема на рис. 1, в предусматривает строительство капитальных съездов в торце карьера. Однако, их стационарность затрудняет формирование крутонаклонных слоев, из-за того, что отдельные уступы постоянно перемещают вниз. Таким образом, в рабочей зоне каждого крутонаклонного слоя требуется формировать и перемещать по мере отработки горизонта временные съезды. Перемещение их из одного положения в другое вызывает неудобства при планировании горных работ. Если же эти съезды не предусматривать, а учитывать только стационарные, то возле каждого из них необходимо формировать площадки достаточных размеров для обеспечения доступа к каждому горизонту.

Схема на рис. 1, д предусматривает строительство капитальных съездов (поз. 4) в торце карьера. Эти съезды являются стационарными, а развитие фронта горных работ ведется на одном из бортов. Второй борт отстраивается в проектное положение. Данная схема используется при разработке наклонных месторождений, когда лежащий борт расположен под углом, близким к залеганию залежи. При необходимости углубления горных работ и подготовке полезного ископаемого к выемке крутонаклонными слоями необходимо планомерно привлекать к разработке новые горизонты и расширять границы карьерного поля. Это возможно осуществлять при движении съездов, как показано на рис. 1 из позиции 4 к позиции 5. При этом можно использовать капитальные съезды, однако это требует постоянного изменения положения внутренних временных съездов в рабочей зоне, так как это показано на рис. 1, в (позиция б).

На большинстве глубоких карьеров размещение основных транспортных коммуникаций осуществляется с привязкой к существующей схеме вскрытия, что ведет к необходимости формирования временных съездов на рабочих бортах карьеров (рис. 1, е). Развитие крутонаклонными слоями, в таком случае, ведет к необходимости по мере отработки крутонаклонных слоев перемещение съездов, начиная с верхних, в новое положение и будет приводить в итоге к необходимости расширения проектных границ карьерного поля в плане. При этом решается вопрос годового развития с изменением перспективы отработки в будущем.

