

УДК 622.271.32:622.34.013.3

Четверик М.С., докт. техн. наук, профессор,
Бабий Е.В., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
Швец Д.В., аспирант
 (ИГТМ НАН Украины),
Тойманов Н.Т., аспирант,
Акилбаев Т.И., аспирант
 (НАО «КазННТУ»)

ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ БАЛАНСОВЫХ ЗАПАСОВ РУД ПРИ ОТКРЫТОЙ ИХ ДОБЫЧЕ

Четверик М.С., докт. техн. наук, професор,
Бабій К.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Швец Д.В., аспірант
 (ИГТМ НАН України),
Тойманов Н.Т., аспірант,
Акілбаєв Т.І., аспірант
 (НАО «КазНДТУ»)

ОБГРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ З ВИЛУЧЕННЯ БАЛАНСОВИХ ЗАПАСІВ РУД ПРИ ВІДКРИТОМУ ЇХ ВИДОБУТКУ

Chetverik M.S., D.Sc. (Tech.), Professor,
Babiy K.V., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,
Shvets D.V., Doctoral student
 (IGTM NAS of Ukraine),
Toymanov N.T., Doctoral Student,
Akilbaev T.I., Doctoral Student
 (JSC "KazNRTU")

SUBSTANTIATION OF PERSPECTIVE AREAS FOR EXCAVATION OF BALANCE RESERVES OF ORES AT OPEN-PIT MINING

Аннотация. Выполнен анализ сырьевой базы железорудной горнодобывающей промышленности Украины и Казахстана. Выявлены крупные горно-обогажительные комбинаты этих стран и проблемы их развития. Рассмотрен вопрос максимального извлечения запасов и минимизирования потерь при добыче полезного ископаемого. Выполнен обзор способов перехода к следующей очереди отработки месторождения или доработки карьеров с максимальным извлечением запасов. Выполнено группирование способов доработки.

Установлена зависимость изменения объемов извлечения вскрышных пород от формируемой цены на железорудный концентрат, которая свидетельствует о падении производительности карьеров из-за постепенного выветывания активного рудного фронта горных работ.

Показано, что для повышения экономической эффективности горнодобывающих предприятий, временного улучшения их состояния и обеспечения поддержания заданной производительности карьера по добыче железной руды необходимо обеспечить вовлечение в

разработку законсервированных запасов под существующими транспортными коммуникациями по мере понижения глубины ведения горных работ в карьере.

Ключевые слова: карьер, железные руды, вскрышные породы, балансовые запасы, транспортные коммуникации, этапы разработки.

Постановка проблемы. Железорудные месторождения Украины и Казахстана интенсивно разрабатывают с 50-х годов прошлого столетия. На данном этапе практически все карьеры имеют схожие проблемы:

- существенно увеличилась глубина карьеров, приближающаяся к экономически граничной глубине;
- произошло отставание вскрышных работ по сравнению с нормативными требованиями;
- увеличались потери руды, ее засорение при экскавации в связи с применением экскаваторов с большой вместимостью ковшей;
- законсервированы большие объемы балансовых запасов руды под перегрузочными площадками и транспортными коммуникациями;
- при доработке карьеров до конечной глубины отсутствуют технологии по извлечению руд из целиков.

Поэтому проблемы разработки технологий, схем вскрытия глубоких горизонтов, которые обеспечивают полное извлечение балансовых запасов являются актуальными. Кроме того отсутствует методика определения граничной глубины карьеров при рыночной экономике. Важным является дальнейшее использование нарушенных земель, занятость населения. Это, в конечном итоге, определяет социальное и экологическое состояние горнодобывающих регионов.

Целью работы является определение перспективных направлений по извлечению балансовых запасов руд при открытой их добыче.

Изложение основного материала. Украина относится к одной из главных железорудных провинций мира. В докембрийских породах украинского кристаллического щита выявлено около сотни месторождений и перспективных рудопроявлений железа, а запасы 44 месторождений учтены в Государственном балансе. По масштабам запасов месторождения варьируют от уникальных до мелких. Промышленное значение имеют в основном Криворожский железорудный бассейн, Кременчугский, Белозерский и Приазовский железорудные районы. Причем Кривбасс имеет первостепенное значение, так как на него приходится до 72 % разведанных запасов [1].

