

УДК 622.03
DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-10-15-24

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАПАСОВ РУДНЫХ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF ORE URANIUM DEPOSITS IN A MARKET ECONOMY

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

V. Ovseychuk, Transbaikal State University, Chita



ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ПАО ППГХО) с 1968 г. ведет добыву скальных урановых руд. Основной объем руды добывается системой «горизонтальные слои с твердеющей закладкой». Себестоимость добываемой руды при этом весьма высока. За длительный период эксплуатации месторождений сырьевая база значительно обеднена. Применяемая технология добычи не обеспечивает рентабельного производства готовой продукции предприятия «закись – окись урана». Массовый переход на физико-химические технологии добычи и переработки урановых руд мог бы обеспечить рентабельное производство, однако для этого необходима геолого-экономическая переоценка оставшихся запасов урановых руд. Проведено исследование, где объектом являются урановые рудники, предметом – геолого-экономическая оценка запасов рудных урановых месторождений. Цель исследования – адаптация методики геолого-экономической оценки месторождений к условиям отработки урановых месторождений. Задача исследования – установление зависимостей экономических показателей отработки урановых месторождений от горно-геологических характеристик этих месторождений. Методика исследований – сбор исходной информации, математико-статистическая ее обработка, установление взаимосвязей между показателями, формулирование методики геолого-экономической оценки урановых месторождений. Методы исследований – математическая статистика. В работе предложена методика автоматизированного пересчета запасов урановых руд по изменяющимся эксплуатационным кондициям. Методика базируется на выполнении следующих условий: тесная зависимость изменения запасов урановых руд в недрах от бортового содержания урана и мощности породного включения в контур рудного тела; тождественность линейных запасов урановых руд объемным показателям запасов этих руд. Расчеты по предлагаемой методике в контуре условного эксплуатационного блока, параметры оруденения которого соответствуют усредненным показателям руд месторождений Стрельцовского рудного поля, позволяют в целом оценить оставшиеся запасы и рекомендовать данную методику для применения в промышленных масштабах. Результаты расчетов показывают, что оставшиеся запасы могут обеспечить рентабельный выпуск закись-окиси урана при цене в 60 \$ за 1 кг, при этом рентабельность производства составит 19 %

Ключевые слова: сырьевая база; оруденение; закись-окись урана; минимально-промышленное содержание; бортовое содержание; прослой пустых пород; рудный интервал; шаг опробования; метропроцент; минимальная выемочная мощность

PJSC "Priargunskoye Production Mining and Chemical Association" (PJSC PPGHO) has been mining rock uranium ores since 1968. The overwhelming volume of ore is extracted by the "horizontal layers with a hardening bookmark" system. The cost of the extracted ore is very high.

Over a fairly long period of field operation, the raw material base has been largely depleted. The applied mining technology does not provide a cost-effective production of finished products of the enterprise "nitrous oxide-uranium oxides". A massive transition to physical and chemical technologies for the extraction and processing of uranium ores could ensure profitable production, but this requires a geological and economic reassessment of the remaining reserves of uranium ores. The object of the research is uranium mines. The subject

is presented by the geological and economic assessment of ore uranium deposits. The purpose of the study is to adapt the methodology of geological and economic assessment of deposits to the conditions of mining uranium deposits. The objective of the study is to establish the dependences of the economic indicators of the development of uranium deposits on the mining and geological characteristics of these deposits. The research methodology is the collection of initial information, its mathematical and statistical processing, and establishment of relationships between indicators, the formulation of methods of geological and economic assessment of uranium deposits. The research methods are presented by mathematical statistics. The article proposes a method for automated recalculation of uranium ore deposits according to changing operational conditions. The methodology is based on the following conditions: close dependence of changes in the reserves of uranium ores in the subsurface on the onboard content of uranium and the power of rock inclusion in the contour of the ore body; identity of the linear reserves of uranium ores with the volume indicators of the reserves of these ores. The calculations, performed according to this method on the basis of the reserves of the conditional operational block, mineralization parameters which correspond to the average ore indicators of the Streltsovsky ore field deposits, have allowed to generally assess the remaining reserves and recommend this method for use on an industrial scale. The results of calculations show that the remaining reserves can provide a cost-effective production of uranium nitrous oxide at a price of \$ 60 per kg, while the profitability of production will be 19 %

Key words: raw material base; mineralization; uranium nitrous oxide; minimum industrial content; on-board content; empty rock layer; ore interval; sampling step; metric percentage; minimum excavation capacity

Введение. В процессе отработки запасов урановых месторождений Стрельцовского рудного поля сырьевая база ПАО ППГХО в значительной мере истощилась, и применение дорогостоящей технологии добычи «горизонтальные слои с твердеющей закладкой» не обеспечивает рентабельного выпуска готовой продукции в виде концентратов природного урана. Решением проблемы может стать масштабное применение физико-химических методов добычи и переработки уранового сырья. Для этого необходима переоценка оставшихся запасов урановых руд на месторождениях, отрабатываемых рудниками ПАО ППГХО, исходя из требований мирового рынка металлов [1]. Отраслевая цена урана в России, установленная ОАО «Атомредметзолото», равна 40 \$, что не обеспечивает рентабельного производства.

