

УДК 622.271:622.27

**Четверик М.С.**, докт. техн. наук, проф.,  
**Икол А.А.**, магистр  
(ИГТМ НАН Украины)

**ВОПРОСЫ ПЕРЕХОДА АННОВСКОГО КАРЬЕРА СевГОКА НА  
ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНУЮ РАЗРАБОТКУ**

**Четверик М.С.**, докт. техн. наук, проф.,  
**Икол О.О.**, магистр  
(ИГТМ НАН України)

**ПИТАННЯ ПЕРЕХОДУ ГАННІВСЬКОГО КАР'ЄРУ ПівніГЗК НА  
ВІДКРИТО-ПІДЗЕМНУ РОЗРОБКУ**

**Chetverik M.S.**, D.Sc. (Tech.), Professor,  
**Ikol A.A.**, M.S. (Tech.)  
(IGTM NAS of Ukraine)

**ON THE ISSUE OF TRANSITION TO THE SURFACE-UNDERGROUND  
MINING IN THE SevMPP ANNOVSKIY QUARRY**

**Аннотация.** С углублением карьеров актуальным становится вопрос целесообразности дальнейшей отработки месторождения открытым способом.

В статье рассмотрены предложения по переходу Анновского карьера СевГОКа на открыто-подземную и подземную разработку.

Предлагается постепенный переход от открытого к открыто-подземному и в дальнейшем к подземному способам отработки месторождения.

Особенностью предлагаемой технологии является поэтапная подготовка горизонтов, использование выработанного пространства карьера при переходах к следующим этапам разработки для осуществления предобогащения на глубоких горизонтах с последующим внутренним отвалообразованием и с использованием для транспортирования выработанного пространства и инфраструктуры карьера.

Обеспечение жизнеспособности предлагаемой технологии осуществляется за счет применения новых способов транспортирования горной массы на поверхность (защищено патентами Украины).

Внедрение предлагаемых предложений, позволит продолжить отработку запасов железной руды на более глубоких горизонтах, сократить капитальные затраты, уменьшить рост нарушенных земель, а также одновременно с углубкой горных работ производить рекультивацию неиспользуемой части отработанного пространства карьера.

**Ключевые слова:** открыто-подземная разработка, конвейерный поезд, предобогащение, внутреннее отвалообразование, ленточный конвейер.

**Актуальность.** В настоящее время многие действующие карьеры приближаются к предельной глубине эффективности открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Снижение эффективности открытой разработки обуславливается увеличением площадей, занимаемые карьерами; увеличением объемов вскрыши и, соответственно, площадей под отвалами, сложностями и

дороговизной транспортирования горной массы. Поэтому в ближайшие десятилетия предполагается переход карьеров на открыто-подземную и подземную разработку с использованием их пространства и инфраструктуры. Для этого необходимо усовершенствовать существующие схемы вскрытия горизонтов или разработать новые при дальнейшем понижении горных работ.

**Состояние вопроса.** Поскольку большинство железорудных карьеров достигли глубин более 400 м, то дальнейшая отработка их сопряжена со значительными вскрышными работами, которые позволяют вскрыть нижележащие запасы. В этой связи в последние годы интенсивно разрабатываются научные основы и проектные решения по переходу действующих карьеров на открыто-подземную и подземную разработку.

Авторами монографии [1] предлагается после достижения Анновского карьера СевГОКа до горизонта минус 240– минус 270 м, перейти на открыто-подземную разработку от горизонта минус 240– минус 270 м до горизонта минус 340– минус 370 м. После этого предлагается переход на подземную разработку с прохождением последней сначала до горизонта минус 500 м, затем до горизонта минус 620 м. В качестве средства доставки добытой при подземной разработке горной массы на поверхность предлагается скиповой подъем. Указанный проект был разработан в 2005 г., но не осуществлен по настоящее время. За истекшее время Анновский карьер СевГОКа углубился до 300 м и с учетом параметров дна карьера (1300 x 300 м) вопрос рентабельности дальнейшей отработки залежи открытым способом становится все актуальнее (рис.1).