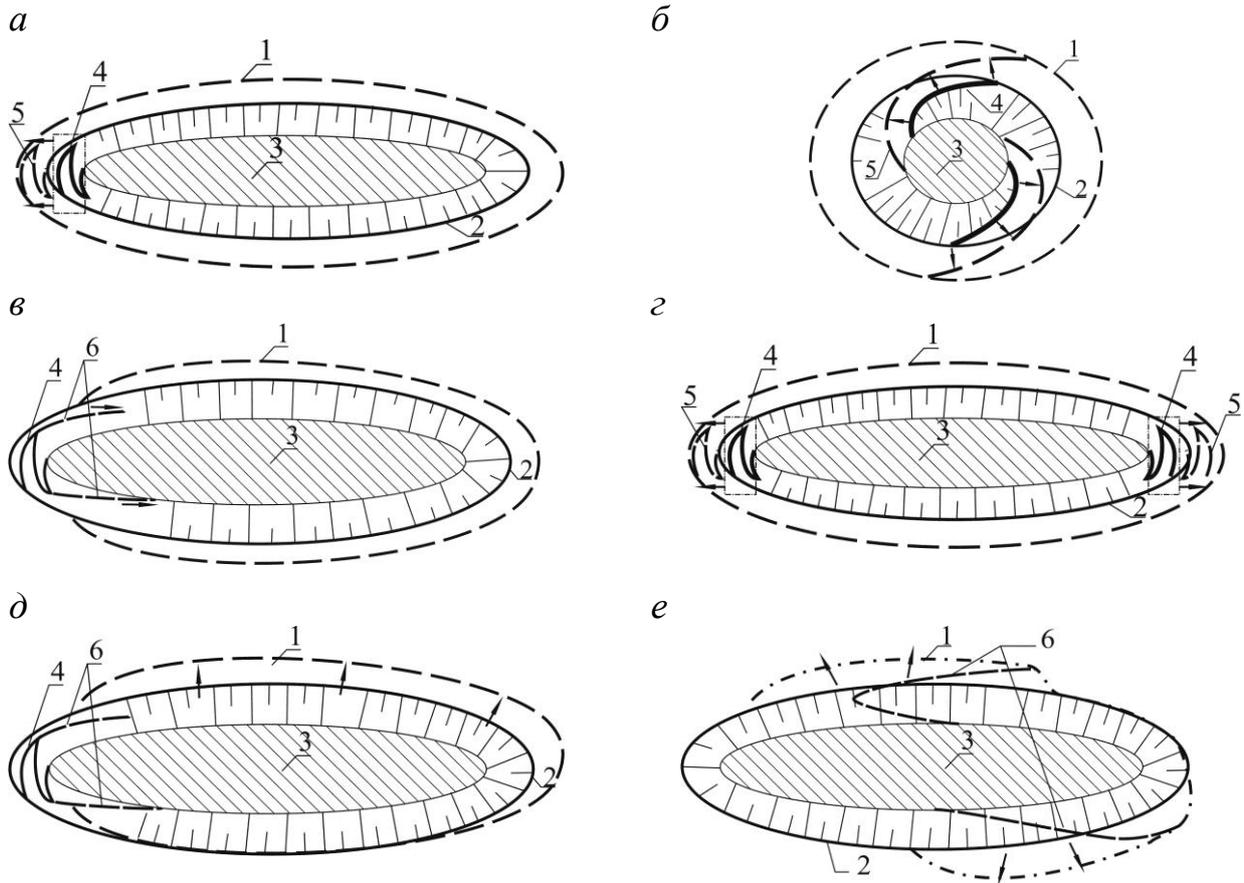


Рис. 1. Схемы формирования съездов на бортах карьера при отработке карьерного поля крутонаклонными слоями: *а* – перемещаемые временные съезды на вытянутых месторождениях при вскрытии с одного торца карьера; *б* – перемещаемые временные съезды на округлых месторождениях; *в, д* – стационарные съезды и временные; *г* – временные съезды на торцевых бортах карьера, *е* – временные съезды на продольных бортах карьера: 1 - условное положение верхней бровки следующего крутонаклонного слоя в плане; 2 - существующее положение верхней бровки борта карьера в плане; 3 - дно карьера; 4 - существующий съезд на горизонте; 5 - перемещаемый временный съезд на горизонте; 6 - временные съезды в рабочей зоне

Практически на всех карьерах рассматривается отработка *отдельных участков* карьера крутонаклонными слоями. Основные трассы размещают так, чтобы избежать засыпку их при отработке верхних горизонтов крутонаклонными слоями (рис. 2).