Казахстан занимает восьмое место в мире по разведанным запасам железных руд и третье место среди стран СНГ после России и Украины. В северной части страны находятся 5 крупных месторождений (Качарское, Сарбайское, Соколовское, Аятское, Лисаковское), на которые приходится около 90 % учтенных государственным балансом железных руд. Здесь также расположены 5 резервных разведанных месторождений (Алешинское, Ломоносовское, Южно-Сарбайское, Сорское, Шагыркольское) и одно законсервированное месторождение (Коржункольское) [2].

В Казахстане разрабатывают несколько месторождений железных руд с утвержденными суммарными запасами свыше 6 млрд. т, среди которых Соколовско-Сарбайское, Лисаковское, Атасуйское, Атансорское (табл. 1) и др. Основные балансовые запасы железных руд сосредоточены в Костанайской и Карагандинской областях, где на их базе действуют горно-обогатительные предприятия. Степень подготовленности запасов к промышленному освоению составляет 53,2 %.

Таблица 1 – Утвержденные запасы крупнейших месторождений Казахстана
(по данным Б.Р. Ракишева [3])

Железорудные месторождения	Утвержденные запасы, млн. т	Содержание железа, %	Вредная примесь
Соколовско-Сарбайское (включая Качары)	более 2500	38–43	сера
Лисаковское	3000	34–38	фосфор
Атасуйское (Кентюбинское, Каражалское)	более 800	48–70	сера
Атансорское	более 39	35–57	отсутствуют

Несмотря на многомиллионные утвержденные запасы железной руды в Украине и в Казахстане, существуют проблемы их извлечения. На горнодобывающих предприятиях балансовые запасы рудных месторождений пополняют за счёт углубления карьеров или увеличения их количества. При этом почти все карьеры достигли глубины 350 – 450 м при граничной 500 – 600 м. Каждый этап разработки карьера сопровождается проблемами подготовки, выемки и транспортирования полезного ископаемого, и открывает новые возможности по добыче, переработке и складированию. То есть появляются возможности изменения режима функционирования системы горнодобывающего предприятия. Например, в период доработки при сформированном нерабочем борту можно применить внутреннее отвалообразование или принять другую транспортную схему для извлечения запасов в целиках с минимальным коэффициентов вскрыши и т.д.

Вопросом извлечения запасов и минимизирования потерь при добыче и обогащении полезного ископаемого занимаются многие исследователи. Особенно этот вопрос актуален при переходе карьера к следующей очереди отработки месторождения или доработке. В ходе обзора и анализа способов перехода к следующей очереди отработки месторождения или доработки карьеров с максимальным извлечением балансовых и забалансовых запасов, они были поделены на 3 группы.

1. Обоснование граничных проектных контуров карьера и расширение бортов (границ):

- отработка борта карьера крутыми слоями (сдвоенные, строенные уступы) с последовательным, волновым перемещением по периметру карьера;
- вертикальная заоткоска уступов;
- отработка карьера до граничной глубины с извлечением балансовых запасов в целиках;

- расширение границ карьерного поля (например, ИнГОК выполняет проект по переносу русла реки для увеличения сырьевой базы);

- извлечение полезного ископаемого ранее потерянного, в т.ч. негабарита [4].

2. Разработка новых схем вскрытия для извлечения балансовых запасов:

- с интенсивным углублением вдоль нерабочего борта для применения внутреннего отвалообразования (Ингулецкий карьер);

- отработка очередями близкорасположенных рудных тел (Анновский карьер) [5];

- вскрытие крутонаклонными транспортными бермами с применением шарнирно-сочлененных автосамосвалов [6];

- метод выщелачивания.

3. Переход на открыто-подземную и подземную разработку:

- открыто-подземная выемка придонных и прибортовых запасов с применением подземных выработок [7];

- доработка рудного тела в нерабочих бортах системой подэтажных штреков [8];

- подземная доработка под внутренним отвалом системой с этажным обрушением [8];

- выемка за пределами проектного дна карьера [9];

- доработка открыто-подземным ярусом с помощью открытых камер и межкамерных целиков для неустойчивых руд [8];

- доработка открыто-подземным ярусом открытыми камерами с заполнением их вскрышными породами для отработки межкамерных целиков [8];

- доработка запасов подземным способом камерами, которые заполняются с дна карьера через породоспуски [8];

- подземная доработка подэтажами;

- подземная доработка камерно-столбовой системой [8].