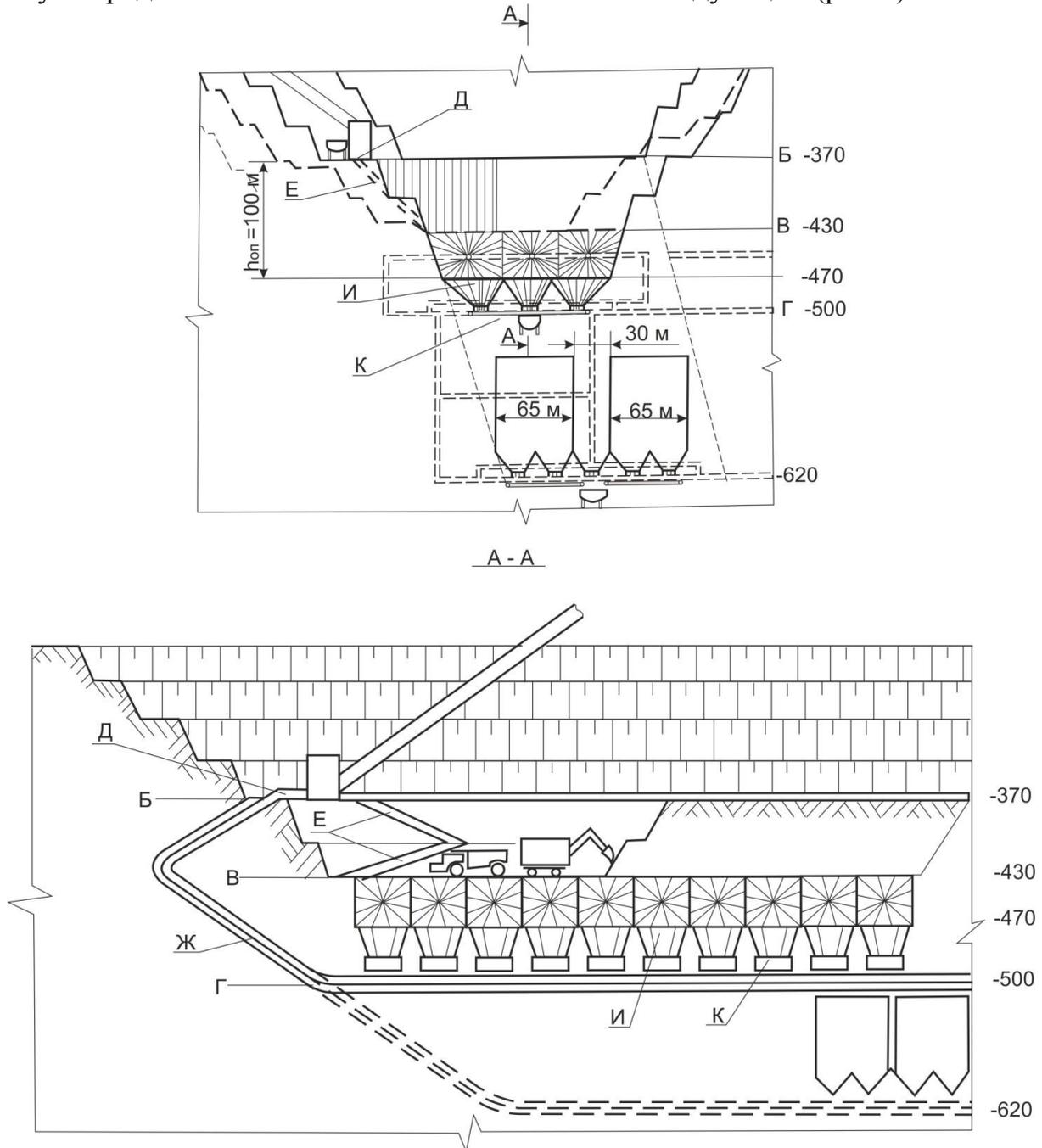
Рисунок 1 – Фактическое состояние дел в Анновском карьере СевГОКа

