

УДК 622.274.5
DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-10-25-34

НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОТЕРЬ РАДИОАКТИВНЫХ РУД ПРИ ДОБЫЧЕ СЛОЕВЫМИ СИСТЕМАМИ С ЗАКЛАДКОЙ

RATIONING OF QUALITATIVE AND QUANTITATIVE LOSSES OF RADIOACTIVE ORES DURING MINING BY LAYERED SYSTEMS WITH A BOOKMARK

В. А. Овсейчук, Забайкальский государственный университет, г. Чита
Mks3115637@yandex.ru

V. Ovseychuk, Transbaikal State University, Chita



Повышение эффективности отработки месторождений полезных ископаемых является чрезвычайно актуальной проблемой. Достигается она путем снижения количественных и качественных потерь минерального сырья при добыче. Наиболее эффективными системами разработки являются системы слоевой выемки руд с заполнением выработанного пространства твердеющей закладкой. Это дает возможность максимально механизировать процесс добычи, что, в свою очередь, позволяет сделать систему гибкой и мобильной, меняя направление очистных выработок, их ширину и высоту в зависимости от меняющихся параметров рудных образований. Это дает возможность минимизировать засорение рудной массы пустой породой и значительно повысить полноту выемки руды. Для установления взаимосвязи между характеристиками рудных образований и габаритными размерами горно-шахтного оборудования проведены исследования, которые позволили определить условия применения различных типов оборудования для выемки полезного ископаемого с конкретными характеристиками m_{cp} – средняя мощность рудного тела; α – среднее содержание рудного компонента).

На основе исследований разработана методика расчета нормативных показателей потерь и разубоживания для условий отработки скального уранового орудинения слоевой системой сверху вниз с заполнением очистного пространства твердеющей закладкой.

Для определения расчетных показателей исследовано распределение в рудных телах классов мощности в зависимости от ее средней величины в рудном теле и распределение урана по классам концентрации от его среднего содержания в рудном теле. Критерием определения потерь при отбойке является кондиционный показатель – минимальный метропроцент, при котором может быть получена товарная руда

Ключевые слова: мощность рудного тела; содержание урана; метропроцент; разубоживание; потери неотбитых руд; потери отбитых руд; погругодоставочная машина; ширина выработки; прихват пустых пород; руда; пустая порода

Increasing the mining efficiency of mineral deposits is achieved by reducing the quantitative and qualitative losses of mineral raw materials during extraction. One of the most effective development systems from this point of view is the systems of layered excavation of ores with filling the developed space with a hardening bookmark. This makes it possible to mechanize the extraction process as much as possible, which in turn makes the system flexible and mobile, changing the direction of the treatment workings, their width and height, depending on the changing values of the ore parameters. This makes it possible to minimize the clogging of the ore mass with waste rock and significantly increase the completeness of ore extraction. To establish the relationship between the characteristics of ore formations and the overall dimensions of mining equipment, studies were conducted that allowed determining the conditions for the use of various types of equipment for the extraction of minerals with specific characteristics (m_{sr} is the capacity of the ore body, α_{sr} - is the average uranium content).

On the basis of these studies, a method has been developed for calculating the normative indicators of losses and dilution for the conditions of mining rock uranium mineralization by a layer system from top to bottom with

filling the cleaning space with a hardening bookmark. To determine the calculated indicators, the distribution of power classes in ore bodies depending on its average value in the ore body and the distribution of uranium by concentration classes from its average content in the ore body were studied. The criterion for determining the losses during the breakdown is the conditioned indicator – the minimum metric percentage at which commercial ore can be obtained

Key words: thickness of the ore body; uranium content; metro percent; dilution; losses of unbroken ores; losses of broken ores; loading machine; working width; stuck waste; ore; waste rock

Введение. В результате разведки и разработки запасов урановых месторождений Стрельцовского рудного поля получен значительный по объему фактический материал, характеризующий качество ведения добычных работ¹. Анализ и обобщение этого материала показали, что качественные и количественные потери при системе «Горизонтальные слои сверху вниз с твердеющей закладкой» зависят от параметров рудных тел (мощности и содержания урана) и от технических характеристик погрузочно-доставочных машин. Выведение зависимости между этими показателями дает возможность разработать методику нормирования потерь и разубоживания.

Актуальность темы исследования объясняется необходимостью минимизации качественных и количественных потерь при добыче скальных урановых руд, для чего необходим подбор [1] горно-шахтного оборудования, применение которого создаст необходимые условия для уменьшения потерь и разубоживания при отбойке руд.

Объект исследования – рудники по добыче скальных урановых руд.

Предмет исследования – технологические процессы очистной выемки урановых руд.

Цель исследования – разработка методики нормирования потерь и разубоживания для слоевых систем с твердеющей закладкой [2; 3; 6; 10].

Задачи исследования – установление взаимосвязей между геологическими, качественными характеристиками рудных тел и горно-техническими показателями горно-шахтного оборудования.