Объект исследования – урановые рудники.

Предмет исследования – геолого-экономическая оценка запасов рудных урановых месторождений.

Цель исследования – адаптация методики геолого-экономической оценки месторождений к условиям отработки урановых месторождений.

Задача исследования – установление зависимостей экономических показателей отработки урановых месторождений от гор-

но-геологических характеристик этих месторождений.

Методика исследования – сбор исходной информации, математико-статистическая ее обработка, установление взаимосвязей между показателями, формулирование методики геолого-экономической оценки урановых месторождений.

Методы исследования – математическая статистика.

Результаты исследования. Предложена методика автоматизированного пересчета запасов урановых руд по эксплуатационным кондициям¹.

Методика основана на выполнении следующих условий:

- тесная зависимость изменения запасов урановых руд в недрах от бортового содержания урана и мощности породного включения в контур рудного тела;

- тождественность линейных запасов урановых руд объемным показателям запасов этих руд.

Основываясь на указанных требованиях, запасы урановых руд подсчитывают по следующей схеме:

- подсчет линейных запасов ведется по утвержденным кондициям (базовый вариант) и вариантам изменяющихся эксплуатационных кондиций;

¹ Овсейчук В. А. Формирование сырьевой базы уранодобывающего предприятия в условиях рыночной экономики: дис. ... д-ра техн. наук.:25.00.22. – М.: ВНИПИПромтехнология, 1997.

– для каждого варианта изменяющихся кондиций определяется коэффициент изменчивости по отношению к базовому варианту кондиций;

– используя полученные коэффициенты, устанавливают объемные параметры подсчета запасов по вариантам на основе данных подсчета запасов традиционными методами по базовым требованиям.

Определение контуров рудных образований – один из базовых элементов эксплуатационных условий разработки месторождения. Рудный контур определяется по результатам обработки данных опробования руд на месте залегания, итогом которой является выделение рудных пересечений и установление в них содержания урана.

Данные опробования получаются в результате гамма-каротажа разведочных скважин и гамма-опробования горных выработок². Пересечения делятся на рудные и нерудные. На первом этапе выделяются рудные интервалы, которые затем объединяются в рудные пересечения. На завершающем этапе рудные пересечения мощностью менее минимальной величины отбраковываются.

Выделение рудных интервалов. Данные опробования представляют массив последовательных точек опробования рудного тела. Все точки по содержанию урана³ делятся на рудные и нерудные [6]. Каждая точка имеет привязку к устью скважины. Ее местоположение может быть определено по формуле

$$H'_i = K_i * d - d/2, \text{ м} \quad (1)$$

где K_i – порядковый номер первой точки интервала;

d – шаг опробования, м.

Мощность рудного интервала определяется выражением

$$M_i = N_i * d, \text{ м} \quad (2)$$

где N_i – количество точек в интервале.

Мощности первого и последнего интервалов в опробуемой выработке определяются по формуле

$$M_i = N_i * d - d/2, \text{ м} \quad (3)$$

Среднее содержание урана высчитывается по формуле

$$C_i = (C_j \sum_{j=1}^{N_i} * d) / C_{i, M} \quad (4)$$

(для первой и последней точек $C_j * d/2$), где C_i – содержание урана в выделенном i -м интервале;

C_j – содержание урана в точках опробования.

Рудные интервалы выделяются пошагово следующим образом.

1. Проверка принадлежности текущей и предыдущей точек опробования к одному классу:

а) $C_j \geq C_b \text{ и } C_j \geq C_s$ – урановые точки;

б) $C_j < C_b \text{ и } C_j < C_s$ – породные точки,

где C_b – бортовое содержание урана.

При соблюдении условия выполняется шаг 2, при несоблюдении – следующий шаг (3).

2. При соблюдении требования исследуемая точка добавляется к данному интервалу. Если за исследуемой точкой следует рудная точка, то снова выполняется шаг 1.

3. При концентрации урана в предыдущей точке выше бортового, а в исследуемой точке – ниже бортового, исследуемую точку относят к очередному породному интервалу.

4. Расчет средней концентрации урана в выделенных интервалах:

$$C_{cp} = (C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n) / n, \text{ м.} \quad (5)$$

Объединение смежных урановых интервалов в пересечения. Полное пересечение рудного тела представляет собой перемежающиеся рудные и породные интервалы в одном пересечении, первый и последний из которых рудные.

При этом пересечение должно отвечать следующим условиям:

– среднее содержание урана в пересечении, определенное методом средневзвешенного, должно быть $\geq C_{min}$ (C_{min} – минимальная концентрация урана в пересечении);

– произведение мощности интервала на минимальную концентрацию урана в пересечении (метропроцент) $\geq M * C_{min}$;

– мощность уранового интервала $\geq M_{min}$;

– максимальная мощность породных прослоев, включаемых в рудный интервал $\leq P_{max}$.