Способы разработки и доработки карьера и извлечения руд за пределами граничных контуров карьеров можно поделить в первую очередь по времени их применения:

а) текущие, с возможностью их применения совместно с существующей технологией ведения горных работ;

б) перспективные, с заменой схемы вскрытия, расширения границ;

в) кардинальные, с переходом на открыто-подземную и подземную выемку.

При этом следует учитывать принятый режим горных работ карьера по выполнению добычных и вскрышных работ. Широкое развитие имеют графоаналитические методы исследования развития горных работ глубоких карьеров при доработке их до конечной глубины. Определяют зависимость извлекаемых объемов вскрышных пород к объему добычи полезного ископаемого, а также текущие коэффициенты вскрыши в зависимости от положений рабочей зоны карьера за заданный промежуток времени (период разработки месторождения). Установленные закономерности позволяют оценить изменение затрат, прибыли и других основных технико-экономических показателей в процессе разработки

месторождения при различных вариантах проектируемого развития горных работ с учетом дальнейшего понижения добычных работ.

С использованием данного метода решаются ключевые вопросы проектирования: установление границ карьера и его конфигурации, выбора направления развития горных работ, схемы вскрытия, производственной мощности карьера, календарного планирования открытых горных работ. Разработанный В.В. Ржевским графоаналитический метод на основании теории векторных приращений сложных топографических поверхностей заключается в построении и анализе графиков режима горных работ, соответствующих исследуемым вариантам развития рабочей зоны карьера в заданный промежуток времени (период разработки месторождения). С помощью графиков приращения объемов при единичном перемещении рабочей зоны карьера оценивается возможная по горнотехническим условиям производительность карьера, производится регулирование текущих коэффициентов вскрыши, составляется календарный график ведения горных работ в карьере. Разработанный В.В. Ржевским и дополненный А.И. Арсентьевым графоаналитический метод, позволил устанавливать пределы регулирования текущих коэффициентов вскрыши и усреднять текущие объемы вскрышных работ.

Следует отметить, что ни в одной из научных школ таких ученых, как Е.Ф. Шешко, В.В. Ржевский, А.И. Арсентьев, М.Г. Новожилов, Н.В. Мельников, В.С. Хохряков, Ю.И. Анистратов и др., при исследовании режима горных работ карьеров и определении их конечной глубины не учтены объемы законсервированных балансовых запасов под транспортными коммуникациями. Они с увеличением глубины разработки месторождений полезных ископаемых увеличиваются вплоть до годовых объемов производственной мощности действующего железорудного карьера.

Минимизация выполнения вскрышных работ, перенос объемов извлечения пустых пород на более поздние периоды разработки месторождений в сложившейся ситуации существенного снижения и дальнейшего колебания потребительских цен на мировом рынке железорудного сырья, начиная с 2014 г. и по настоящее время, предопределяет необходимость других методов оценки экономической эффективности открытой разработки. Эта оценка должна быть не путем сравнения граничного коэффициента вскрыши с контурным, средним или текущим коэффициентами вскрыши, а с ценой реализации концентрата горнодобывающим предприятием с учетом вовлечения в разработку геологических запасов, сосредоточенных в целиках под существующими транспортными коммуникациями [10, 11].

Вовлечение в разработку геологических запасов под существующими системами автомобильных съездов, железнодорожными станциями, концентрационными горизонтами комплексов циклично-поточной технологии, перегрузочными пунктами с автомобильного на железнодорожный транспорт позволит действующим горнодобывающим предприятиям снижать себестоимость добычи железной руды в карьерах в условиях динамически изменяющейся ценовой политики на мировом рынке железорудного сырья [12, 13].

Следует учесть, что откладывание на более поздние периоды выемку объемов законсервированных геологических запасов железной руды в целиках нецелесообразно, поскольку в дальнейшем из-за подработки грузо-транспортного доступа к ним нижележащими добычными горизонтами не представится технологически возможным их извлечение.

Выполненный горно-геометрический анализ фактических состояний действующих железорудных карьеров, разрабатывающих крутопадающие залежи железной руды, свидетельствует о том, что горные работы на всех высокопроизводительных карьерах достигли глубин, при которых необходимо определять новые граничные контуры. И пренебрежение объемами законсервированных балансовых запасов под существующими транспортными коммуникациями приведет к некорректному определению граничной глубины разработки месторождения открытым способом.