**Результаты и их обсуждение.** Для обеспечения дальнейшей выемки запасов железной руды в Анновском карьере СевГОКа предлагается одновременное

осуществление открытой разработки на горизонтах минус 370– минус 430 м и подземной разработки на горизонтах минус 430– минус 470 м с выпуском взорванной массы через воронки на транспорт, проложенный на транспортном горизонте минус 500 м.

В качестве транспортного средства для условий подземной добычи руды предлагается применение конвейерного поезда, а для транспортирования горной массы на поверхность - крутонаклонного конвейера.

Суть предлагаемой технологии заключается в следующем (рис.2).



Б, В, Г – горизонты отработки; Д – рабочая площадка; Е – автомобильные съезды; Ж – трасса конвейерного поезда; И – воронки для выпуска горной массы; К – поперечные конвейеры

Рисунок 2 – Принципиальная схема предлагаемой технологии открыто-подземной разработки Анновского карьера СевГОКа

До горизонта минус 370 (горизонт *Б*) отработка предусматривается открытым способом. При приближении к указанному горизонту производится прокладка тоннелей для конвейерного поезда. Трасса *Ж* конвейерного поезда прокладывается в тоннеле под участком открыто-подземной разработки, в двух идущих зигзагом наклонных выработках с углом наклона  $30^\circ$  с выходом на площадку *Д*, находящуюся на уровне с верхней плоскостью готовящегося к отработке открыто-подземного яруса. По площадке *Д* трасса прокладывается на имеющийся перегрузочный пункт.

После завершения этапа открытой разработки начинается этап открыто-подземной добычи, в ходе которого между горизонтами минус 370 (*Б*) и минус 430 (*В*) осуществляется открытая разработка двумя или тремя уступами с транспортированием отработанной горной массы автосамосвалами на имеющийся перегрузочный пункт. Вслед за продвижением открытых горных работ осуществляется обустройство и взрывание горной массы между горизонтами минус 430 и минус 470 с выгрузкой через воронки *И* на поперечные конвейеры *К* и дальнейшей перегрузкой у боковых воронок в конвейерный поезд *Ж*, проложенный на горизонте *Г* (минус 500).

Конвейерный поезд по горизонтальной и наклонным подземным трассам и по трассе на площадке *Д* перемещает горную массу до перегрузочного пункта карьера, где производится разгрузка и дробление доставленной горной массы и последующая ее транспортировка на поверхность карьера крутонаклонным конвейером. Одновременно с развитием горных работ на боковых уступах прокладываются автомобильные съезды *Е* и по мере продвижения открытых работ автомобильные дороги заводятся на нижележащие горизонты с выходом на площадку *Д*.

После завершения этапа открыто-подземной разработки предусматривается переход к подземному способу добычи руды. В период подготовительного этапа наклонный участок выработки для конвейерного поезда продлевается до горизонта минус 620 м с дальнейшей прокладкой на указанном горизонте горизонтального участка трассы и необходимых коммуникаций.

Подземная добыча руды предусматривается камерами. Горная масса взрывается и по поперечным конвейерам доставляется до конвейерного поезда, который транспортирует ее на перегрузочный пункт. Дальнейшая углубка работ производится аналогично.

Для случая, когда прокладывать пути для конвейерного поезда до имеющегося перегрузочного пункта затратно, может быть применен следующий вариант. После завершения этапа открытой разработки до горизонта минус 370 оборуется перегрузочный пункт на площадке, находящейся на уровне с верхней плоскостью открыто-подземного яруса, к нему подводится наклонный участок трассы конвейерных поездов под углом  $30^\circ$ , а горизонтальный прокладывается на горизонте минус 500. К площадке перегрузочного пункта прокладываются автомобильные съезды, а от перегрузочного пункта на поверхность - крутонаклонный конвейер.

