

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ УЧЕТА ПОВЫШЕННЫХ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО ПРИ ДОБЫЧЕ

В.Д. Кантемиров¹, Р.С. Титов¹, А.В. Тимохин¹, А.М. Яковлев¹

¹ Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН)

Аннотация: Изложены методологические подходы по учету и нормированию повышенных потерь полезного ископаемого при открытой разработке месторождений со сложными горно-геологическими условиями. В качестве примера приведены показатели потерь полезного ископаемого при разработке Костанокского участка Чаньвинского месторождения известняков, используемых для производства каустической соды. Установлен фактический уровень потерь, превышающий 30% от объема добычи сырья. Изложены основные причины повышенных потерь известняка по сравнению с уровнем, обоснованным проектом. Установлено, что при детальной разведке массива известняков не были выявлены карстовые зоны и участки с повышенным содержанием глины, залегающие в виде «жил» в зонах повышенной трещиноватости. Вследствие этого в результате взрывных работ происходит перемешивание взрывааемых закарстованных, заглинизированных участков с чистым известняком, его загрязнение до значений, превышающих допустимые проектом, что приводит к потере балансовых запасов полезного ископаемого при выемке. Даны рекомендации по расчету уровня потерь при отработке сложных забоев, которые характеризуются перемежаемостью породы с продуктивной толщей известняка и карстовыми зонами.

Ключевые слова: известняк, эксплуатационные потери, Чаньвинское месторождение известняков, засорение, разубоживание, карстовые зоны, методика, нормирование потерь.

Для цитирования: Кантемиров В.Д., Титов Р.С., Тимохин А.В., Яковлев А.М. Совершенствование методов учета повышенных потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 3-1. – С. 453–464. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-453-464.

Improvement of methods of accounting for increased losses and dilution of minerals during production

V.D. Kantemirov¹, R.S. Titov¹, A.V. Timohin¹, A.M. Jakovlev¹

¹ The Institute of Mining of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Russia

Abstract: The article describes the methodological approaches to accounting and valuation losses of minerals during open development of deposits with complex mining and geological conditions. As an example, analyzes indicators of losses of minerals during the development phase of plot Kostonaiskogo Chanvinskogo deposits of limestone used for the production of caustic soda. The installed actual level losses exceeding 30% of the total production volume of raw materials. The given reasons of increased losses of limestone in comparison with in

the project losses. Installed that with a detailed exploration of the array of limestone was not identified zone karst and zone with high clay content lying in the form of “lived” in zones of high fracturing. In the result of blasting is the mixing of karst explode, clogged areas with pure limestone, its pollution to exceed the allowable values, which leads to loss of balance reserves of minerals during extraction. The article gives recommendations for calculating the level of losses during the when developing complex faces, which are characterized by intermittency breed productive layer of limestone and karst zones.

Key words: limestone, operating losses of limestone, Chanvinskoe deposit of limestone, contamination, dilution, karst zone, methodology, valuation losses.

For citation: Kantemirov V.D., Titov R.S., Timohin A.V., Jakovlev A.M. Improvement of methods of accounting for increased losses and dilution of minerals during production. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(3-1):453-464. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-453-464.

Введение

Одним из элементов стратегии рационального недропользования является сокращение потерь полезного ископаемого (ПИ) при добыче. Как правило, нормативный уровень потерь ПИ устанавливается проектом на основании геологических данных о месторождении, сложности залегания рудных тел и вмещающих пород, принятой технологии разработки конкретных добычных участков. В большинстве случаев уровень потерь составляет 2–9% от общего объема добычи [1–7]. Однако при разработке некоторых месторождений имеют место повышенные потери ПИ (20–35%) [8].

Основными причинами высокого уровня потерь и разубоживания при добыче и переработке полезного ископаемого являются [1–8]:

- недостаточная изученность геологического строения месторождения;
- отсутствие должной экономической заинтересованности предприятий в наиболее рациональной разработке и обогащении полезного ископаемого;
- нарушение предусмотренных проектом технологических процессов при добыче и переработке;
- применение систем разработки и технологий горных работ, не соответствующих горно-геологическим условиям и особенностям геологического

строения обрабатываемого месторождения и отдельных его частей;

- несовершенство принятых методик определения и нормирования потерь и разубоживания.

В статье рассмотрены предложения по совершенствованию нормирования и учета потерь ПИ на примере разработки Костанокского участка Чанвинского месторождения известняков (Пермский край, АО «Березниковский содовый завод»), где уровень потерь на отдельных участках превышает 30%.