Пределная глубина расконсервации ($H_{гр.раск.}$) геологических запасов под существующими транспортными коммуникациями определяется зависимостью

$$H_{гр.раск.} = \frac{\phi(C, C_{конц.}, C_v)}{f(H_k, \gamma, m, \alpha_{залежи}, \beta_{борта})}, \quad (1)$$

где C – минимальная цена на концентрат, долл.; $C_{конц.}$ – себестоимость концентрата, долл.; C_v – себестоимость выполнения вскрышных работ, долл.; H_k – глубина карьера, м; γ – выход концентрата, %; m – мощность рудной залежи, м; $\alpha_{залежи}$ – угол падения рудного тела, градус; $\beta_{борта}$ – приведенный угол погашения борта карьера, градус.

Установленная в современных экономических условиях зависимость изменения объемов извлечения вскрышных пород от формируемой цены на железорудный концентрат (рис. 1) свидетельствует о падении производительности карьеров из-за постепенного выбытия активного рудного фронта горных работ.

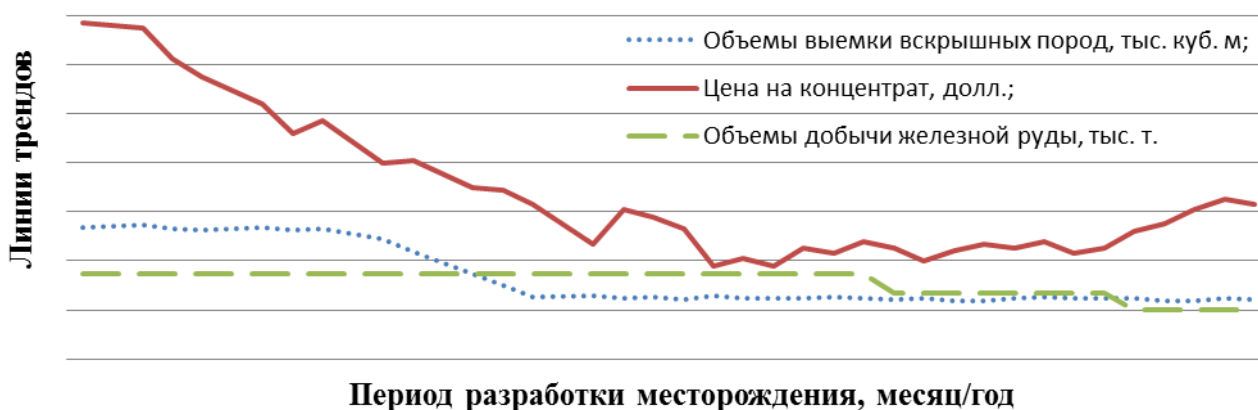


Рисунок 1 – График зависимости линий трендов объемов выемки вскрышных пород и добычи железной руды от формируемой цены реализации железорудного сырья на мировом рынке

С целью поддержания заданной производительности карьера по добыче же-

лезной руды необходимо обеспечить вовлечение в разработку законсервированных запасов под существующими транспортными коммуникациями по мере понижения глубины ведения горных работ в карьере. Данное решение, являясь приростом подготовленных к выемке запасов полезного ископаемого с нулевым коэффициентом вскрыши, приведет к снижению себестоимости добычи железной руды за счет сокращения затрат на выполнение вскрышных работ до 20 %, отвалообразование и транспортировку вскрышной массы до 12 %.

Установленная зависимость, отображенная на рис. 1, примет тенденцию к обеспечению карьером сырой железной рудой производственных мощностей действующего горно-обогатительного комбината в сохранившихся условиях сниженной цены железорудного концентрата и уменьшенных объемов извлечения вскрышных пород, обеспечивающих продвижение фронта горных работ с целью формирования нормативных объемов подготовленных к выемке запасов полезного ископаемого (рис. 2).