Производство открыто-подземной разработки предоставляет возможность осуществлять внутреннее отвалообразование на дне или постоянно нерабочем борту карьера. В связи с этим становится целесообразным применить предобогащение горной массы в карьере.

Предлагаются следующие технологические схемы осуществления предобогащения в карьере. Возможность применения той или иной схемы обуславливается сравнением производительности карьера по горной массе  $Q_k$ , подлежащей предобогащению, и производительности дробилки крупного дробления  $Q_{др}$ .

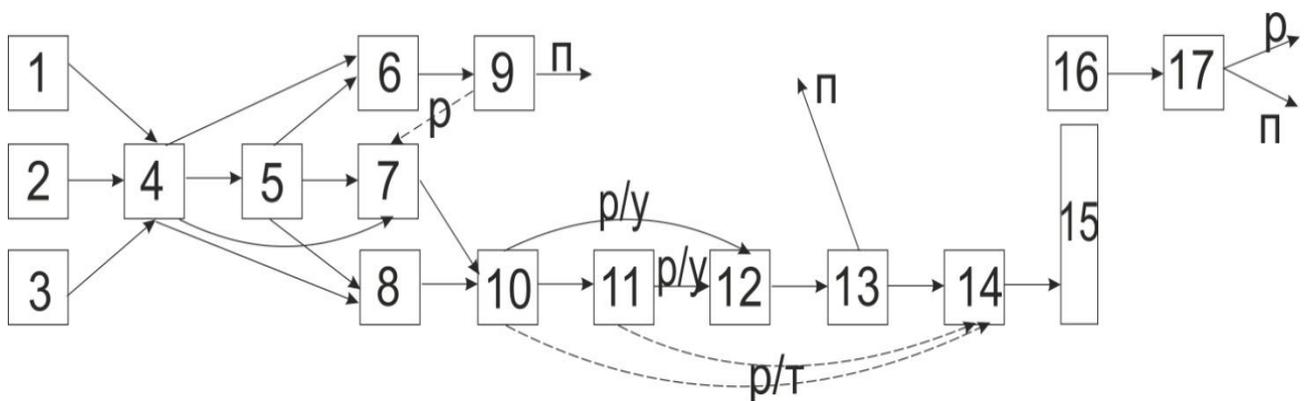
В случае, когда  $Q_k > Q_{др}$  – применяется первая схема. Для противоположного случая  $Q_k < Q_{др}$  – применяется вторая из предлагаемых схем предобогащения.

В обеих схемах предусмотрено то, что подлежащая предобогащению горная масса разделяется на три класса:

- 1) приконтурная вскрыша;
- 2) разубоженная руда – приконтурная руда и горная масса с чередующихся прослоев;
- 3) масса рудной толщи.

В соответствии с этим выделяются участки разработки соответствующих классов горной массы.

Суть первой предлагаемой схемы предобогащения состоит в следующем (рис. 3). Горная масса по классам автосамосвалами или конвейерными поездами доставляется в соответствующие бункеры (секции бункеров) 1, 2 и 3. По мере накопления в них материала осуществляется поочередная подача горной массы на грохот(-ы) 4, откуда подгрохотный продукт, равный по размеру продукту дробилки крупного дробления, поступает в бункеры (секции бункеров) 6, 7 и 8, а надгрохотный продукт – в дробилку крупного дробления 5, продукт которой соответственно поступает в указанные бункеры (секции бункеров).



1, 2, 3, 6, 7, 8, 12, 14 – бункеры; 4, 10 – грохот; 5 – дробилка крупного дробления; 9, 13, 17 – сепараторы; 11 – дробилка среднего дробления; 15 – конвейер; 16 – дробилки мелкого дробления

Рисунок 3 – Первая предлагаемая схема предобогащения руды в карьере при  $Q_k > Q_{др}$



Таким же образом по мере накопления материала поочередно осуществляется предобогащение разубоженной руды и массы рудной толщи из бункеров 2 и 3.

