

ОЦЕНКА СВЕРХНОРМАТИВНЫХ ПОТЕРЬ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ ИЗВЕСТНЯКОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*В. Д. Кантемиров, Р. С. Титов, А. М. Яковлев,
Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

Аннотация: Изложены методологические положения по оценке сверхнормативных 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 геологической 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, загрязнение известняка до значений, превышающих допустимые проектом, что приводит к потере балансовых запасов полезного ископаемого при выемке. Разработаны рекомендации по расчету уровня потерь при отработке сложных забоев, которые характеризуются перемежаемостью породы с продуктивной толщей известняка и карстовыми зонами.

Ключевые слова: разработка месторождений, известняк, эксплуатационные потери, засорение сырья, разубоживание, карстовые зоны, методика оценки потерь.

Благодарности, финансирование: Авторы выражают особую признательность и большую благодарность коллегам из лаборатории управления качеством минерального сырья ИГД УрО РАН, а также коллективу редакции «Маркшейдерия и недропользование» за поддержку и помощь в написании и оформлении статьи. Работа выполнена в рамках НИР, тема 1 «Методологические основы стратегии комплексного освоения запасов месторождений твердых полезных ископаемых в динамике развития горнотехнических систем» (FUWE-2022-0005), рег. № 1021062010531-8-1.5.1.

Для цитирования: Кантемиров В. Д., Титов Р. С., Яковлев А. М. Оценка сверхнормативных потерь полезного ископаемого на примере разработки известнякового месторождения // Маркшейдерия и недропользование. 2024. №3. С. 23-33. DOI: 10.56195/20793332_2024_3_23_33.

ESTIMATION OF EXCESS MINERAL LOSSES ON THE EXAMPLE OF LIMESTONE DEPOSIT DEVELOPMENT

*V. D. Kantemirov, R. S. Titov, A. M. Jakovlev,
Institute of Mining, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia*

Abstract: The article presents methodological provisions for the assessment of increased mineral losses during open-pit mining of deposits with difficult mining and geological conditions. As an example, the indicators of mineral losses during the development of the Kostanok site of the Chanvin deposit of limestones used for the production of caustic soda are given. The actual level of losses exceeding 30 % of the volume of extraction of raw materials has been established. The main reasons for the increased limestone losses compared to the level justified by the project are outlined. It was found that during the detailed exploration of the limestone massif, karst zones and areas with a high clay content, lying in the form of «veins» in areas of increased fracturing, were not identified. As a result, as a result of blasting, the exploding quarried, clogged areas with pure limestone are mixed, its contamination to values exceeding those allowed by the project, which leads to the loss of balance reserves of minerals during excavation. Recommendations are given for calculating the level of losses during the development of complex faces, which are characterized by the intermittency of rocks with productive limestone strata and karst zones.

Keywords: operational losses of minerals, clogging of raw materials, dilution, karst zones, loss assessment methodology.

Acknowledgments, Funding: The authors express special gratitude and great gratitude to their colleagues from the Laboratory of Mineral Raw Materials Quality Management of the IGD Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, as well as to the editorial staff of «Surveying and Subsoil Use», for their support and assistance in writing and formatting the article. Methodological foundations of the strategy of integrated development of reserves of solid mineral deposits in the dynamics of development of mining systems (FUWE-2022-0005), reg. №. 1021062010531-8-1.5.1.

For citation: Kantemirov V. D., Titov R. S., Jakovlev A. M. Estimation of excess mineral losses on the example of limestone deposit development Surveying and subsoil use. 2024;(3):23-33. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_3_23_33.

Одним из элементов стратегии рационального недропользования является сокращение потерь полезного ископаемого (ПИ) при его 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 сложноструктурных месторождений имеют место повышенные, сверхнормативные 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.

Цель исследований. Разработка методики оценки сверхнормативных потерь ПИ на примере отработки сложноструктурного месторождения известняков.

Объект исследований. Чаньвинское месторождение, Пермский край, АО «Березниковский содовый завод».

Чаньвинское месторождение характеризуется следующими 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 %. По качественным параметрам известняк пригоден для производства соды, извести, известняковой муки и строительного щебня. Месторождение эксплуатируется открытым способом.