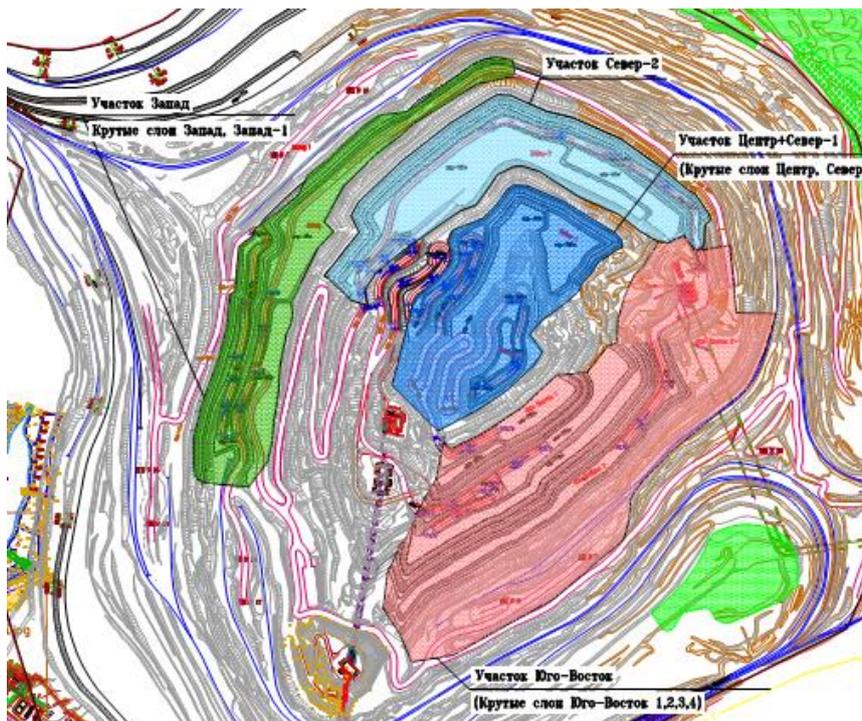


Рис. 2. Расположение участков производства горных работ крутонаклонными слоями в Первомайском карьере СевГОКа

Предлагается двустороннее развитие горных работ с соответствующим вскрытием месторождения, которое обеспечивает доступ к полезному ископаемому с расположением вскрывающих выработок на торцах карьера (рис. 1, 2, рис. 3) и позволяет отрабатывать борта по породам вскрыши с минимальными по ширине рабочими площадками. Схема, которая приведена на рис. 3, представляет собой детальную проработку технологии вскрытия горизонтов карьера изображенной на рис. 1, 2. Для углубления дна, в этом случае необходимо осуществлять подвижку бортов и всех транспортных коммуникаций по периметру карьера.

Решая экологическую и экономическую проблему с учетом двустороннего вскрытия месторождения до проектной глубины в торцах и отработки его крутонаклонными слоями в средней части месторождения, появляется возможность формирования внутреннего отвала (рис. 4).

Привлечение к разработке нового крутонаклонного слоя требует создания новых съездов. При этом углы откосов торцевых бортов будут составлять до 30-33 градусов, а крутонаклонные слои формируют на продольных бортах по висячему и лежащему боку месторождения. Угол откоса формируется в пределах 38-42 градусов при минимальной ширине рабочей площадки 40 м и угле откоса рабочих уступов 70 градусов.

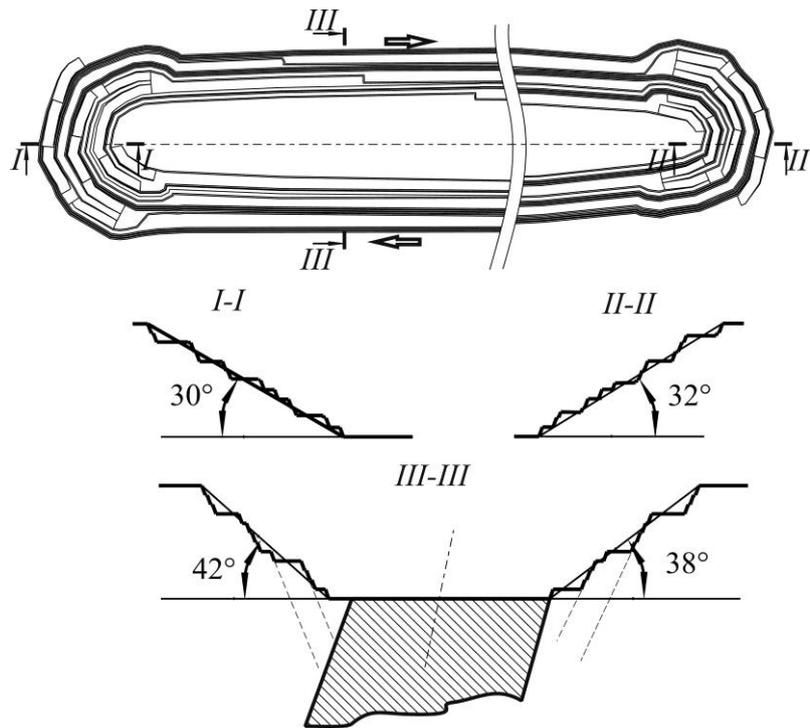


Рис. 3. Схема двухбортной отработки месторождения с размещением вскрывающих выработок на противоположных торцах карьера