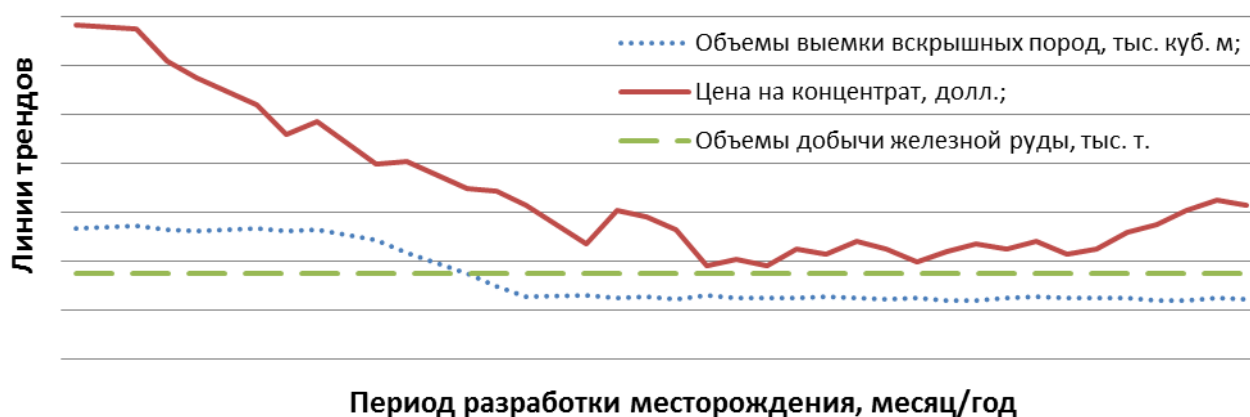


Рисунок 2 – График зависимости линий трендов объемов выемки вскрышных пород и добычи железной руды от вовлечения в разработку законсервированных запасов под существующими транспортными коммуникациями

Исследованные вопросы максимального извлечения запасов железной руды с глубоких горизонтов карьеров при минимизации вскрышных работ основываются на анализе современного состояния действующих глубоких карьеров, разрабатывающих крутопадающие месторождения железной руды, поэтому необходимо уточнение конкретных горнотехнических условий разработки в каждом отдельно взятом карьере.

Вопросам подсчета запасов минерального сырья, проектирования открытых горных работ и календарного планирования, трехмерного моделирования геологических объектов и поверхностей, учета подготовленного к выемке полезного ископаемого, оптимизации усреднения руды и др. на предприятии уделяется большое внимание. Существуют различные методики подсчета запасов в границах месторождения, на базе которых разработаны программные продукты, позволяющие решать геологические, маркшейдерские, технологические задачи. При решении горно-геологических задач чаще всего используют трехмерные геоинформационные системы, к которым относятся Surpack, Gemcom, Vulcan, K-MINE, Датамайн-Студио и др. Они отличаются друг от друга возможностя-

ми, назначением, типом обрабатываемой информации.

Эти программы позволяют оперативно решать ранее трудоемкий объем работ: сбор и анализ геологической информации, математическую обработку данных поисковых и съемочных работ, создание прогнозных карт, ведение учета геологических и балансовых запасов и многое другое. Кроме того они позволяют моделировать развитие горных работ при применении различных схем вскрытия, систем разработки, видов транспорта и транспортных коммуникаций. Компьютерное моделирование дает возможность обосновать рациональный подход для решения технологических задач. Так, например, в программном продукте K-MINE для комплексного управления развитием горных работ можно отстраивать геологические объекты (рис. 3) с последующим подсчетом запасов, объема разубоживания, потерь, законсервированных запасов.

