

**В.Н. Калмыков, О.В. Петрова, Ю.Д. Мамбетова**

# **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕДНО- КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Все чаще предприятия, ведущие подземную разработку месторождений, сталкиваются с ухудшением горно-геологических и горнотехнических условий освоения, что приводит к снижению технико-экономических показателей горного предприятия в процессе эксплуатации по сравнению с показателями, определенными проектами на разработку. В совокупности с недостоверностью горно-геологической информации и высокой волатильностью цен на металлы это приводит к нарушению устойчивости функционирования горнотехнической системы. Отсутствие стратегии ведения горных работ в период падения цен и (или) неблагоприятной ситуации по запасам и качеству полезного ископаемого ведет к снижению эффективности горного предприятия, вынужденным простоям, оставлению в недрах руд с низким содержанием полезных компонентов, выборочной отработке участков с высоким содержанием полезных компонентов и даже временному прекращению горных работ. Обеспечить устойчивость функционирования горнотехнической системы возможно за счет своевременного формирования и реализации комплексов технологических резервов, направленных на обеспечение стабильной эффективности горного производства в период негативного влияния рыночных и горно-геологических факторов.

Ключевые слова: устойчивое функционирование горнотехнической системы, технологические резервы, коэффициент устойчивости, комплексы резервов

---

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-8-0-5-16

На сегодняшний день при проектировании горных предприятий, ведущих разработку месторождений подземным способом, предусматриваются резервы по оборудованию, вентиляции, подготовленным и готовым к выемке запасам, которые необходимы для стабильной и бесперебойной работы рудника. Вместе с тем, все чаще возникают ситуации, такие как ухудшение рыночных и горно-

геологических условий разработки, для компенсации негативного влияния которых существующих на руднике резервов недостаточно и к которым предприятие не готово, что приводит к отклонению от проектных технико-экономических показателей, вынужденным простоям, выборочной отработке и временному прекращению горных работ, и, как следствие, потере устойчивости функционирования

**Систематизация направлений технологического резервирования по обеспечению устойчивого функционирования горнотехнической системы**

Направления технологического резервирования	Способ формирования и вид резерва	Горнотехнические и горно-геологические условия реализации	Результат реализации
Регулирование объемов добычи	создание дополнительных выемочных единиц с благоприятными условиями разработки	наличие вскрытых запасов	снижение затрат на проходку, очистную выемку
	подготовка к вовлечению временно-неактивных запасов в разработку	возможность отработки законсервированных запасов	
	развитие дополнительного фронта горных работ	достаточные размеры рудных площадей	
Управление качеством добываемой рудной массы	подготовка к эксплуатации богатых участков месторождения	наличие богатых рудных зон в шахтном поле	повышение извлекаемой ценности полезных ископаемых; снижение затрат на переработку
	применение селективной выемки	различия в сортах руд	
	внедрение предконцентрации добытой рудной массы	наличие выработанных пространств; возможность использования технологии первичной переработки рудной массы	
Повышение уровня механизации работ и производительности оборудования	переход на новую, более производительную технику	пропускная способность вентиляции и выработанных пространств	изменение производительности, снижение себестоимости
	использование пород от проходки и отходов переработки в качестве складочного материала	применение систем разработки с закладкой выработанного пространства	
Вовлечение в освоение техногенных георесурсов	использование шахтных вод	высокая минерализация шахтных вод	снижение платежей за негативное воздействие на окружающую природную среду; дополнительная товарная продукция
	использование подземных выработанных пространств	требуемая устойчивость руды и вмещающих пород	
Использование новых технологий добычи и совершенствование существующих	совершенствование конструкций и параметров системы разработки	положительные результаты опытно-промышленных испытаний	снижение затрат на добычу и переработку руды
	использование новых материалов, технологий		

горнотехнической системы. Обеспечить устойчивость функционирования горнотехнической системы возможно за счет своевременного формирования и реализации технологических резервов [1–3].

Анализ технико-экономических показателей работы предприятий, учебно-методической литературы, нормативных источников по подземной разработке позволил выявить существующие в настоящее время технологические резервы и произвести их обобщение по способу формирования и виду резерва для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий подземной разработки месторождения (табл. 1) [4–6].

Основными технологическими резервами подземной разработки рудных месторождений с целью обеспечения устойчивого развития горнотехнической системы являются объемы добычи, качество добываемой рудной массы, уровень механизации работ, воспроизводство и вовлечение в освоение георесурсов, реализация которых осуществляется раз-

личными способами в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий разработки.

