

В 2012 г. производительность карьера по руде 35,67 млн. т/год; объем вскрышных работ 16,09 млн. м<sup>3</sup>/год; коэффициент вскрыши 0,45 м<sup>3</sup>/т. Несмотря на то, что был увеличен коэффициент вскрыши отставание вскрышных работ за предыдущие годы не было ликвидировано. Поэтому для нормализации работы карьера в 2013 г. при годовой программе по руде 36,89 млн. т/год коэффициент вскрыши должен быть составлять 0,55–0,6 м<sup>3</sup>/т, что и было сделано (в годовой программе на 2013 г. заложен коэффициент вскрыши 0,56 м<sup>3</sup>/т).

**Выводы**

1. Планирование горных работ в карьерах необходимо производить с учетом их современного состояния, выявленных взаимосвязей добычных и вскрышных работ и с постоянным соблюдением норм технологического проектирования по наличию в карьерах готовых к выемке запасов горной массы.

2. Во избежание отставания вскрышных работ увеличение производительности карьера по руде должно сопровождаться увеличением коэффициента вскрыши.

3. Предложен метод определения объема вскрыш-

ных работ для составления или проверки годовых программ горных работ, обеспечивающих работу карьера без отставания вскрышных работ.

**Библиографический список**

1. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. - М.: Госгортехиздат, 1961. – 120 с.
2. Новожилов М.Г. Открытые горные работы. - М.: Госгортехиздат, 1961. – 132 с.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. - М.: Недра, 1968. – 140 с.
4. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с открытым способом разработки. – Л.: Гипроруда, 1963. – 273 с.
5. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. – Міністерство промислової політики України, Київ, 2007. - 279 с.

**Поступила 08.02.2013**

УДК 622.271.012.3:622.741.3-144

**Четверик М.С. /д.т.н./, Бабий Е.В. /к.т.н./**  
ИГТМ НАН Украины

**Терещенко В.В.**

ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

**Левченко К.А. /к.т.н./**  
ГВУЗ «НГУ»

Производство

**Повышение производственной мощности карьера с применением комплекса предобогащения**

*Целью исследований является обоснование повышения производственной мощности карьера по руде за счет извлечения магнитного продукта из вскрышных пород и разубоженных руд путем применения комплекса предобогащения. На примере Петровского карьера установлены типы контактных зон, рассчитаны потери железистых кварцитов согласно запроектированному режиму горных работ, определен объем горных пород подлежащий предобогащению. Предложена технология предобогащения руды в карьере как направление повышения качества рудной массы. Выполнены расчеты выхода магнитного продукта и извлечения полезного компонента. Установлено, что применение предобогащения позволяет снизить потери в 5,3 раза. Ил. 4. Табл. 4. Библиогр.: 5 назв.*

**Ключевые слова:** производственная мощность карьера, контактные зоны, потери полезного ископаемого, дробильно-обоганительный комплекс, извлечение полезного компонента, технология предобогащения руды в карьере

*The purpose of research is substantiation of the increasing ore quarry production capacity by extracting magnetic product of overburden and ore diluted by applying complex of preliminary ore concentration. On the example of Petrovsky quarry the types of contact zones were defined, the losses of ferruginous quartzite according to the configured mode of mining were calculated, amount of rock that needs to be preliminary concentrate was defined. The ore preliminary concentration technology in quarry is shown as a direction of increase the ore mass quality. Calculations of the output magnetic product and valuable component extraction were done. It was found that the use of preliminary concentration make it possible to reduce the losses in 5.3 times.*

**Keywords:** quarry production capacity, contact zones, mineral losses, crushing and concentration complex, valuable component extraction, technology of preliminary ore concentration in quarry

**Постановка проблемы**

Экономический потенциал Украины во многом зависит от железорудной промышленности, которая

должна обеспечивать конкурентоспособность металлургического сырья как на внешнем, так и на внутреннем рынках. Однако из-за природных особенностей

сырой руды, физической и моральной изношенности оборудования, отсутствия необходимых капиталовложений, товарная железорудная продукция не отвечает мировым стандартам. Так Украина, занимая первое место в мире по запасам железных руд, уступает основным мировым производителям железорудного сырья по содержанию железа в природном минеральном сырье и соответственно конечной продукции.