Формирование единого уранового пересечения состоит в поочередном объединении трех интервалов: двух частных рудных

² Инструкция по объединению дифференциальных интервалов машинной обработки данных каротажа и опробования № 5-06/6464 от 25 ноября 1982 г. – Краснокаменск. ППГХО.

³ Там же.

интервалов, расположенных по краям частного породного интервала.

Отнесение полного пересечения по линии опробования к рудному осуществляется при выполнении следующих условий:

$$\begin{array}{cccc} M_1 * C_1 & M_2 * C_2 & M_3 * C_3 \\ \# \# \# \# \# \# & \# \# \# \# \# \# \# \end{array}$$

a) $\frac{M_1 * C_1 + M_2 * C_2}{M_1 + M_2} \geq C_a;$

б) $\frac{M_2 * C_2 + M_3 * C_3}{M_2 + M_3} \geq C_b;$

в) $\frac{M_1 * C_1 + M_2 * C_2 + M_3 * C_3}{M_1 + M_2 + M_3} \geq A_{min};$

г) $M_2 \leq I_{max};$

д) $M_1 * C_1 + M_2 * C_2 + M_3 * C_3 \geq M * C_{min}.$

Выделение рудных пересечений автоматизированным способом осуществляется следующим образом:

1. Проверяются исходные условия:

– при количестве частных точек опробования менее трех мощность пересечения равна одному частному интервалу;

– если количество частных точек опробования в пересечении равно трем, а первая точка нерудная, то мощность рудного пересечения равна сумме двух сближенных частных рудных интервалов.

2. Сближенные интервалы группируются по три и осуществляется их последовательная проверка на возможность объединения в единый рудный интервал.

3. Переход к следующему этапу происходит при выполнении поставленных условий, если нет – делается расчет для следующей группы из трех точек опробования, первой из которых будет последняя точка предыдущей группы.

4. Мощность рудного пересечения определяется как сумма мощностей всех групп трех точек опробования. Среднее содержание урана рассчитывается суммированием произведений мощности групп на содержание в них урана и делением полученной суммы на сумму мощностей групп.

Исследование рудных пересечений на предмет соответствия требования по величине минимальной мощности. Проверка выполняется следующим образом:

– все рудные пересечения проверяются на соответствие требованиям $M_i \geq 2 * d$. При несоответствии требованиям пересечения отбраковываются.

Выделение рудных пересечений при изменяющемся бортовом содержании. При расчете эксплуатационных кондиций, в перечень которых входит бортовое содержание (Сб), необходимо определить минимальное содержание урана в рудном пересечении, расчет которого осуществляется по формуле

$$A_{min} = \frac{(M_o + \Pi_n) * C_5}{M_o}, \%, \quad (6)$$

где M_o – минимальная ширина очистного пространства при выемке руды – 0,7 м;

Π_n – минимально возможная прирезка пустых пород при выемке руды – 0,4 м.

Расчет линейных запасов. Согласно исходным условиям применения автоматизированной технологии пересчета запасов, необходимо рассчитать горизонтальные линейные запасы эксплуатационного блока⁴ [2].

Расчет выполняется следующим образом:

1) с учетом ориентировки горной выработки вычисляется поправочный коэффициент для приведения мощности рудного пересечения к истинной мощности по формуле

$$M_{ucm} = M_n * \sin \alpha, \text{ м}, \quad (7)$$

где M_n – мощность рудного пересечения по линии опробования выработки;

α – угол встречи линии опробования с продольной осью рудного тела, град.;

2) с учетом приведенной истинной мощности рассчитываются линейные запасы руды и урана по выработке;

3) линейные запасы по рудному пересечению (запасы пластины толщиной 1 м):

– руды $B_{nep} = M_{cp} * [(L_1 + L_2) / 2] * d_y, \text{ тыс. т}$ (8)

где M_{cp} – средняя мощность рудного пересечения, м;

L_1, L_2 – расстояние между соседними пересечениями слева и справа от рассчитывающегося пересечения, м;

⁴ Овсейчук В. А. Формирование сырьевой базы уранодобывающего предприятия в условиях рыночной экономики: дис. ... д-ра техн. наук.: 25.00.22. – М.: ВНИПИПромтехнология, 1997; Инструкция по объединению дифференциальных интервалов машинной обработки данных каротажа и опробования № 5-06/6464 от 25 ноября 1982 г. – Краснокаменск: ППГХО.

d_y – удельная масса 1 м³ руды, т.
– урана $U_{nep} = B_{nep} * C_{nep}$, м; (9)

4) линейные запасы эксплуатационного блока рассчитываются по формуле:

– руды $B_{\delta l} = B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_n$, тыс. м, (10)

где B_1, B_2, B_3, B_n – линейные запасы руды по рудному пересечению, тыс. т;

– урана $U_{\delta l} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$, м. (11)

Определение вертикального размаха и ширины рудной зоны. Параметры оруденения необходимо определить для расчета запасов участка месторождения, подлежащего отработке.