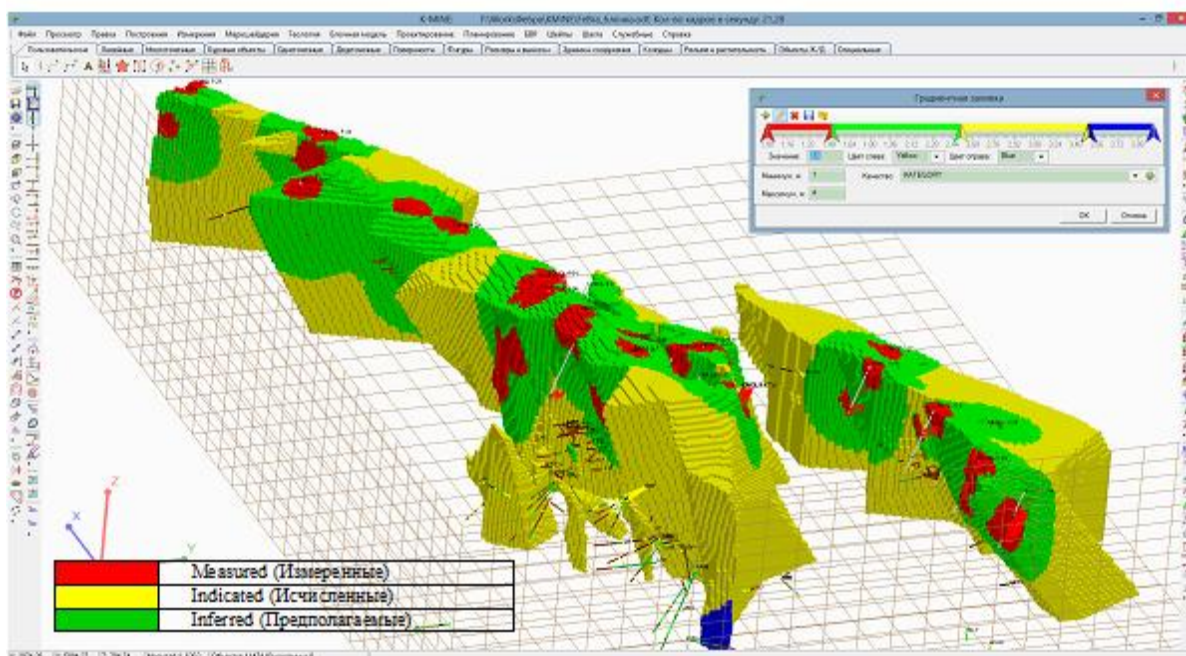


Рисунок 3 - Пример подсчета запасов и ресурсов железорудного месторождения

В зависимости от запроектированной схемы вскрытия или вида применяемого транспорта можно отстроить модель отработки карьера и обосновать горно-технологические параметры, при которых будет максимальное извлечение балансовых запасов.

Выводы и перспективы развития направления.

Установлена зависимость изменения объемов извлечения вскрышных пород от формируемой цены на железорудный концентрат, которая свидетельствует о падении производительности карьеров из-за постепенного выбытия активного рудного фронта горных работ.

Показано, что для повышения экономической эффективности горнодобывающих предприятий, временного улучшения их состояния и обеспечения поддержания заданной производительности карьера по добыче железной руды необходимо обеспечить вовлечение в разработку законсервированных запасов

под существующими транспортными коммуникациями по мере понижения глубины ведения горных работ в карьере.

Вовлечение в разработку геологических запасов под существующими транспортными коммуникациями позволит действующим горнодобывающим предприятиям снизить себестоимость добычи железной руды в карьерах за счет нулевого коэффициента вскрыши. Применение предложенного направления возможно при условии применения новых схем вскрытия горизонтов, что будет исследоваться в дальнейшем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статьи об Украине. Железородные месторождения Украины [Электронный ресурс] / Режим доступа <http://www.photoukraine.com/russian/articles?id=171>. – Загл. с экрана.
2. Железородные провинции Казахстана [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://studopedia.org/13-110252.html>. – Загл. с экрана.
3. Ракишев, Б.Р. Геотехнологическое управление качеством минерального сырья. Монография / Б.Р. Ракишев. – Алматы: КазНТУ, 2009. – 319 с.
4. Пат. № 2352781 РФ, МПК (2006) E21C 41/26. Способ доработки карьера / Л.М. Цинкер, О.В. Заллеская; заявитель и патентообладатель ОАО «ВостНИГРИ». - и 2007 124671/03, заявл. 29.06.2007; опубл. 20.09.2009, Бюл. № 11.
5. Пат. № 2314420 РФ, МПК (2006) E21C 41/26. Способ реконструкции карьера с двумя близко расположенными рудными телами / А.Н. Акишев, В.А. Бахтин, С.В. Бабаскин; заявитель и патентообладатель Акционерная компания «Алроса». - и 2006 124321/03, заявл. 06.07.2006; опубл. 10.01.2008, Бюл. № 1.
6. Пат. № 2464422 РФ, МПК (2006) E21C 41/26. Способ открытой разработки месторождений / С.П. Коростылев [и др.]; заявитель и патентообладатель ООО «Группа «Магнезит». - и 2010 149768/03, заявл. 03.12.2010; опубл. 20.10.2012, Бюл. № 29.
7. Четверик, М.С. Вопросы перехода Анновского карьера СевГОКа на открыто-подземную разработку / М.С. Четверик, А.А. Икол // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. - Днепропетровск, 2015. – Вып. 124. – С.216-225.
8. 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.
9. Пат. № 2453701 РФ, МПК (2006) E21C 41/30. Способ доработки запасов рудных месторождений под дном карьера / С.Д. Викторов, А.Е. Франтов, В.М. Закалинский, Ю.П. Галченко; заявитель и патентообладатель УРАН ИПКОН РАН. - и 2010 149768/03, заявл. 2010.10.25; опубл. 20.06.2012, Бюл. № 2.
10. «Двойное дно» рынка железной руды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.metaltorg.ru/analytics/ores/?id=628>. – Загл. с экрана.
11. Технологическая схема дополнительной углубки открытой разработки крутопадающих месторождений с частичным изменением проектных контуров / А.В. Романенко, Д.В. Швец, В.В. Панченко [и др.] // Форум гірників-2014: матеріали міжнар. конф. – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2014. – Т. 1. – С. 129-134.
12. Швец, Д.В. Определение глубин отработки глубоких горизонтов карьеров, разрабатывающих залежи железной руды / Д.В. Швец // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр: 2-я междунар. научн. школа академика К.Н. Трубецкого. – М.: ИПКОН РАН, 2016. – С. 271-273.
13. Швец, Д.В. Определение глубины расконсервации геологических запасов под существующими транспортными коммуникациями глубоких карьеров / Д.В. Швец // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: Материалы 13-й Международной научной школы молодых ученых и специалистов, 21-25 ноября 2016 г. – М.: ИПКОН РАН, 2016. – С. 204-207.