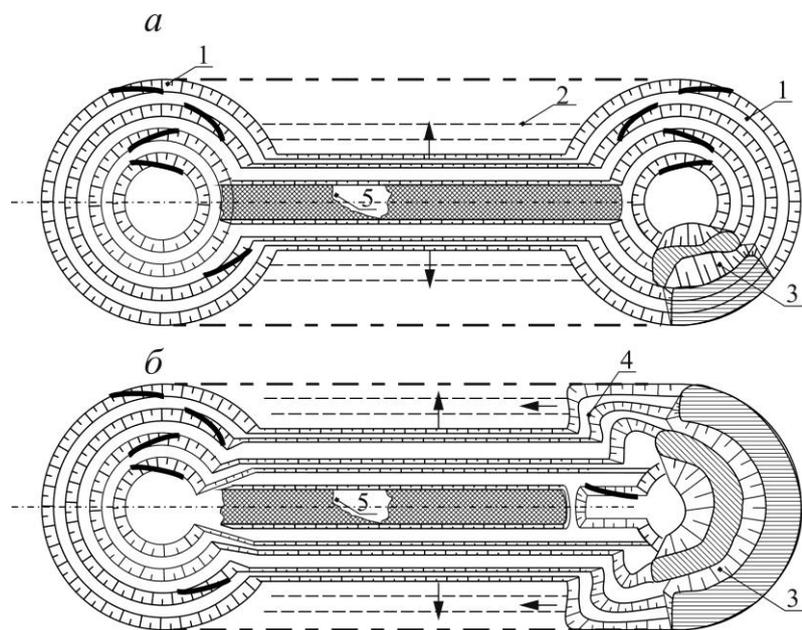


Рис. 4. Схема развития горных работ в карьере при крутонаклонной отработке пород вскрыши и начале формирования внутреннего отвала (а) со следующим развитием отвальных и горных работ (б): 1 - карьеры первой очереди в торцах месторождения; 2 - границы продольных крутонаклонных слоев; 3 - внутренний отвал; 4 - поперечные крутонаклонные слои; 5 - продольная траншея

Схема развития горных работ предусматривает отработку месторождения по торцам карьера со следующей засыпкой одного из них породами вскрыши. По мере формирования внутреннего отвала осуществляется дальнейшая выемка пород вскрыши крутонаклонными слоями и вовлечение в разработку нижележащих рудных уступов (рис. 4, б). Таким образом, в рабочей зоне карьера осуществляется отработка пород вскрыши крутонаклонными слоями, как вдоль простирания, так и поперек его или же развитие осуществляют диагональными блоками. Представленная схема (см. рис. 4) позволяет перемещать значительные объемы пород вскрыши к внутреннему отвалу по транспортным коммуникациям внутри карьера. Формирование внутреннего отвала может осуществляться как одним ярусом с земной поверхности, так и многоярусное - на нескольких горизонтах. Отвальный фронт перемещается вслед за поперечным перемещением вскрышного фронта горных работ с одновременным увеличением объемов пород вскрыши, которая складировается в карьере.

Развитие горных работ по схеме (см. рис. 1, а) детально показано на рис. 5. Такое развитие рабочей зоны в карьере возможно осуществлять только при наличии широких площадок или широких панелей в пределах крутонаклонного слоя. Это связано с тем, что предусмотрен только один путь перемещения карьерных грузов на поверхность.