Под размахом оруденения по вертикали понимается вертикальное проложение расстояния между самой нижней точкой первого рудного пересечения снизу до самой верхней точки второго пересечения скважины. Ширина рудной зоны – горизонтальное проложение расстояния между крайними точками опробования по скважине.

Данные параметры рассчитываются по каждой скважине отдельно.

Расчет запасов по изменяющимся эксплуатационным параметрам. В результате расчета линейных запасов эксплуатационного блока, вертикального размаха и ширины рудной зоны по утвержденным геологическим кондициям и по изменяющимся эксплуатационным кондициям получаем исходную информацию для анализа влияния кондиционных показателей на эффективность отработки уранового оруденения⁵ [4; 6].

При расчете параметров геологических запасов используются следующие зависимости.

Расчет балансовых запасов варианта i бортового содержания урана и варианта j породного пропластка, включаемого в контур подсчета запасов:

$$B_{bal(i,j)} = B_{ekz} * K_{p(i,j)}, \text{ м}, \quad (12)$$

где B_{ekz} – количество руды в контуре эксплуатационного блока, определенное с использованием базовых кондиций (ГКЗ), тыс.т;

$K_{p(i,j)}$ – коэффициент отношения линейных запасов руды (i, j) варианта эксплуатационных кондиций к запасам руды, подсчитанным по кондициям, утвержденным государственной комиссией запасов (ГКЗ), д. ед.

Расчет запасов урана варианта бортового содержания урана i и варианта j породного пропластка, включаемого в контур подсчета запасов:

$$U_{bal(i,j)} = U_{ekz} * K_{u(i,j)}, \text{ м}, \quad (13)$$

где U_{ekz} – количество урана в контуре эксплуатационного блока, определенное с использованием базовых кондиций (ГКЗ), т;

$K_{u(i,j)}$ – коэффициент отношения линейных запасов урана (i, j) варианта эксплуатационных кондиций к запасам урана, подсчитанным по кондициям, утвержденным государственной комиссией запасов (ГКЗ), д. ед.

Среднее содержание урана в урановой руде варианта i бортового содержания урана и варианта j породного пропластка, включаемого в контур подсчета запасов, определяется из выражения

$$C_{(i,j)} = Ue_{bal(i,j)} / B_{bal(i,j)}, \% \quad (14)$$

Ширина рудной зоны варианта i бортового содержания урана и варианта j породного пропластка, включаемого в контур подсчета запасов, вычисляется по формуле

$$Z_{(i,j)} = Z_{ba3} * K_{z(i,j)}, \text{ м}, \quad (15)$$

где Z_{ba3} – ширина рудной зоны с запасами, рассчитанными по базовым кондициям (ГКЗ), м;

$K_{z(i,j)}$ – коэффициент отношения ширины рудной зоны (i, j) варианта эксплуатационных кондиций к ширине рудной зоны, рассчитанной по базовым кондициям, д. ед.

Вертикальный размах оруденения варианта i бортового содержания урана и варианта j породного пропластка, включаемого в контур подсчета запасов, определяется по формуле

$$H_{(i,j)} = H_{ba3} * K_{h(i,j)}, \text{ м}, \quad (16)$$

где H_{ba3} – размах оруденения по вертикали в эксплуатационном блоке, рассчитанный по базовым кондициям, м;

$K_{h(i,j)}$ – величина отношения размаха оруденения по вертикали (i, j) варианта эксплуатационных кондиций к размаху оруденения по вертикали по базовым кондициям, д. ед.

⁵ Методика геолого-экономической оценки новых активов разведки и добычи углеводородов. – М.: Газпромнефть, 2017.

Геолого-экономическая оценка запасов, подсчитанных по изменяющимся кондициям. Оценку запасов, рассчитанных по вариантам эксплуатационных кондиций, предлагается проводить по критерию «максимума прибыли с 1 т погашенных балансовых запасов»⁶ [4; 9]

$$Pr = [10 * C * \Pi_o * I_o - (C_s + A_i * E_n * K + Z_p)] * K_n, \quad (17)$$

где C – среднее содержание урана в балансовой руде, %;

Π_o – цена 1 кг урана на лондонской бирже металлов, тыс. р.;

I_o – сквозной коэффициент извлечения урана при обогащении и переработке, д. ед.;

C_s – полная себестоимость добычи транспорта обогащения и переработки, тыс. р.;

E_n – учетная ставка банка, д. ед.;

K – капитальные вложения на 1 т балансовых запасов, тыс. р.;

Z_p – затраты на детальную разведку 1 т балансовых запасов, тыс. р.;

K_n – коэффициент извлечения урана из недр, д. ед.

Учитывая установленную отраслевую цену на готовую продукцию уранодобываю-

щего производства, принимаем диапазон расчетной цены 30...60 \$.