Методика исследования – сбор накопленной информации, математико-статистическая

ее обработка, установление взаимосвязей между показателями, разработка методики нормирования потерь и разубоживания.

Методы исследования – математико-статистический анализ, моделирование процессов очистной выемки рудных тел.

Проработка темы. Качественные потери. При отработке урановых руд системой «Горизонтальные слои сверху вниз с твердеющей закладкой» для уборки и транспортировки отбитой горно-рудной массы применяется самоходная техника (ПДМ) [1; 3]. Исходя из ширины ПДМ с расположением оператора на подножке, ширина нормативного очистного пространства (рис. 1а) может быть определена по формуле

$$m_0 = m_{\text{пдм}} + 0,5 + 0,7, \quad (1)$$

где $m_{\text{пдм}}$ – ширина ПДМ, м;

0,7; 0,5 – безопасный зазор соответственно между стенкой выработки и бортом ПДМ с подножкой (0,7 м) и с обратной стороны ПДМ (0,5 м).

Для ПДМ с центральным расположением оператора ширина очистной выработки определяется из выражения (рис. 1б).

$$m_0 = m_{\text{пдм}} + 2 * 0,5, \text{ м}, \quad (2)$$

Таким образом, разубоживание при отбойке, с учетом технических характеристик ПДМ, можно рассчитать по формуле

$$m_0 = \{ [m_{\text{пдм}} + 2 * 0,5(1,2)] - m_{\text{ср}} \} / [m_{\text{пдм}} + 2 * 0,5(1,2)] * 100, \%, \quad (3)$$

где $m_{\text{ср}}$ – средняя мощность рудного тела, м.

Нормативное разубоживание при отбойке с учетом требований к гамма-опробованию рудных тел можно также представить выражением

¹ Овсейчук В. А. Диссертация на соискание ученой степени д.т.н. «Формирование сырьевой базы уранодобывающего предприятия в условиях рыночной экономики», М. ВНИИПромтехнология, 1997 г.

$$P_o = (m_o - m_{cp}) / m_o * 100 = 0,4 / (m_{cp} + 0,4) * 100, \% \quad (4)$$

где m_o – ширина очистного пространства ($m_o = m_{cp} + 0,4$), м;

m_{cp} – средняя мощность рудного тела, м;

0,4 – нормативная величина прихвата разубоживающих пород по обе стороны рудного тела;

(0,2 м – минимальная мощность единичной точки гамма – опробования), м.

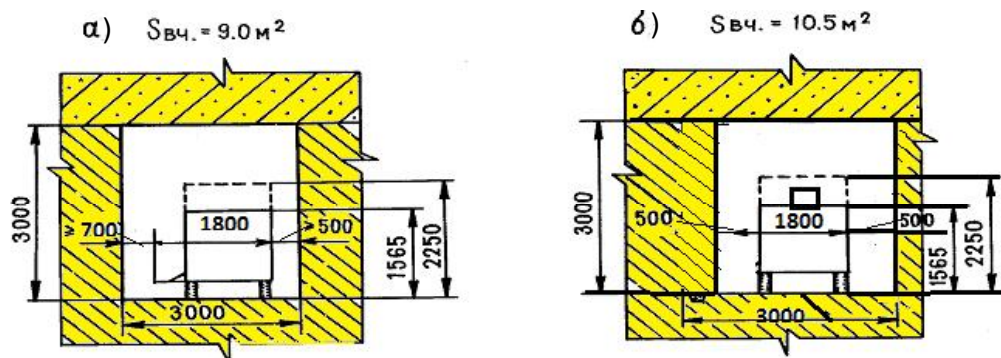


Рис. 1. Схема определения ширины очистной выработки: а) оператор на подножке ПДМ; б) оператор по центру ПДМ / Fig. 1. The scheme for determining the width of the treatment work: а) operator on the footboard of the PDM; б) operator in the center of the PDM

Приравняв правые части формул 3 и 4, получим выражение

$$\{[m_{ндм} + 2 * 0,5(1,2)] - m_{cp}\} / [m_{ндм} + 2 * 0,5(1,2)] * 100 = 0,4 / (m_{cp} + 0,4) * 100. \quad (5)$$

Решая данное равенство, получаем условие выбора габаритов ПДМ, позволяющее рассчитать нормативное разубоживание при отбойке одиночных крутопадающих рудных тел системой «Горизонтальные слои сверху вниз с твердеющей закладкой» (рис. 2а)

$$m_{ндм} \leq m_{cp} / 1(1,2) - 1, \text{ м.} \quad (6)$$

Данная методика расчета нормативного разубоживания при отбойке применима для крутопадающих рудных тел малой и средней мощности (до 4 м).