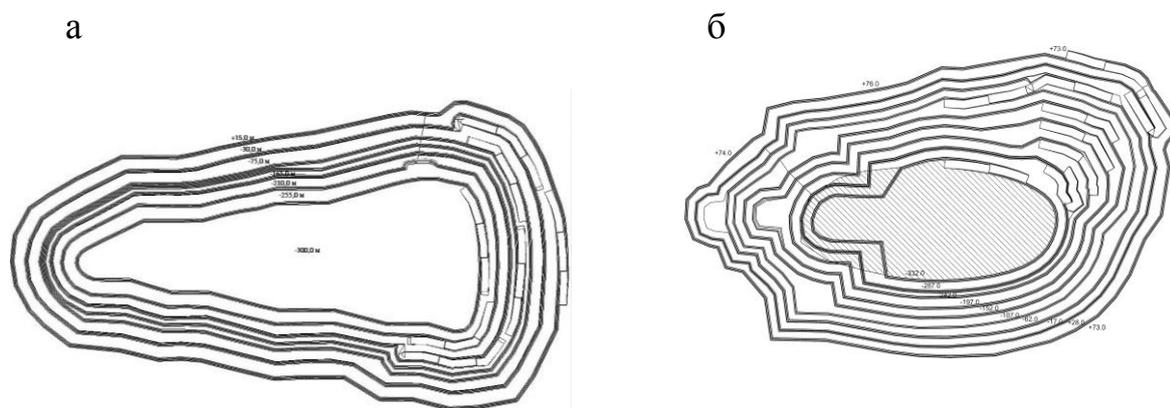


Рис. 5. Схема развития карьерного поля при отработке горизонтов крутонаклонными слоями с перемещением фронта горных работ диагоналями (а) или с формированием поперечных блоков (б)

**Выводы.** Предложены схемы размещения транспортных коммуникаций в условиях отработки глубоких карьеров крутонаклонными слоями указаны пути их развития при углубке горных работ. Последовательность отработки крутонаклонных слоев и размещение основных транспортных коммуникаций дает возможность планировать работы на карьерах и решать плановые задачи по выемке пород вскрыши и извлечению полезных ископаемых. Наличие съездов и транспортных площадок в зоне ведения горных работ с применением круто-

наклонных слоев приводит к снижению производительности из-за необходимости переноса этих выработок и приводит к необходимости сооружения других грузопотоков в пределах глубоких карьеров. На каждом этапе разработки крутонаклонного слоя необходимо предусматривать площадки, которые позволяют формировать развал с транспортным доступом к нему, доступ к верхней буровой площадке для бурения взрывных скважин и взрывания горной породы.

Схемы формирования рабочего пространства карьера, где отработка будет вестись крутонаклонными слоями в зависимости от вида транспорта, отличаются своими *особенностями*:

- железнодорожный транспорт может использоваться только на стационарных площадках верхних горизонтов или же на поверхности близ карьера. Схемы развития железнодорожных путей внутри карьера при формировании рабочей зоны крутонаклонными слоями, в основном, тупиковые;

- автомобильный транспорт является наиболее приемлемым для отработки горной массы крутонаклонными слоями на всех горизонтах, но для уменьшения общей стоимости перевозки должен использоваться в комбинации с другими видами. Схемы автомобильных транспортных коммуникаций отличаются наименьшим расстоянием перевозки и технологическими схемами вскрытия и разработки месторождения;

- ленточный конвейер при развитии работ крутонаклонными слоями временно оборудуют на нерабочих бортах или же устраивают стационарно (полустационарно) вместе с дробильным оборудованием на отработанных уступах, размещение их в плане линейное;

- перегрузочные пункты при комбинированных видах транспорта с развитием горных работ крутонаклонными слоями оборудуют в пределах нерабочего борта на площадках близ стационарных автомобильных дорог и, по мере отработки месторождения, перемещают вглубь карьера.

Транспортные схемы предусматривают использование комбинированного вида транспорта. Для чего оборудуют перегрузочные пункты. Их количество, параметры, глубина размещения влияют на параметры бортов и скорость отработки пород вскрыши и полезного ископаемого. На рис. 6 показаны транспортные магистрали внутри карьеров Украины.