Пример подсчета запасов приведен в таблице для цены готовой продукции 60 \$/кг урана.

Зависимости основных параметров подсчета запасов руды: мощности рудных тел, среднего содержания урана по подсчетным блокам, запасов руды и металла от изменяющихся бортового содержания и величины прослоя пустых пород в контуре рудного тела представлены на примере расчета вариантов запасов для цены 1 кг урана в закиси-окиси по 60 \$ на рис. 1...3.

Как видно из таблицы и рис. 1...3, значительное влияние на изменение основных параметров запасов оказывает изменение бортового содержания, в то же время изменение величины породного пропластика, включаемого в контур подсчета запасов, оказывает гораздо меньшее влияние. Результаты расчета вариантов запасов [10; 11] показали, что оптимальными являются запасы, подсчитанные по бортовому содержанию урана в 0,050 % и 3 м породных включений в рудный контур.

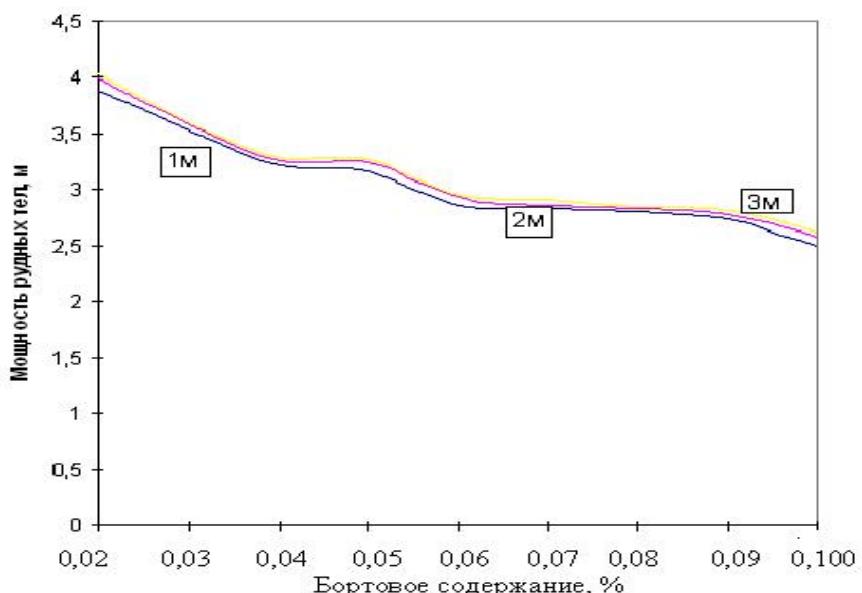


Рис. 1. Зависимость мощности рудного тела от величины бортового содержания урана и мощности прослоя пустых пород (1,2,3 м), включаемых в контур рудного тела /
Fig. 1. Dependence of the ore body power on the value of the onboard uranium content and the power of the layers of empty rocks (1,2,3 m) included in the contour of the ore body

⁶ Овсейчук В. А. Формирование сырьевой базы уранодобывающего предприятия в условиях рыночной экономики: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.22.– М.: ВНИПИПромтехнология, 1997.

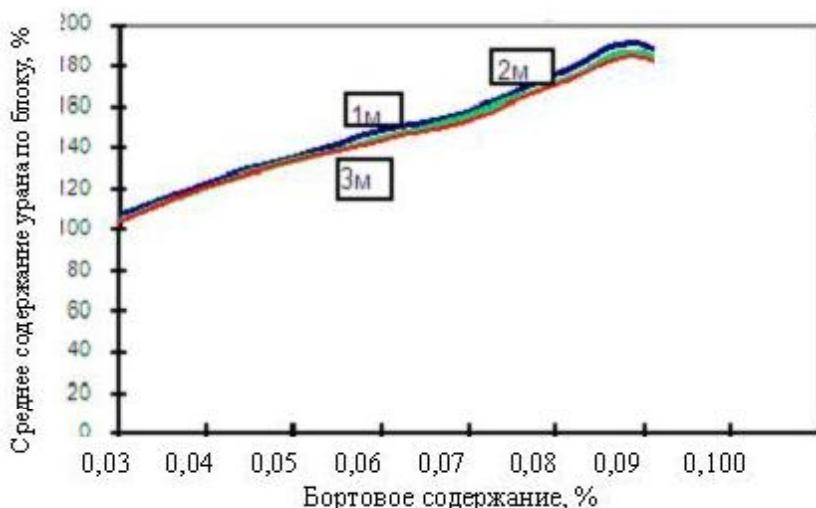


Рис. 2. Зависимость среднего содержания по блоку от величины бортового содержания урана и мощности прослоя пустых пород (1,2,3 м), включаемых в контур рудного тела /

Fig. 2. Dependence of the average content of the block on the value of the onboard uranium content and the thickness of the layers of empty rocks (1,2,3 m) included in the contour of the ore body