Описание

В целом Костанокский участок характеризуется весьма благоприятными горно-геологическими условиями отработки запасов: мощность вскрыши не более 10 м при среднем ее значении 2,5 м; рельеф в пределах участка относительно ровный с углами наклона дневной поверхности, практически не превышающими 15°. Известняк отличается высокой чистотой, количество вредных примесей составляет 2–4%.

Особенностью Костанокского участка месторождения является его повышенная закарстованность и широкое развитие глинистых образований. Карстовые формы открытого типа представлены конусовидными, чашеобразными и блюдцеобразными воронками. Воронки чаще всего округлые,

реже вытянутые в результате слияния нескольких воронок. Обычный размер воронок в плане — 10—40 м. Преобладают воронки с глубиной до 10 м, максимальная же глубина закрытой воронки составляет 42,2 м. Карстовые воронки целиком заполнены рыхлым материалом, представляющим собой обломки карбонатных пород, сцементированных песчанистой глиной. В большинстве случаев выше залегает маломощный слой песчанистой глины с небольшим количеством щебня известняка.

По результатам бурения скважин, детальной разведки и изучения вскрытых горными работами частей массива известняков установлено, что проявления карста по вертикали распространены достаточно равномерно.

Отдельно выделяются зоны с повышенным и высоким (5—50%) содержанием глиен. Здесь глина заполняет многочисленные тектонические трещины линейных зон дроблений. Ширина этих зон различная и колеблется от 2—3 до 30 м и более. Высокая степень заглинизированности известняков в зонах дробления делает невозможным их использование в качестве химического сырья.

Также встречаются компактные тела глинистого состава с содержанием глины более 50%. Обычно это крутопадающие дайкообразные тела мощностью до 2—3 м, расположенные во внутренних частях зон повышенной трещиноватости. Размер этих тел по простиранию достигает от нескольких десятков до сотен метров, а в глубину — на несколько десятков метров. Их состав изменяется от чисто глинистого до смеси глыб известняка, сцементированных глиной.

Участки месторождения с присутствием глинистых образований названы зонами повышенного и высокого содержания глиен (ПВСГ), разработка этих участков приводит к потерям ПИ свыше 30%.

Установлено, что при проведении детальной разведки и доразведке месторождения зоны ПВСГ не были выявлены. Основные причины этого следующие:

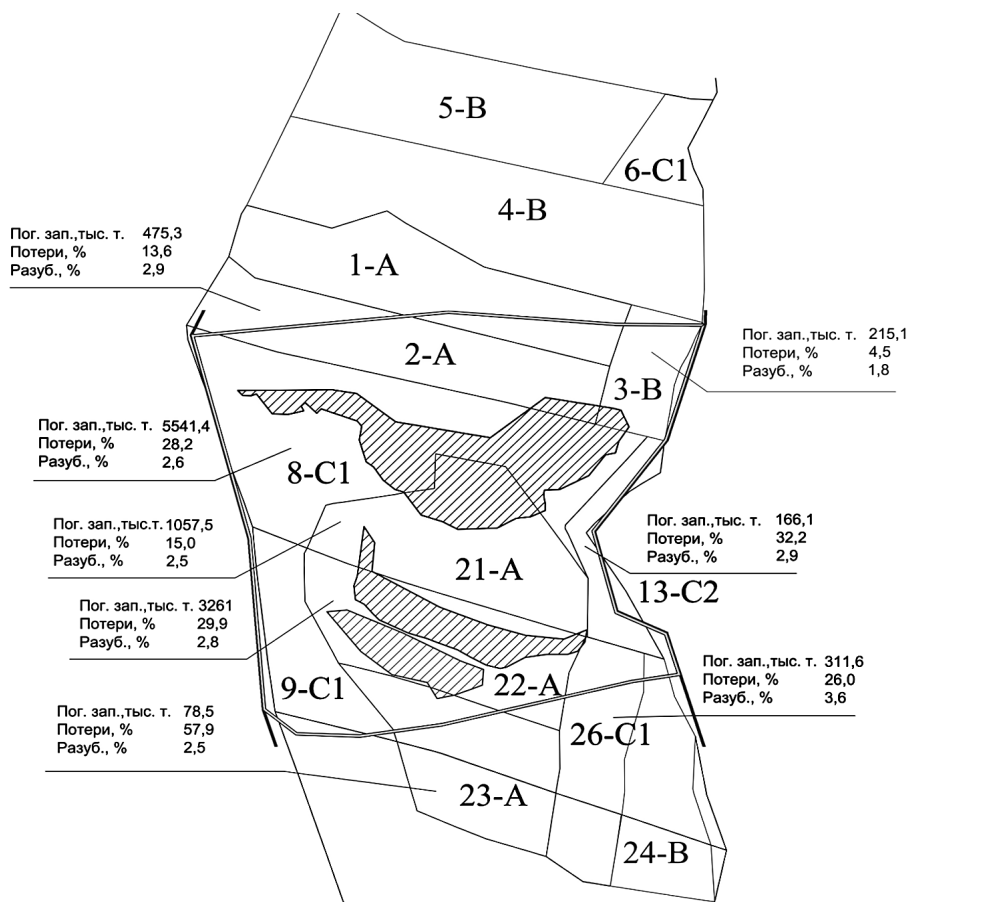
- несоответствие плотности сети разведочных скважин размерам зон ПВСГ, вероятность попадания разведочной скважины в зону ПВСГ составляет 20%;
- избирательное разрушение керна, т.к. бурение скважин осуществлялось «всухую», то есть с подливом воды, при этом глина, заполняющая трещины в известняках, перемешиваясь с водой, образовывала глинистый раствор. Раствор размазывался по стенкам скважины, частью уходил в полые трещины, а чаще всего при подъеме снаряда просто оставался в стволе скважины. Кроме того, после извлечения из колонковой трубы керн обязательно промывался водой. Таким образом, керновая проба, которая шла на химический анализ, характеризовала чистый известняк, а не массив.