REFERENCES

1. Article about Ukraine (2004), “Iron-ore deposits of Ukraine”, available at: <http://www.photoukraine.com/russian/articles?id=171> (Accessed 26 November 2016).
2. “Iron ore provinces of Kazakhstan”, available at: <http://studopedia.org/13-110252.html> (Accessed 9

October 2015).

3. Rakishev, B.R. (2009), *Geotekhnologicheskoe upravlenie kachestvom mineralnogo syr'ya* [Geotechnical quality control of mineral raw materials], Kazakh National Research Technical University by K.I. Satpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan.

4. Tsinker, L.M. and Zalleskaya, O.V., OAO «VostNIGRI» (2009), *Sposob dorabotki karera* [Method finalize of quarry], State Register of Patents of Russia, Moscow, RU, Pat. 2352781.

5. Akishev, A.N., Bakhtin, V.A. and Babaskin, S.V., Joint stock company "ALROSA" (2008), *Sposob rekonstruktsii karera s dvumya blizko raspolozhenymi rudnymi telami* [A method of reconstruction of quarry with two closely spaced ore bodies], State Register of Patents of Russia, Moscow, RU, Pat. 2314420.

6. Korostylev, S.P. at all, JSK "Group "Magnesite" (2012), *Sposob otkrytoy razrabotki mestorozhdeniy* [Method of open development deposit], State Register of Patents of Russia, Moscow, RU, Pat. 2464422.

7. Chetverik, M.S. and Ikol, A.A. (2015), "On the issue of transition to the surface-underground mining in the SevMPP Annovskiy quarry", *Geo-Technical Mechanics*, vol. 124, pp. 216-225.

8. Chernykh, A.D., Kolosov, V.A., Briukhovetskiy, O.S. at all (2005), *Kompleksnaya razrabotka rudnykh mestorozhdeniy* [Integrated development of ore deposits], in Chernykh, A.D. (ed.), Tekhnika, Kiev, Ukraine.

9. Viktorov, S.D., Frantov, A.E., Zakalinskiy, V.M. and Galchenko, Yu.P., URAN IPKON RAN (2012) *Sposob dorabotki zapasov rudnykh mestorozhdeniy pod dnom karera* [Method revision of the inventory ore deposits under the bottom of the quarry], State Register of Patents of Russia, Moscow, RU, Pat. 2453701.

10. "Double bottom" of the iron ore market" (2015), available at: <http://www.metaltorg.ru/analytics/ores/?id=628>, (Accessed 11 July 2015).

11. Romanenko, A.V., Shets, D.V., Panchenko V.V. at all (2014), "The technological scheme of additional uglubki open development of steep deposits with a partial change of the design contours", *Forum girkiv-2014* [Forum of mining engineers-2014], Dnepropetrovsk, Ukraine, pp. 129-134.

12. Shets, D.V. (2016), "Definition of deep mining of deep horizons of quarries, developing the deposits of iron ore", *Problemy i perspektivy kompleksnogo osvoeniya i sokhraneniya zemnykh neдр* [Problems and prospects of integrated development and conservation of the earth's interior], 2-ya mezhdunarodnaya nauchnaya shkola akademika K.N. Trubetskogo [2nd international scientific school of academician K. N. Trubetskoy], Moscow, RU, pp. 271-273.

