© А.А. Ашихмин, Т.А. Дмитриева, 2006

УДК 622.3:338.45

А.А. Ашихмин, Т.А. Дмитриева

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ МЕДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ РУД И КОНЦЕНТРАТОВ

Круглый стол

Медь принадлежит к группе халькофильных элементов и в большинстве месторождений, имеющих промышленное значение, присутствует в виде сульфидных соединений. Известны более двухсот медьсодержащих минералов, из которых промышленное значение имеют только пятнадцать. Основной объем мировых запасов (более 90 %) и добычи (более 85 %) меди приходится на четыре сульфида: халькопирит, борнит, халькозин и кубанит [6, 9-12].

Медные руды, как правило, являются комплексными и в них помимо минералов меди обычно присутствуют минералы железа, цинка, свинца и молибдена. Кроме того, медные руды содержат золото, серебро, селен, теллур и другие элементы [10, 11].

Технология переработки руд медных месторождений зависит от их минерального состава, крупности зерен, степени взаимного прорастания минералов, количества содержащихся сульфатов, карбонатов, силикатов и оксидов меди, а также целого ряда других факторов [6, 12, 13]. Это предопределяет необходимость выделения различных типов руд, для которых используются различные схемы переработки руд.

В настоящее время основным способом переработки руд медных месторождений является флотация, осуществляемая по селективным или коллективно-селективным схемам с получением концентратов меди и других металлов[3, 6, 8].

Определяющим признаком флотируемости руд является степень их окисления [12, 13]. По мере увеличения степени окисления в рудах возрастает содержание труднофлотируемых минералов меди: сульфатов (брошанит, антлерит, хальканит), силикатов (хризоколла) и фосфатов (бирюза). Кроме того, при повышении степени окисления руд возрастает их ошламованость, в том числе за счет увеличения содержания глинистых минералов, снижающих извлечение меди в концентрат. Особенно сильно негативное влияние степени окисления на извлечение меди сказывается при снижении содержания меди в руде. Так, согласно результатам исследований специалистов СП «Эрдэнэт», полученных на основе статистического анализа технологических показателей обогащения руд месторождения «Эрдэнэтийн-Овоо» (Монголия), зависимости извлечения меди в коллективный и медный

концентраты от степени окисления руды имеют следующий вид [13]:

$$E_1 = 21,320\alpha_{Cu} - 0,549\alpha_{Cu,ox} + 72,990; \quad (1)$$

$$E_2 = 21,748\alpha_{Cu} - 0,337\alpha_{Cu,ox} - -0,059\alpha_{Cu,pr} - 0,086\beta + 74,397; \quad (2)$$

$$E_3 = 18,0428\alpha_{Cu} - 0,819\alpha_{Cu,ox} - -0,0059\alpha_{Cu,pr} - 0,046\beta + 76,226; \quad (3)$$

где E_1 - извлечение меди в коллективный концентрат, %; E_2 - извлечение меди в медный концентрат (собиратель – Берафлот-302G), %; E_3 - из-влечение меди в медный концентрат (собиратель – S-703G), %; α_{Cu} - со-держание меди в руде (0,5 $\leq \alpha_{Cu} \leq$ 0,9), %; $\alpha_{Cu,ox}$ - степень окисления (1,5 $\leq \alpha_{Cu,ox} \leq$ 12,0), %; $\alpha_{Cu,pr}$ - доля первичной меди (12,0 $\leq \alpha_{Cu,pr} \leq$ 53,0), %; β – качество медного концентрата ($\beta \geq$25,0), %.

По степени окисления руды медных месторождений подразделяются на сульфидные, смешанные и окисленные [6, 10, 11]. Критерием для отнесения руд к тому или иному типу является процентное содержание (доля) меди в оксидной форме (минералы: малахит, азурит, хризоколл, брошанит, куприт, тенорит и др.). Для сульфидных руд степень окисления должна удовлетворять требованию $\alpha_{Cu,ox} \leq \alpha_{ox,\max}^{SU}$, для смешанных - $\alpha_{ox,\max}^{SU} \leq \alpha_{Cu,ox} \leq \alpha_{ox,\max}^{mix}$ и для окисленных - $\alpha_{Cu,ox} > \alpha_{ox,\max}^{mix}$. Значения параметров $\alpha_{ox,\max}^{SU}$ и $\alpha_{ox,\max}^{mix}$ определяются для каждого месторождения и корректируются в процессе его эксплуатации. Так, при при формировании концепции развития и соответствующей стратегической программы СП «Эрдэнэт» на период 2005-2015 гг. рассматривались варианты разделения руд на указанные типы, порожденные следующими значениями параметров $\alpha_{ox,\max}^{SU}$ и $\alpha_{ox,\max}^{mix}$: 4 %, 6 %, 8 % и 20 % соответственно [7].