Проект отработки Чаньвинского карьера предусматривает уровень потерь ПИ по данным детальной разведки: выше гор. + 245 м — 17,0 %; ниже гор. + 245 м — 5,9 %.

Фактические потери ПИ значительно превышают размеры, нормируемые проектом (рис. 1).

В границах участка ведения добычных работ Чаньвинского месторождения выделены следующие виды эксплуатационных потерь известняка:

- при отработке карстовых участков (глинистых тел) на контактах известняка с зоной карста (глины) при его выемке;
- при отработке участков зон дробления «заглинизированного» известняка (ПВСГ) внутри зоны на контактах известняка с глиняными прослоями;
- при отработке приконтактных зон известняка с засоряющими породами и некондиционным известняком, «известняк—ПВСГ» фронтальным забоем;



Условные обозначения

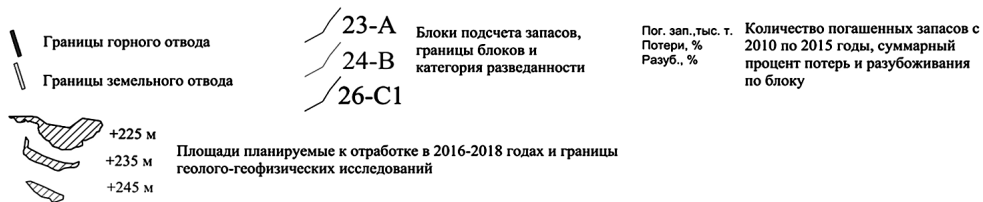


Рис. 1. Схема распределения потерь и разубоживания по геологическим блокам за период с 2010 по 2015 гг.

Fig. 1. Scheme of distribution of losses and dilution by geological blocks for the period from 2010 to 2015

- при проведении технологических операций бурения и транспортирования горной массы;
- при зачистке кровли известняков от покрывающих рыхлых пород;

- в бортах и днище карьера при недоработке выклинивающихся частей продуктивной толщ известняка (проектные потери);
- в местах обрушений и оползневых участках.



Рис. 2. Характерное геологическое строение взрывного блока в карьере Чаньвинского месторождения

Fig. 2. The characteristic geological structure of the explosive block in the career field Cervinkova

Отрабатываемые участки Чаньвинского месторождения известняка по геолого-морфологическим признакам можно отнести к сложному типу с пологими и крутыми как прямолинейными, так и криволинейными контактами приконтактных зон «известняк–глина (карст)» или «известняк–повышенное содержание глины (ПВСГ)» (рис. 2).

Результаты

Эксплуатационные потери, возникающие при отработке карстовых участков, зон ПВСГ и приконтактных зон «известняк–ПВСГ» рекомендуется объединить в одну группупотерь в зоне влияния участков засоряющих пород $P_{зп}$ в границах выемочного участка (блока). Тогдаобщуювеличинупотерь для оцениваемого участка отработки (блока) можно представить в виде:

$$P = P_{зп} + P_{то} + P_{эк}, \quad (1)$$

где $P_{зп}$ – потери известняка, образующиеся при отработке зон ПВСГ, карстаи некондиционного известняка, т; $P_{то}$ – потери, образующиеся при про-

изводстве технологических операций БВР и транспортирования, т; $P_{эк}$ – потери, образующиеся при зачистке кровли известняка от покрывающих пород, т.

