

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТКИ УДАРООПАСНЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Сидоров Д.В., Пономаренко Т.В.

Санкт-Петербургский горный университет

В статье обоснованы инновационные технологические решения по выбору порядка отработки запасов камер на действующем руднике по добыче меди в удароопасных условиях, обеспечивающего рост производственной мощности после реконструкции. Выявлены и систематизированы технологические и экономические эффекты от применения технологической инновации, показано влияние инновационного решения на результаты деятельности рудника и компании.

Рост потребления цветных металлов в отраслях промышленности и энергетике, а также снижение инвестиций по ряду проектов привел к существенному дефициту сырьевых товаров: меди, титана, алюминия, никеля, кобальта и др. (URL: <https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/risk/articles/2019/tcfd-2019-status-report.html>). Например, в ближайшее время недостаток меди на рынке металлов может составить около 400 тыс. тонн. По наблюдениям Уральской горно-металлургической компании (УГМК) в течение следующих пяти лет потребление меди будет увеличиваться на 415 тыс. тонн ежегодно, а совокупный прирост к 2022 г. достигнет 2,5 млн. т. В связи с этим основные усилия горнодобывающих компаний направлены на обеспечение максимальных объемов производства руды при минимальных затратах.

К настоящему времени рынки большинства цветных металлов являются концентрированными, т.к. в горно-металлургических отраслях конкурируют крупные вертикально-интегрированные компании (ВИК). Внешняя экономическая среда благоприятна с точки зрения тенденции к росту цен на цветные металлы, разнообразия и доступности финансовых ресурсов. При этом производственные мощности основных производителей - компаний медного рынка России - имеют дефицит по рудному сырью, качество минерально-сырьевой базы по меди невысокое, что в условиях роста рынка обуславливает необходимость дальнейшего развития минерально-сырьевых активов (МСА). Основными формами развития являются реконструкция действующих

производственных мощностей и проекты разработки и ввода в эксплуатацию новых месторождений. При этом основными факторами реконструкции действующих рудников являются увеличение производственной мощности с ростом производительности труда и эффективности добычи руды [4].

Например, с учетом ожидания роста цен на медную продукцию и получения высокой доходности, ВИК УГМК стремится увеличить объемы добычи руды на крупнейшем действующем Гайском ГОКе, а также проектирует к разработке новые медные месторождения. Так, в 2009 г объем добычи руды на Гайском руднике составлял 3 млн. тонн руды [6], в 2016 г – 6,5 млн. тонн руды, 2017 г – 7,5 млн. тонн руды (http://www.ggok.ru/ru/activi ty/priary_production/13748/), а в 2020 г должен выйти на добычу в 8,5 – 9,0 млн тонн руды ежегодно (<https://gold.1prime.ru/news/20190813/326907.html>).

Для реконструкции подземного рудника с увеличением производительности до 9 млн. тонн в год ПАО «Гайский ГОК» потребовались инновационные проектные решения, которые были разработаны в Санкт-Петербургском горном университете в результате геомеханического и технико-экономического обоснования.

Гайский ГОК расположен в восточной части Оренбургской области. Рудные тела Гайского медно-колчеданного месторождения распределены крайне неравномерно [1, 2]. Общая протяженность зоны по простиранию достигает 5 км, по падению она прослежена почти на 2 км и окончательно не оконтурена. Мощность ее колеблется от первых десятков метров до 500 м. Падение рудных тел на восток под углом в среднем 60-75°. В целом руды и вмещающие породы характеризуются как достаточно крепкие образования (коэффициент крепости по шкале профессора Протодяконова изменяется от 6 до 16). Гайское месторождение отнесено к склонным по горным ударам [7].

В настоящее время отработка Гайского месторождения ведется в этажах 750 – 830, 830 – 910, 910 – 990 и 990 – 1070м. Для отработки основных запасов (более 90 %) принята этажно-камерная система разработки с твердеющей закладкой. В зависимости от горнотехнических, горно-геологических и геомеханических условий варианты камерной системы разработки с твердеющей закладкой отличаются между собой порядком отработки камер (схемой отработки камер, целиковым или сплошным порядком отработки камер и их высотой). Этажно-камерная система разработки с твердеющей закладкой, ее кон-

струкция, параметры и технология очистной выемки освоены на руднике и обеспечивают безопасность ведения горных работ. В связи с этим, основные усилия были направлены на поиск оптимального порядка отработки запасов руды в пределах этажей.