Следует отметить, что характерной общей чертой месторождений меди медно-порфирового геолого-промышленного типа является вторичная вертикальная зональность[6, 10, 11]. На месторождениях указанного типа обычно выделяются до пяти зон (сверху вниз): выщелачивания, окисленных руд, смешанных руд, вторичного сульфидного обогащения и первичных сульфидных руд.

Так, на месторождении «Эрдэнэтийн-Овоо» (северо-западный участок) сверху вниз последовательно выделяют зоны выщелачивания, окисления, вторичного сульфидного обогащения и первичных сульфидных руд [13]. В вертикальном разрезе не наблюдается отчетливого изменения текстур и по всему интервалу преобладает прожилково-вкрапленный тип оруднения. Месторождение характеризуется высокой изменчивостью минерального состава руд, особенно в зоне вторичного сульфидного обогащения. Две последние зоны представляют особую промышленную ценность.

Медная минерализация в смешанных и окисленных рудах представлена, в основном, самородной медью, окислами (куприт, тенорит, делафоссит), карбонатами (малахит, азурит), сульфатами (брошанит, антлерит, хальканит) и силикатами (хризоколла). Сульфиды (халькопирит, халькозин, ковеллин и борнит) в составе смешанных и окисленных руд имеют подчиненное значение.

Главными рудными медьсодержащими минералами зоны вторичного сульфидного обогащения являются халькозин, ковеллин, халькопирит. Второстепенными минералами являются борнит, блеклые руды и окисленные минералы меди. Основным медьсодер-

жащим минералом первичных сульфидных руд является халькопирит (вторым по значению – борнит) [13].

Одной из основных негативных тенденций, наметившейся в процессе погашения запасов месторождения, является снижение содержания меди в руде и увеличение доли первичных минералов меди, что согласно указанным выше зависимостям (1)-(3) предопределяет снижение извлечение меди в концентраты. Следует отметить, что уменьшение содержания меди в руде и увеличение доли первичных минералов связано с более тонкой вкрапленностью минералов меди и увеличением количества их сростков с пиритом [13].

В настоящее время в мировой медной промышленности продолжает доминировать флототехнология [3, 7 и др.]. Так, практически все сульфидные руды обогащаются флотационными способами. Окисленные и смешанные руды обогащаются значительно хуже, чем сульфидные, особенно содержащие медь в силикатной форме [6, 12]. Переработка указанных типов руд осуществляется либо по сложным технологическим схемам (включающим сульфидизацию окисленных минералов и последующую их флотацию), либо гидрометаллургическим способом.

Большинство наиболее значительных для мировой медной промышленности новых горных предприятий, введенных в эксплуатацию за период 1990-2005 гг., применяют флотационный способ переработки руд: Encondida, Collahuachi и Los Pelambres (Чили); Grasberg и Batu Hijou (Индонезия); Antamina (Перу); Olimpic Dam и Ernest Genry (Австралия); Alumbrera (Аргентина) и Copperton (США) [2, 7 и др.]. Годовая производительность по руде указанных предприятий составляет от 9 до 86 млн.т, по меди в концентратах – от 62 до 893 тыс. т, удельные капитальные затраты (на 1 т годовой производительности по меди в концентратах) - от 1,71 до 6,67 тыс. долл. США. Следует отметить, что значительная часть предприятий перерабатывают руды с достаточно высоким содержанием золота, в том числе Collahuachi (1,67 г/т), Antamina (1,37 г/т) и Grasberg (1,14 г/т). Так, на последнем из них годовой объем производства золота в медном концентрате достигает 3189 тыс. унций [2]. В 2002 г. расчетная себестоимость производства пирометаллургическим способом рафинированной меди из концентратов указанных предприятий (с учетом извлечения и реализации попутных компонентов) составляла от 1110 до 1500 долл. США/т.