Особенностью месторождения является его повышенная закарстованность и широкое развитие глинистых образований. Карстовые формы открытого типа представлены конусовидными, чашеобразными и блюдцеобразными воронками. 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 химическому составу глина имеет силикатную основу и содержит более 59 % SiO_2 , более 20 % Al_2O_3 и до 8 % окислов же-

леза, а также 1,2 % TiO_2 . Таким образом, широкое развитие глинистых образований является главным фактором, осложняющим эксплуатацию месторождения.

Участки месторождения с присутствием глинистых образований названы зонами повышенного и высокого содержания глин (ПВСГ). При проведении детальной разведки и доразведки месторождения зоны ПВСГ не были выявлены. Отсутствие достоверной информации о зонах ПВСГ приводит к высокой, а на отдельных участках к крайне высокой степени засорения взорванной горной массы извлекаемого известняка глинистыми включениями. Поэтому фактические потери ПИ значительно превышают установленные проектом. Разработка этих участков приводит к потерям ПИ свыше 30 %.

В границах участка ведения добычных работ на месторождении 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;
- ✦ при зачистке кровли известняков от покрывающих рыхлых пород;
- ✦ в бортах и днище карьера при недоработке выклинивающихся частей продуктивной толщи известняка (проектные потери).

Обрабатываемые 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. 1).

Методы исследований

Эксплуатационные потери, возникающие при отработке карстовых участков, зон ПВСГ и приконтактных зон известняк — ПВСГ, рекомендуется объединить в одну группу потерь в зоне влияния участков засоряющих пород $\Pi_{\text{зн}}$ в границах выемочного участка (блока).

Тогда объем потерь для оцениваемого участка отработки (блока) можно представить в виде

$$\Pi_{\text{об}} = \Pi_{\text{зн}} + \Pi_{\text{мо}} + \Pi_{\text{зк}}, \quad (1)$$

где $\Pi_{\text{зн}}$ — потери известняка, образующиеся при отработке зон ПВСГ, карста и некондиционного известняка, т; $\Pi_{\text{мо}}$ — потери, образующиеся при производстве технологических операций БВР и транспортирования, т; $\Pi_{\text{зк}}$ — потери, образующиеся при зачистке кровли известняка от покрывающих пород, т. Потери известняка, образующиеся при отработке зон засоряющих пород (глин), определяются по следующей формуле, т:

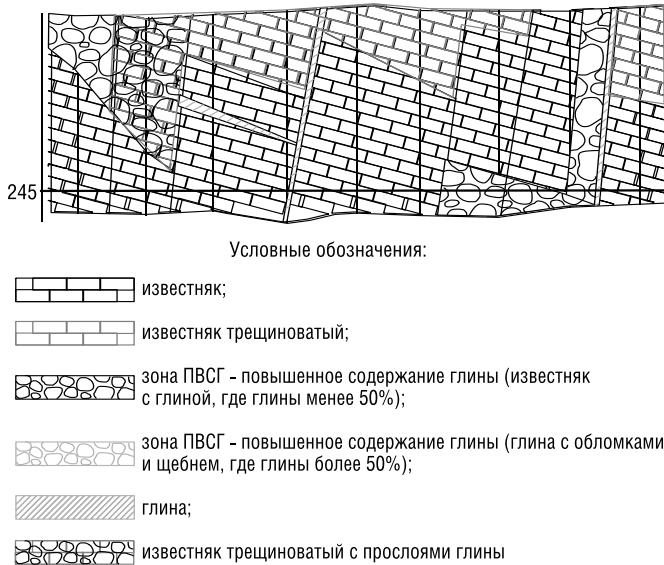


Рис. 1. Характерное геологическое строение взрывного блока в карьере Чаньвинского месторождения

Fig. 1. The characteristic geological structure of the explosive block in the quarry of the Chanvinskoye field

$$\Pi_{\text{из}} = \left[\left(\frac{K_{\text{из}}}{100} \times \frac{K_r}{100} \right) \times B_{\text{в}} \gamma_{\text{и}} \right] + Q_{\text{п}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{из}}$ — теряемый известняк, приуроченный к участкам зон ПВСГ, дробленного «заглинизированного» известняка, %; K_r — засоренность выемочного участка глинистыми породами зон ПВСГ и некондиционным известняком по данным детальной разведки (проекта), %; $B_{\text{в}}$ — погашаемые балансовые запасы известняка в границах обрабатываемого участка (блока), м³; $\gamma_{\text{и}}$ — среднее значение объемного веса известняка (установлено проектом 2,54 т/м³), т/м³; $Q_{\text{п}}$ — потери при отработке приконтактных зон с засоряющими породами и некондиционным известняком, известняк — ПВСГ, т.