Анализ научно-методической литературы, работы предприятий ведущих подземную разработку показал, что наиболее распространенным является резерв по подготовленным и готовым к выемке запасам. Однако ограниченность минерально-сырьевой базы не всегда позволяет подготавливать резерв, что обуславливает необходимость формирования резерва в комплексе с другими направлениями технологических резервов.

Для условий подземной разработки медно-колчеданных месторождений произведено конструирование базовых технологических схем формирования комплексов резервов, обеспечивающих устойчивость функционирования горнотехнической системы, отличающиеся наличием и состоянием очистного пространства карьера, вариантами систем разработки, мощностью предприятия, ценностью руд. Согласно проведенному

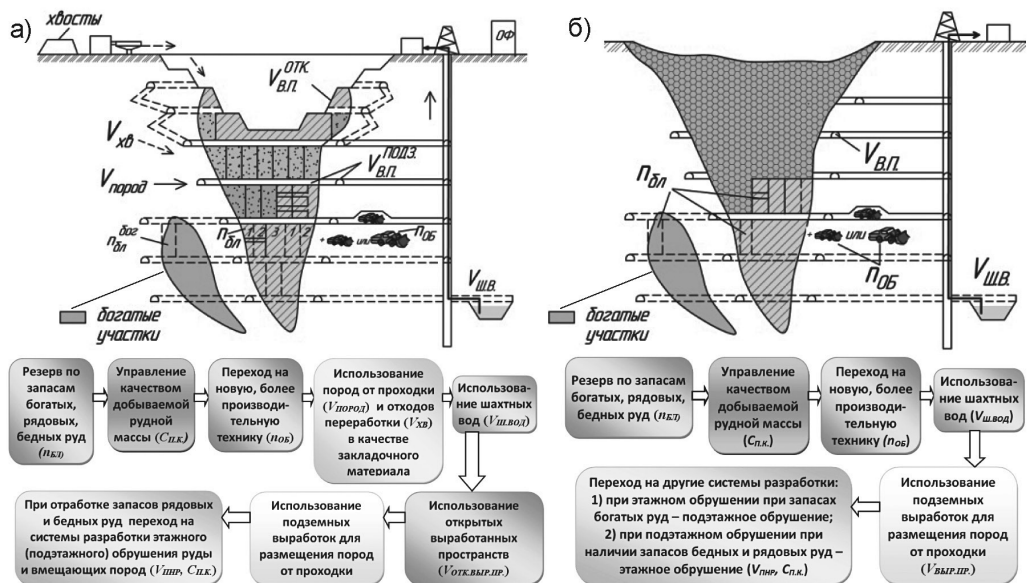


Рис. 1. Технологические схемы формирования комплексов резервов, обеспечивающих устойчивость при подземной разработке медно-колчеданных месторождений системами разработки: камерными с закладкой (а); этажного (подэтажного) обрушения руд и вмещающих пород (б)

анализу горно-геологических и горнотехнических условий отработки месторождения, наибольшее распространение нашли системы разработки с закладкой выработанного пространства, а именно камерные, и с обрушением руд и вмещающих пород (рис. 1).

Выбор эффективного варианта горнотехнической системы, обеспечивающего устойчивость к негативному воздействию факторов, предлагается осуществлять на основе коэффициента устойчивости функционирования горнотехнической системы [7–8].

На основе предложенного коэффициента разработана модель определения параметров технологических резервов, которые компенсируют негативное влияние ухудшения рыночных и горно-геологических условий отработки при подземной разработке медно-колчеданных месторождений (1). Параметрами технологических резервов являются объем каждого резерва, входящего в состав комплекс, срок формирования резерва и в комплексе в целом и реализации резервов, ценность подготавливаемых руд и др.

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{РЕЗ}^{КОМПЛ} = \sum_{i=1}^n Q_{РЕЗ}^i = f(K_{УСТ}^j, t_{ФОРМ}^{КОМПЛ}, t_{РЕАЛ}^{КОМПЛ}); \\ K_{УСТ}^j = f(C, C, A_i); \\ t_{ФОРМ}^{КОМПЛ} = f(P_{ОБ}) \leq T_{УСТ}; \\ t_{РЕАЛ}^{КОМПЛ} \geq T_{НЕУСТ}; \\ Z_{ФОРМ} = f(Q_{РЕЗ}^{КОМПЛ}) \leq Y, \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $n = i...1$  — вид технико-технологического резерва;  $j$  — вариант системы разработки при подземной разработке;  $Q_{РЕЗ}^i$  — объем  $i$ -го технико-технологического резерва;  $t_{ФОРМ}^{КОМПЛ}$  — длительность периода формирования технико-технологических резервов, месяц;  $t_{РЕАЛ}^{КОМПЛ}$  — срок реализации технико-технологических резервов, месяц;  $P_{ОБ}$  — резерв по обороту;  $T_{УСТ}$ ,  $T_{НЕУСТ}$  — длительность