Поскольку действующими Федеральными Нормами и Правилами Российской Федерации в области промышленной безопасности [7] Гайское месторождение отнесено к склонным и опасным по горным ударам, то при геомеханическом обосновании в качестве основного принимался модернизированный [5] в Санкт-Петербургском горном университете подход ВНИМИ [3]. Подход основан на расчете предельных размеров целиков, но совокупно учитывает паспорт контактной прочности руды и коэффициент запаса прочности междукамерного целика, исключающего проявление в нем удароопасности.

Результаты определения минимально допустимой ширины междукамерных целиков (МКЦ) с учетом фактора удароопасности, горно-геологических и горнотехнических условий разработки Гайского месторождения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры рудных МКЦ для проекта реконструкции ГОКа

Ширина камеры, м	Отметки этажа, м	Предельный размер МКЦ, м	Допустимая ширина МКЦ в зависимости от режима деформирования, м	
			Податливый	Несущий
20	910/990	55	41	68
	990/1070	60	45	75
	1070/1150	66	50	82
	1150/1230	72	54	90
	1230/1310	77	58	97

Согласно рекомендациям по определению предельных размеров устойчивых обнажений применительно к рассматриваемым условиям разработки размеры секции очистной камеры составляют: ширина – 20 м, длина – 50 м, высота 80 м. Тогда объем секции камеры составит 80000 м^3 , а запасы руды в секции камеры составят 336000 т.

С учетом результатов геомеханического обоснования параметров камер, секций и МКЦ, Горным университетом в пределах разрабатываемых и проектируемых к отработке горизонтов 910 – 1310 м был рекомендован камерно-целиковый порядок отработки по схеме 1-2-3-1-2-3, позволяющий обеспечить тре-

буемую производительность рудника 8,5 – 9,0 млн тонн руды в год. При этом камеры первой очереди отрабатываются через рудный целик шириной 40 м, камеры второй очереди вынимаются через искусственный и рудный целик (комбинированный целик) общей мощностью 40 м и камеры третьей очереди отрабатываются через искусственный целик из твердеющей закладки шириной 40 м. Максимальное значение коэффициента концентрации напряжений в МКЦ при обработке камер третьей очереди не превышает 3-х.

Разработанное инновационное решение по изменению порядка отработки камер обеспечивает повышение технологической и экономической эффективности работы Гайского ГОКа.

Рост производительности труда обусловлен изменением организации производства и трудоемкостью основных и вспомогательных производственных процессов, включая затраты времени на бурение скважин в секции – 163 суток, зарядание и взрывание скважин – 7 суток, уборку горной массы – 258 суток, подачу закладки – 21 сутки, твердение закладочной смеси – 180 суток, закладку секции – 201 суток. С учетом совмещения во времени рабочих процессов по бурению, заряданию и уборке горной массы суммарные затраты времени на отработку секции камеры при условии обеспечения Гайским рудником производительности 9000000 т/год составят 459 суток (15 мес.) при добыче 268800 т руды из секции.

Результаты определения потерь и разубоживания для горно-геологических и горнотехнических условий отработки залежей: потери 8,4 %, разубоживание 22,0 %. При этом необходимо отметить, что расчёт показателей извлечения выполнен по каркасной модели залежи руд и не учитывает результаты эксплуатационной разведки. В дальнейшем, по результатам эксплуатационной разведки, контуры рудного тела и породных прослоев будут уточняться на всей площади залежи руд, соответственно, при этом должны корректироваться и нормативные показатели разубоживания руды.

Оценка затрат на добычу 1 т руды по Гайскому ГОКу с увеличением объема добычи до 9 млн.т. руды показала величину 1128,8 руб/т.