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

$$K_{\text{из}} = \left(\frac{\Pi_{\text{из}}}{B_{\text{в}}} K_r \right) 100 = 1 - \frac{Q_{\text{п}}}{100}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{п}}$ — количество глины в границах зоны ПВСГ (определяется на основании опыта разработки месторождения), %.

Балансовые запасы $B_{\text{в}}$ в границах обрабатываемого участка с учетом несоответствия проектной закарстованности ее фактической величине определяются из следующего выражения, т:

$$B_{\text{в}} = V_{\text{т}} - V_{\text{к}} = V_{\text{т}} - \left(V_{\text{т}} \frac{K_3}{100} k_3 \right), \quad (4)$$

где $V_{\text{т}}$ — объем продуктивной толщи в границах участка отработки, м³; $V_{\text{к}}$ — объем карста (глины) в границах участка отработки, м³; K_3 — закарстованность участка отработки, установленная по данным детальной разведки (проекта), %; k_3 — коэффициент учета закарстованности участка отработки, дол. ед.

Для учета имеющегося расхождения фактической закарстованности и засоренности массива ПИ от проектной предложено ввести в расчетные формулы поправочные коэффициенты, предусматривающие приведение проектных значений к эксплуатационным:

♦ коэффициент учета закарстованности (k_3):

$$k_3 = \frac{K_3 \pm \Delta K_3}{K_3} = \frac{K_{\text{фз}}}{K_3}, \quad (5)$$

♦ коэффициент учета заглинизованности (k_2):

$$k_r = \frac{K_r \pm \Delta K_r}{K_r} = \frac{K_{\text{фг}}}{K_r}, \quad (6)$$

где ΔK_3 — прирост (убыль) закарстованности известняка для выемочного участка по итогам ее отработки, %; $K_{\text{фз}}$ — фактическая закарстованность выемочного участка, %; ΔK_r — прирост (убыль) засоренности известняка глинистыми породами для выемочного участка по итогам ее отработки, %; $K_{\text{фг}}$ — фактическая засоренность выемочного участка глинистыми породами, %.

Коэффициенты k_3 и k_2 определяются для каждого выемочного участка отдельно.

Потери, возникающие при добычных работах фронтальным забоем в приконтактных зонах известняка с засоряющими породами и некондиционным известняком с крутыми контактами известняк — ПВСГ («треугольники» потерь, рис. 2), рекомендуется определять следующими образом:

♦ потери при отработке приконтактных зон с засоряющими породами и некондиционным известняком определяются формулой, т:

$$Q_{\text{п}} = \left(\frac{K_{\text{из}}}{100} \right) B_{\text{в}} \gamma_{\text{и}}, \quad (7)$$

♦ коэффициент количественных потерь при разработке известняка в приконтактной зоне известняк — ПВСГ определяется формулой, %:

$$K_{\text{из}} = \left[\frac{h^2 \sin \delta L_{\text{к}} \gamma_{\text{и}}}{2 B_{\text{в}} \gamma_{\text{и}} \sin \beta \sin \alpha} \right] 100, \quad (8)$$

где h — высота «треугольника» теряемого известняка, м; α — угол падения залежи, град; β — угол откоса рабочего уступа, град; $L_{\text{к}}$ — длина всех погашаемых контактов известняка с засоряющими породами в границах обрабатываемого 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.

С учетом вышеизложенного выражение для определения потерь известняка при отработке участков с засоряющими породами ПЗп будет иметь следующий вид, т:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{из}} = & \left(1 - \frac{Q_{\text{п}}}{100} \right) \left(\frac{K_r}{100} k_r \right) \left[\left(V_{\text{т}} - V_{\text{т}} \frac{K_3}{100} k_3 \right) \gamma_{\text{и}} \right] + \\ & + Q_{\text{п}} = B_{\text{в}} \gamma_{\text{и}} \left[\left(1 - \frac{Q_{\text{п}}}{100} \right) \left(\frac{K_r}{100} k_r \right) + \left(\frac{K_{\text{из}}}{100} \right) \right], \end{aligned} \quad (9)$$



Рис. 2. Схема к расчету потерь известняка при разработке приконтактных зон с четкими плоскими контактами

Fig. 2. A scheme for calculating limestone losses in the development of contact zones with clear flat contacts