При отбойке рудных тел мощностью более 4 м разубоживание рассчитывается исходя из прирезки с каждой стороны рудного тела по 0,2 м по формуле

$$P_o = 0,4 / (m_{cp} + 0,4) * 100, \% \quad (7)$$

По результатам анализа фактических материалов по отработке мощных рудных образований выведена зависимость разубоживания при отбойке от их мощности

$$P_o = 0,873 / m_{cp} * 100, \% \quad (8)$$

При отработке мощных рудных тел, когда выемка осуществляется несколькими параллельными заходками, при проходке заходок второй очереди и более происходит прихват закладки [3; 5]. Установлено, что при соблюдении регламента приготовления закладочной смеси и ведения очистных работ прихват закладки не превышает 0,1 м (рис. 2б).

Относительное разубоживание закладкой можно определить из выражения

$$P_z = [0,1 * (n - 1)] / 3,5 * n * 100, \% \quad (9)$$

где n – количество параллельных заходок шириной 3,5 м

$$n = m_{cp} / 3,5.$$

Суммарная величина разубоживания (породой и закладкой) для мощных рудных образований выражается формулой

$$P = (1,5 * m_{cp} + 90) / m_{cp}, \% \quad (10)$$

Количественные потери при системе «Горизонтальные слои сверху вниз с твердеющей закладкой».

По сложности строения месторождения урана относятся к III и IV группам, что означает высокую изменчивость характеристик рудных образований. Слоевые системы разработки с твердеющей закладкой обладают высокой гибкостью, что дает возможность

отрабатывать запасы с минимальными потерями [3]. Доставка отбитой горно-рудной массы осуществляется самоходными погрузочно-доставочными машинами (ПДМ). При этом габаритные размеры машины (ширина, высота) играют определяющую роль в формировании поперечного сечения очистной выработки. При обработке маломощных рудных тел с невысоким содержанием урана

происходит разубоживание горно-рудной массы до качества ниже бортового содержания урана (0,030 %). Горно-рудная масса с таким содержанием полезного компонента на рудоконтрольных станциях (РКС) стволов шахт отбраковывается как некондиционная и отправляется в забалансовые отвалы, то есть уходит в потери [4].

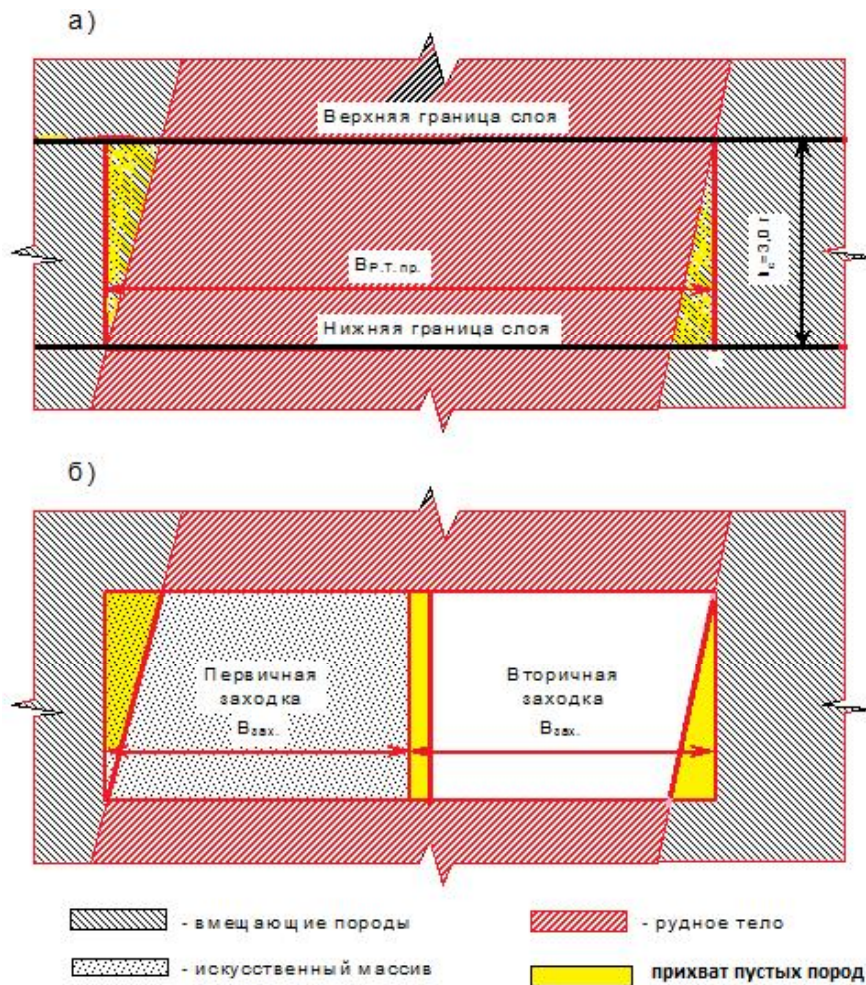


Рис 2. Схема формирования разубоживания при отбойке: а) при отбойке одиночной заходкой; б) при обойке смежными заходками / Fig. 2. The scheme of the formation of dilution during rebounding: а) when rebounding with a single entry; б) when wrapping with adjacent entries

Таким образом, маломощные участки с низким содержанием урана целесообразно не отрабатывать, а оставлять в недрах как потери неотбитых руд.