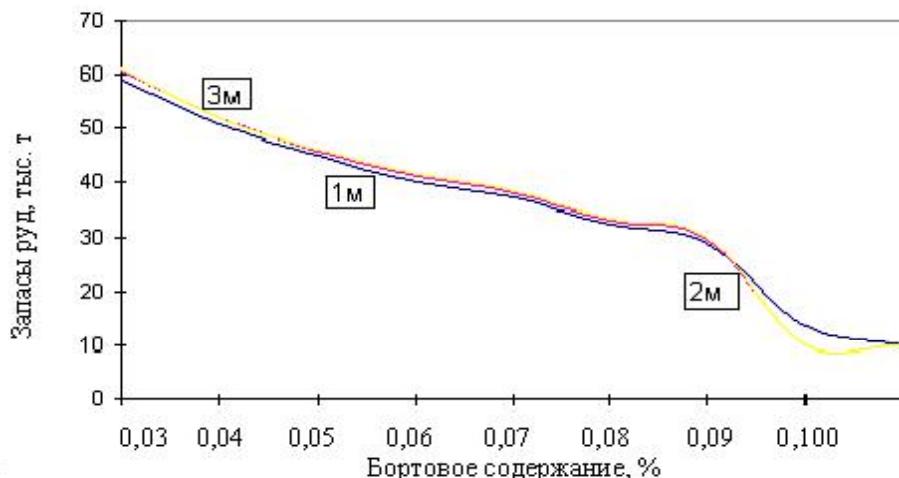


Рис. 3. Зависимость запасов руды по блоку от величины бортового содержания урана и мощности прослоя пустых пород (1,2,3 м), включаемых в контур рудного тела /

Fig. 3. Dependence of ore reserves in the block on the value of the onboard uranium content and the thickness of the layers of empty rocks (1,2,3 m) included in the contour of the ore body

Оценка запасов представлена на рис. 4⁷ [7; 8]. Как видно из рис. 4, рентабельная разработка запасов месторождений Стрельцовского рудного поля возможна лишь при цене на уран в закись-окиси в 60 \$, при этом рентабельность составит 19,2 %.

Себестоимость 1 кг урана в закись – окиси, по отчетным данным ПАО ППГХО, за последние годы составила в среднем 54 \$ при цене не более 40 \$, что указывает на убыточность производства.

⁷ Методические рекомендации по применению классификации запасов. – М.: ГКЗ МПР, 2005.

Варианты подсчета запасов для стоимости 1 кг урана в закиси-окиси в 60 долларов /
Options for calculating reserves for the cost of 1 kg of uranium in nitrous oxide at \$ 60

Варианты эксплуатационных кондиций / Variants of operational conditions	Наименование показателей / Name of indicators									
	Бортовое содержание / On-board content	Макс. породное включение / Max rock inclusion	Запасы руды / Ore reserves	Запасы металла / Metal reserves	Среднее содержание / Average content	Ширина выработки / Working width	Разубоживание / Dilution	Содержание в разрезе. масце / Content in the diluting mass	Содержание в добыв. руде / Content in the extracted ore	Мощность рудного тела / Ore body capacity
	%	м/т	тыс. т/ th. t	т/т	%	м/т	д. ед./fr. of un	%	%	м/т
ППГХО / PPGHO	30	3,0	17,00	16,10	0,095	3,5	0,00	0,010	0,095	3,84
1	20	1,0	19,02	16,74	0,088	5,0	0,203	0,008	0,077	3,98
2	20	2,0	19,62	16,78	0,086	5,0	0,189	0,008	0,075	4,06
3	20	3,0	19,64	16,79	0,086	5,0	0,189	0,008	0,075	4,06
4	30	1,0	16,56	16,05	0,097	5,0	0,254	0,011	0,078	3,73
5	30	2,0	17,0	16,10	0,095	5,0	0,232	0,010	0,078	3,84
6	30	3,0	17,0	16,1	0,095	5,0	0,232	0,010	0,078	3,84
7	40	1,0	14,6	15,5	0,106	5,0	0,298	0,013	0,082	3,51
8	40	2,0	14,82	15,52	0,105	5,0	0,287	0,013	0,082	3,56
9	40	3,0	14,82	15,52	0,105	5,0	0,287	0,013	0,082	3,56
10	50	1,0	12,51	14,54	0,116	5,0	0,307	0,014	0,086	3,46
11	50	2,0	12,51	14,54	0,116	5,0	0,307	0,014	0,086	3,46
12	50	3,0	12,51	14,54	0,116	5,0	0,307	0,014	0,086	3,46
13	60	1,0	10,62	13,52	0,127	5,0	0,350	0,017	0,091	3,25
14	60	2,0	10,81	13,56	0,125	5,0	0,337	0,017	0,091	3,32
15	60	3,0	10,81	13,56	0,125	5,0	0,337	0,017	0,091	3,32
16	70	1,0	8,21	12,06	0,147	5,0	0,426	0,026	0,096	2,87
17	70	2,0	8,21	12,06	0,147	5,0	0,426	0,026	0,096	2,87
18	70	3,0	8,21	12,06	0,147	5,0	0,426	0,026	0,096	2,87
19	80	1,0	6,73	11,03	0,164	5,0	0,429	0,032	0,108	2,85
20	80	2,0	6,73	11,03	0,164	5,0	0,429	0,032	0,108	2,86
21	80	3,0	6,73	11,03	0,164	5,0	0,429	0,032	0,108	2,86
22	90	1,0	10,0	15,0	0,150	5,0	0,460	0,037	0,098	2,7
23	90	2,0	10,0	15,0	0,150	5,0	0,460	0,037	0,098	2,7
24	90	3,0	10,0	15,0	0,150	5,0	0,460	0,037	0,098	2,7
25	100	1,0	10,0	15,0	0,150	5,0	0,483	0,043	0,098	2,58
26	100	2,0	10,0	14,86	0,149	5,0	0,483	0,043	0,098	2,58
27	100	3,0	10,0	14,86	0,149	5,0	0,483	0,043	0,098	2,58