Начиная с 1996 г. (в условиях неблагоприятной конъюктуры рынка, снижения цены на медь и усиления конкуренции) прослеживается тенденция активации инновационной деятельности в мировой медной промышленности. Одним из наиболее значимых направлений данной деятельности явилось применение гидрометаллургических технологий переработки медных руд и концентратов с использованием схемы Leaching (выщелачивание) – SX/EW (экстракция/электролиз) [1-4, 16].

В настоящее время доля производства меди с использование процесса SX/EW составляет около 20% от общего объема производства [3]. Наиболее значимыми инвестиционными проектами строительства предприятий по добыче медных руд и производству катодной меди по технологии SX/EW за последние годя являются El Abra, Radomito, Tomich, El Tesora, Minera Michilla, Lomas Bayas и Collahuachi (Чили). Годовая производительность по руде указанных предприятий составляет от 8 до 70 млн т, по катодной меди – от 50 до 225 тыс. т, удельные капитальные затраты - 4,00-

4,49 тыс. долл. США на 1т годовой производительности по катодной меди [15, 16].

Наиболее широкое распространение имеют процессы кучного (Heap) и отвального(Dump) выщелачивания–SX/EW [7, 15, 16]. С использованием указанных процессов осуществляется переработка окисленных, низкокачественных смешанных и вторичных сульфидных руд (с долей халькопирита не более 20 %). Согласно существующим оценкам удельные капитальные затраты на создание новых SX/EW производств составляют от 1000 до 3000 долл. США на 1 т катодной меди, (в среднем 2300 долл. США на создание и 1400 долл. США на расширение мощностей), удельные эксплуатационные затраты - от 700 до 1000 долл. США на 1 т катодной меди [7. 16].. Относительно низкие (по сравнению с традиционной схемой переработки руд) эксплуатационные затраты на производство меди объясняются отсутствием дорогостоящих обогатительного и пирометаллургического переделов, а также экономией затрат на транспортировку медных концентратов и черновой меди.

Основными факторами, определяющими конкурентоспособность гидрометаллургических технологий переработки руд с получение катодной меди по схемам Heap или Dump Leaching–SX/EW являются [1-3, 5, 7, 16]: более низкие капитальные и эксплуатационные затраты по сравнению с традиционной схемой (обогащение, плавка, рафинирование); возможность получения меди высокого класса чистоты (стандарт LME); возможность вовлечения в переработку бедных руд, руд сложного минерального состава и техногенного сырья; отсутствие образования газообразных продуктов переработки сырья и загрязнения ими воздушной среды; замкнутость технологического цикла (с оборотом отработанных растворов).

Вместе с тем, существует ряд факторов, снижающих конкурентоспособность указанных схем [16]: ценные попутные компоненты остаются неизвлеченными из-за селективности экстракции (SX); выщелачивание осуществляется с относительно низкой скоростью, что предопределяет необходимость отвода значительных площадей под складирование выщелачиваемой руды; уровень извлечения меди из руд (особенно сульфидных) относительно низок.

Усиление конкуренции на рынке меди и его сырьевом секторе (рынке медных концентратов), а также конъюнктура рынка в период 2001-2005 гг. стимулировали дальнейшее развитие и внедрение гидрометаллургических технологий переработки руд и концентратов. Основными направлениями развития явились исследования возможностей и разработка технологий бактериального выщелачивания (Bio Leaching) первичных и вторичных сульфидных руд, автоклавного выщелачивания (Autuclav Leaching) сульфидных руд, коллективных и медных концентратов с получением катодной меди по схеме Leaching-SX/EW, а также разработка и внедрение про-грессивных организационно-технических и технологических решений в рамках различных вариантов (Heap, Dump, Bio, Autoclav) данной схемы [2, 5, 7, 14]. Исследовательские, конструкторские и промышленные проекты по указанным направлениям были реализованы и продолжают осуществляться такими известными в мире фирмами (компаниями, корпорациями), как
”Tech Comico”, “Dynatec”, “Amec”, “Western Metals Copper Ltd” (Канада), “KD Engineering” (США), “Batmen”, “Pacific Ore Technology Pty Ltd” (Австралия), “Samsung” (Корея) и др.