Применение крутонаклонных слоев в условиях Первомайского карьера (СевГОКа) на северном участке и на восточном участке ограничено транспортными площадками, которые размещены на верхних горизонтах (рис. 6, а). В условиях ЮГОКа формирование крутонаклонных слоев ограничено наличием железнодорожных съездов по периметру карьера. Возможно формирование крутонаклонных слоев в северной части карьера ЮГОКа при условии, что будут демонтированы железнодорожные полотна на нижних горизонтах (рис. 6, б).

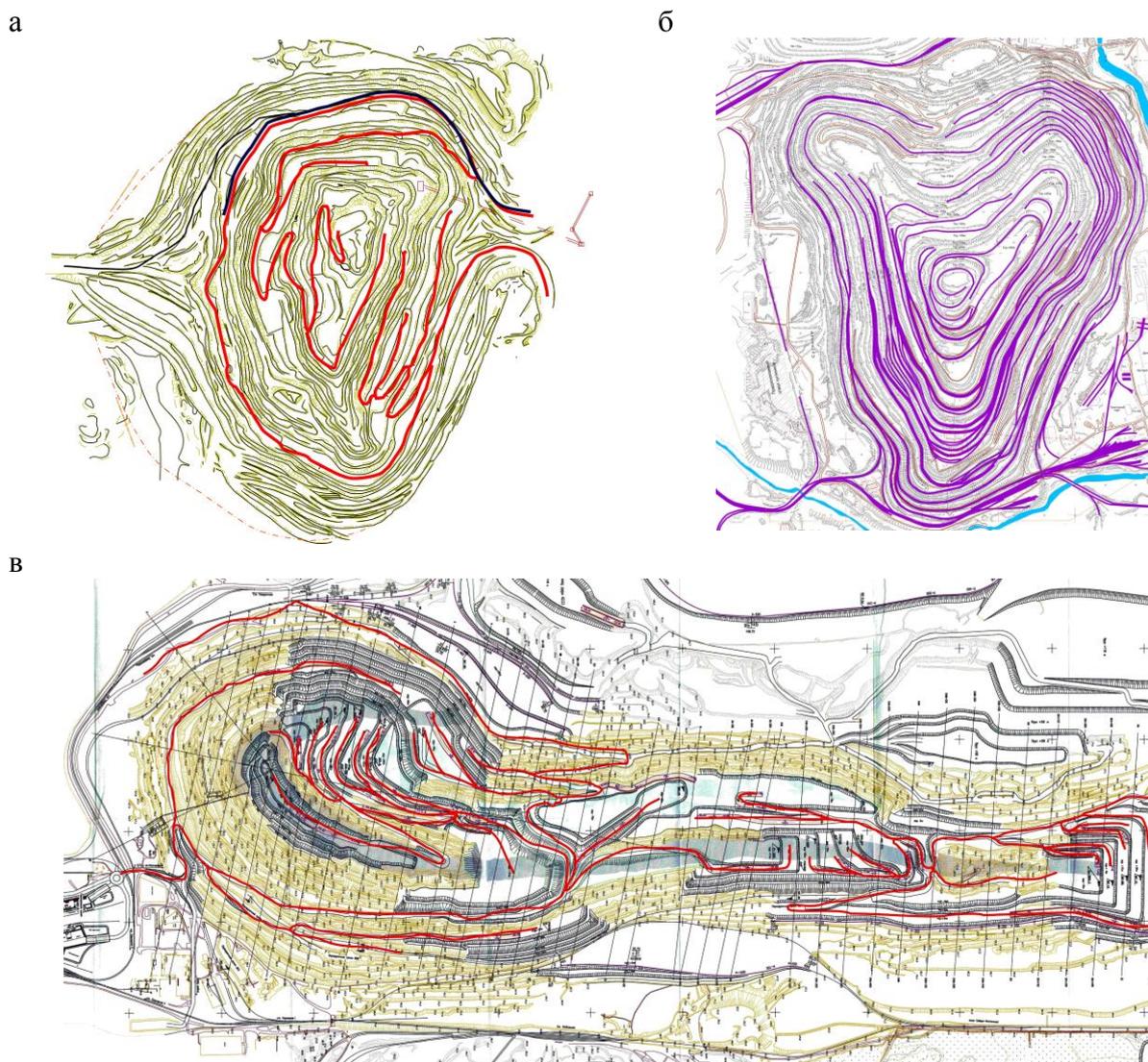


Рис. 6. Планы горных работ карьеров Украины: а – Первомайский карьер (Северный ГОК); б – карьер Южного ГОКа; в – карьер Полтавского ГОКа

Крутые слои в условиях карьера Полтавского ГОКа формируют в виде панелей длиной 600-1200м при условии использования железнодорожного транспорта, однако в большей степени используют панели длиной 300-400м с отгрузкой горной массы на автомобильный транспорт. В условиях карьера Полтавского ГОКа основные железнодорожные пути вынесены практически на поверхность. Карьер Полтавского ГОКа применяет отработку крутонаклонных слоев отработывая блоки (панели) вдоль сформированных бортов. Большая часть транспортных коммуникаций размещена на западном борту карьера, а отработка панелей осуществляется в юго-западной части карьерного поля при добыче руды на Горишне-Плавнинском месторождении и в северном направлении при отработке Лавриковского месторождения (рис. 6, в).

Размещение транспортных коммуникаций и перегрузочных пунктов при отработке карьерного поля крутонаклонными слоями осуществляется с одного

или двух торцов карьера, который позволяет осуществлять отработку уступов с постоянным понижением их отметки. Для обеспечения грузопотоков полезного ископаемого и вскрыши формируют или стационарный борт с одного торца карьера, или временные съезды с двух торцов карьера, которые поочередно перемещают в новое положение во время отработки следующего этапа крутонаклонными слоями.