Актуальность выбранного направления исследований обусловлена острой необходимостью повышения качества рудного потока из карьера и снижения потерь полезного ископаемого, которое зависит от сложноструктурного строения залежи, перемежаемости рудных сортов с безрудными прослойками, постоянным увеличением параметров экскавационного оборудования.

**Анализ последних исследований и публикаций**

Для повышения качества исходного минерального сырья, поступающего на обогатительную фабрику разработаны различные способы рациональной добычи и переработки полезного ископаемого за счет уменьшения разубоживания либо увеличения потерь. Существуют различные способы рационального извлечения полезного ископаемого и повышения качества рудной массы:

1) изменение параметров систем разработки: уменьшение высоты уступа, выделение подступов (М.Г. Новожилов, Б.Н. Тартаковский, М.С. Четверик);

2) разрабатываются новые и совершенствуются существующие технологии добычи и переработки полезного ископаемого: взрывание с сохранением геологической среды (В.Н. Мосинец); селективная выемка (В.В. Ржевский, Ф.Г. Грачев); планируются режимы горных работ (А.Ю. Дриженко); оптимизируются параметры карьера (В.Г. Близиюков); разрабатывают критерии оптимизации формирования карьерных грузопотоков (В.А. Пивень); усреднение рудного сырья перед обогащением и металлургическим переделом в процессе добычи, на складах, в бункерах или непрерывных потоках (М.Г. Новожилов, Я.Ш. Ройзен, А.М. Эрперт); определяются границы карьеров и вычисляется экономически обоснованное бортовое содержание полезного компонента (Б.П. Юматов, Г.В. Секисов, М.И. Буянов); применяют предварительное обогащение на обогатительной фабрике (А.А. Абрамов) или в карьере (М.С. Четверик, Р.С. Улубабов);

3) изменение параметров горного оборудования: выполняют подборку экскавационного оборудования (П.Э. Зурков), использование мехлопат с небольшой ёмкостью ковша (до 4 – 5 м<sup>3</sup>) (В.В. Ржевский), применение поворотных ковшей.

Анализ существующих способов повышения качества руды в очистном забое показал, что, несмотря на современные научно-технические разработки, на производстве самыми распространенными остаются селективная выемка и усреднение полезного ископаемого. Однако селективную выемку руды было эффективно осуществлять в 1980–1990 гг., когда применялись экскаваторы с вместимостью ковшей 3–5 м<sup>3</sup>

и в отдельных случаях 8 м<sup>3</sup> (при грузоподъемности автосамосвалов 45–75 т). В 2000-е гг. в забоях используются экскаваторы с вместимостью ковшей 8–12 м<sup>3</sup> (в соответствии с увеличением грузоподъемности автосамосвалов до 110–150 т) и планируется применять экскаваторы с вместимостью 20 м<sup>3</sup>. Эта тенденция увеличения вместимости ковшей экскавационного оборудования приводит к повышенному разубоживанию рудной массы или большим потерям.

**Целью исследований** является обоснование повышения производственной мощности карьера по руде за счет извлечения магнитного продукта из разубоженных руд и вскрышных пород путем применения технологии предобогащения.

**Изложение основного материала**

Для уменьшения потерь и разубоживания горной массы рекомендуется применять технологию предобогащения руды в карьере, суть которой заключается в том, что разубоженную железную руду или вскрышные породы, содержащие магнетит, предварительно обогащают в карьере или непосредственной близости от него. Отходы предобогащения складировуют совместно со вскрышными породами, а извлеченную руду отправляют на обогатительную фабрику совместно с полезным ископаемым и тем самым увеличивают производственную мощность карьера по руде [1, 2].

Полный комплект оборудования дробильно-обогатительного комплекса включает в себя (рис. 1): приемный бункер 1, дробилку крупного дробления 2, грохот 4, питатель 5, дробилку среднего дробления 6, передаточные конвейеры 3 и 7, дробилку мелкого дробления 8, сепараторы 9, бункера под промпродукт и отходы обогащения 10. Из карьера горная масса транспортируется наклонным или крутонаклонным конвейером 11 на железнодорожно-конвейерный перегрузочный пункт 12.