Потери известняка, образующиеся при отработке зон засоряющих пород, определяются по следующей формуле:

$$K_{из} = \left(\frac{P_{зп}}{B_v} K_{зп} \right) 100, \quad (2)$$

$$P_{зп} = B_v \gamma_n \frac{K_{зп}}{100} \frac{K_{из}}{100} + P_{пз}, \quad (3)$$

где B_v – погашаемые балансовые запасы известняка в границах отработываемого участка (блока), м³; $K_{из}$ – теряемый известняк, приуроченный к участкам зон ПВСГ, %; $K_{зп}$ – засоренность выемочного участка породами зон ПВСГ и некондиционным известняком по данным детальной разведки (проекта), %; γ_n – среднее значение объемного веса известняка (установлено проектом 2,54), т/м³; $P_{пз}$ – потери при отработке приконтактных зон с засоряющими породами и некондиционным известняком, «известняк–ПВСГ», т.

Для учета имеющегося расхождения фактической закарстованности и засоренности массива ПИ от проектной предложено ввести в расчетные формулы поправочные коэффициенты «несоответствия», предусматривающие приведение проектных значений к ожидаемым при эксплуатации:

- коэффициент «несоответствия» для закарстованности:

$$k_{зк} = \frac{K_{зк} \pm \Delta K_{зк}}{K_{зк}} = \frac{K_{кф}}{K_{зк}}, \quad (4)$$

- коэффициент «несоответствия» для заглинизованности:

$$k_{зп} = \frac{K_{зп} \pm \Delta K_{зп}}{K_{зп}} = \frac{K_{зф}}{K_{зп}}, \quad (5)$$

где $K_{зк}$ — закарстованность участка отработки, установленная по данным детальной разведки (проекта), %; $\Delta K_{зк}$ — прирост (убыль) закарстованности известняка для выемочного участка по итогам ее отработки, %; $K_{кф}$ — фактическая закарстованность выемочного участка (определяется на этапе начала эксплуатации обрабатываемой выемочной единицы на основе геолого-маркшейдерской информации), %. $\Delta K_{зп}$ — прирост (убыль) засоренности известняка для выемочного участка по итогам ее отработки, %; $K_{зф}$ — фактическая засоренность выемочного участка, %.

Коэффициенты $k_{зк}$ и $k_{зг}$ определяются для каждого выемочного участка отдельно.

Потери известняка приуроченного к добычному участку в зоне ПВСГ можно записать в следующем виде:

$$K_{из} = 1 - \frac{K_{гл}}{100}, \quad (6)$$

где $K_{из}$ — теряемый известняк, приуроченный к участкам зон дробления «заглинизованного» известняка (зон ПВСГ), %;

$K_{гл}$ — количество глины в границах зоны ПВСГ, (определяется на основании опыта разработки месторождения) %.

Балансовые запасы (B_b) в границах обрабатываемого участка с учетом несоответствия проектной закарстованности ее фактической величине определяются из следующего выражения:

$$B_b = V_{пр} - V_{пр} \frac{K_{зк}}{100} k_{зк} = V_{пр} - V_k, \quad (7)$$

где $V_{пр}$ — объем продуктивной толщи в границах участка отработки, м³; V_k — объем карста (глины) в границах участка отработки, м³; $k_{зк}$ — коэффициент «несоответствия» проектной и фактической закарстованности участка отработки, дол. ед.

Потери, возникающие при приведении добычных работ фронтальным забоем в приконтактных зонах известняка с засоряющими породами и некондиционным известняком с крутыми контактами «известняк-ПВСГ» («треугольники» потерь, рис. 3), рекомендуется определять следующими образом:

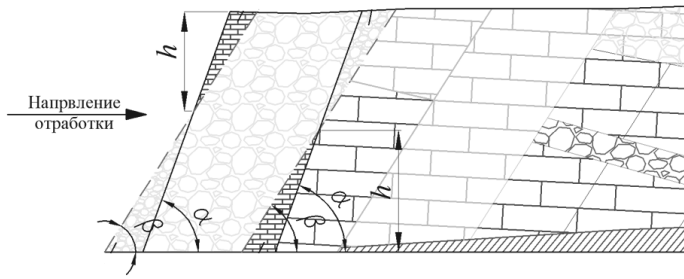
- коэффициент потерь:

$$K_{пз} = \left[\frac{h_n^2 \sin \delta L_k \gamma_n}{2 B_b \gamma_n \sin \beta \sin \alpha} \right] 100, \quad (8)$$