Формирование стационарного борта дает возможность перемещать фронт горных работ продольно, диагонально или клинообразно от стационарного борта к противоположному торцу карьера. При формировании грузопотоков на двух торцах отработка пород вскрыши будет осуществляться продольным фронтом горных работ с возможным формированием диагональных участков борта.

#### Перечень ссылок

1. Moldabayev, S.K., Anisimov, O.O., Shustov, A.A., Sultanbekova, Z.H. (2015). Analysis of usage of transshipment points in deep pits in the operation of dump trucks in combination with major means of transport. MPES 2015. *Smart Innovation in Mining* (9-11 November 2015). Sandton Convention Centre, Johannesburg, South Africa, 1147-1154. (ISBN 978-1-920410-79-7).
2. Дриженко, А.Ю., Молдабаев, С.К., Анисимов, О.А., Никоненко, А.В. (2015). Исследование эффективности использования крутонаклонных конвейеров при разработке глубоких карьеров. *Горный журнал Казахстана*. Алматы, (6), 36-41.
3. Симоненко, В.І. (2011). Розробити технологічні основи еколого- енергозберігаючого виробництва при видобутку твердої нерудної сировини в межах санітарно-захисних зон. *Звіт НДР. Державний ВНЗ «НГУ»*. Керівник В.І.Симоненко. (ДР 011U000532), 315 с.
4. Анисимов, О.А. (2008). Исследование горнотехнических параметров при использовании автосамосвалов в глубоких карьерах. *Зб. наук. праць НГУ*, (30), 66-70.
5. Симоненко, В.І. (2015). Розробка екологобезпечних технологій ведення гірничих робіт з урахуванням потреб в ліквідації та консервації гірничодобувних підприємств. *Звіт НДР. Державний ВНЗ «НГУ»*. Керівник В.І. Симоненко. (ДР0115U002301), 301 с.
6. Дриженко, А.Ю., Козенко, Г.В., Рикус, А.О. (2009). Відкрита розробка залізних руд України: стан і шляхи удосконалення: Монографія. *Національний гірничий університет. Полтавський літератор*, 452 с.
7. Молдабаев, С., Анисимов, О., Шустов, А., Султанбекова, Ж. (2015). Анализ использования перегрузочных пунктов глубоких карьеров при эксплуатации автосамосвалов в комбинации с магистральными видами транспорта. *Горный журнал Казахстана*. Алматы, (2). 34-38.
8. Симоненко, В.І., Черняев, А.В. (2017). Оптимизация применения технологических схем транспортирования горной массы при разработке гранитных месторождений. *Збірник наукових праць НГУ*. Дніпро: ДВНЗ «НГУ», (52), 109-114

