

УДК 622.343'481

Н. В. ПОДКУЙКО, П. В. СИМОНИН (ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»)
С. А. ВОХМИН, Е. В. ЗАЙЦЕВА (Институт горного дела Сибирского федерального университета)

АКТУАЛИЗАЦИЯ НОРМИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПО СТЕПЕНИ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ К ВЫЕМКЕ НА РУДНИКАХ ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»*



Н. В. ПОДКУЙКО,
главный маршейдер — директор
Центра маршейдерских работ



П. В. СИМОНИН,
начальник Горно-геологического
управления



С. А. ВОХМИН,
зав. кафедрой шахтного
и подземного строительства,
проф., канд. техн. наук



Е. В. ЗАЙЦЕВА,
ассистент

Согласно «Правилам охраны недр», утвержденным постановлением № 71 от 06.06.2003 г. Госгортехнадзора России, учет состояния и движения запасов полезных ископаемых должен осуществляться по степени их подготовленности к выемке — вскрытым, подготовленным и готовым. При этом в советское время методики нормирования запасов по степени их подготовленности разрабатывали отраслевые институты и ведомства. Так, на горных предприятиях черной металлургии нормативы запасов по степени их подготовленности регламентируются инструктивно-методическими руководствами, разработанными еще в 1980-х годах [1, 2]; на горных предприятиях цветной металлургии — в конце 1990-х годов [3, 4].

В частности «Нормативами технологического проектирования горнорудных предприятий цветной металлургии с подземным способом разработки» (ВНТП-13-2-98) при работе с проектной мощностью ориентировочный минимально допустимый норматив обеспеченности к выемке запасов для систем разработки с тверде-

Представлена разработанная авторами актуализированная методика нормирования запасов по степени их подготовленности к выемке, учитывающая вероятностный характер ведения горно-подготовительных и очистных работ и так называемый коэффициент надежности выполнения технологических процессов и операций производственного цикла.

Новая методика нормирования эксплуатационных запасов, ее содержательная часть и нормативы вскрытых, подготовительных и готовых к выемке запасов разработаны и показаны для каждого рудника (производственного объекта), применяемых систем и технологий подземной разработки различных типов медно-никелевых руд в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель».

Ключевые слова: вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы, нормирование по степени подготовленности, системы и технологии подземной добычи, коэффициент надежности процессов и операций, актуализированная методика и нормативы обеспеченности.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.06.10>

ющей закладкой выработанных пространств установлен, мес: вскрытых — 32, подготовленных — 8, готовых — 2, а приказом № 190 от 28.05.1987 г. Минцветмета СССР «Об утверждении норм обеспеченности предприятий цветной металлургии вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке запасами руд» для горных предприятий Норильского ГМК определен: вскрытых — 32, подготовленных — 8, готовых к выемке — 4 мес, т. е. указаны конкретные значения, а не минимально допустимые [4].

С тех пор не только коренным образом изменился социально-экономический уклад жизни России, но и существенно модернизованы способы и технико-технологические комплексы геологоразведки, изучения, оценки, проектирования, освоения и разработки месторождений полезных ископаемых; значительно возросли и упорядочены требования в части полноты и комплексности использования недр, охраны окружающей природной среды, минимизации отходов горных производств, в том числе за счет использования техногенных минеральных ресурсов (скоплений). В этой ситуации, а также в связи с усложнением горно-геологических и горнотехнических условий добычи полезных ископаемых назрела необходи-

* В работе принимали участие В. В. Цацкин, заместитель директора, М. С. Филиппов, главный специалист отдела маршейдерского обеспечения горных работ Центра маршейдерских работ, и С. В. Черкасов, главный маршейдер рудника «Таймырский» ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», а также Г. С. Курчин, доцент кафедры шахтного и подземного строительства СФУ, канд. техн. наук.

мость актуализации методик и нормативов обеспеченности рудников вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке запасами.