- потери при отработке приконтактных зон с засоряющими породами и некондиционным известняком определяются формулой:

$$П_{пз} = \left(\frac{K_{пз}}{100} \right) B_b \gamma_n, \quad (9)$$

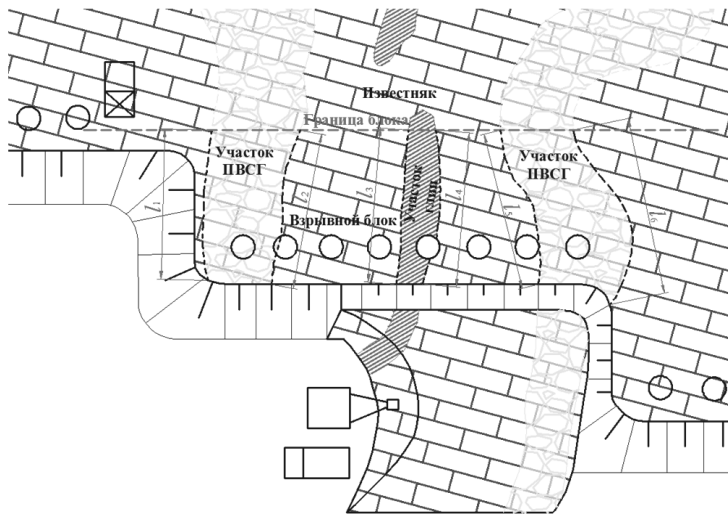
где $K_{пз}$ — коэффициент количественных потерь при разработке известняка в приконтактной зоне «известняк-ПВСГ», %; h_n — высота «треугольника» теряемого известняка, м; β — угол падения залежи, град; α — угол откоса рабочего уступа, град; L_k — длина всех погашаемых контактов известняка с засоряющими породами в границах обрабатываемого



- — — — — контур выемки;
- - - - - контур тела полезного ископаемого (известняка)

Рис. 3. Схема к расчету потерь известняка при разработке приконтактных зон с четкими плоскими контактами

Fig. 3. Scheme for calculating limestone losses in the development of contact zones with clear flat contacts



- - - - - контакт засоряющих пород с известняком в границах участка отработки;
- ↔ — — — — — длина контакт засоряющих пород с известняком

Рис. 4. Схема к определению длины контактов в границах обрабатываемого участка (взрывного блока)

Fig. 4. Scheme for determining the length of contacts within the boundaries of the working area (explosive block)

участка (блока), м; δ — угол, который при $\beta > \alpha$ равен $(\beta - \alpha)$, при $\alpha > \beta$ равен $(\alpha - \beta)$ и при несогласном падении контакта рудного тела с линией откоса уступа — $(\beta + \alpha)$, град.

Длина контакта L_k «известняк-ПВСГ (карст)» определяется с плана отра-

батываемого участка как сумма длин контактов различных зон засоряющих пород (ПВСГ) с известняком в границах участка (блока), т. е. $L_k = l_1 + l_2 + l_3 + l_{n-1} \dots + l_n$. Схема к определению длины погашаемых контактов в границах обрабатываемого участка представлена на рис. 4.

С учетом вышеизложенного выражение для определения потерь известняка при обработке участков с засоряющими породами $\Pi_{зп}$ будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \Pi_{зп} = & \left[\left(V_{пр} - V_{пр} \frac{K_{зк}}{100} k_{зк} \right) \gamma_{п} \right] \times \\ & \times \left(\frac{K_{зп}}{100} k_{зп} \right) \left(1 - \frac{K_{гл}}{100} \right) + \\ & + \Pi_{пз} = (B_{в} \gamma_{п}) \left(\frac{K_{зп}}{100} k_{зп} \right) \times \\ & \times \left(1 - \frac{K_{гл}}{100} \right) + \left(\frac{K_{пз}}{100} \right) B_{в} \gamma_{п}. \end{aligned} \quad (10)$$

Необходимо также учитывать потери, образующиеся в процессе производства БВР и при транспортных работах:

$$\Pi_{то} = \left(\frac{0,25 B_{в}}{100} + \frac{0,3 B_{в}}{100} \right) \gamma_{п}, \quad (11)$$

где 0,25 и 0,3 – потери, возникающие соответственно при производстве БВР и транспортировании известняка (приняты по рекомендациям «Общесоюзных норм технологического проектирования предприятий нерудных строительных материалов»), %.