Анализ потерь по системе разработки показывает, что данный вид потерь имеет наибольший удельный вес в общем объеме [7; 9].

На стадии проектирования очистных работ необходимы такие технические решения, которые позволили бы свести к минимуму величину потерь. Из этого вытекает вывод о необходимости разработки методики нормирования потерь при добыче урановых руд слоевыми системами с закладкой, которая даст возможность достоверно определить их

уровень на основании анализа горно-геологической ситуации и параметров применяемой горно-шахтной техники.

Ключевым моментом методики расчета потерь является определение доли запасов маломощных рудных образований, при обойке которых, в условиях применения определенных типов ПДМ, происходит разубоживание

до уровня содержания урана менее 0,030 %.

Автором определена область формирования товарных руд при отбойке, зависящая от мощности рудных образований, ширины очистной выработки и содержания урана в исходной руде (рис. 3).

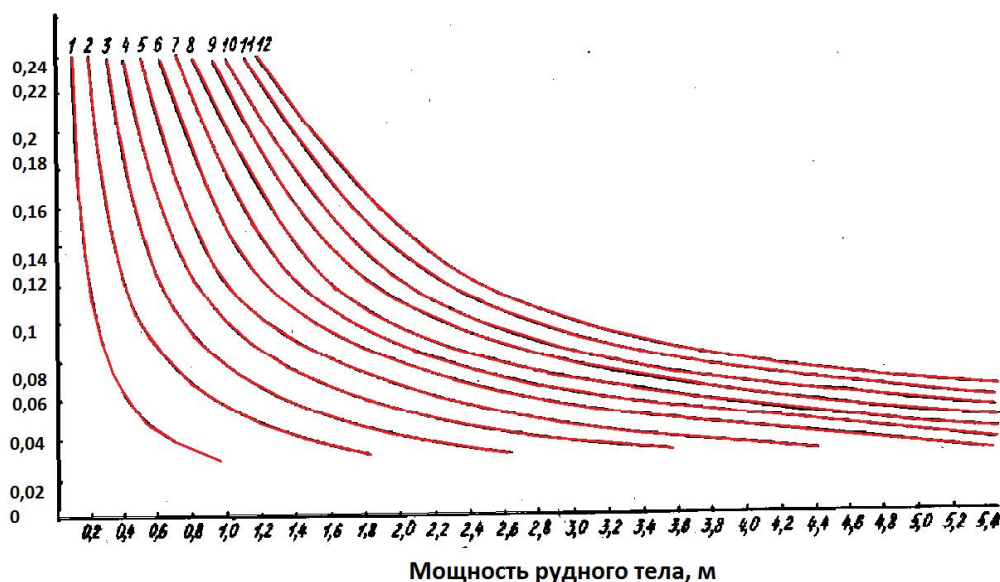


Рис. 3. Области формирования товарных руд при отбойке в зависимости от мощности рудного тела, содержания урана в нем и ширины очистной выработки (1... 12 м)

Fig. 3. The areas of commercial ores formation during stripping, depending on the capacity of the ore body, metal content in it and width of the cleaning space (1 ... 12 m)

В результате обработки графических зависимостей получены формулы, позволяющие рассчитать количество металла в товарной руде, формирующееся в процессе отбойки 1 м погонной длины очистной выработки

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= 1/(2,933 + 30,6505 * \alpha) * Q_T, \text{ кг} \\ M_3 &= 1/(0,1531 + 11,8832 * \alpha) * Q_T, \text{ кг} \\ M_6 &= (0,0056 + 0,1464 / \alpha) * Q_T, \text{ кг} \\ M_9 &= (0,0127 + 0,2026 / \alpha) * Q_T, \text{ кг} \\ M_{12} &= (0,0283 + 0,2569 / \alpha) * Q_T, \text{ кг} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где $M_{1,3,6,9,12}$ – количество металла в товарной руде, формирующееся в процессе отбойки 1 м погонной длины очистной выработки при ее ширине соответственно 1, 3, 6, 9, 12 м, кг;

α – содержание урана в рудном теле, %;

Q_T – количество товарной руды, формирующееся в процессе отбойки 1 м погонной длины очистной выработки при ее ширине соответственно 1, 3, 6, 9, 12 м, т.

$$Q_T = d * m_o * h_o, \text{ т} \quad (12)$$

где d – объемная масса руды, т/м³;

m_o – ширина очистной выработки, м;

h_o – высота очистной выработки, м.

Ширина очистного пространства m_o (м) рассчитывается из выражения²

$$m_o = m_p / (1 - P_o), \text{ м}, \quad (13)$$

где m_p – средняя мощность рудного тела, м;

P_o – разубоживание при отбойке, д. ед.