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

$$\Pi_{то} = \left(\frac{0,25B_b}{100} + \frac{0,3B_b}{100} \right) \gamma_n, \quad (10)$$

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

$$\Pi_{зк} = \left[L_b \left(m_{pm} - \left(\frac{Q_z}{100} \sum_{i=1}^n m_{gi} \right) \right) \right] h_{cm} \gamma_n = S_z h_{cm} \gamma_n, \quad (11)$$

где h_{cm} – средняя высота слоя теряемого известняка (зависит от типа, модели применяемого при зачистке механизма), м; L_b – средняя ширина зачищаемого тела полезного ископаемого в границах обрабатываемого участка (блока), м; m_{pm} – средняя мощность зачищаемого тела полезного ископаемого (известняка) в границах обрабатываемого участка (блока), м; m_{gi} – мощность i -го включения засоряющих пород (зон ПВСГ) в границах обрабатываемого участка (блока), попадающего в срезаемый слой h_{cm} , м; n – число засоряющих включений, ед.; Q_z – количество глины в границах зоны ПВСГ, %; S_z – площадь зачистки, м².

Схема к определению исходных данных для расчета потерь известняка при зачистке кровли полезной толщи в границах взрывного блока (участка) представлена на рисунке 3.

Коэффициент потерь ПИ обрабатываемого участка:

$$K_{\pi} = \left[\frac{\Pi_{об}}{B_b \gamma_n} \right] 100, \quad (12)$$

где $\Pi_{об}$ – суммарные потери известняка по выемочной единице, т; B_b – балансовые запасы в границах выемочной единицы, т; γ_n – 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.

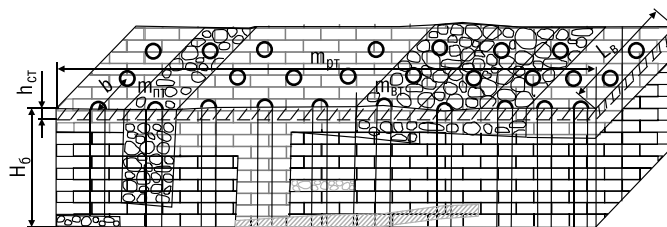


Рис. 3. Схема к определению параметров залегания геологических тел в границах взрывного блока

Fig. 3. A scheme for determining the parameters of the occurrence of geological bodies within the boundaries of the explosive block

Результаты исследований

Расчет потерь известняка производился за определенный период для каждого подготовленного к отработке за период блока (I квартал 2021 года – в примере на рис. 4). Расчет производился по разработанному алгоритму (формулы 1-12).

Результаты расчета потерь за I квартал 2021 года представлены в таблице 1 и на рисунке 4.

Таблица 1 / Table 1

Расчетные потери известняка по взрывным блокам на Чаньвинском карьере за I квартал 2021 года
Estimated limestone losses from explosive blocks at the Chanvin quarry for the first quarter of 2021

№ nn / Item no	№ блока / Block number	Потери, тыс. т / Losses, thousand tons	Коэффициент потерь, K_{π} / Loss coefficient, K_p	Объем продуктивной толщи в границах блока, тыс. т / The volume of productive thickness within the boundaries of the block, thousand tons	Объем засоряющих пород (ПВСГ - глина) в блоке, тыс. т (PVSg - clay) in the block, thousand tons
1	1644-1647	12,81	14,7	91,4	4,19
2	1672	27,28	53,9	60,6	10,53
3	1698	1,83	9,1	20,3	0,33
4	1704	22,86	22,3	105,5	3,28
5	1705	16,02	55,9	30,5	1,98
6	1709	7,12	24,6	29,1	0,37
7	1710	3,64	8,0	45,7	0,36
8	1711	8,43	20,8	40,6	0,33
9	1715	5,12	22,9	22,9	0,45
10	1717	8,32	32,0	26,2	0,14
11	1718	1,75	9,4	19,1	0,38
12	1721	2,98	11,5	26,7	0,65
По серии блоков / By a series of blocks		118,16	23,8	518,5	22,99

Заключение

Для сложноструктурных месторождений со сложными горно-геологическими условиями разработки и повышенным засорением массива ПИ сопутствующими породами в виде пропластков и карстовых зон, отличающихся неболь-