При переработке последних двух классов горной массы на грохоте(-ах) 4 устанавливаются сита по максимальному размеру куска питания сепараторов 10 для среднедробленой горной массы. Подгрохотный продукт направляется в бункеры (секции бункеров) 7 и 8 для указанных классов дробленой горной массы, а надгрохотный продукт - в дробилку крупного дробления 5, которая при переработке каждого из классов горной массы работает по замкнутому циклу: продукт направляется на грохот(-ы) 4, далее аналогично описанному выше.

Из бункера (секции бункеров) 7 для дробленой разубоженной руды горная масса поступает на сепараторы 10 для среднедробленой горной массы, с которых рудная составляющая поступает в бункер (секцию бункеров) 8 для дробленой массы рудной толщи, а отходы обогащения - на отвал. Из бункера (секции бункеров) 8 горная масса конвейером 11 транспортируется на поверхность, где поступает на дробилки мелкого дробления 12 и затем на сепараторы 13 для мелкодробленой горной массы, после которых рудная составляющая транспортируется на фабрику, а отходы обогащения – на отвал.

Для Анновского карьера СевГОКа, проектная производительность которого равна 10 млн. т в год, а теоретическая производительность установленной на карьере конусной дробилки крупного дробления ККД-1500/180 ГРЦ – 18 млн. т в год, применима вторая из предлагаемых схем предобогащения.

При переходе на открыто-подземную разработку планируемая расчетная производительность предприятия составит 3,5 млн. т в год с перспективой увеличения до 5 млн. т в год. Для этого этапа отработки карьера возможно применение второй предложенной схемы предобогащения. Высказано мнение о возможности достижения карьером производительности 18 млн. т в год. Тогда вопрос о применении первой или второй схемы будет рассмотрен исходя из кусковатости загружаемой и крупнодробленой массы.

Также следует предусмотреть, что возле сепараторов для крупнодробленой горной массы оборудуются бункера для продуктов сепарации – как для вскрыши, так и для магнитных включений, откуда производится выгрузка в автосамосвалы, доставляющие вскрышу на отвал, а магнитные включения – в бункеры для разубоженной руды (при первой схеме – крупнодробленой, при второй – доставленной). Возле сепараторов для среднедробленой и мелкодробленой руды оборудуются бункера для отходов обогащения, из которых производится выгрузка в автосамосвалы, доставляющие отходы на отвал.

При переходе на подземную разработку будет применима вторая технологическая схема. Для этого этапа разработки месторождения вместо упомянутых выше дробилок крупного дробления рациональным является применение дробилок ККД-900/140 (максимальная крупность куска питания 750 мм, производительность 5 млн. т в год), КРД-700/75 (максимальная крупность куска пита-

ния 550 мм, производительность 4,8 млн. т в год) или КРД-700/100 (максимальная крупность куска питания 550 мм, производительность 5,7 млн. т в год).

Также возможен вариант, когда при осуществлении открыто-подземной или подземной разработки во всём пространстве карьера будет завершён процесс внутреннего отвалообразования и подготовки к рекультивации. В этом случае автосамосвалы и конвейерные поезда будут доставлять горную массу на перегрузочный пункт, где будет производиться крупное дробление. Доставка горной массы на поверхность будет производиться крутонаклонным конвейером. В качестве последнего может быть применён крутонаклонный ленточный конвейер с лентой глубокой желобчатости, в частности его модификация с двумя срединными и двумя боковыми роликами в каждой роликоопоре.