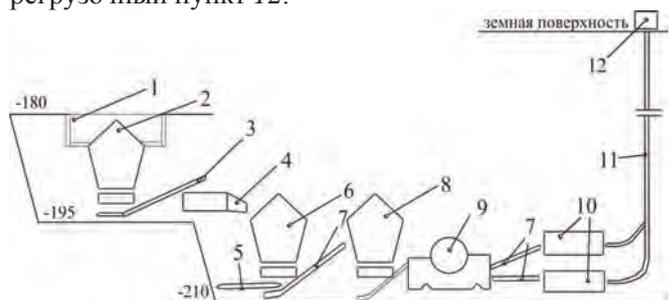


Рис. 1. Полный комплект оборудования дробильно-обогатительного комплекса в карьере

В зависимости от объекта предобогащения (карьер, шахта, хвостохранилище, отвал), его производительности, качества перерабатываемого минерального сырья и т.д. комплект оборудования в предобогательном комплексе может быть различным. Например, в передвижном дробильно-обогатительном комплексе необходимо предусмотреть дробилку крупного дробления, тогда как при циклично-поточной технологии на автомобильно-конвейерном перегрузочном пункте в карьере дробилка уже есть. При

предобогащении техногенного сырья на хвостохранилище в дробилке нет необходимости, так как фракция исходного минерального сырья на порядок ниже, чем выдает дробилка мелкого дробления.

Ранее выполненными исследованиями [2] было установлено, что при выборе технологического комплекса предварительного обогащения руды в карьере, в т.ч. стадийность дробления горной массы, необходимо учитывать тип руд и ценность горной массы. Кондиционные руды с высоким содержанием полезного компонента рационально подвергать всем трем стадиям дробления и только после этого предварительно обогащать через сухую магнитную сепарацию. Учитывая запыленность процесса мелкого дробления и трудность транспортирования мелкой фракции, эти руды перерабатывать лучше на обогатительной фабрике. Некондиционные руды забалансовых запасов или разубоженные руды слабомагнитными включениями из контактных зон подлежат рудоразборке после среднего дробления в карьере или непосредственной близости от него. После крупного дробления подвергать рудоразборке рационально руды разубоженные пустыми породами и вскрышные породы, содержащие магнетит, тем самым увеличить производительность карьера по руде, уменьшить объем вскрышных пород, уменьшить потери полезного ископаемого.

Таким образом, на комплекс предобогащения после крупного механического дробления рационально направлять следующие грузопотоки:

1. Вскрышных пород из контактных зон «руда – вскрыша» для уменьшения потерь полезного ископаемого.

2. Рудной массы с сильномагнитными свойствами при выемке контактных зон «руда – вскрыша» с безрудными породами для уменьшения разубоживания.

3. Рудной массы при отработке: а) безрудных прослоев до 10 м, которые обязаны взять в полезное ископаемое, б) сложноструктурных добычных забоев, где перемежаемость рудных слоев и безрудных прослоев более двух, в) зон тектонических нарушений, г) при выклинивании рудной залежи во вмещающие породы для уменьшения разубоживания.

4. Вскрышных пород при отработке железистых горизонтов, не вошедших в продуктивную толщу, для рационального использования богатства недр, минимизирования потерь полезного ископаемого и создания безотходных технологий. Так, например, в железорудной свите Первомайского месторождения выделяют 7 железистых и 7 сланцевых горизонтов. Тогда как продуктивной толщей являются только силикат-магнетитовые кварциты пятого и шестого железистых горизонтов. А остальные железистые горизонты, которые имеют непостоянную мощность или кондицию полезного компонента не вошли в балансовые запасы.

Применительно к Петровскому карьере технология предобогащения может быть осуществлена различными способами. Наиболее рентабельным является вариант развития карьера, который включает

циклично-поточную технологию (ЦПТ) в сочетании с комплексом оборудования предобогащения. Возможны различные технологические схемы горных работ, которые различаются составом оборудования и его расположением [2]. Расположить комплекс предобогащения рационально либо на горизонте, где предусматривается ввести перегрузочный пункт циклично-поточной технологии, либо на борту карьера. В зависимости от горно-геологических условий оборудование может быть расположено на одном или нескольких горизонтах. Транспортирование магнетитовых кварцитов от добычных горизонтов к дробилке крупного дробления осуществлять автосамосвалами. Для вывоза предконцентрата на поверхность использовать конвейерный транспорт или за неимением его – существующую транспортную схему автомобильно-железнодорожную.