периодов устойчивости и неустойчивости, месяц;  $Y$  — ущерб от потери устойчивости горнотехнической системы, млн руб./год;  $Z_{ФОРМ}$  — затраты на формирование комплексов технико-технологического резерва, млн руб./год.

Предложенная методика учитывает ряд ограничений. Объемы резервов, входящих в состав комплекса, зависят от прогнозного значения коэффициента устойчивости, который определяется с учетом цен на металлы, содержания металла в руде и применяемой системы разработки. При этом период формирования комплекса резервов не может быть больше периода устойчивости, когда коэффициент устойчивости больше 10%, а период реализации должен быть больше периода неустойчивости, когда коэффициент устойчивости менее 10%. Затраты на формирование комплекса резервов должны быть ниже ущерба от негативного влияния рыночных и горно-геологических факторов.

Для определения длительности периодов устойчивости и неустойчивости и значения коэффициента в эти периоды произведено экономико-математическое моделирование условий подземной разработки медно-колчеданных месторождений при применении различных систем разработки и производственной мощности до 1, от 1 до 3 и более 3 млн т/год. Результаты моделирования показали, что длительность периода неустойчивости составляет 0,5–1,2 года, при этом коэффициент снижается от -8,4 до -58,8%, что свидетельствует о неэффективности функционирования горнотехнической системы. Длительность периода устойчивости составляет 2,5–6 лет, при этом период устойчивости характеризуется определенным запасом, который составляет от 43,1 до 61,2%. Длительность периода неустойчивости и уровень снижения коэффициента устойчивости определяют ущерб, который не-

обходимо компенсировать. Анализ периодов устойчивости позволил определить возможные сроки формирования резервов с целью компенсации спада коэффициента устойчивости в результате негативного влияния горно-геологических и рыночных факторов.

Учитывая, что срок отработки большинства медно-колчеданных месторождений составляет 20–30 лет, то можно прогнозировать периоды неустойчивости каждые 3–7 лет длительностью от 0,5 до 15 месяцев, что обуславливает необходимость формирования комплексов резервов с целью компенсации потери устойчивости горнотехнической системы.

Анализ опыта работы подземных рудников при нестабильных ценах, научно-методической литературы показал, что наиболее доступным и распространенным является наличие резерва по подготовке запасов руд. Поэтому при разработке мероприятий в первую оче-

редь определяется необходимый объем резерва по запасам руд различной ценности для компенсации потери устойчивости, вследствие изменения рыночных и горно-геологических условий [9–12].

Для выполнения прогнозных расчетов получены аналитические зависимости объемов резерва по подготовленным и готовым к выемке запасам богатых, рядовых и бедных руд от коэффициента устойчивости ГТС при подземной разработке медно-колчеданных месторождений различными системами разработки (рис. 2).

По полученным зависимостям произведен расчет объема резерва по подготовленным и готовым к выемке запасам различной ценности, который показал, что в условиях максимального снижения цены на медь их объемы варьируются от 45 до 600% годовой добычи в зависимости от применяемой системы разработки и производственной мощности,