Так, например, компанией “Western Metals Copper Ltd” был разработан и успешно реализован при переработке вторичных сульфидных руд (основные медьсодержащие минералы: халькозин, ковеллин, борнит, халькопирит) месторождения “Gunpowder” (Австралия) процесс “Mt Gordon” (Autuclav Leaching-SX/EW) [5]. Согласно исследованиям специалистов компании , выполненных совместно с сотрудниками Университета Британской Колумбии, процесс может быть эффективно использован для переработки первичных руд (основной медьсодержащий минерал – халькопирит) и концентратов, как коллективных (в рамках комбинированной автоклавно-флотационной технологии), так и медных. Процесс обеспечивает извлечение меди из автоклавного питания на уровне 90%. Удельные капитальные затраты на создание производства составляют от 1500 до 1742 долл. США, удельные эксплуатационные затраты – от 670 до 700 долл. США на 1 т катодной меди. Конкурентоспособность технологии Autoclav Leaching (процесс “Mt Gordon”) по сравнению с Heap, Dump и Bio Leaching обеспечивается за счет более низкого уровня эксплуатационных затрат, более высокого извлечения меди, гораздо меньших затрат времени на выщелачивание и возможности компактного размещения производства на относительно небольших площадях [5].

Следует отметить, что применение процесса “Mt Gordon” (как и других процессов Autuclav Leaching: “Antivox”, “British Columbia”, “CESL”, “Dynatec”, “Albion”) для переработки концентратов, получаемых по флототехнологии, обеспечивает возможность снижения требований (по содержанию меди) к качеству концентратов и, следовательно, повышение извлечения меди в концентраты согласно указанным выше зависимостям (2)-(3) [2, 4, 5, 7]. Кроме того, снижение требований к качеству концентратов способствует снижению затрат на их производство и позволяет подавать на обогатительный передел руды с более низким содержанием меди. Автоклавное выщелачивание коллективных концентратов с дальнейшей флотацией кеков способствует повышению уровня извлечения не только меди, но и попутных металлов (например, молибдена) при селекции концентратов [4, 7].

Фирмой «Оутокумпу» (Финляндия) разработана гидрометаллургическая технология переработки сульфидных медных концентратов с получением медного порошка «HydroCopper^{TM}» [14]. Технология включает следующие основные процессы: трехстадийного хлоридного выщелачивания в реакторах сульфидных медных концентратов, очистку растворов выщелачивания, осаждение оксида меди гидрооксидом натрия в реакторе, восстановление оксида меди водородом в конвейерной печи при температуре 800^{0}С с получением медного порошка, который может быть переработан по технологии «Outokumpu Upcast» (плавка в индукционной печи и литье) в медную катанку. Извлечение меди составляет около 96 %. Технология «HydroCopper^{TM}» предусматривает подачу раствора хлористого натрия после осаждения оксида меди в мембранный хлорно-щелочной электролизер. В процессе электролиза раствора хлористого натрия получают гидрооксид натрия, водород и хлор, которые рециркулируют.

Применение технологии «HydroCopper^{TM}» также обеспечивает возможность снижения качества подаваемой на обогащение руды и перерабатываемого концентрата, уменьшение затрат на его производство и повышение извлечения меди. Кроме того, дополнительными

факторами конкурентоспособности технологии являются: возможность извлечения ценных попутных компонентов (в том числе золота и серебра), возможность производства металлопродукции (медной катанки) с высокой добавленной стоимостью; отсутствием необходимости утилизации серной кислоты. Удельные капитальные затраты на создание производства по технологии «HydroCopper™» с выпуском медного порошка и его переработкой в металлоизделия по технологии «Outokumpu Upcast» составляют около 2000 долл. США на 1т годовой производительности по медной катанке.

Целесообразность формирования стратегических программ развития действующих горно-обогатительных комбинатов (предприятий) медной промышленности, включающих проекты создания производств по гидрометаллургической переработке техногенного сырья, различных типов руд и концентратов, определяется следующими основными факторами:

– необходимостью поддержания и расширения рудно-сырьевой базы предприятий, стремлением продлить срок их существования;

– наличием значительных запасов техногенного сырья, накопленных за время эксплуатации месторождений в отвалах (забалансовых и окисленных руд);

– стремлением вовлечь в переработку некондиционные и труднообогатимые руды будущей добычи;

– стремлением компенсировать негативное влияние на эффективность функционирования предприятий таких типичных тенденций, как увеличение затрат на перевозку руды (в связи с понижением горных работ), снижение содержания меди в руде, изменение ее минерального состава и технологических свойств, появление технологических трудностей в процессе обогащения и увеличение затрат на обогащение, снижение извлечения меди и ценных попутных компонентов в концентраты, а также ухудшение их качества;