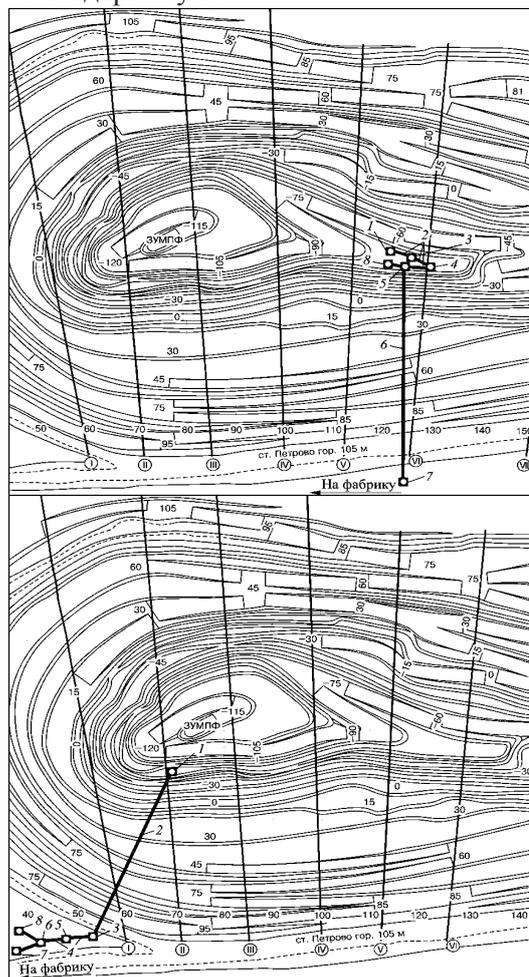


Рис. 2. Технологическая схема предобогащения разубоженных руд на борту карьера при использовании дробильно-перегрузочного пункта автомобильно-конвейерного комплекса

Технологическая схема предобогащения разубоженных и некондиционных руд состоит в следующем. Горная масса поступает на дробилку крупного дробления 1 (рис. 2). После чего передаточным конвейером 2 кварциты поступают на дробилку среднего дробления 3. Дробленая горная масса подвергается сухому магнитному предобогащению на сепараторах 4. Полученный предконцентрат через перегрузочный пункт ЦПТ 5 выдается на земную поверхность на-

клонным или крутонаклонным конвейером 6. С перегрузочного пункта на поверхности 7 руда отправляется на обогатительную фабрику. Отходы предобогащения отводятся в бункер 8, откуда вывозятся совместно со вскрышными породами.

При проектировании и планировании горных работ производственные мощности карьера по руде, вскрышным работам и обогатительной фабрики находятся во взаимосвязи. Изменение одной производственной мощности повлечет за собой изменение остальных. Например, интенсивная добыча руд вызывает необходимость увеличения объема вскрышных работ и изыскание резервов на обогатительной фабрике для переработки горной массы. В рассматриваемом случае предобогащение вскрышных пород уменьшает производительность вскрышного комплекса, тогда как производственная мощность карьера по руде наоборот увеличивается на объем извлеченного магнитного продукта, что должно быть учтено на обогатительной фабрике на возможность переработки большего объема горной массы.

Применение технологии предобогащения руды на действующих предприятиях приведет к изменению производственных мощностей карьера по руде, вскрыше и обогатительной фабрике, так как дробильно-обогатительный комплекс позволит изначально отобрать [2]: а) пустых пород 5,0-13,8 % из кондиционной горной массы, 8,2-14,5 % из некондиционной руды, 7,5-15,7 % из разубоженных руд; б) магнитного продукта 33,0-55,0 % из скальных вскрышных пород. Таким образом, применение комплекса предобогащения для извлечения потерь из скальной вскрыши уменьшает производительность карьера по вскрыше  $Q_B$  на  $Q_B'$  на объем извлеченных горных пород (магнитный продукт)  $\Delta Q_{пр}$

$$Q_B' = Q_B - \Delta Q_{пр} = Q_B - Q_B^{магн} + Q_{пр}^{хв} \quad (1)$$

где  $Q_B^{магн}$  - объем горных пород подлежащий крупнокусовой механизированной магнитной рудоразборке, т;  $Q_{пр}^{хв}$  - сухие отходы предобогащения, т.