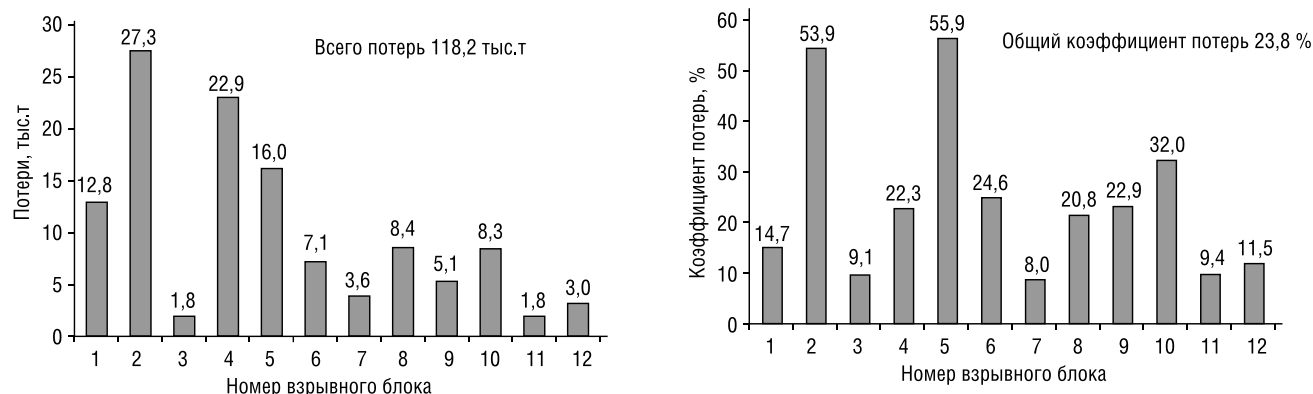


Рис. 4. Гистограмма изменения объемов потерь и коэффициента потерь известняка по взрывным блокам. Номера взрывных блоков: 1 - № блока 1644-1647; 2 - 1672; 3 - 1698; 4 - 1704; 5 - 1705; 6 - 1709; 7 - 1710; 8 - 1711; 9 - 1715; 10 - 1717; 11 - 1718; 12 - 1721

Fig. 4. Histogram of the change in the volume of losses and the coefficient of limestone losses by explosive blocks. Explosive block numbers: 1 - Block number 1644-1647; 2 - 1672; 3 - 1698; 4 - 1704; 5 - 1705; 6 - 1709; 7 - 1710; 8 - 1711; 9 - 1715; 10 - 1717; 11 - 1718; 12 - 1721

шой глубиной обработки и объемом добычи ПИ, является прямой метод расчетов потерь.

Прямой метод, основанный на непосредственных измерениях в натуре или по маркшейдерским планам и разрезам установленных контуров потеряннного ПИ при обработке зон с нечеткими контактами ПИ и засоряющих пород, является наиболее эффективным, но в большинстве случаев трудно-реализуемым.

Одним из современных методов оперативного и эффективного изучения участков месторождения с закарстованными зонами является геофизическое картирование (электрометрия и др.) массива ПИ, предназначенного к обработке, в комплексе с геоинформационными технологиями (ГИС). 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. Координаты и объемно-качественные характеристики обнаруженных засоренных участков заносятся в компьютерную базу данных соответствующих программных комплексов ГИС (Surpac и др.), с помощью которых моделируются зоны ПВСГ месторождения. На основе полученных моделей строятся планы и геологические разрезы обрабатываемого участка с контактами между зонами чистого и закарстованного ПИ (зоны

ПВСГ), далее по предложенной методике производится оценка потерь ПИ.

Для повышения достоверности контроля и анализа потерь на предприятии необходимо вести систематический учет фактических исходных данных, 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].

Представленные в статье методологические положения по оценке сверхнормативных потерь полезного ископаемого при открытой разработке месторождений со сложными горно-геологическими условиями позволяют объективно оценить и спрогнозировать уровень потерь при обработке сложных забоев.

Методические положения реализованы в проекте АО «Институт «УРАЛГИПРОРУДА» по обработке Костанокского участка Чаньвинского месторождения известняков при оценке потерь известняка на верхних горизонтах карьера.