В этом случае возможно применение следующих технических решений, как по отдельности, так и в комбинации:

- предложенный в ИГТМ способ транспортирования, в котором горная масса перед загрузкой на конвейер разделяется на грохоте на две фракции – крупнокусковую и мелкокусковую, перед зажатием боковыми роликами производится загрузка мелкокусковой массой на срединные ролики с образованием углубления по центру, затем производится загрузка крупнокусковой массы по центру, далее формируется желобчатость. После чего производится пригрузка мелкокусковой массой, осуществляется поджатие боковых роликов путём их поворота на опорах в нижних частях, в результате этого ролики защищены от ударов [2];

- опора роликов в месте загрузки на упругие подвески из конвейерной ленты [3];

- опора роликов на подпружиненные подвески – “батуты” [4];

- применение лопастных питателей для крупнокусковых грузов [5].

Следует отметить, что применение указанных технических решений при транспортировании извлечённых подземным способом пустых нерудных пород, позволит обойтись без их дробления перед транспортированием. Эти же технические решения могут быть применены для транспортирования в отвал пустых пород, извлечённых на этапах открытой или открыто-подземной разработки.

**Выводы.** Таким образом, для условий Криворожских карьеров, в т.ч. Анновского карьера СевГОКа предложен вариант последовательного перехода от открытой к открыто-подземной и подземной разработке месторождения с применением современного инновационного оборудования. В разработанных технологических схемах предусматривается использование выработанного пространства карьера и имеющейся инфраструктуры, а также осуществление внутреннего отвалообразования и предобогащения на глубоких горизонтах карьера. Применение внутреннего отвалообразования позволит сохранять площади для размещения отвалов, ускорить рекультивацию или другое использование как площадей, нарушенных карьером так и площадей, находящихся под отвалами. Применение предобогащения позволит сократить расходы на транспортирование отходов обогащения.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Комплексная разработка рудных месторождений / А.Д. Черных, В.А. Колосов, О.С. Брюховецкий [и др.]; под ред. А.Д. Черных. – К.: Техніка, 2005. – 376 с.
2. Пат. № 96473 U UA МПК В65G 27/10 (2006.01). Спосіб транспортування насипних вантажів на крутопохилих конвеєрах / Шевченко О.І., Бабій К.В., Левченко К.С., Ікол О.О.; заявник і патентовласник ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – u 2014 08641; заявл. 30.07.2014; опубл. 10.02.2015, Бюл. № 3. – 4 с.
3. Пат. № 87906 C2 UA МПК В65G 21/00 (2009). МПК В65G 39/04 (2007.01). Секція стрічкового конвеєра для пункту навантаження / Півень В.О., Романенко О.В., Максютенко В.Ю., Монастирський С.В., Мостовий Б.І., Кірія Р.В., Смірнов А.М.; заявник і патентовласник ІГТМ ім. М. С. Полякова НАН України. – а 2007 12040; заявл. 31.10.2007; опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16. – 3 с.
4. Надутый, В.П. Исследование деформационных параметров приёмного устройства ленточного конвейера при ударных нагрузках / В.П. Надутый, С.М. Бро, Д.В. Бельюшин // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 114. – С. 179 – 181.
5. Мулухов, К.К. Исследование и установка рациональных параметров лопастного питателя для безударной загрузки ленточных конвейеров крупнокусковыми грузами / К.К. Мулухов, З.Н. Беслекоева // ГИАБ МГГУ. – 2012. – № 5. – С. 246 – 252.

## REFERENCES

1. Chernykh, A.D., Kplpsov, V.A., Bryukhovetskiy, O.S. and other (2005), *Kompleksnaya razrabotka rudnykh mestorozhdeniy* [Integrated development of ore deposits], in Chernykh, A.D. (ed.), Technika, Kiev, Ukraine.
2. Shevchenko, A.I., Babiy, Ye.V., Levchenko, Ye.S., Ikol, A.A., M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (2014), *Sposib transportuvannya nasypanykh vantazhiv na krutopokhylykh konveerakh* [The method of transporting bulk cargoes in Steeply inclined conveyors], ], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat.№ 96473.
3. Piven, V.O., Romanenko, O.V., Maksyutenko, V.Yu., Monastyrskiy, S.V., Mostovyy. B.I., Kiriya, R.V. and Smirnov, A.M., M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (2009), *Sektsiya strichkovogo konveera dlya punktu navantazhennya* [Section conveyor belt for loading point], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat.№ 87906.
4. Nadutyi. V.P., Bro, S.M., Belyushin, D.V. (2014), “The study of the deformation parameters of the receiving unit of the belt conveyor under shock loads“, *Geo-Technical Mechanics*, vol. 114, pp. 179 – 181.
5. Mulukhov, K.K. and Bezlekoeva, Z.N. (2012), “Research and installation of rational parameters of vane feeder for unaccented loading belt conveyors lump goods”, *Mining informational and analytical bulletin*, no.5, pp. 246 – 252.