Предварительное обогащение вскрышных пород позволяет в первую очередь уменьшить потери полезного ископаемого балансовых запасов. Так по заказу ЦГОКа на примере Петровского карьера специалистами ГП «ГПИ «Кривбасспроект» были рассчитаны потери железистых кварцитов согласно запланированному режиму горных работ на период 2013-2025 гг., определен объем горных пород подлежащий крупнокусовой магнитной рудоразборке. Расчет количества потерь железистых кварцитов производился в соответствии с «Отраслевой инструкцией ...» [3]. При подсчете потерь железистых кварцитов учитывалось направление отработки контактов рудных залежей (согласное или несогласное) (рис. 3). С этой целью отдельно по всем бортам Петровского карьера анализировались направления подвигания фронта добычных работ по каждому году согласно календарным планам горных работ по проекту «Разработка и вскрытие глубоких горизонтов карьера № 3

(III-я очередь углубки карьера № 3)».

Исходя из параметров работы экскавационной техники, определен объем вскрышных пород, приращиваемый к потерям руды, по каждому году для каждого добычного горизонта, который на схеме обозначен  $V$  (рис. 3). Тогда согласно поставленной задаче объем вскрышных пород  $Q_B^{магн}$  направляемый на предобогательный комплекс состоит из

$$Q_B^{магн} = V + П. \quad (2)$$

Результаты расчета ежегодных объемов потерь железистых кварцитов и объемов вскрышных пород представлены в табл. 1.

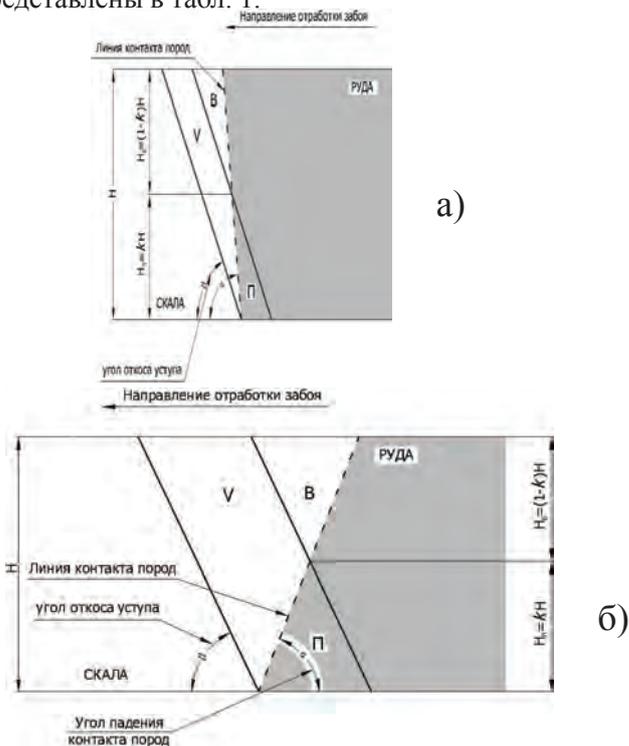


Рис. 3. Схемы отработки контактов рудного тела с вмещающими породами: а) отработка согласным забоем; б) отработка несогласным забоем

Таблица 1. Распределение объемов потерь и вскрышных пород по годам, которые подлежат крупнокусовой рудоразборке

Расчетные годы	Потери, тыс. т	Вмещающие вскрышные породы, тыс. т	Всего горной массы для рудоразборки, тыс. т
2013	407	965	1372
2014	329	781	1110
2015	270	643	913
2016	138	328	466
2017	150	357	507
2018	105	249	354
2019	110	262	372
2020	88	209	297
2021	248	588	836
2022	258	614	872
2023	284	676	960
2024	333	792	1125
2025	252	597	849
<b>Всего:</b>	<b>2972</b>	<b>7061</b>	<b>10033</b>

Согласно ранее разработанной классификации контактных зон в карьере [2] исследуемый объем горной массы, подлежащий предобогащению, поделен

по фактору - тип пород, примыкающий к рудному телу. Вмещающие породы подразделяются на: окисленные кварциты, некондиционные руды, безрудные породы и вскрышные породы, содержащие магнетит. За анализируемый период работы Петровского карьера контактные зоны магнетитовых кварцитов представлены с пегматитами, гнейсами и магнетит-силикатными кварцитами. Магнетит-силикатные кварциты с содержанием железа ниже бортового относятся к некондиционным рудам. Тогда как пегматиты и гнейсы к безрудным породам, в которых имеются трудно