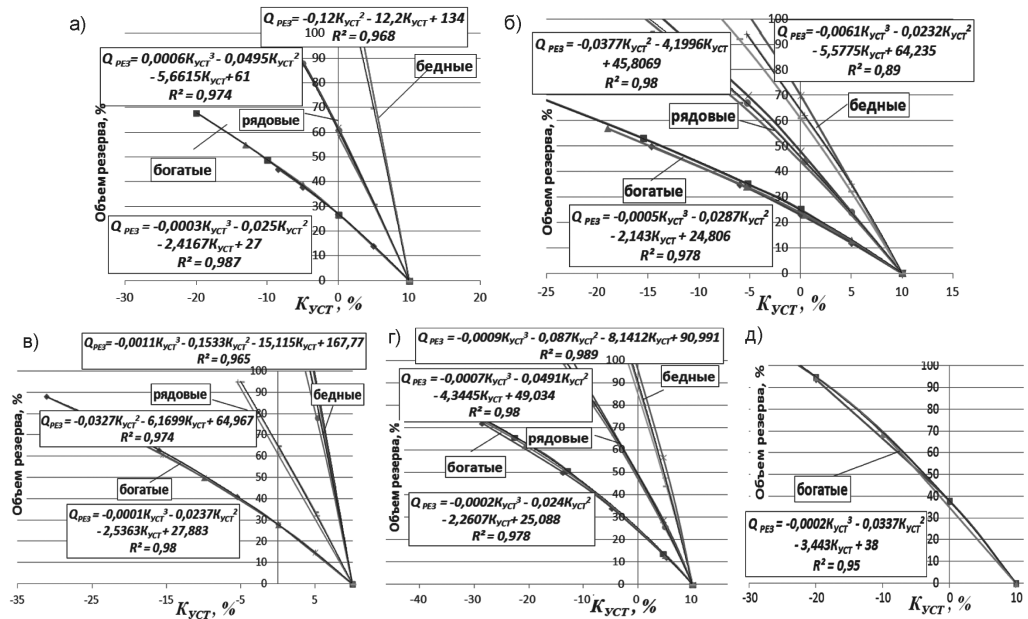


Рис. 2. Зависимости объема резерва по подготовленным и готовым к выемке запасам различной ценности от  $K_{уст}$  при системах разработки: этажного обрушения руд и вмещающих пород (а); подэтажного обрушения руд и вмещающих пород (б); этажно-камерной с закладкой (в); подэтажно-камерной с закладкой (г); горизонтальными слоями с закладкой (д)

что обуславливает высокие затраты на проходку, поддержание выработок.

Сократить резервы по резервируемым запасам возможно за счет реализации их в комплексе с другими направлениями технико-технологического резервирования, такими как повышение уровня механизации работ, качества рудной массы, освоение техногенных георесурсов, использование новых технологий и совершенствование существующих.

Для направлений технико-технологического резервирования произведен выбор резервов в зависимости от вида системы разработки и производственной мощности рудника и определены объемы резервов по каждому направлению и произведена оценка коэффициента устойчивости горнотехнической системы. Результаты оценки совокупного влияния данных направлений технико-технологического резервирования

без учета резерва по подготовленным и готовым к выемке запасам представлены в табл. 2.

Анализ результатов расчета показал, что без формирования резервов по подготовленным и готовым к выемке запасам за счет других направлений технологического резервирования возможно повысить коэффициент устойчивости от 4 до 30%, т.е. повышение уровня механизации, качества добываемой рудной массы, освоение техногенных георесурсов и изменение технологий отработки запасов в комплексе не позволяют компенсировать максимально возможную потерю устойчивости в результате снижения цены на металл, либо ухудшения горно-геологических условий.

Поэтому для целей полной компенсации потери устойчивости горнотехнической системы необходимо формировать комплексы технологических резервов с

Таблица 2

**Оценка степени влияния на устойчивость горнотехнической системы реализации комплекса резервов без учета резерва по подготовленным и готовым к выемке запасам**

Система разработки	Производственная мощность, млн т/год	Повышение коэффициента устойчивости при реализации комплекса при отработке запасов руд, %		
		бедных	рядовых	богатых
Этажное обрушение руд и вмещающих пород	до 1	5,7	5,7	13,9
	1–3	4,6	4,6	12,6
	больше 3	3,8	3,8	11,6
Подэтажное обрушение руд и вмещающих пород	до 1	7,9	8,5	11,9
	1–3	7,1	7,5	10,2
	больше 3	7	7,2	9
Этажно-камерная с закладкой	до 1	25,6	30	22,2
	1–3	22,4	26,6	18,1
	больше 3	20,4	25,6	15,3
Подэтажно-камерная с закладкой	до 1	24,9	30,3	20,8
	1–3	22,2	29	17,2
	больше 3	19,6	28,1	13,8
Горизонтальными слоями с закладкой	до 1	—	—	16
	1–3	—	—	12,4
	больше 3	—	—	11,2

Таблица 3

**Результаты расчета требуемого количества камер (блоков) запасов руд различной ценности, обеспечивающего устойчивость горнотехнической системы при их реализации отдельно и в комплексе с направлениями технологического резервирования**