#### АНОТАЦІЯ

**Метою роботи** є створення і пропозиція нових схем транспортування гірської маси при розробці глибоких кар'єрів крутонахиленими шарами по породах розкритву.

**Методи дослідження.** Для прийняття рішень розміщення основних транспортних комунікацій при формуванні робочої зони кар'єрів крутонахиленими шарами були використані мето-

ди аналізу існуючих схем розміщення транспортних шляхів. Запропоновано нові схеми розвитку гірничих робіт і транспортних площадок усередині кар'єру.

**Результати.** Запропоновано схеми розміщення транспортних комунікацій в умовах відпрацювання глибоких кар'єрів крутонахиленими шарами зазначені шляхи їхнього розвитку при поглибленні гірничих робіт. Послідовність відпрацювання крутонахилених шарів і розміщення основних транспортних комунікацій дає можливість планувати роботи на кар'єрах і вирішувати планові завдання по виїмці порід розкриття й добуванню корисних копалин.

**Наукова новизна.** Застосування крутонахилених шарів дає можливість знизити обсяги виїмання порожніх порід. Запропоновано нові схеми розвитку транспортних комунікацій, які дозволяють прискорено робити виїмку розкритих порід і видобуток корисних копалин на глибоких кар'єрах.

**Практичне значення.** Наявність з'їздів і транспортних площадок у зоні ведення гірничих робіт із застосуванням крутонахилених шарів приводить до зниження продуктивності через необхідність переносу цих виробок і приводить до необхідності спорудження інших вантажопотоків у межах глибоких кар'єрів.

**Ключові слова:** *крутонахилені шари, глибокий кар'єр, технологічні схеми для розробки родовища, транспортні системи глибоких кар'єрів*

### **ABSTRACT**

**The purpose** is creation and proposal of new schemes of transportation of rock mass in the development of deep open pits by steep dipping layers for removal rocks.

**Methods of research.** Decision-making of the location of the main transport communications in the formation of the working area of open pits with steep dipping layers were used methods of analyzing the existing schemes for location transport routes. New schemes of the development of mining operations and transport areas within the open pit were proposed.

**Findings.** The schemes of the location of the transport communications in conditionals of development of deep open pits by steep dipping layers were proposed and the directions of development in deepening of mine were shown. The sequence of working off the steep dipping layers and the placement of the main transport communications makes it possible to plan work in open pits and solve planned tasks for excavating overburden and extracting minerals.

**Originality.** Use steep dipping layers gives a facility to reduce the volumes of waste excavation. New schemes of the development of the transport communications were proposed which allow to accelerate extraction of overburden and the extraction of minerals in deep open pits.

**Practical implications.** The presence of connection tracks and transport sites in the mining zone with the use of steep dipping layers gives a decrease of productivity due to the need of transferring these excavations and leads to the need of building other cargo traffics within deep open pits.

**Keywords:** *steep layers, deep pits, technological schemes for the development of mineral deposits, transport system of deep pits*