Содержание урана в балансовых рудах равно

$$\alpha = (\alpha_n - P_o * b) / (1 - P_o), \%, \quad (14)$$

где α_n – предельное содержание урана в рудной массе, %;

b – содержание урана в разубоживающих породах, %.

Согласно утвержденным кондициям, для подсчета запасов минимальная величина метропроцента равна 0,035. Исходя из этого положения, условие кондиции можно записать как

$$m_p * \alpha = 0,035.$$

Концентрация урана на участках рудных образований, оставляемых как потери неотбитых руд α_n (%), вычисляется по формуле

$$\alpha_n = 0,035 + 0,13 * \alpha, \%. \quad (15)$$

Рудная мощность участков, экономически невыгодных к отработке, рассчитывается из выражения

$$m_m = 0,035 / \alpha_n, \text{ м}.$$

Относительные потери неотбитых руд $T_{н,р}$ (%) определяются по графикам (рис. 4) или по формулам, полученным при аппроксимации зависимостей на рис. 4.

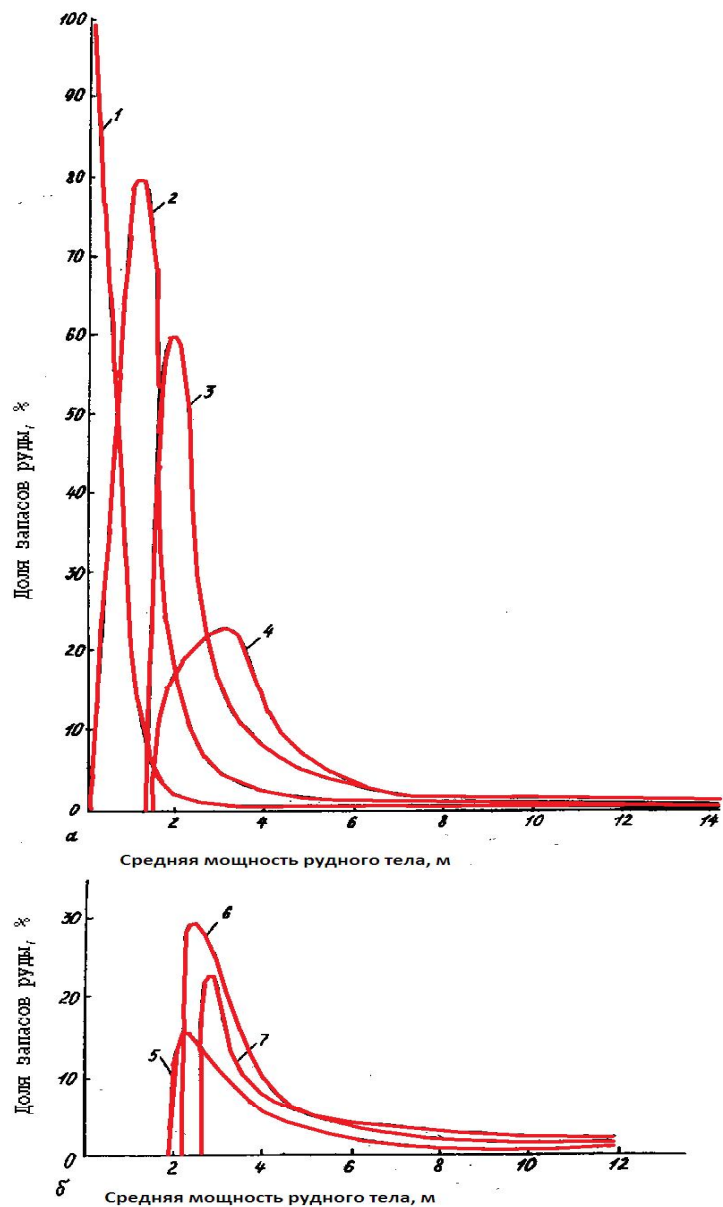


Рис. 4. Зависимость распределения доли запасов руды по классам мощности от средней мощности рудных тел, где 1 – класс мощности 0,1...1,0 м; 2 – класс мощности 1,1...2,0 м; 3 – класс мощности 2,1...3,0 м; 4 – класс мощности 3,1...4,0 м и т. д. / Fig. 4. Dependence of the share distribution of ore reserves by power classes on the average power of ore bodies, where 1 – power class 0.1...1.0 m; 2 – power class 1.1...2.0 m; 3 – power class 2.1...3.0 m; 4 – power class 3.1...4.0 m, etc.

² Отраслевая инструкция по определению, учету, нормированию и планированию потерь и разубоживания руды при подземной и открытой разработке месторождений радиоактивных, редких и благородных металлов РД 8-19-92. Министерство по атомной энергии. Москва – 1993.

$$\left. \begin{aligned} T_{н.р.1} &= 1,6316 + 21,9447 / m_{cp} - 1,2261 / m_{cp}^2 \\ T_{н.р.2} &= 0,679 * \exp(6,8493 / m_{cp}) \\ T_{н.р.3} &= 0,7238 * \exp(8,917 / m_{cp}) \\ T_{н.р.4} &= 1 / (-0,2224 + 0,0798 * m_{cp}) \\ T_{н.р.5} &= 1,2211 * \exp(9,2259 / m_{cp}) \end{aligned} \right\} (16)$$

где $T_{н.р. 1...5}$ – доля теряемых неотбитых руд для рудных тел мощностью соответственно 1...5 м.