Нормативы запасов по степени подготовленности к выемке представляют собой их минимальные значения, при которых гарантированно обеспечивается выполнение годовой программы по добыче руды и производству металла. При этом на стадии планирования величину балансовых запасов месторождения, отдельных участков и блоков, а также интенсивность подготовительных и нарезных работ, значения потерь и разубоживания руды принимают неизменными.

При недостаточном количестве подготовленных и готовых к выемке запасов неизбежны нарушения планового порядка разработки месторождения, применение малопроизводительных схем и технологий с упрощенной системой «нарезки» запасов, снижение объемов добычи и качества руды, а в целом — экономической эффективности эксплуатации месторождений. Вместе с тем излишние объемы и интенсивность подготовительных и нарезных работ, а следовательно, избыток подготовленных и готовых к выемке запасов влечет за собой «замораживание» оборотных средств и увеличивает расходы на поддержание выработок. Кроме того, как избыток, так и недостаток подготовленных и готовых к выемке запасов негативно влияют на полноту и качество извлечения запасов из недр.

Нормирование вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов на действующем горнорудном предприятии тесно связано с основными технологическими решениями по обеспечению производства. Нормативы должны соответствовать как горнотехническим возможностям, так и технико-технологическому уровню развития производства, а также определять рациональное соотношение между подготовительными и очистными работами, протяженность и структуру фронта очистных работ, необходимые условия устойчивого режима работы предприятия без нарушения ритмичности по добыче руды на плановом уровне.

Проведенный авторами анализ существующих методов определения нормативов обеспеченности предприятия запасами различной степени подготовленности к выемке свидетельствует, что в них, как правило, не учитывается случайный характер добычи руды в блоке, в частности влияние фактора надежности проходческих и добычных работ на обеспеченность рудника подготовительными и готовыми к выемке запасами. Отсутствует оценка взаимосвязей отдельных процессов и операций проходческого цикла на общий показатель надежности технологии выемки запасов блока. Эта работа была проведена авторами для определения и установления нормативов запасов по степени подготовленности на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель». В расчетах нормативов обеспеченности предприятия запасами различной степени подготовленности к добыче учитывали взаимосвязь технологических процессов и операций «погашения» запасов блока, так как фактор надежности структурных элементов производственного цикла оказывает существенное влияние на запасы руды в стадиях ее подготовки к выемке и разработке. Под надежностью технологической системы блока понимается ее способность обеспечивать добычу заданного (планового) количества руды требуемого качества в регламентированном интервале времени, конкретных

горно-геологических условиях и горнотехнических параметрах. В качестве показателя надежности технологической схемы ведения горных работ в блоке принят коэффициент надежности K_H .

Проблемам надежности производственных процессов при подземной добыче полезных ископаемых и методам определения коэффициента надежности, учитывающего случайный характер технологических процессов, специфику системы и технологии разработки месторождения, посвящены работы [5–9]. Коэффициент надежности при разработке запасов Талнахского и Октябрьского месторождений определяли по результатам хронометражных наблюдений и анализа данных о потоках отказов и восстановлений технологических процессов и операций в очистных блоках рудников компании. На этой основе получены научно обоснованные нормативы вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов для горных предприятий ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель».

В настоящее время на подземных рудниках предприятия широко применяют камерные системы разработки с закладкой выработанного пространства со сплошным (ССС) и камерно-целиковым (КЦ) порядком выемки; слоевые системы разработки с нисходящим (ССС-Н), восходящим (ССС-В) и комбинированным (ССС-К) порядком выемки слоев. Кроме того, на руднике «Маяк» для выемки богатых руд применяют слоевую систему разработки с выемкой запасов заходками в один слой (ССС-з1), а на шахтах «Ангидрит» и «Известняков» рудника «Кайерканский» (добыча нерудных полезных ископаемых) — камерно-столбовую.