– необходимостью обеспечения конкурентоспособности предприятий с учетом наметившихся тенденций развития и конъюнктуры рынка меди и его сырьевого сектора, в том числе за счет снижения затрат на производство концентратов, улучшения их качества, расширения номенклатуры продукции за счет выпуска катодной меди, медного порошка, медной катанки и другой продукции с высокой добавленной стоимостью, повышения извлечения меди и ценных попутных металлов и, как следствие этого, увеличение объемов выпуска продукции в пересчете на металлы;

– наличием гидрометаллургических технологий переработки техногенного сырья, различных типов руд и концентратов, обеспечивающих возможность расширения рудно-сырьевой базы, увеличения капитализации, повышения уровня извлечения меди и попутных компонентов в концентраты, снижения затрат на обогащение, осуществления экономически эффективного производства металлов и металлоизделий и получения дополнительных системных эффектов.

Возможность получения дополнительных системных эффектов предопределяется организационным аспектом программ создания гидрометаллургических производств и базируется на использовании комплекса взаимосвязанных технологических схем, обеспечивающих максимально возможное извлечение меди и ценных попутных компонентов, минимальные капитальные затраты на развитие и эксплутационные затраты на производство продукции.

Так, например, взаимосвязанность технологических схем Dump, Heap, Bio и Autoklav Leaching проявляется в использовании процесса SX/EW для получения катодной меди из растворов. Кроме того, технологические схемы Dump и Heap Leaching предполагают использование серной кислоты, которая является одним из продуктов, получаемых при переработке сульфидных концентратов по схеме Avtoklav Leaching. К организационному аспекту относится также возможность развития обогатительного передела на основе комбинирования флото и гидрометаллургических технологий.

Указанные геолого-экономические и организационные аспекты нашли свое отражение в разработанной авторами данной публикации процедуре формирования и организационно-экономического обоснования программ развития действующих горно-обогатительных предприятий на основе реализации систем проектов создания гидрометаллургических производств по переработке техногенного сырья, труднообогатимых окисленных, некондиционных смешанных и сульфидных руд, а также концентратов.

Процедура предусматривает получение взаимовлияющих и взаимодополняющих результатов решения задач выбора на множествах следующих вариантов: календарных планов выемки горной массы, добычи и переработки руды в рамках действующего обогатительного передела; требований к степени окисления, при выделении различных типов руд, и доле содержания вторичных минералов меди, при выделении технологических разновидностей сульфидных руд; технологических процессов гидрометаллургической переработки различных видов медьсодержащего сырья и соответствующих проектов создания новых производств.

Основной особенностью разработанной процедуры является формиро-вание программы на основе оценок потенциального вклада каждого проекта (варианта проекта) в системную составляющую интегрального эффекта программы в целом и учета роста капитализации за счет увеличения запасов. Кроме того, процедура обеспечивает возможность «оптимизации» организационно-экономического механизма реализации проектов программы с учетом прогнозируемого финансового состояния предприятия и предельно допустимого уровня инновационных рисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ашихмин А.А., Гумилевский А.С.* Эколого-экономические аспекты оценки возможностей софинансирования проектов кучного выщелачивания металлов. ГИАБ - М.: Изд-во МГГУ, 1999. №2. - С. 55-59.

2.*Ашихмин А.А., Галбаатар Г.* Инновационные аспекты инвестиционных программ развития горно-обогатительных предприятий медной промышленности/ Сб. статей Горного информационно-аналитического бюллетеня «Экономика, организация и управление горными предприятиями цветной металлургии», - М.: Изд-во МГГУ. 2004, №3. – С.33-43.

3. *Ашихмин А.А., Дмитриев А.А., Ясько Т.А.* Структура и тенденции развития мирового и российского рынков меди: сырьевой сектор/ Сб. статей Горного информационно-аналитического бюллетеня. «Экономика, организация и управление горными предприятиями цветной металлургии». 2004, № 3. – М.: Изд-во МГГУ, 2004. - С. 17-32.

4. *Болдбаатар Д., Дмитриев А.А., Галбаатар Г., Ашихмин А.А.* Программы технического перевооружения, реконструкции и развития СП «Эрдэнэт»/ Горный журнал, 2004. №8. – С. 43-45.