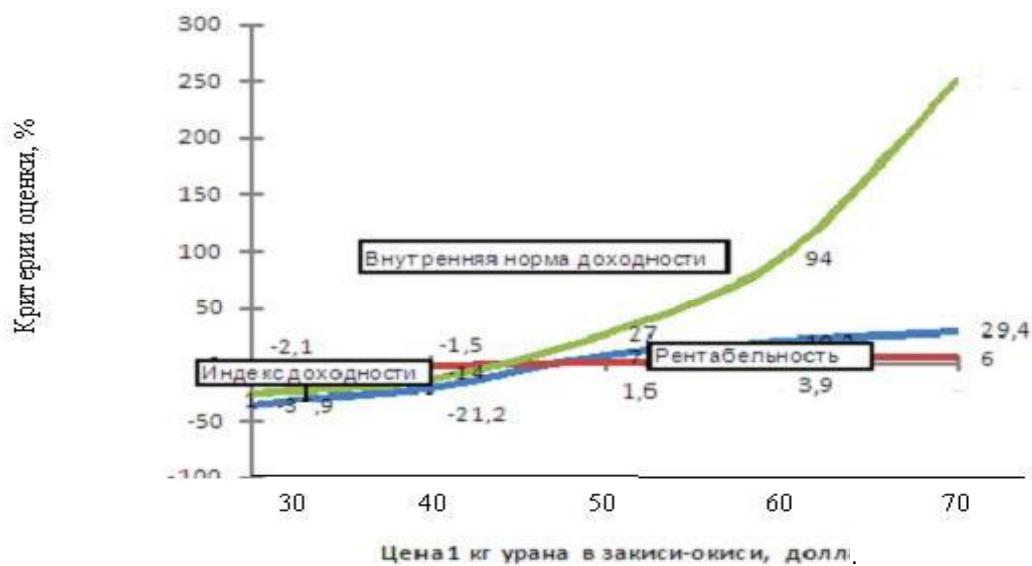


Рис. 4. Геолого-экономическая оценка запасов /
Fig. 4. Geological and economic assessment of reserves

Заключение. Предложенная методика пересчета запасов месторождений при их геолого-экономической переоценке может значительно упростить этот процесс без

потери качества оценки. Данная методика применима для любого вида минерального сырья.

Список литературы

- Архипова Н. А., Усова Т. Ю., Калиш Е. А., Комин Н. Ф. Геолого-экономическая оценка минерально-сырьевых ресурсов редких металлов в районах формирования центров экономического развития (ЦЭР) России с целью повышения их инвестиционного потенциала: отчет о НИР. М.: Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, 2014. 884 с.
- Георгиевский Б. В. Геолого-экономическая оценка поисковых объектов при выработке стратегии геолого-разведочных работ // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2017. № 3. С. 16.
- Дымочкина М. Г., Киселев П. Ю., Пислегин М. Н., Кузьмин Т. Г., Муллагалиев А. Т. Геолого-экономическая оценка проектов: настоящее и будущее PROНЕФТЬ // Профессионально о нефти. 2018. № 3. С. 18–23.
- Евсеенко В. В. Совершенствование механизмов планирования геологоразведочных работ на основе оптимизации затрат. Текст: электронный // Науковедение. 2017. Т. 9, № 2. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/75EVN217.pdf3> (дата обращения: 23.09.2021).
- Мурашов К. Ю., Волков А. В., Платэ А. Н., Петров В. А. Оценка геолого-экономических факторов развития Северного Забайкалья с использованием геоинформационных технологий // Мониторинг. Наука и технологии. 2019. № 3. С. 36–42.
- Отрубянников Ф. И., Быховский Л. З., Темнов А. В. Технологическая и геолого-экономическая переоценка Белозиминского и Большетагнинского месторождений: отчет о НИР. М.: Всерос. науч.-исслед. ин-т минерального сырья им. Н. М. Федоровского, 2012. 3711 с.
- Петров В. А., Платэ А. Н., Ряховский В. М. Создание и формирование инфраструктуры пространственных данных по минерально-сырьевым ресурсам Забайкальского края // Мониторинг. Наука и технологии. 2017. № 3. С. 57–63.
- Сергеев И. Б., Лебедева О. Ю., Евсеенко В. В., Буренина И. В., Гамилова Д. А. Управление стоимостью инвестиционных проектов в разведке и добыче полезных ископаемых / под ред. И. Б. Сергеева. Уфа: Нефтегазовое дело, 2017. 197 с.
- Evseenko V.V. Economic justification of optimal exploration expenses in conditions of uncertainty // Scientific reports on resource Issues. 2016. Vol. 1. Efficiency and Sustainability in the Mineral Industry – Innovations in Geology, Mining, Processing, Economics, Safety and Environmental Management. P. 479–484.