Система разработки	Производственная мощность рудника, млн т/год	Количество камер ( $n_{\text{БЛ}}$ ) при подготовке запасов руд:					
		бедных		рядовых		богатых	
		отдельно	в комплексе	отдельно	в комплексе	отдельно	в комплексе
Этажное обрушение руд и вмещающих пород	до 1	9	7	4	3	2	1
	1–3	21	16	9	7	4	2
	больше 3	52	44	23	20	10	4
Подэтажное обрушение руд и вмещающих пород	до 1	5	4	3	3	2	1
	1–3	11	10	8	6	4	3
	больше 3	30	25	22	17	12	8
Этажно-камерная с закладкой выработанного пространства	до 1	14	6	5	2	2	1
	1–3	32	14	13	4	5	3
	больше 3	91	41	37	8	16	10
Подэтажно-камерная с закладкой выработанного пространства	до 1	8	4	4	2	2	1
	1–3	20	12	11	4	5	4
	больше 3	59	37	33	12	17	13
Горизонтальными слоями с закладкой	до 1	—	—	—	—	4	3
	1–3	—	—	—	—	11	9
	больше 3	—	—	—	—	34	30

учетом запасов подготовленных и готовых к выемке руд различной ценности. Реализация технологических резервов в комплексе позволяет сократить объемы подготовленных и готовых к выемке запасов.

Оценка необходимого объема резерва по подготовленным и готовым к выемке запасам богатых, рядовых и бедных руд с учетом формирования его в комплексе с другими направлениями технологического резервирования произведен по полученным зависимостям (рис. 2) и представлены в табл. 3.

Вовлечение всех направлений резервирования в комплексе позволяет снизить количество дополнительных выемочных единиц в 1,7–2 раза, тем самым уменьшить затраты на проходку и

поддержание в устойчивом состоянии выработок.

При формировании комплексов резервов необходимо учитывать ограничения финансовые, связанные с имеющимся запасом устойчивости, и временные, обусловленные длительностью периода устойчивости в зависимости от производственной мощности рудника и вида системы разработки. Таким образом, определены условия применения комплексов технологических резервов в зависимости от производственной мощности рудника и системы разработки, и обоснованы их объемы, обеспечивающие устойчивость функционирования горнотехнической системы (табл. 4).

Важными ограничивающими условиями при формировании комплексов

Таблица 4

Параметры комплексов резервов, обеспечивающих устойчивость ГТС при подземной разработке медно-колчеданных месторождений

Система разработки	Производственная мощность, млн т/год	Переход на другие системы разработки при отработке запасов руд		Количество подготовленных и готовых к выемке блоков* (n <sub>об</sub> )			Качество донерного материала	Освоение техногенных георесурсов в качестве складочного материала		выработанные пространства		Повышение K <sub>уст</sub> , %		
		ботых	Рядовых	ботых	Рядовых	бедных		ботых	Рядовых	бедных	открытые** V <sub>вл.орг.</sub> МЛН М <sup>3</sup>		подземные V <sub>вл.орг.</sub> М <sup>3</sup>	
Этажное обрушение руд и вмещающих пород	до 1	камерная с закладкой	не меняется	бедных	1	3	—	—	—	300	—	500	30	
	от 1 до 3				2	7	—	—	—	350	—	1500	23	
	более 3				4	20	—	—	—	450	—	5000	18	
Подэтажное обрушение руд и вмещающих пород	до 1	камерная с закладкой	этажное обрушение руды и вмещающих пород	бедных	1	3	—	—	—	300	—	750	36	
	от 1 до 3				3	6	—	—	—	350	—	2250	29	
	более 3				8	17	—	—	—	450	—	7500	25	
Этажно-камерная система с закладкой	до 1	не меняется	обрушение руд и вмещающих пород	бедных	1	—	—	—	100	132	50	1250	41	
	от 1 до 3				3	4	—	—	300	395	350	151	3750	35
	более 3				10	8	41	—	—	1000	1316	450	200	12 500
Подэтажное обрушение руд и вмещающих пород	до 1	не меняется	подэтажное обрушение руд и вмещающих пород	бедных	1	—	—	—	100	132	50	1750	49	
	от 1 до 3				4	4	—	—	300	395	350	151	3750	43
	более 3				13	12	37	—	—	1000	1316	450	200	17 500
Горизонтальным и слоями с закладкой	до 1	не меняется	однослойная выемка с закладкой	бедных	3	—	—	100	132	300	50	500	69	

\* Параметры камеры 20\*60\*60.

\*\* Глубина карьера при производственной мощности до 1 млн т/год — 150 м, 1–3 млн т/год — 250 м, более 3 млн т/год — 350 м.