Для каждой из применяемых систем и технологий разработки проведена оценка надежности отдельных процессов, установлено их совокупное влияние на эффективность и надежность технологической системы и определен коэффициент надежности системы K_H по формуле:

$$K_H = \left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{k_H^i} - 1(n-1) \right]^{-1},$$

где k_H^i — коэффициент надежности каждого из элементов технологической системы; n — число входящих в систему элементов.

Для определения коэффициентов надежности элементов технологической системы разработана математическая модель оценки операций производственного цикла с учетом интенсивности отказов и их устранения, основанная на базовых положениях методики надежности [10]. В качестве основных элементов технологической системы при оценке ее надежности приняты процессы отбойки руды и породы, выпуска и доставки горной массы, погрузки и транспортирования. Расчеты показали, что значения коэффициента надежности технологической системы в целом изменяются в широком диапазоне — от 0,26 до 0,91. Минимальное значение коэффициента надежности K_H характерно для камерной системы разработки со сплошным порядком выемки и закладкой выработанного пространства, наибольшее — для камерно-столбовой. На основании полученных значений усредненных коэффициентов надежности определены нормативы запасов по степени их подготовленности для каждой производственной единицы (рудника, шахты) ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» (см. таблицу).

Усредненные коэффициенты надежности K_n систем и технологий разработки и нормативы вскрытых P_B , подготовленных P_n и готовых к выемке P_r запасов по производственным единицам ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»

Рудник	Тип руды	Система разработки	K_n	P_B , мес	P_n , мес	P_r , мес
«Октябрьский»	Богатая	ССС-В	0,43	24,6	7,9	3,9
	Медистая	КЦ	0,45	24,8	7,9	4,0
	Вкрапленная	КЦ	0,45	24,7	7,9	4,1
«Таймырский»	Богатая	СКС	0,45	27,6	5,5	2,9
«Заполярный»	Вкрапленная	СБО-ТВ	0,45	17,5	8,2	4,3
«Маяк»	Богатая	СКС	0,45	20,1	7,3	3,7
		ССС-з1	0,45	20,1	4,1	3,9
	Вкрапленная	СКС	0,4	20,1	7,5	3,9
«Комсомольский»: шахта «Комсомольская»	Медистая	СКС	0,3	19,8	7,8	4,0
		ССС-В	0,43	19,8	7,3	3,8
шахта «Скалистая»	Вкрапленная	СКС	0,4	20,0	7,9	4,1
	Богатая	СКС	0,4	20,5	7,4	3,8
		ССС-В	0,4	20,5	6,9	3,6
		ССС-К	0,4	20,5	7,5	4,2
		ССС-Н	0,4	20,5	7,3	3,9
«Кайерканский»: шахта «Известняков» шахта «Ангидрит»	Известняк	КССР	0,9	17,7	12,7	6,8
	Ангидрит	КССР	0,9	19,9	15,9	8,3

Исследования показали, что существующий подход установления единых постоянных значений нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов не отвечает современным требованиям и не учитывает влияния ряда производственных факторов: вероятностного характера ведения горных работ, структуры и взаимосвязи работ в блоке, «отказов» производственных процессов. Кроме того, поддержание предприятиями постоянных нормативов практически невозможно ввиду высокой степени динамичности горного производства. Запасы любой степени подготовленности вводятся в разработку большими объемами — этажи, горизонты, блоки, значительно превышающими установленные нормативы подготовленности к выемке. Следовательно, для каждого конкретного рудника (производственной единицы) должны устанавливаться нормативы минимальной обеспеченности вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке запасами, которые необходимо рассчитывать с учетом надежности систем разработки и технологических процессов, применяемых на конкретном горнодобывающем объекте (руднике, шахте, карьере и т. п.).

Библиографический список

1. Методические указания по определению нормативов запасов полезных ископаемых по степени подготовленности к добыче на горных предприятиях Минчермета СССР. — Белгород : ВИОГЕМ, 1980. — 86 с.
2. Методические рекомендации по определению нормативов запасов полезных ископаемых по степени подготовленности к добыче на стадии проектирования горных предприятий Минчермета СССР. — Белгород : ВИОГЕМ, 1981. — 24 с.