5.*Дрейзингер Д., Ричмонд Ж., Хесс Ф., Лонкастер Т.* Конкурентоспособность процесса Mt Gordon в производстве меди. – Эрдэнэт: СП «Эрдэнэт», 2003. – 15 с.

6.*Инструкция* по применению классификации запасов к месторождениям медных руд. – М.: ГКЗ СССР, 1983. – 43 с.

7.*Монхмтогтох Л.* Конечная продукция СП «Эрдэнэт». Сб. «Первое совещание финансовых, экономических и бухгалтерских работников предприятия «Эрдэнэт»». – Эрдэнэт: СП «Эрдэнэт», 2004. – С.85-90.

8.*Оценка* перспектив развития горнометаллургической базы ряда металлов в Российской Федерации /*Птицын А.М., Дюдин Ю.К., Синдаровский А.Н., Руднев Б.П.* – М.: Издательский дом «Руда и металл», 2002. – 562 с.

9.*Рамдор П.* Рудные минералы и их срастания: Пер. с нем. (издание 3-е). – М.: Издательство иностранной литературы, 1962. - 1132 с.

10. *Рудные* месторождения СССР (в трех томах). Под общей редакцией акад. В.И.Смирнова. Том 2. – М.: Недра, 1974. – 392 с.

11. *Рудные* месторождения США (в двух томах): Пер с англ.. Под редакцией *Дж. Риджа*. Том 1. – М.: Мир, 1972. – 660 с.

12. *Справочник* по обогащению руд. Обогатительные фабрики, Под ред. *О.С.Богданова, Ю.Ф. Ненарокомова* (2-е изд.). – М.: Недра, 1984. – 358 с.

13. *Технологическая* инструкция по обогащению медно-молибденовых руд на ОФ СП «Эрдэнэт». – Эрдэнэт: СП «Эрдэнэт», 2003. - 140 с.

14. *Хиетала К.* Концепция Hydro Copper™. –Пори: «Оутокумпу», 2003. -24с.

15. *Coombs D.* Copper Industry Mine Supply Issues (presentation to EMC) – BROOK HUNT, 2005. -37 p.

16. *Kennedy B. Davenport W., Jenkins J., Robinson T.* Solvent extraction and electrowinning Technology. – Phoenix: Conf. «Copper - 1999» 1999. – P.110-136.

Коротко об авторах

Ашихмин Алексей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент,
Дмитриева Татьяна Андреевна – аспирантка,

кафедра «Организация и управление в горной промышленности», Московский государственный горный университет.

© Д.А. Селезнева, Т. Ж. Жалсапов, 2006

УДК 622

Д.А. Селезнева, Т. Ж. Жалсапов

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАМЕНЫ И РЕМОНТА ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОГО ПЕРЕДЕЛА СП «ЭРДЭНЭТ»

Круглый стол

В настоящее время конкурентоспособность продукции горно-обогатительных и горно-металлургических предприятий в значительной степени определяется состоянием их основных фондов.

Прогрессирующее старение производственных фондов, особенно активной части, предопределяет рост затрат на эксплуатацию и ремонт оборудования, снижение его производительности, а также уменьшение объемов амортизационных отчислений (в силу использования значительной доли полностью изношенного оборудования), что крайне негативно сказывается на показателях эффективности функционирования горно-обогатительных комбинатов (ГОКов) медной промышленности и мероприятий по реализации концепции их развития.

Отсутствие методических принципов формирования и организационно-экономического обоснования годовых программ технического перевооружения ГОКов в условиях прогрессирующего старения активной части основных фондов и нарастающего дефицита инвестиционных ресурсов на их воспроизводство приводит к недостаточной обоснованности принимаемых решений по замене оборудования и модернизации технологических схем, а также к снижению эффективности системы мероприятий по переоснащению производства.

Результаты выполненных исследований состояния и структуры производственных фондов СП «Эрдэнэт» позволяют утверждать, что указанная выше тенденция прогрессирующего старения основных фондов характерна для цехов основного производства: рудника открытых работ – карьера (РОР), автотранспортного предприятия (АТП) и обогатительной фабрики (ОФ).