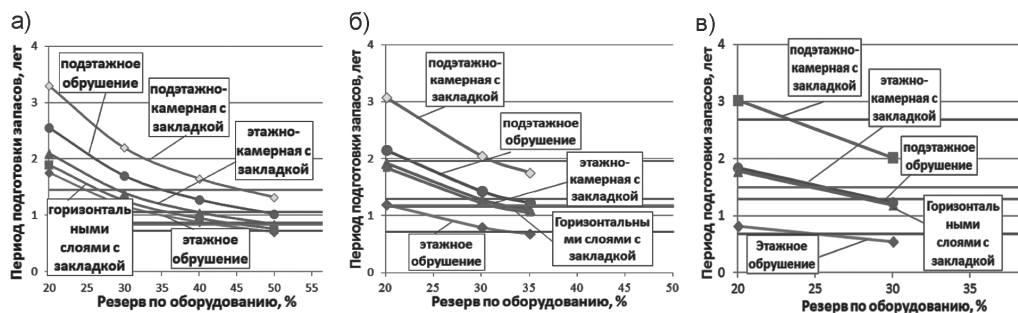


Рис. 3. Зависимость сроков подготовки запасов от проектного коэффициента резерва по оборудованию при производственной мощности рудников до 1 (а), от 1 до 3 (б) и более 3 млн т/год (в)

резервов является достаточность времени на формирование комплексов резервов. Сроки формирования комплексов резервов с учетом времени подготовки запасов богатых руд составляют от 1 до 3 лет, рядовых — от 2 до 5 лет, бедных — от 9 до 12 лет и определяются величиной резерва по оборудованию (1,2–1,25), предусмотренного нормами технологического проектирования. Сопоставление времени подготовки резервов с длительностью периода устойчивого функционирования горнотехнической системы показал, что формирование комплексов резервов с учетом времени подготовки запасов рядовых и бедных руд невозможно при существующем резерве по оборудованию.

Поэтому, произведена оценка влияния резерва по оборудованию на время формирования резервов с целью определения значения резерва по оборудованию при котором обеспечивается наиболее оперативное формирование комплексов резервов. Оценка влияния величины резерва по оборудованию на срок формирования комплекса технологических резервов производилась на примере обработки медно-колчеданных месторождений различными системами разработки при производственной мощности от 0,5 до 5 млн т/год (рис. 3). Срок подготовки запасов определялся объемом ПНР, количеством забоев и скоростью проходки выработок и огра-

ничивался техническими возможностями проходческого оборудования.

Анализ результатов расчета показал, что на стадии проектирования горнотехнической системы целесообразно увеличение резерва по оборудованию с 1,2–1,25 при производственной мощности рудника менее 1 млн т/год — до 1,5, от 1 до 3 — до 1,4 и более 3 — до 1,3, что позволит существенно снизить сроки формирования комплексов технологических резервов и оперативно реагировать на конъюнктуру рынка.

Для условий медно-колчеданного месторождения Учалинское, отрабатываемого подземным способом, произведена оценка устойчивости функционирования горнотехнической системы. Рассмотрен вариант снижения цены на медь до 3000 долл./т, при котором коэффициент устойчивости составит -0,9%, т.е. горнотехническая система при данной цене будет функционировать неустойчиво. Для обеспечения устойчивости горнотехнической системы произведен выбор комплекса резервов в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий обработки. Установлено, что необходимо формирование комплекса, в состав которого входят следующие резервы: по подготовленным запасам рядовых руд, использование подземных выработок для размещения пород от проходки, использование карьерного выработанного

Таблица 3

**Эффект от реализации и параметры комплекса технологических резервов для условий месторождения Учалинское**

Технологические резервы	Повышение КУСТ при реализации резервов, %	Объем резерва	Эффект от реализации комплекса резерва, млн руб.
Использование отходов переработки в качестве закладочного материала	4,3	146 тыс. м <sup>3</sup>	32,9
Использование открытых выработанных пространств для размещения отходов переработки	3,2	4,8 млн м <sup>3</sup>	
Использование подземных выработок для размещения пород от проходки	1,5	18 тыс. м <sup>3</sup>	
Резервирование запасов подготовленных и готовых к выемке рядовых руд	1,9	1 блок	

пространства для размещения хвостов обогащения, использование хвостов в качестве закладочного материала. Для выбранных резервов произведено обоснование параметров и расчет эффекта от реализации комплекса при негативном влиянии рыночных и горно-геологических факторов (табл. 3).