3. Методика расчета нормативов запасов руды (песков) по степени подготовленности к добыче на предприятиях Министерства цветной металлургии СССР. — М., 1986. — 74 с.
4. Методическое руководство по вопросам охраны недр и маркшейдерскому контролю на горных предприятиях АО «Норильский комбинат». — Норильск, 1998. — 77 с.
5. Воробьев Б. М., Бусырев В. М., Гуцин В. В., Пешев Н. Г. Оптимизация надежности технологических схем выпуск — доставка — погрузка руды с учетом экономических факторов // Горный журнал, 1974. № 11. С. 18–20.
6. Петросов А. А. Моделирование и оптимизация процессов на рудниках. — М. : Недра, 1978. — 205 с.
7. Кариман С. А., Шрамко В. М. Надежность производственных процессов при подземной добыче угля. — М. : Наука, 1975. — 159 с.
8. Корягин В. Ф. Исследование и разработка методов расчета надежности очистной выемки : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М. : МГИ, 1973. — 22 с.
9. Иванов Г. Н. Определение оптимальной производительности добычного блока с использованием теории надежности : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Красноярск, 2000. — 22 с.
10. Беляев Ю. К., Богатырев В. А., Болотин В. В. и др. Надежность технических систем : справочник / под ред. А. М. Ушакова. — М. : Радио и связь, 1985. — 608 с. [ГЖ](#)

*Подкуйко Николай Владимирович,
Симонин Павел Владимирович:
e-mail: podkuykonv@yandex.ru
Вохмин Сергей Антонович,
Зайцева Екатерина Васильевна:
e-mail: svokhmin@mail.ru*