Данные зависимости выведены на основе анализа информации, полученной при разработке урановых месторождений Стрельцовского рудного поля.

Содержание урана в теряемом классе балансовых руд ($C_{т. кл.}$) можно определить по кривым графика на рис. 5.

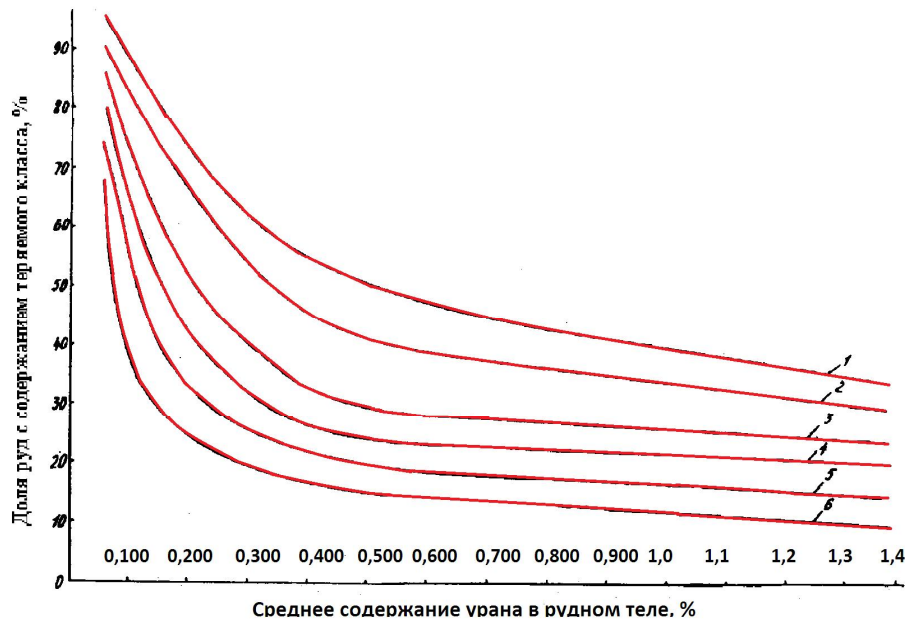


Рис. 5. Зависимость распределения содержания металла по классам от среднего содержания металла по блоку: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – классы содержания 0,200;0,150; 0,100; 0,075; 0,050;0,003 % /
 Fig. 5. Dependence of the metal content distribution by classes on the average metal content in the block: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – content classes 0,200;0,150; 0,100; 0,075; 0,050;0,003 %

Граничная величина содержания в теряемом классе определяются по формуле 15.

Потери урана в неотбитых рудах $\Pi_{н.р.}$ вычисляются по формуле

$$\Pi_{н.р.} = T_{н.р.} * C_{т. кл.} * 10, \% \quad (17)$$

Использование данной методики позволяет объективно оценить уровень потерь неотбитой руды на стадии проектирования и выбрать горно-шахтную технику, использование которой даст возможность минимизировать потери руд при добыче.

Анализ потерь неотбитых руд по результатам отработки 86 эксплуатационных блоков показал, что уровень этих потерь колеблется

в широком диапазоне, изменяясь от 10 % и более на маломощных и бедных по содержанию урана рудных образованиях до десятых долей % на богатых и мощных рудных залежах [5]. Величина потерь более 10 % свидетельствует о нецелесообразности применения данной технологии выемки руд в практике.

Кроме потерь неотбитых руд при отработке запасов слоями с твердеющей закладкой сверху вниз имеют место существенные потери отбитых руд.

Образуются эти потери на почве заходок в части, которая неподрабатывается заходкой нижележащего слоя (рис. 6).

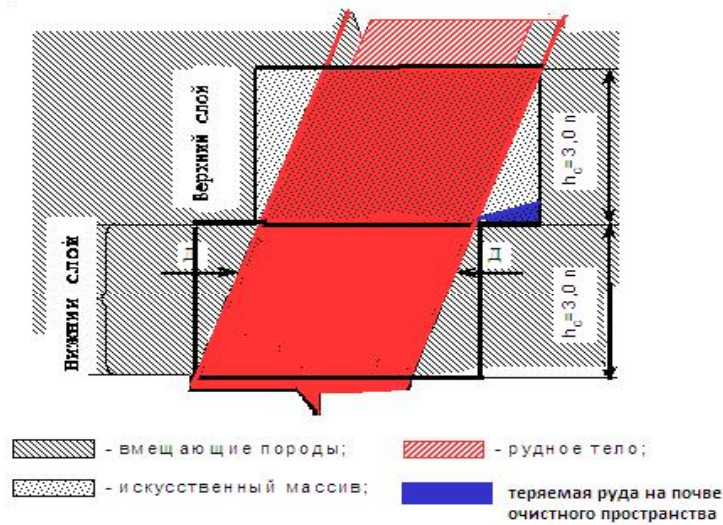


Рис. 6. Схема формирования потерь отбитой руды на почве очистной выработки / Fig. 6. The scheme of the beaten ore losses formation on the soil of the treatment space