По состоянию на 01.01.2004г. стоимость основных фондов СП «Эрдэнэт» составила 301,4 млн. US $, в том числе РОР – 20,9 (6,9 %), АТП – 28,3 (9.4 %) и ОФ – 133,3 млн. US $ (44,2 %). Доля активной части и ее износ для указанных цехов составили, соответственно, 38.9 и 56.2, 66.3 и 52.9, 39.6 и 59.2 %. Наиболее значительный износ активной части наблюдается на ОФ, в том числе в дробильно-транспортном отделении (ДТО) – 40,2 %, комплексе самоизмельчения (КСИ) – 85,4 %, измельчительно-флотационном отделении (ИФО) – 54,2 % и отделении фильтрации и сушки концентратов (ФСО) – 73,8 %.

Значительный износ машин и оборудования на основных участках карьера и обогатительной фабрики предопределяет тенденцию роста затрат на запасные части и материалы.

Негативная тенденция увеличения коэффициента износа активной части основных фондов цехов СП «Эрдэнэт» наблюдается в условиях постоянного увеличения объемов выемки и перевозки руды и среднего расстояния транспортировки горной массы.

Таким образом, прогрессирующий износ активной части основных фондов горного передела и наличие значительной доли оборудования со сроком эксплуатации более нормативного в условиях наращивания объемов добычи руды предопределяют необходимость замены изношенного оборудования в рамках мероприятий по техническому перевооружению СП «Эрдэнэт».

Анализ работы основного технологического оборудования за период 2000-2005гг. позволил установить зависимости производительности и затрат на эксплуатацию и ремонт выемочно-погрузочного (рис. 1-2), бурового (рис. 3-4), а также транспортного оборудования от срока эксплуатации (рис. 5-6). Установленные зависимости свидетельствуют, что с ростом срока эксплуатации производительность снижается, тогда как затраты на эксплуатацию и ремонт значительно растут.

Полученные зависимости позволяют определить допустимый уровень текущих затрат на эксплуатацию и ремонт оборудования для каждого года его эксплуатации.

В этих условиях возникает задача выбора одного из альтернативных направлений действия в рамках процесса воспроизводства активной части основных фондов. Для каждой технической единицы совокупность указанных альтернативных вариантов включает:

- решение о продолжении эксплуатации;
- решение о капитальном ремонте;
- решение о приобретении нового оборудования.

Для решения этой задачи и построения графика приобретения, замены и ремонта оборудования (технического перевооружения предприятия) разработана экономико-математическая модель, управляемыми переменными которой являются булевые переменные, обозначающие продолжение эксплуатации, капитальный ремонт или замену оборудования в определенный год, если соответствующая переменная принимает значение 1. В противном случае переменные принимают нулевое значение.

При этом в целом должны быть обеспечены минимальные затраты на эксплуатацию, капитальный ремонт и приобретение нового оборудования взамен изношенного в течение рассматриваемого периода (пятилетнего). При минимизации затрат необходимо учитывать обязательное выполнение запланированных объемов работ, наличие финансовых ресурсов на ремонт и замену действующего и приобретение нового оборудования и обеспечения конкурентоспособности предприятия на рынке производимой продукции.

Последнее условие выполняется на основании определения предельного уровня эксплуатационных затрат, которые бы обеспечивали средний уровень расчетной себестоимости 1 т рафинированной меди предприятиями-конкурентами.

Задача, описанная данной моделью, является динамической нелинейной задачей и относится к классу

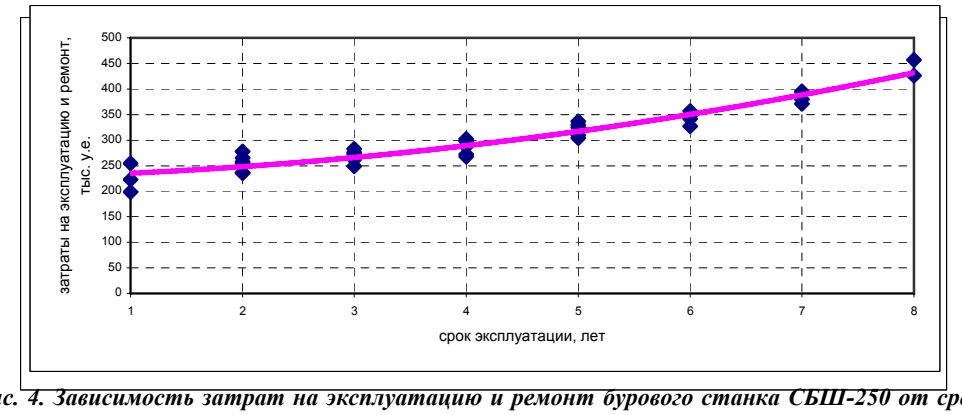

Рис. 4. Зависимость затрат на эксплуатацию и ремонт бурового станка СБШ-250 от срока эксплуатации