**Таблица 2. Содержание железа общего и магнитного в горной массе, которая подлежит предобогащению\***

Годы	Горная масса из контактных зон с некондиционными рудами			Горная масса из контактных зон с безрудными породами			Всего горной массы, подлежащей предобогащению		
	Объем, тыс. т	Содержание железа, %		Объем, тыс. т	Содержание железа, %		Объем, тыс. т	Содержание железа, %	
		общ.	магн.		общ.	магн.		общ.	магн.
2013	549	31,77	16,71	823	15,13	11,24	1372	21,79	13,43
2014	236	31,76	16,45	874	15,12	10,98	1110	18,66	12,14
2015	194	31,57	16,07	719	14,94	10,60	913	18,47	11,76
2016	99	31,23	16,08	367	14,58	10,60	466	18,12	11,76
2017	108	31,47	16,21	399	14,83	10,74	507	18,37	11,91
2018	75	31,79	16,59	279	15,16	11,13	354	18,68	12,29
2019	79	32,06	16,79	293	15,39	11,30	372	18,93	12,47
2020	63	32,54	17,65	234	15,92	12,18	297	19,45	13,34
2021	178	32,29	16,90	658	15,66	11,43	836	19,20	12,59
2022	185	32,13	16,44	687	15,50	10,97	872	19,03	12,13
2023	204	32,36	16,85	756	15,72	11,38	960	19,26	12,54
2024	239	32,64	17,11	886	16,01	11,64	1125	19,54	12,80
2025	180	32,06	16,43	669	15,44	10,96	849	18,96	12,12

\*Примечание: все параметры носят предварительный характер и требуют уточнения в ходе проведения эксплуатационной разведки

извлекаемые кристаллы железа в химических соединениях (содержание железа общего 1-3 %). Результаты расчета объема горной массы вскрышных пород подлежащих предобогащению в зависимости от типа вмещающих пород, протяженности контактной зоны и процентного содержания железа общего и магнитного в исследуемом объеме, приведены в табл. 2.

Что касается качественных и количественных характеристик предобогащения в производственных условиях Петровского карьера, то теоретически их можно рассчитать, используя равенство сохранения объема перерабатываемой горной массы и полезного компонента [4]. Условие разделения исходной горной массы на два конечных продукта: магнитный продукт (с выходом  $\gamma_k$ ) и сухие отходы (с выходом  $\gamma_{хв}$ ) записывается в виде

$$\gamma_k + \gamma_{хв} = 100 \% \quad (3)$$

С учетом изменения баланса полезного компонента по руде, магнитному продукту и отходам равенство приобретает вид

$$100\alpha = \gamma_k\beta + (100 - \gamma_k)\theta, \quad (4)$$

где  $\gamma_k$  – выход магнитного продукта, %;  $\alpha$  – содержание полезного компонента в исходной горной массе, %;  $\beta$  – содержание полезного компонента в извлеченном магнитном продукте, %;  $\theta$  – содержание полезного компонента в отходах, %.

Тогда выход магнитного продукта определяется по формуле

$$\gamma_k = \frac{\alpha - \theta}{\beta - \theta} 100 \quad (5)$$

Аналитические расчеты выхода магнитного продукта (в % и тыс. т) при предварительном обогащении горной массы выполнены отдельно по контактными зонам с некондиционными рудами и с безрудными породами и представлены в табл. 3. При выполнении расчетов были приняты средние величины содержания полезного компонента в концентрате и отходах.

Анализ полученных данных по выходу магнитного продукта (табл. 3) по отношению к производственной мощности карьера по руде показал ее увеличение на 2,1-8,3 % по годам в зависимости от объема предобогащения, тогда как по отношению к потерям полезного ископаемого (см. табл. 1) выявил, что потери уменьшаются в среднем в 5,3 раза, что видно из графиков на рис. 4.

Согласно равенству (3) исходная горная масса в процессе предобогащения делится на магнитный продукт (кондиционная руда) и немагнитный продукт (отходы). Для горной массы из контактных зон с некондиционными рудами выход магнитного продукта составит 39-45 %, отходов 55-61 %; с безрудными



Рис. 4. Снижение потерь руды после предобогащения

породами выход кондиционной руды – 30-36 %, отходов 64-70 % (см. табл. 3). Магнитный продукт после предобогащения вмещает извлеченные потери полезного ископаемого и частично пустые породы. У обогатителей существует термин «извлечение полезного компонента в концентрат» [4], который выражает отношение содержания извлекаемого продукта к исходному содержанию полезного компонента. Ре-

рьерях. Этому способствует применение циклично-точной технологии, включающей крупное механическое дробление, создание мощных электромагнитных сепараторов для предобогащения крупнокусковых руд.