## Об авторах

**Четверик Михаил Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом Геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [chetverik.mihail@inbox.ru](mailto:chetverik.mihail@inbox.ru).

**Ікол Александр Алексеевич**, магистр, інженер-конструктор в отделе геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [0980159761i@gmail.com](mailto:0980159761i@gmail.com).

## About the authors

**Chetverik Mikhail Sergeyevich**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Head of Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [chetverik.mihail@inbox.ru](mailto:chetverik.mihail@inbox.ru).

**Ikol Aleksandr Alekseevich**, Master of Sciences, engineer in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [0980159761i@gmail.com](mailto:0980159761i@gmail.com).

**Анотація.** З поглибленням кар'єрів актуальним стає питання доцільності подальшого відпрацювання родовища відкритим способом.

В статті розглянуті пропозиції щодо переходу Ганнівського кар'єра Північного ГЗК на відкрито-підземну і підземну розробку.

Пропонується поступовий перехід від відкритого до відкрито-підземного і в подальшому до підземного способів відпрацювання родовища.

Особливістю запропонованої технології є поетапна підготовка горизонтів, використання виробленого простору кар'єру при переходах до наступних етапів розробки для здійснення попереднього збагачення на глибоких горизонтах з подальшим внутрішнім відвалоутворенням і з використанням для транспортування виробленого простору та інфраструктури кар'єра.

Забезпечення життєздатності запропонованої технології здійснюється за рахунок застосування нових способів транспортування гірничої маси на поверхню (захищене патентами України).

Впровадження запропонованих пропозицій, дозволить продовжити відпрацювання запасів залізної руди на більш глибоких горизонтах, скоротити капітальні витрати, зменшити зростання порушених земель, а також одночасно з поглиблення гірничих робіт проводити рекультивацию невикористаної частини відпрацьованого простору кар'єра.

**Ключові слова:** відкрито-підземна розробка, конвеєрний поїзд, попереднє збагачення, внутрішнє відвалоутворення, стрічковий конвеєр.

**Annotation.** With deepening of the pits, an issue of expediency of further development of the fields by surface mining becomes questionable.

In the article, proposals concerning transition to the surface-underground and further to the underground mining in the SevMPP Annovskiy quarry are considered.

A gradual transition from open pit to the surface-underground and, afterwards, to the underground method of mining is proposed for the deposit.

The proposed specific technology assumes: stage-by-stage development of the horizons; use of goafs, while proceeding to the next stages of the quarry development, for the ore pre-dressing in the deep horizons and creation of internal dumps; and use of the goafs and infrastructure of the quarry for transportation operations.

Viability of the proposed technology is ensured by use of new methods for transporting the mined rocks to the surface (the method is protected by Ukrainian patent).

Implementation of the proposed technologies will make possible to continue the iron ore mining at the deeper levels, cut capital expenditures, reduce areas with disturbed land, and, simultaneously with the mining operations deepening, reclamate the unused plots of the mined-out areas in the quarry.

**Keywords:** surface-underground mining, conveyor train, pre-dressing, internal dumps, belt conveyor.

*Статья поступила в редакцию 13.10.2015*

*Рекомендовано к печати д-ром технических наук Васильевым Л.М.*