10. Sergeev I. B., Evseenko V. V., Lebedeva O. Y. Post-Completion Audits of Investment Projects in Mining Companies // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2017. No 4, vol. 8. P. 1301–1311.

11. Vallieres, D., Pelletier, P., Gaultier, P. Technical report NI 43-101; Текст: электронный // Update on Niobec Expansion. 2013. December 10th, 305 p. URL: <http://www.infomine.com/index/pr/PB/39/92/PB399298.PDF> (дата обращения: 30.01.2015).

References

1. Arkhipova N. A., Usova T. Yu., Kalish Ye. A., Komin N. F. Geologo-ekonomiceskaya otsenka mineralno-syriyevyh resursov redkih metallov v rayonah formirovaniya tsentrov ekonomiceskogo razvitiya (TSER) Rossii s tselyu povysheniya ih investitsionnogo potentsiala: otchet o NIR (Geological and economic assessment of mineral resources of rare metals in the regions of formation of economic development centers (CED) of Russia in order to increase their investment potential: report on the research). Moscow: Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements, 2014. 884 p.
2. Georgiyevsky B. V. Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom (Problems of economics and management of the oil and gas complex), 2017, no. 3, pp. 16.
3. Dymochkina M. G., Kiselev P. Yu., Pislegin M. N., Kuzmin T. G., Mullagaliyev A. T. Professionalno o nefti (Professionally about oil), 2018, no. 3, pp. 18–23.
4. Yevseyenko V. V. Naukovedeniye (Science Studies), 2017, vol. 9, no. 2. Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/75EVN217.pdf3> (date of access: 23.09.2021). Text: electronic.
5. Murashov K. Yu., Volkov A. V., Plate A. N., Petrov V. A. Monitoring. Nauka i tekhnologii (Monitoring. Science and technology)? 2019, no. 3, pp. 36–42.
6. Otrubyannikov F. I., Bykhovsky L. Z., Temnov A. V. Tehnologicheskaya i geologo-ekonomiceskaya pereotsenka Beloziminskogo i Bolshetagninskogo mestorozhdeniy: otchet o NIR (Technological and geological and economic reevaluation of the Beloziminsky and Bolshetagninsky deposit: report on the research). Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of mineral raw materials named after N. M. Fedorovsky, 2012. 3711 p.
7. Petrov V. A., Plate A. N., Ryakhovsky V. M. Monitoring. Nauka i tekhnologii (Monitoring. Science and technology), 2017, no. 3, p. 57–63.
8. Sergeyev I. B., Lebedeva O. Yu., Yevseyenko V. V., Burenina I. V., Gamilova D. A. Upravleniye stoimostyu investitsionnyh proyektov v razvedke i dobyche poleznyh iskopayemyh / pod red. I. B. Sergeyeva (Management of the cost of investment projects in exploration and production of minerals / ed. I. B. Sergeyev). Ufa: Oil and Gas Business, 2017. 197 p.
9. Evseenko V. V. Scientific reports on resource Issues (Scientific reports on resource Issues), 2016, vol. 1. Efficiency and Sustainability in the Mineral Industry – Innovations in Geology, Mining, Processing, Economics, Safety and Environmental Management, pp. 479–484.
10. Sergeev I. B., Evseenko V. V., Lebedeva O. Y. Journal of Advanced Research in Law and Economics (Journal of Advanced Research in Law and Economics), 2017, no 4, vol. 8, pp. 1301–1311.
11. Vallieres D., Pelletier P., Gaultier P. Update on Niobec Expansion (Update on Niobec Expansion). 2013. December 10th, 305 p. Available at: <http://www.infomine.com/index/pr/PB/39/92/PB399298.PDF> (date access: 30.01.2021). Text: electronic.

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. Геолого-экономическая оценка запасов рудных урановых месторождений в условиях рыночной экономики // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27, № 10. С. 15–24. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-10-15-24.

Ovseychuk V. Geological and economic assessment of ore uranium deposits in a market economy // Transbaikal State University Journal, 2021, vol. 27, no. 10, pp. 15–24. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-10-15-24.

Статья поступила в редакцию: 18.10.2021 г.
Статья принята к публикации: 22.11.2021 г.