Дробильно-обоганительный комплекс по предобогащению вскрышных пород уменьшает производительность вскрышного комплекса, тогда как производственная мощность карьера по руде увеличивается на

**Таблица 3. Выход магнитного продукта с предобоганительного комплекса**

Расчетные годы	Контактные зоны с некондиционными рудами				Контактные зоны с безрудными породами				Всего извлекается руды, тыс. т
	Содержание железа магнитного $\alpha$ , %	Выход магнитного продукта $\gamma_k$ , %	Объем горных пород подлежащий рудоразборке, тыс. т	Объем магнитного продукта, тыс. т	Содержание железа магнитного $\alpha$ , %	Выход магнитного продукта $\gamma_k$ , %	Объем горных пород подлежащий рудоразборке, тыс. т	Объем магнитного продукта, тыс. т	
2013	16,71	42,30	549	232,24	11,24	33,00	823	271,59	503,83
2014	16,45	41,32	236	97,52	10,98	32,07	874	280,30	377,82
2015	16,07	39,89	194	77,38	10,60	30,71	719	220,84	298,22
2016	16,08	39,92	99	39,53	10,60	30,71	367	112,72	152,25
2017	16,21	40,42	108	43,65	10,74	31,21	399	124,55	168,19
2018	16,59	41,85	75	31,39	11,13	32,61	279	90,97	122,36
2019	16,79	42,60	79	33,66	11,30	33,21	293	97,32	130,97
2020	17,65	45,85	63	28,88	12,18	36,36	234	85,08	113,96
2021	16,90	43,02	178	76,57	11,43	33,68	658	221,61	298,18
2022	16,44	41,28	185	76,37	10,97	32,04	687	220,09	296,46
2023	16,85	42,83	204	87,37	11,38	33,50	756	253,26	340,63
2024	17,11	43,81	239	104,71	11,64	34,43	886	305,04	409,75
2025	16,43	41,25	180	74,24	10,96	32,00	669	214,08	288,32

зультаты расчета извлечения полезного компонента (магнетита) в магнитный продукт из пород вскрыши показали, что его значение составит для магнитного продукта 79-83 % из горной массы контактных зон с некондиционными кварцитами и 86-89 % из горной массы контактных зон с безрудными породами.

**Выводы и перспективы дальнейшего развития**

Следовательно, при применении технологии предобогащения к породам вскрыши Петровского карьера извлечение полезного компонента в магнитный продукт составит 79-83 % из горной массы контактных зон с некондиционными кварцитами и 86-89 % из горной массы контактных зон с безрудными породами. Этот технологический процесс позволяет снизить потери полезного ископаемого в 5,3 раза и увеличить производственную мощность карьера по руде на 2,1-8,3 % по годам в зависимости от объема предобогащения.

Таким образом, можно сделать вывод, что потери и разубоживание, наличие некондиционных руд, эксплуатация на карьерах оборудования большой единичной мощности, а также наличие многих разновидностей сортов руд вызывает необходимость применения технологии предобогащения руды непосредственно в ка-

объем извлеченного магнитного продукта, что должно быть учтено на обоганительной фабрике на возможность переработки большего объема горной массы.

**Библиографический список**

1. Разработка Удоканского месторождения при открыто-подземных горно-обоганительных работах / М.С. Четверик, В.В. Кармазин // Цветная металлургия. 1988. - № 11. – С. 34-38.
2. Технология предобогащения железных руд в глубоких карьерах / Е.В. Бабий. – К.: Наукова думка, 2011. – 184 с.
3. Отраслевая инструкция по определению, учету и нормированию потерь руды при разработке железорудных, марганцевых и хромитовых месторождений на предприятиях Министерства черной металлургии СССР / ВИОГЕМ. - Белгород, 1975. – 68 с.
4. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых: Учебник для вузов. В 3 т. – М.: Горная книга, 2008. – Т. 1. Обоганительные процессы и аппараты. – 470 с.

**Поступила 26.03.2013**