Таким образом, предприятия ведущие подземную разработку медно-колчеданных месторождений постоянно сталкиваются с высокой волатильностью цен на металлы, недостоверностью исходной горно-геологической информации, что приводит к снижению эффективно-

сти горных работ и потере устойчивости функционирования горнотехнической системы. Обеспечить устойчивость в данных условиях возможно за счет формирования комплексов технологических резервов, направленных на регулирование объемов добычи, повышение качества добываемого сырья, уровня механизации, вовлечения техногенных георесурсов, использование новых технологий и совершенствование существующих, в период стабильной работы предприятия и реализации в период негативного влияния рыночных и горно-геологических факторов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Методические указания по технологическому проектированию горнодобывающих предприятий металлургии с подземным способом разработки (Приложение к ВНТП 13-2-93). — СПб.: Гипроруда, 1993.
2. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий металлургии с подземным способом проектирования. — СПб.: Гипроруда, 1993. — 201 с.
3. Калмыков В. Н., Петрова О. В., Янтурина Ю. Д. Оценка устойчивости горнотехнической системы при освоении рудных месторождений Урала подземным способом [Электронный ресурс] // Проблемы недропользования. — 2014. — 2 вып. — С. 96–101. — Режим доступа: <http://trud.igduran.ru/edition/2>.
4. Пронин Э. М., Васильев В. Е., Цветков В. Ю. Факторы, определяющие устойчивое развитие предприятий минерально-сырьевого комплекса, и их влияние на оценку результатов деятельности предприятий / Экономические проблемы развития минерально-сырьевой и топливно-энергетического комплексов России. — СПб., 2011. — 337 с.
5. Каплунов Д. Р., Юков В. А. Оценка условий обеспечения устойчивого функционирования горнотехнических систем в условиях неопределенности исходной горно-геологической информации // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2013. — № 4. — С. 400–409.

6. Багутина Н. С., Ткач С. М. Обоснование системы комплексных мероприятий по повышению эффективности разработки рудных месторождений Якутии // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2010. — Т. 4. — № 12. — С. 115–124.

7. Калмыков В. Н., Петрова О. В., Янтурина Ю. Д. Обоснование резервов устойчивого развития горнотехнической системы при подземной разработке рудных месторождений // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. Материалы международной научной школы академика К.Н. Трубецкого / Под ред. акад. К. Н. Трубецкого. — М.: ИПКОН РАН, 2014. — С. 222–225.

8. Замбрицкая Е. С., Скрылева Г. И. Запас финансовой прочности, как показатель оценки экономической эффективности инвестиционных проектов по созданию производственных объектов // Молодой ученый. — 2013. — № 2. — С. 128–132.

9. Ткач С. М. Методологические и геотехнологические аспекты повышения эффективности освоения рудных и россыпных месторождений Якутии / Отв. ред. С. А. Батугин. — Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2006. — 284 с.

10. Канзычаков С. В. Обоснование режима и направления развития горных работ на угольных разрезах в условиях изменчивости внешней среды: автореф. ... канд. техн. наук: 25.00.22, 25.00.21. — Магнитогорск, 2013. — 20 с.

11. Радченко Д. Н. К вопросу обоснования рациональных масштабов эксплуатации запасов рудных месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. Материалы международной научной школы академика К.Н. Трубецкого / Под ред. акад. К. Н. Трубецкого. — М.: ИПКОН РАН, 2014. — С. 246–249.

12. Каплунов Д. Р., Юков В. А. Предварительная оценка допустимой величины колебаний основных показателей работы рудника // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2011. — № 9. — С. 5–12. **ПЛАТ**

#### **КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

*Калмыков Вячеслав Николаевич*<sup>1</sup> — доктор технических наук, профессор,

*Петрова Ольга Викторовна*<sup>1</sup> — кандидат технических наук, доцент,

*Мамбетова Юлия Данияровна* — ведущий специалист,

ООО «УралГеоПроект», e-mail: mambetova\_yuliya@bk.ru,

<sup>1</sup> Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, e-mail: prmpi@magtu.ru.

---

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 8, pp. 5–16.