Рост объемов производства на 30 % и снижение затрат обусловит увеличение прибыли ВИК УГМК на тонну выпускаемой продукции и годовой прибыли, т.к. снижается дефицит рудного сырья, увеличивается степень самообеспеченности ВИК УГМК

концентратом для последующей переработки и уровень загрузки собственных металлургических заводов. При постоянных ценах на медь повышение экономической эффективности деятельности ВИК УГМК, связанное с разработкой и внедрением инновационных решений, определяет рост ее конкурентоспособности на российском и глобальном рынках меди.

При ожидаемой долгосрочной тенденции к росту цен на медь финансовые показатели ВИК УГМК будут улучшаться и экономическая эффективность возрастать, помимо инновационного фактора, также за счет ценового фактора. Например, с 2016 года наблюдалась тенденция к устойчивому росту цен, с 2018 года отмечается некоторое падение. К настоящему времени цены установились на уровне 6000 долл. за т и очень далеки от минимумов 2005, 2009 и 2016 гг. (<https://www.lme.com>).

Анализ волатильности цен на медь, проведенный по данным Лондонской биржи металлов (<https://www.lme.com>) показывает, что с 2012 года до настоящего времени цены изменяются в диапазоне 10-30 %. Внедрение инновационных технологических решений по увеличению производственной мощности рудника с удароопасными рудными залежами обеспечивает рост технологической эффективности работы Гайского ГОКа и повышение экономической эффективности и устойчивости функционирования ВИК УГМК.

Выводы

1. Обосновано технологическое решение по изменению порядка отработки камер на действующем руднике по добыче меди, обеспечивающего рост производственной мощности рудника в соответствии с проектным значением.

2. Выявлены технологические эффекты от применения технологической инновации, связанные с изменением трудоемкости и производительности труда, показано их влияние на формирование экономического эффекта.

3. Показано, что рост объемов производства на 30 % приводит к снижению производственных затрат на тонну добываемой руды.

4. Обосновано, что повышение технологической эффективности работы ГОКа определяет увеличение прибыли ВИК на тонну выпускаемой продукции и годовой прибыли вследствие снижения дефицита рудного сырья и увеличения уровня загрузки металлургических заводов ВИК.

5. Показано, что технологическое инновационное решение обеспечивает повышение экономической эффективности дея-

тельности ВИК, рост конкурентоспособности УГМК на российском и глобальном рынках меди, а также повышение экономической устойчивости ВИК.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства культуры, образования, науки и спорта Монголии в рамках научного проекта № 19-510-44013\19.

Библиографический список

1. Бородаевская М.Б. Геологическое строение Гайского рудного района и условия локализации в нем медноколчеданного оруденения (Южный Урал) / М.Б. Бородаевская, М.И. Вахрушев, Е.С. Контарь и др. // М.: ЦНИГРИ, 1968. 214 с.

2. Нестеренко В.С. Основные черты геологического строения и вопросы генезиса Гайского медноколчеданного месторождения на Южном Урале / В.С. Нестеренко // Геология рудных месторождений. 1978. Т. XX. № 3. С. 24–35.

3. Петухов И.М. Расчетные методы в механике горных ударов и выбросов: Справочное пособие / И.М. Петухов, А.М. Линьков, В.С. Сидоров и др. – М.: Недра, 1992. – 256 с.

4. Рыльникова М. В. Вскрытие при комбинированной разработке медно-колчеданных месторождений / М.В. Рыльникова, В.Н. Калмыков, Н.А. Ивашов // Горная промышленность 2003 – № 2. – С. 38 – 42.

5. Сидоров Д.В. Научно-методическое обоснование параметров несущих барьерных целиков при камерно-столбовой системе разработки удароопасных рудных месторождений на больших глубинах / Д.В. Сидоров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 12. – С. 32 – 35.

6. Чернухин А.В. Моделирование организации очистных работ на Гайском подземном руднике при различных составах закладочной смеси / А.В. Чернухин, Э.И. Богуславский // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). № 7, 2009. – С. 320 – 324.

7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам» (утв. приказом Ростехнадзора от 2 декабря 2013 г. № 576).