Потери известняка при зачистке кровли от покрывающих пород в границах обрабатываемого участка (блока) определяются по формуле:

$$\begin{aligned} \Pi_{зк} = & \left(L_{в} \left(m_{рт} - \left(\frac{K_{гл}}{100} \sum_{i=1}^n m_{bi} \right) \right) \right) \times \\ & \times h_{ст} \gamma_{п} = S_{в} h_{ст} \gamma_{п}, \end{aligned} \quad (12)$$

где $h_{ст}$ – средняя высота слоя теряемого известняка (зависит от типа, модели применяемого при зачистке механизма), м; $L_{в}$ – средняя ширина зачищаемого тела полезного ископаемого в границах обрабатываемого участка (блока). Может быть определена как равная ширине рабочей площадки горизонта

или взрывного блока $L_{в} \approx \Pi_{рп} \approx \Pi_{б}$, м; $m_{рт}$ – средняя мощность зачищаемого тела полезного ископаемого (известняка) в границах обрабатываемого участка (блока). Может быть определена как равная длине рабочей площадки горизонта или взрывного блока $m_{рт} \approx L_{рп} \approx L_{б}$, м; m_{bi} – мощность i -го включения засоряющих пород (зон ПВСГ) в границах обрабатываемого участка (блока) попадающего в срезаемый слой $h_{ст}$, м; n – число засоряющих включений, ед.; $K_{гл}$ – количество глины в границах зоны ПВСГ, %; $S_{в}$ – площадь зачистки, м².

Схема к определению исходных данных для расчета потерь известняка при зачистке кровли полезной толщи в границах взрывного блока (участка) представлена на рис. 5.

Коэффициент потерь ПИ обрабатываемого участка:

$$K_{п} = \left[\frac{\Pi}{B_{в} \gamma_{п}} \right] 100, \quad (13)$$

где Π – суммарные потери известняка по выемочной единице, т; $B_{в}$ – балансовые запасы в границах выемочной единицы, т; $\gamma_{п}$ – среднее значение объемного веса известняка, т/м³.

Полученные таким образом расчетные показатели могут быть использованы при составлении сводных балансовых отчетных материалов по учету количественных и качественных потерь добываемого известняка на Чаньвинском карьере.

Выводы

Для месторождений со сложными горно-геологическими условиями разработки и повышенным засорением массива ПИ сопутствующими породами в виде пропластков и карстовых зон, отличающихся небольшой глубиной обработки и объемом добычи ПИ, более доступным

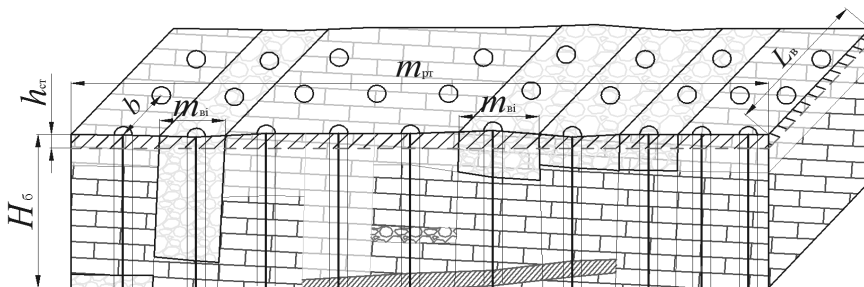


Рис. 5. Схема к определению параметров залегания геологических тел в границах взрывного блока

Fig. 5. Scheme for determining the parameters of the occurrence of geological bodies within the boundaries of the explosive block

в производственных условиях является прямой метод расчетов потерь при добыче. Прямой метод, основанный на непосредственных измерениях в натуральных условиях или по маркшейдерским планам и разрезам установленных контуров потерянного полезного ископаемого (ПИ) при отработке зон с нечеткими контактами ПИ и засоряющих пород, является наиболее достоверным.


Для повышения достоверности контроля и анализа потерь рекомендуется соответствующим службам предприятия (геологической, маркшейдерской, лаборатории хим. анализов, ОТК и др.) организовать систематический учет фактических исходных данных для расчетов потерь. Необходимо накапливать статистическую информацию об объемах потерь и разубоживания ПИ, длине контактов ПИ — глина (карст), ПВСГ, которая позволит определить (и постоянно уточнять) погрешность вычислений (измерений) для каждой выемочной единицы и более точно планировать потери ПИ [9–16].

Основные исходные данные для расчетов потерь полезного ископаемого прямым методом: погашенные балансовые запасы в пределах выемочной единицы (карьера, уступа, горизонта,

геологического блока подсчета запасов); количество добытого ПИ; длина контактов известняк — глина (карст) в пределах выемочной единицы. Указанные данные также необходимы для корректировки расчетов потерь и учета несоответствия фактической засоренности массива ПИ от проектной.