Величина относительных потерь отбитой руды на почве очистных выработок рассчитывается по формуле

$$T_{\text{нол}} = K_n * h_{\text{нч}} / K_p / h * 100, \% \quad (18)$$

где K_n – коэффициент неподработки очистного пространства, д.ед.;

h_n – толщина слоя рудной массы на почве очистной заходки после зачистки, м;

K_p – коэффициент разрыхления, д. ед.;

h – высота очистной выработки, м.

Коэффициент неподработки вышележащей очистной выработки рассчитывается по формуле

$$K_n = h * (1 - P_d) / \text{tg}\beta / m_{\text{cp}}, \text{ д. ед.}, \quad (19)$$

где β – угол падения рудного тела, град.

Величина относительных потерь урана в отбитой руде на почве очистных выработок рассчитывается по формуле

$$\Pi_{\text{нол}} = T_{\text{нол}} * \alpha_{\text{cp}} * K_{\text{об}}, \% \quad (20)$$

где α_{cp} – среднее содержание урана в отбитой руде, %;

$K_{\text{об}}$ – коэффициент обогащения рудной мелочи на почве очистной выработки, д.ед.

$K_{\text{об}}$ определяется по графику на рис. 7 или по формуле (21).

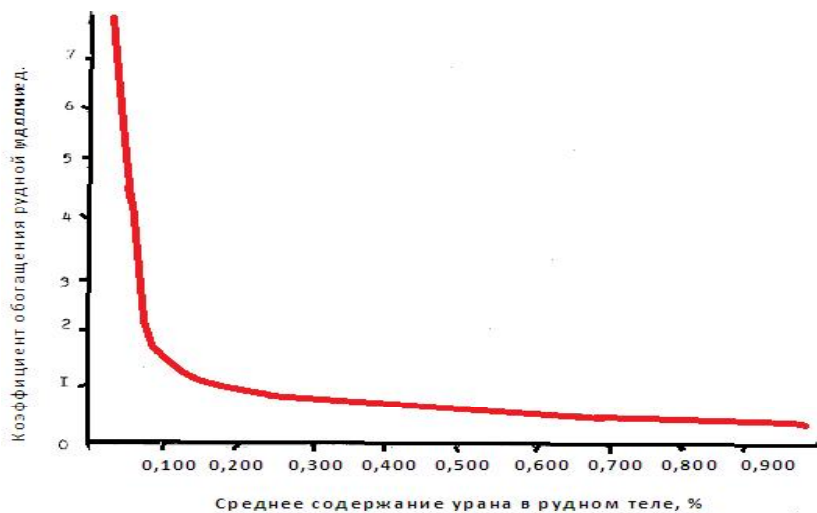


Рис. 7. Зависимость коэффициента обогащения рудной мелочи на почве очистной заходки от величины среднего содержания металла в недрах / Fig. 7. Dependence of the enrichment coefficient of ore fines on the soil of the treatment mine on the average metal content in the subsurface

Аппроксимировав кривую, получаем зависимость

$$K_{об} = -0,1975 + 0,3444/C_p, \text{ д. ед.}, \quad (21)$$

где C_{cp} – среднее содержание урана в рудном теле, %.

Заключение. Предложенная методика расчета нормативных потерь и разубоживания дает возможность на стадии проектиро-

вания, используя исходные характеристики рудных тел, полученные в период доразведки месторождения, и параметры горно-шахтного оборудования, подобрать оптимальные величины количественных и качественных потерь при добыче. На основе предложенной методики расчета можно создать компьютерный алгоритм обработки исходной информации и расчетов.