Title	Relevancy of mineral reserves rating based on preparedness for mining in mines of Norilsk Nickel
DOI	http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.06.10
Author 1	Name & Surname: Podkuiko N. V.
	Company: Polar Division of PJSC “MMC “NORILSK NICKEL” (Norilsk, Russia)
	Work Position: Principal Surveyor, Director of Surveying Center
	Contacts: e-mail: podkuykonv@yandex.ru
Author 2	Name & Surname: Simonin P. V.
	Company: Polar Division of PJSC “MMC “NORILSK NICKEL” (Norilsk, Russia)
	Work Position: Head of the Mining and Geology Management
Author 3	Name & Surname: Vokhmin S. A.
	Company: Institute of Mining, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russia)
	Work Position: Head of Underground and Mining Construction Chair
	Scientific Degree: Professor, Candidate of Engineering Sciences
Author 4	Name & Surname: Zaitseva E. V.
	Company: Institute of Mining, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russia)
	Work Position: Assistant
Abstract	<p>The authors highly appreciate contribution of V. V. Tsatskin, Deputy Director, M. S. Filippov, Chief Expert, Surveying Center, Polar Division, and S. V. Cherkasov, Chief Mine Surveyor Taimyrsky, as well as G. S. Kurchin, Assistant Professor, Mine and Underground Construction Department, Candidate of Engineering Sciences, and S. V. Cherkasov, Student, Institute of Mining, Geology and Geotechnology, Siberian Federal University.</p> <p>Placing emphasis on the importance of identification and rating of mineral reserves based on their preparedness for mining (opened-up, being prepared and ready for mining), the authors state that the current procedures available for determination of the related standards are out of date, disagree with the modern economical and technical conditions of performance and growth of mining business, and need updating.</p> <p>The authors present the proper updated procedure developed for rating of mineral reserves based on the degree of their preparedness for mining, considering probabilistic character of both the first and second mining and the so-called reliability factor KR of process steps and production operations.</p> <p>The new rating procedure, its contents and standards for opened-up, prepared and ready for mining are worked out and available for each mine (production unit), underground mining method and geotechnology for various type copper-nickel ore within the mining lease of the Polar Division of Norilsk Nickel.</p>
Keywords	Opened-up, prepared and ready for mining reserves, rating based on the degree of preparedness, underground mining methods and technologies, reliability factor of process steps and operations, updated procedure and resource endowment standards.
References	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu normativov zapasov poleznykh iskopaemykh po stepeni podgotovlennosti k dobyche na gornykh predpriyatiyakh Minchermeta SSSR</i> (Instructional guidelines on definition of standards of mineral reserves by the level of preparation to extraction at mining enterprises of Ministry of Ferrous Metallurgy of USSR). Belgorod : VIOGEM, 1980. 86 p. (in Russian) 2. <i>Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu normativov zapasov poleznykh iskopaemykh po stepeni podgotovlennosti k dobyche na stadii proektirovaniya gornykh predpriyatiy Minchermeta SSSR</i> (Instructional guidelines on definition of standards of mineral reserves by the level of preparation to extraction on the stage of designing of mining enterprises of Ministry of Ferrous Metallurgy of USSR). Belgorod : VIOGEM, 1981. 24 p. (in Russian) 3. <i>Metodika rascheta normativov zapasov rudy (peskov) po stepeni podgotovlennosti k dobyche na predpriyatiyakh Ministerstva tsvetnoy metallurgii SSSR</i> (Method of calculation of standards of ore reserves (sands) by the grade of preparation to extraction at enterprises of Ministry of Non-Ferrous Metallurgy of USSR). Moscow, 1986. 74 p. (in Russian) 4. <i>Metodicheskoe rukovodstvo po voprosam okhrany nedr i marksheyderskomu kontrolyu na gornykh predpriyatiyakh Aktsionernogo Obshchestva «Norilskiy kombinat»</i> (Methodical guideline by the issues of subsoil protection and mine surveyor control at mining enterprises of JSC «Norilsk combine»). Norilsk, 1998. 77 p. (in Russian) 5. Vorobei B. M., Busyrev V. M., Gushchin V. V., Peshev N. G. Optimizatsiya nadezhnosti tekhnologicheskikh skhem vypusk – dostavka – pogruzka rudy s uchetom ekonomicheskikh faktorov (Optimization of reliability of technological schemes «output-delivery-loading» of ore taking into account economic factors). <i>Gornyi Zhurnal = Mining Journal</i>. 1974. No. 11. pp. 18–20. 6. Petrosov A. A. <i>Modelirovaniye i optimizatsiya protsessov na rudnikakh</i> (Modeling and optimization of processes at mines). Moscow : Nedra, 1978. 205 p. 7. Kariman S. A., Shramko V. M. <i>Nadezhnost proizvodstvennykh protsessov pri podzemnoy dobyche uglja</i> (Reliability of production processes in the time of underground mining of coal). Moscow : Nauka, 1975. 159 p. 8. Koryagin V. F. <i>Issledovanie i razrabotka metodov rascheta nadezhnosti ochistnoy vyemki : avtoreferat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk</i> (Research and development of methods of calculation of stoping reliability : thesis of inauguration of Dissertation ... of Candidate of Engineering Sciences). Moscow : Moscow Mining Institute, 1973. 22 p. 9. Ivanov G. N. <i>Opredeleniye optimalnoy proizvoditelnosti dobychnogo bloka s ispolzovaniem teorii nadezhnosti : avtoreferat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk</i> (Definition of optimal productivity of extraction block using reliability theory : thesis of inauguration of Dissertation ... of Candidate of Engineering Sciences). Krasnoyarsk, 2000. 22 p. 10. Belyaev Yu. K., Bogatyrev V. A., Bolotin V. V. et al. <i>Nadezhnost tekhnicheskikh sistem : spravochnik</i> (Reliability of engineering systems : reference book). Under the editorship of A. M. Ushakov. Moscow : Radio i svyaz, 1985. 608 p.