Совершенствование методов оценки фактических потерь ПИ при разработке сложноструктурных месторождений способствует повышению достоверности расчетных проектных потерь и большей объективности при списании балансовых запасов. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотова, Н. В. Изучение практики нормирования потерь и разубоживания / Н. В. Федотов, Л. М. Щербакова // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2010. - № 6 (46). - С. 95-98.
2. Голик, В. И. Влияние потерь и разубоживания на показатели эксплуатации месторождения / В. И. Голик, В. И. Камашенко, С. Г. Страданченко // Маркшейдерия и недропользование. - 2011. - № 5 (55). - С. 17-20.
3. Мечиков, О. С. Управление потерями и разубоживанием в сложноструктурных приконтактных зонах рудных залежей / О. С. Мечиков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2011. - № 9. - С. 52-57.
4. Шеховцов, В. С. Методика расчета проектных потерь и разубоживания руды при обработке слепых залежей / В. С. Шеховцов, В. О. Шеховцова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2012. - № 9. - С. 329-332.
5. Фомин, С. И. Анализ горно-геологических условий карьера и формирование выемочной единицы при определении нормативных потерь и разубоживания руды / С. И. Фомин, П. Б. Кава, М. А. Мариние // Записки Горного института. - 2014. - Т. 207. - С. 74-77.
6. Фомин, С. И. Оптимизация потерь и разубоживания руды при открытой разработке сложноструктурных карбонатных месторождений / С. И. Фомин, Чан Динб Бао // Маркшейдерия и недропользование. - 2016. - № 2 (82). - С. 58-60.
7. Лапшин, Н. С. Пути снижения потерь и разубоживания руды при открытой разработке рудных тел / Н. С. Лапшин // Новая наука: Стратегии и векторы развития. - 2016. - № 6-1 (88). - С. 31-34.

8. Кушнарев, П. И. Скрытые потери и разубоживание / П. И. Кушнарев // Золото и технологии. - 2017. - № 3 (37). - С. 82-87.
9. Методические основы нормирования потерь и разубоживания при добыче с учетом влияния на технологические показатели при обогащении / Г. С. Курчин, К. Е. Ананенко, И. В. Прокопьев [и др.] // Маркшейдерия и недропользование. - 2017. - № 6 (92). - С. 55-59.
10. Баракаева, И. Д. Совершенствование методов оценки разубоживания руд: дис. ... канд. техн. наук / И. Д. Баракаева. - Якутск: Институт горного дела Севера им. Н. В. Черского СО РАН, 2011. - 160 с.
11. Квитка, В. В. Способ оптимальной отработки контактной зоны «руда - порода» / В. В. Квитка, С. И. Фомин, П. Б. Кава // Записки Горного института. - 2012. - Т. 197. - С. 165-168.
12. Hyongdoo, J. Decision support system of unplanned dilution and ore-loss in underground stoping operations using a neurofuzzy system / J. Hyongdoo // Journal Applied Soft Computing archive. - 2015. - Vol. 32. - P. 1-12.
13. Frank, U. Multi-perspective enterprise modeling: foundational concepts, prospects and future research challenges / U. Frank // Software & Systems Modeling. - 2014. - Vol. 13, № 3. - P. 941-962.
14. Matthews, T. Impoverishment and ore loss projections: Strategies and considerations / T. Matthews // SME Annual Conference and Expo and CMA 117th National Western Mining Conference. Mining: Navigating the Global Waters. - Denver., United States., 2015. - P. 529-532.
15. Leuangthong, O. Y. Deutsch Solved Problems in Geostatistics / O. Y. Leuangthong, K. D. Khan, V. Clayton. - 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. - Vol. 12. - P. 565-571.