13. Shets, D.V. (2016), "Determining the depth of the reactivation of geological reserves under the existing traffic routes of deep open pits", *Problemy osvoeniya neдр v XXI veke glazami molodykh* [Problems of development of mineral resources in the XXI century through the eyes of young], Materialy 13 mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly molodykh uchenykh i spetsialistov [Proceedings of the 13 International scientific school of young scientists and specialists], Moscow, RU, pp. 204-207.

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), Днепр, Украина, chetverik.mihail@inbox.ru.

Бабий Екатерина Васильевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, katebabi@yandex.ru.

Швец Дмитрий Валериевич, магистр, аспирант отдела геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), ведущий инженер-проектировщик ООО «ТУРСТРОЙ-УКРАИНА», shvetsdmitriy@yandex.ua.

Тойманов Нуржан Токенулы, магистр, аспирант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева (НАО «КазННТУ»), Алматы, Республика Казахстан, nurzhan.toimanov@gmail.com.

Акилбаев Тимур Исабекович, магистр, аспирант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева (НАО «КазННТУ»), Алматы, Республика Казахстан, tima.088@mail.ru.

About the authors

Chetverik Mikhail Sergeevich, 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), Dnepr, Ukraine, chetverik.mihail@inbox.ru.

Babiy Katerina Vasilevna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, katebabiy@yandex.ru.

Shvets Dmitriy Valerievich, Master of Sciences (M.Sc.), Doctoral Student in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, shvetsdmitriy@yandex.ua.

Toymanov Nyrzhan Tokenuly, Master of Sciences (M.Sc.), Doctoral Student, Noncommercial Joint-stock Company "Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev" (NJSC "KazNRTU"), Almaty, Republic of Kazakhstan, nurzhan.toimanov@gmail.com.

Akilbaev Timur Isabekovich, Master of Sciences (M.Sc.), Doctoral Student, Noncommercial Joint-stock Company "Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev" (NJSC "KazNRTU"), Almaty, Republic of Kazakhstan, tima.088@mail.ru

Анотація. Виконано аналіз сировинної бази залізорудної гірничодобувної промисловості України і Казахстану. Виявлені великі гірничо-збагачувальні комбінати цих країн і проблеми їх розвитку. Розглянуто питання максимального вилучення запасів та мінімізації втрат при видобутку корисних копалин. Виконаний огляд способів переходу до наступної черги відпрацювання родовища або доопрацювання кар'єрів з максимальним витягом запасів. Виконано групування способів доопрацювання.

Встановлена залежність зміни обсягів вилучення розкривних порід від нинішньої ціни на залізорудний концентрат, яка свідчить про падіння продуктивності кар'єрів з-за поступового вибуття активного рудного фронту гірничих робіт.

Показано, що для підвищення економічної ефективності гірничодобувних підприємств, тимчасового поліпшення їх стану і забезпечення підтримки заданої продуктивності кар'єру з видобутку залізної руди необхідно забезпечити залучення в розробку законсервованих запасів під існуючими транспортними комунікаціями по мірі зниження глибини ведення гірничих робіт у кар'єрі.

Ключові слова: кар'єр, залізні руди, породи розкриття, балансові запаси, транспортні комунікації, етапи розробки, доопрацювання.

Abstract. The resources base of iron ore mining industry of Ukraine and Kazakhstan are analyzed. The large ore mining and processing enterprise in these countries and problems of their de-velopment are identified. On the issues to maximize excavation and minimize losses at open-pit mining are considered. A ways of transition to the next stage of the Deposit excavation or completion of a quarries with maximum recovery of reserves are reviewed. A modes of completion of a quarries were classified into groups.

The dependence of changes of overburden excavation volumes from generated from the prices of iron ore are installed. This dependence indicates a decline in quarry productivity due to the gradual retirement of the active ore mining front.

It is shown, that to improve the economic efficiency of mining enterprises, temporary improvement of their condition and maintain a given of productivity of iron ore quarries, is necessary to ensure involvement in the excavation of the preserved reserves under the existing transport communications at decrease of depth of mining operations in the quarry.

Keywords: quarry, iron ore, overburden, reserves, transport communications, stages of mining, completion.

Статья поступила в редакцию 15.03.2017

Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Надутым В.П.