UDC 622.013

**V.N. Kalmykov, O.V. Petrova, Yu.D. Mambetova**

### **JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL RESOURCES FOR STABLE PERFORMANCE OF GEOTECHNICAL SYSTEM IN UNDERGROUND PYRITIC-COPPER ORE MINING**

Increasingly, enterprises engaged in underground mining, faced with the deterioration of mountain-geological and mining conditions of development, which leads to a reduction of technical and economic parameters of mining enterprises in the process of operation in comparison with the indicators defined by development projects. Together with the unreliability of geological information and the high volatility in metal prices leads to a violation of stability of functioning of the mining system. The lack of strategy of mining operations in the period of falling prices and (or) unfavorable situation on reserves and quality of minerals leads to a decrease in the efficiency of the mining enterprise, forced outages, maintaining in the bowels of ores with low content of useful components, selective mining phases with a high content of useful components and even the temporary cessation of mining operations. To ensure the sustainable functioning of the mining system is possible due to the

timely formation and implementation of software technology reserves aimed at ensuring the efficiency of the mining production during the period of negative influence of market and geological factors.

Key words: sustainable functioning of the mining system, technology reserves, the coefficient of stability, the complexes of reserves.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-8-0-5-16

## AUTHORS

Kalmykov V.N.<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor,

Petrova O.V.<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences,

Assistant Professor,

Mambetova Yu.D., Leading Specialist,

e-mail: mambetova\_yuliya@bk.ru,

LLC «Uralgeoproekt», Magnitogorsk, Russia,

<sup>1</sup> Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov,

455000, Magnitogorsk, Russia, e-mail: prmpi@magtu.ru.

## REFERENCES

1. *Metodicheskie ukazaniya po tekhnologicheskomu proektirovaniyu gornodobyvayushchikh predpriyatiy metallurgii s podzemnym sposobom razrabotki (Prilozhenie k VNTP 13-2-93)* (Instructional guidelines on production planning of underground mines for metallurgical industry (Appendix, VNTP 13-2-93)), Saint-Petersburg, Giproruda, 1993.

2. *Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya gornodobyvayushchikh predpriyatiy metallurgii s podzemnym sposobom proektirovaniya* (Design standards for underground mine production planning in metallurgy), Saint-Petersburg, Giproruda, 1993, 201 p.

3. Kalmykov V.N., Petrova O.V., Yanturina Yu.D. *Problemy nedropol'zovaniya*. 2014, issue 2, pp. 96–101, available at: <http://trud.igduran.ru/edition/2>.

4. Pronin E. M., Vasil'ev V. E., Tsvetkov V. Yu. *Ekonomicheskie problemy razvitiya mineral'no-syr'evoy i toplivno-energeticheskogo kompleksov Rossii* (Economic problems of development of the mineral mining and fuel-and-energy industries in Russia), Saint-Petersburg, 2011, 337 p.

5. Kaplunov D. R., Yukov V. A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2013, no 4, pp. 400–409.

6. Bagutina N. S., Tkach S. M. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2010, vol. 4, no 12, pp. 115–124.

7. Kalmykov V.N., Petrova O.V., Yanturina Yu.D. *Problemy i perspektivy kompleksnogo osvoeniya i sokhraneniya zemnykh nedr. Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly akademika K.N. Trubetskogo*. Pod red. K. N. Trubetskogo (Problems and prospects of integrated development and preservation of mineral wealth. Academician Trubetskoy School Transactions. Trubetskoy K. N. (Ed.)), Moscow, IPKON RAN, 2014, pp. 222–225.

8. Zambrzhitskaya E. S., Skryleva G. I. *Molodoy uchenyy*. 2013, no 2, pp. 128–132.

9. Tkach S. M. *Metodologicheskie i geotekhnologicheskie aspekty povysheniya effektivnosti osvoeniya rudnykh i rossypnykh mestorozhdeniy Yakutii*. Pod red. S. A. Batugin (Methodological and geotechnical aspects of enhancing mining efficiency of ore deposits and placers in Yakutia. Batugin S. A. (Ed.)), Yakutsk, Izd-vo Instituta merzlotovedeniya SO RAN, 2006, 284 p.

10. Kanzychakov S. V. *Obosnovanie rezhima i napravleniya razvitiya gornykh rabot na ugol'nykh razrezakh v usloviyakh izmenchivosti vneshey sredy* (Validation of mining regime and advance direction at open pit coal mines in the conditions of variable environment), Candidate's thesis, Magnitogorsk, 2013, 20 p.

11. Radchenko D. N. *Problemy i perspektivy kompleksnogo osvoeniya i sokhraneniya zemnykh nedr. Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly akademika K.N. Trubetskogo*. Pod red. K. N. Trubetskogo (Problems and prospects of integrated development and preservation of mineral wealth. Academician Trubetskoy School Transactions. Trubetskoy K. N. (Ed.)), Moscow, IPKON RAN, 2014, pp. 246–249.

12. Kaplunov D. R., Yukov V. A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2011, no 9, pp. 5–12.