Совершенствование прямого метода учета потерь ПИ заключается в использовании в расчетах поправочных коэффициентов «несоответствия» фактических и заложенных в проектах данных, приведение с их помощью проектных значений к ожидаемым при эксплуатации, что позволяет повысить достоверность расчетных потерь ПИ и объективность их списания с баланса предприятия. Одним из рекомендуемых методов оперативного и эффективного изучения участков месторождения с закарстованными зонами является геофизическое картирование (электрометрия и др.) массива ПИ, предназначенного к отработке. Этот метод позволяет своевременно обнаружить участки с повышенным засорением и предварительно оценить площадь и длину контактов ПИ — глина (карст), ПВСГ для учета потерь и планирования горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федотова Н.В., Щербакова Л.М. Изучение практике нормирования потерь и разубоживания // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2010. — № 6 (46). — С. 95–98.
2. Голцк В.И., Камашенко В.И., Страданченко С.Г. Влияние потерь и разубоживания на показатели эксплуатации месторождения // Маркшейдерия и недропользование. — 2011. — № 5 (55). — С. 17–20.
3. Мечиков О.С. Управление потерями и разубоживанием в сложноструктурных приконтактных зонах рудных залежей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2011. — № 9. — С. 52–57.
4. Шеховцов В.С., Шеховцова В.О. Методика расчета проектных потерь и разубоживания руды при отработке слепых залежей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2012. — № 9. — С. 329–332.
5. Фомин С.И., Кава П.Б., Мариние М.А. Анализ горно-геологических условий карьера и формирование выемочной единицы при определении нормативных потерь и разубоживания руды // Записки Горного института. — 2014. — Т. 207. — С. 74–77.
6. Фомин С.И., Чан Динб Бао. Оптимизация потерь и разубоживания руды при открытой разработке сложноструктурных карбонатных месторождений // Маркшейдерия и недропользование. — 2016. — № 2 (82). — С. 58–60.
7. Лапшин Н.С. Пути снижения потерь и разубоживания руды при открытой разработке рудных тел // Новая наука: Стратегии и векторы развития. — 2016. — № 6–1 (88). — С. 31–34.
8. Кушнарев П.И. Скрытые потери и разубоживание. — Золото и технологии. — 2017. — № 3 (37). — С. 82–87.
9. Курчин Г.С., Ананенко К.Е., Прокопьев И.В., Кирсанов А.Н. Методические основы нормирования потерь и разубоживания при добыче с учетом влияния на технологические показатели при обогащении // Маркшейдерия и недропользование. — 2017. — № 6 (92). — С. 55–59.
10. Баракаева И.Д. Совершенствование методов оценки разубоживания руд: Дис. ... канд. техн. наук. — Якутск.: Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН, 2011. — 160 с.
11. Кава П.Б. Обоснование оптимальных потерь полезных ископаемых в контактных зонах рудных тел при проектировании открытой разработки сложноструктурных месторождений: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — СПб.: Национальный минерально-сырьевой ун-т «Горный», 2013. — 20 с.
12. Hyongdoo J. Decision support system of unplanned dilution and ore-loss in underground stoping operations using a neurofuzzy system // Journal Applied Soft Computing archive, 2015, Vol. 32, Iss. C, pp. 1–12.
13. Frank U. Multi-perspective enterprise modeling: foundational concepts, prospects and future research challenges // Software & Systems Modeling, 2014, Vol. 13, N 3, pp. 941–962.
14. Matthews T. Impoverishment and ore loss projections: Strategies and considerations // SME Annual Conference and Expo and CMA 117th National Western Mining Conference. Mining: Navigating the Global Waters: Denver., United States., 2015. — pp. 529–532.
15. Oy Leuangthong, K. Daniel Khan, Clayton V. Deutsch Solved Problems in Geostatistics., Wiley, 2008. — 208 p.
16. Shatov A.A. Potential Utilizations of Soda Production Wastes / A.A. Shatov, M.A. Dryamina, R.N. Badertdinov.- Chemistry for Sustainable Development, 2004. — № 12. — 565–571 p. 