REFERENCES

1. Fedotova NV., Shcherbakova LM. Study of the practice of rationing of losses and dilution. *Vestnik of Irkutsk state technical University*. 2010;6(46):95-98 (In Russ).
2. Golik VI, Kamashchenko VI, Stradanchenko SG. The Impact of losses and depletion on the performance of the field. *Surveying and subsoil use*. 2011;5(55):17-20 (In Russ).
3. Mechikov OS. Management of losses and dilution in complex structural contact zones of ore deposits. *Mining information and analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2011;(9):52-7 (In Russ).
4. Shekhovtsov VS, Shekhovtsova VO. Method of calculation of design losses and ore separation at working off of blind deposits. *Mining information and analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2012;(9):329-32 (In Russ).
5. Fomin SI, Kava PB, Marinie MA. 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. *Notes of the Mining Institute*. 2014;207:74-7 (In Russ).
6. Fomin SI, Chan Dingb Bao. Optimization of ore loss and dilution in open-pit development of complex carbonate deposits. *Surveying and subsoil use*. 2016;2(82):58-60 (In Russ).
7. Lapshin NS. Ways to reduce losses and dilution of ore in the open development of ore bodies. *New science: Strategies and vectors of development*. 2016;6-1(88):31-4 (In Russ).
8. Kushnarev PI. Hidden losses and dilution. *Gold and technology*. 2017;3(37):82-7 (In Russ).
9. Kurchin GS, Ananenko KE, Prokopyev IV, et al. Methodical bases of rationing of losses and dilution at production taking into account influence on technical and logical indicators at enrichment. *surveying and subsoil use*. 2017;6(92):55-9 (In Russ).
10. Barakaeva ID. Improvement of methods of ore dilution estimation. Yakutsk.: Institute of mining of the North. N. V. Chersky SB RAS, 2011.
11. Kvitka VV, Fomin SI, Kava PB. The method of optimal working out of the contact zone «ore - rock». *Notes of the Mining Institute*. 2012;197:165-68 (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;32:1-12.
13. Frank U. Multi-perspective enterprise modeling: foundational concepts, prospects and future research challenges. *Software & Systems Modeling*. 2014;13(3):941-62.
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. 2015:529-32.
15. Leuangthong OY, Daniel Khan KD., Clayton V. Deutsch Solved Problems in Geostatistics. Wiley, 2008.
16. Shatov AA, Dryamina MA, Badertdinov RN. Potential Utilizations of Soda Production Wastes. *Chemistryfor Sustainable Development*. 2004;(12):565-71.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Кантемиров Валерий Данилович:
кандидат технических наук,
заведующий,
лаборатория управления качеством минерального сырья,
Институт горного дела УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия,
e-mail: ukrkant@mail.ru,
ORCID 0000-0001-6486-2740

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kantemirov Valery Danilovich:
Ph.D.,
Quality management laboratory chief,
Institute of Mining of Ural branch of RAS.
Yekaterinburg city, Russia,
e-mail: ukrkant@mail.ru,
ORCID 0000-0001-6486-2740



Титов Роман Сергеевич:
старший научный сотрудник,
лаборатория управления качеством минерального
сырья,
Институт горного дела УрО РАН.
г. Екатеринбург, Россия,
e-mail: ukr07@mail.ru,
ORCID 0000-0002-3569-2743

Titov Roman Sergeevich:
senior researcher,
Quality management laboratory, Institute of Mining
of Ural branch of RAS,
Yekaterinburg city, Russia,
e-mail: ukr07@mail.ru,
ORCID 0000-0002-3569-2743



Яковлев Андрей Михайлович:
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
лаборатория управления качеством минерального
сырья,
Институт горного дела УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия,
e-mail: quality@igduran.ru,
ORCID 0000-0001-8285-6387

Yakovlev Andrei Michailovich:
Ph.D.,
senior researcher,
Quality management laboratory,
Institute of Mining of Ural branch of RAS,
Yekaterinburg city, Russia,
e-mail: quality@igduran.ru,
ORCID 0000-0001-8285-6387

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.



ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Начало подготовки геологических кадров в городе Иркутске относится к 1919 году, когда был открыт кабинет геологии. Самостоятельно геологический факультет был открыт в 1949 г. Выпускники факультета работают в геологических организациях, вузах и академических институтах, выполняя обязанности начальников геологических управлений, главных геологов, начальников отделов, экспедиций и партий, директоров, руководителей секторов и лабораторий научно-исследовательских институтов. Студенты факультета имеют возможность посещать спортивные залы, участвовать в общественной жизни, заниматься искусством, принимать участие в конкурсах, олимпиадах, КВН, студенческих вечерах отдыха.

КАФЕДРЫ • динамической геологии

- полезных ископаемых
- геологии нефти и газа

ЛАБОРАТОРИИ • нефтегазопроисводческой геохимии

- геоинформационных технологий
- физики нефтяного и газового пласта
- учебная лаборатория бурения скважин
- камнерезная мастерская
- петрографический кабинет
- современных лабораторных методов исследований в динамической и инженерной геологии



Адрес: 664003, г. Иркутск, ул. К.Маркса, 1, Иркутский государственный университет Геологический факультет.
Приёмная комиссия: тел. (3952) 521-564, e-mail: masha-po2010@mail.ru

WWW.N-GN.RU