Список литературы

1. Башков В. И. Обоснование параметров систем разработки слепых рудных тел на удароопасных железорудных месторождениях Горной Шории: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22. Кемерово, 2018. 124 с.
2. Ву Дык Туан, Холодняков Г.А., До Нгок Хоан, Чань Динь Бао. Рациональная схема добычи угля, определение потерь и засорения при открытой разработке месторождения в районе Куангнинг — Вьетнам // Mining Industry Magazine. VietNam. 2017. No 3. С. 14–19.
3. Дроздов А. В., Вохмин С. А., Требуш Ю. П., Курчин Г. С., Майоров Е. С. Методика нормирования показателей извлечения из недр при слоевой системе разработки с полной закладкой выработанного пространства и комбинированной отбойкой руды (комбайновая и буровзрывная) при нисходящем шахматном порядке отработки очистных лент в условиях рудника «Мир» // Журнал Сибирского федерального университета. 2016. № 2. С. 43–46.
4. Живулько А. Контроль содержаний при отработке месторождений твердых полезных ископаемых. URL: https://zolteh.ru/technic/kontrol_soderzhaniy_pri_otrabotke_mestorozhdeniy_tverdykh_poleznykh_iskopaemykh/ 19 февраля 2021 (дата обращения: 12.11.2021). Текст: электронный.
5. Кантемиров В. Д., Титов Р. С., Яковлев А. М., Тимохин А. В. Совершенствование методов учета повышенных потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 3. С. 453–464.
6. 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. С. 55–59.
7. Кушнарев П. И. Скрытые потери и разубоживание // Золото и технологии. 2017. № 3. С. 82–87.
8. Лапшин Н. С. Пути снижения потерь и разубоживания руды при открытой разработке рудных тел // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2016. № 6-1. С. 31–34.
9. Рыльникова М. В., Швабенланд Е. Е. Особенности управления качеством рудной массы при разработке сложноструктурных месторождений апатитовых руд с применением комбайновой выемки // Рациональное освоение недр. 2019. No. 2–3. С. 80–86.
10. Фомин. С. И., Чан Динь Бао. Оптимизация потерь и разубоживания руды при открытой разработке сложноструктурных карбонатных месторождений // Маркшейдерия и недропользование. 2016. № 2. С. 58–60.

References

1. Bashkov V. I. *Obosnovaniye parametrov sistem razrabotki slepyh rudnykh tel na udaroopasnykh zhelezorudnykh mestorozhdeniyah Gornoj Shorii*: dis. ... kand. tehn. nauk: 25.00.22 (Substantiation of parameters of systems for the development of blind ore bodies at rock-burst-hazardous iron ore deposits of Gornaya Shoria: dis. ... cand. tech. sciences: 25.00.22). Kemerovo, 2018. 124 p.
2. Vu Dyk Tuan, Kholodnyakov G.A., Do Ngok Khoan, Chan Dinb Bao. Mining Industry Magazine. VietNam (Mining Industry Magazine, VietNam), 2017, no. 3, pp. 14–19.
3. Drozdov A. V., Vokhmin S. A., Trebush Yu. P., Kurchin G. S., Mayorov Ye. S. *Zhurnal Sibirskogo federalnogo universitet* (Journal of the Siberian Federal University), 2016, no. 2, pp. 43–46.
4. Zhivulko A. *Kontrol sodержaniy pri otrabotke mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh* (Content control during the development of solid mineral deposits. - URL: https://zolteh.ru/technic/kontrol_soderzhaniy_pri_otrabotke_mestorozhdeniy_tverdykh_poleznykh_iskopaemykh/ 19 February 2021 (date of access: 12.11.2021). Text: electronic.

5. Kantemirov V. D., Titov R. S., Yakovlev A. M., Timokhin A. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tehnicheskiy zhurnal)* (Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)), 2020, no. 3, pp. 453–464.
6. Kurchin G. S., Ananenko K. Ye., Prokopyev I. V., Kirsanov A. N. *Marksheyderiya i nedropolzovaniye* (Mine survey and subsoil use), 2017, no. 6, pp. 55–59.
7. Kushnarev P. I. *Zoloto i tehnologii* (Gold and technologies), 2017, no. 3, pp. 82–87.
8. Lapshin N. S. *Novaya nauka: Strategii i vektory razvitiya* (New science: Strategies and vectors of development), 2016, no. 6-1, pp. 31–34.
9. Rynikova M. V., Shvabenland Ye. Ye. *Ratsionalnoye osvoyeniye nedr* (Rational subsoil development), 2019, no. 2–3, pp. 80–86.
10. Fomin. S. I., Chan Dinb Bao. *Marksheyderiya i nedropolzovaniye* (Mine surveying and subsoil use), 2016, no. 2, pp. 58–60.

Информация об авторе**Information about the author**

Овсейчук Василий Афанасьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры подземной разработки месторождений полезных ископаемых, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: повышение эффективности разработки скальных руд урановых месторождений, физико-техническая и физико-химическая геотехнология
mks3115637@yandex.ru

Vasily Ovseychuk, doctor of engineering sciences, professor, Underground Mining department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: scientific substantiation and creation of new technologies of ore deposits mining

Для цитирования

Овсейчук В. А. Нормирование качественных и количественных потерь радиоактивных руд при добыче слоевыми системами с закладкой // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27, № 10. С. 25–34. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-10-25-34.

Ovseychuk V. Rationing of qualitative and quantitative losses of radioactive ores during mining by layered systems with a bookmark // Transbaikal State University Journal, 2021, vol. 27, no. 10, pp. 25–34. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-10-25-34.

Статья поступила в редакцию: 03.12.2021 г.

Статья принята к публикации: 21.12.2021 г.