REFERENCES

1. Fedotova N.V., SHCHerbakova L.M. Study of the practice of rationing of losses and dilution. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2010. no 6 (46). pp. 95–98. [In Russ]
2. Golik V.I., Kamashchenko V.I., Stradanchenko S.G. Impact of losses and depletion on the performance of the field. *Markshejderiya i nedropol'zovanie*. 2011. no 5 (55). pp. 17–20. [In Russ]
3. Mechikov O.S. Management of losses and dilution in complex structural contact zones of ore deposits. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2011. no 9. pp. 52–57. [In Russ]
4. SHekhovcov V.S., SHekhovcova V.O. Method of calculation of design losses and ore separation at working off of blind deposits. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2012. no 9. pp. 329–332. [In Russ]
5. Fomin S.I., Kava P.B., Marinie M.A. Analysis of mining and geological conditions of the quarry and the formation of the dredging unit in determining the normative losses and dilution of ore. *Zapiski Gornogo instituta*. 2014. T. 207. pp. 74–77. [In Russ]
6. Fomin. S.I., CHan Dinb Bao. Optimization of ore loss and dilution in open-pit development of complex carbonate deposits. *Markshejderiya i nedropol'zovanie*. 2016. no 2 (82). pp. 58–60. [In Russ]
7. Lapshin N.S. Ways to reduce losses and dilution of ore in the open development of ore bodies. *Novaya nauka: Strategii i vektory razvitiya*. 2016. no 6 – 1 (88). pp. 31–34. [In Russ]
8. Kushnarev P.I. Hidden losses and dilution. *Zoloto i tekhnologii*. 2017. no 3 (37). pp. 82–87. [In Russ]
9. Kurchin G.S., Ananenko K.E., Prokop'ev I.V., Kirsanov A.N. Methodical bases of rationing of losses and dilution at production taking into account influence on technical and logical indicators at enrichment. *Markshejderiya i nedropol'zovanie*. 2017. no 6 (92). pp. 55–59. [In Russ]
10. Barakaeva I.D. *Sovershenstvovanie metodov ocenki razubozhivaniya rud* [Improvement of methods of ore dilution estimation]: Dis. ... kand. tekhn. nauk. Yakutsk.: Institut gornogo dela Severa im. N.V. CHerskogo SO RAN, 2011. 160 p. [In Russ]
11. Kava P.B. *Obosnovanie optimal'nyh poter' poleznyh iskopaemyh v kontaktnyh zonah rudnyh tel pri proektirovanii otkrytoj razrabotki slozhnostrukturnykh mestorozhdenij* [Substantiation of optimal losses of minerals in the con-tact zones of ore bodies in the design of open-pit development of complex deposits]: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Saint-Petersburg: Nacional'nyj mineral'no-syr'evoy un-t «Gornyj», 2013. 20 p. [In Russ]
12. Hyongdoo J. Decision support system of unplanned dilution and ore-loss in underground stoping operations using a neurofuzzy system. *Journal Applied Soft Computing archive*, 2015, Vol. 32, Iss. C, pp. 1–12.
13. Frank U. Multi-perspective enterprise modeling: foundational concepts, prospects and future research challenges. *Software & Systems Modeling*, 2014, Vol. 13, N 3, pp. 941 – 962.
14. Matthews T. Impoverishment and ore loss projections: Strategies and considerations. SME Annual Conference and Expo and CMA 117th National Western Mining Conference. *Mining: Navigating the Global Waters: Denver., United States., 2015. pp. 529–532.* [In Russ]
15. Oy Leuangthong, K. Daniel Khan, Clayton V. *Deutsch Solved Problems in Geostatistics.*, Wiley, 2008. 208 p.
16. Shatov A.A. Potential Utilizations of Soda Production Wastes / A.A. Shatov, M.A. Dryamina, R.N. Badertdinov. *Chemistry for Sustainable Development*, 2004. no 12. 565–571 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кантемиров Валерий Данилович¹ – канд. техн. наук, заведующий сектором управления качеством минерального сырья, e-mail: ukrkant@mail.ru,

*Титов Роман Сергеевич*¹ – старший научный сотрудник сектора управления качеством минерального сырья, e-mail: ukrigd15@mail.ru,

*Яковлев Андрей Михайлович*¹ – старший научный сотрудник сектора управления качеством минерального сырья, e-mail: krissy-puh@yandex.ru,

*Тимохин Александр Владимирович*¹ – научный сотрудник сектора управления качеством минерального сырья, e-mail: timohin.igduran.geo@mail.ru,

¹ Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН), 620075 г. Екатеринбург, ГСП-219, Мамина-Сибиряка 58.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

*Kantemirov V.D.*¹, Cand. Sci. (Eng.), head of the sector of quality management of mineral raw materials, e-mail: ukrkant@mail.ru,

*Titov R.S.*¹, senior researcher of the sector of mineral raw material quality management, e-mail: ukrigd15@mail.ru,

*Yakovlev A.M.*¹, senior researcher of the sector of mineral raw material quality management, e-mail: krissy-puh@yandex.ru,

*Timokhin A.V.*¹, researcher of the sector of quality management of mineral raw materials, e-mail: timohin.igduran.geo@mail.ru,

¹ The Institute of Mining of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, 620075, Ekaterinburg, Russia.

Получена редакцией 21.11.2019; получена после рецензии 10.03.2020; принята к печати 20.03.2020.

Received by the editors 21.11.2019; received after the review 10.03.2020; accepted for printing 20.03.2020.