Рис. 1. Зависимость производительности экскаватора ЭКГ-8И от срока эксплуатации

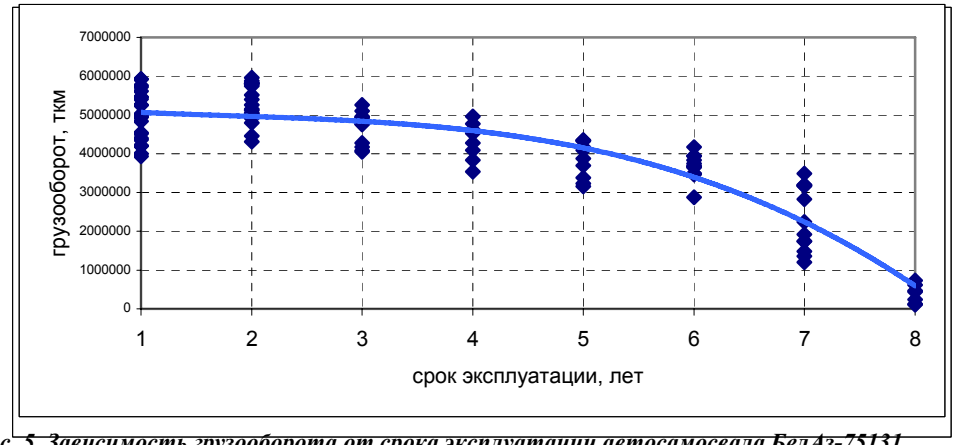

Рис. 5. Зависимость грузооборота от срока эксплуатации автосамосвала БелАз-75131

Рис. 2. Зависимость затрат на эксплуатацию и ремонт экскаватора ЭКГ-8И от срока эксплуатации

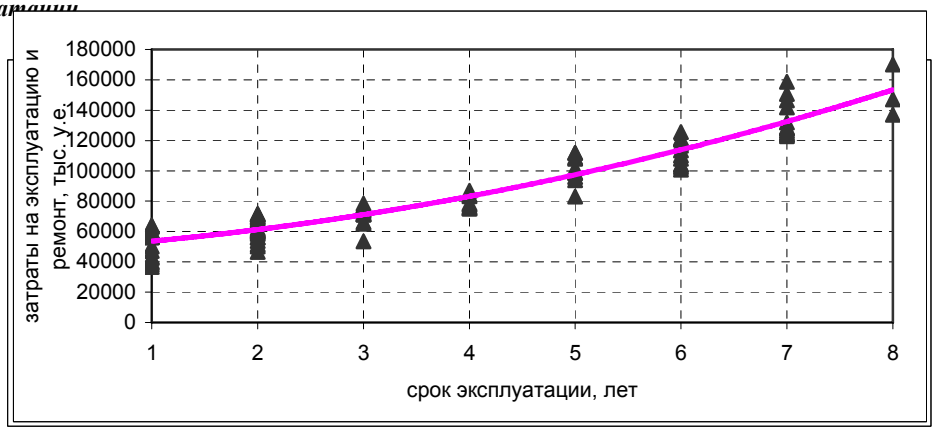

Рис. 6. Зависимость затрат на эксплуатацию и ремонт автосамосвала БелАз-75131 от срока службы

Рис. 3. Зависимость производительности бурового станка СБШ-250 от срока эксплуатации

составления расписания. Методы решения данной задачи, особенно большого объема, практически отсутствуют. На практике задача сводится к определению траектории перемещения системы по годам, обычно решаемой методами динамического программирования на основе построения альтернативных графов. Состояние системы характеризуется совокупностью состояний всех ее элементов (единиц горного оборудования).

Процедура использования метода динамического программирования и объем вычислительных работ могут быть существенно уменьшены, если приняты эвристические правила формирования рациональных вариантов.

На основе анализа затрат и производительности оборудования, определены рациональные границы нахождения оборудования в одном из состояний:

- когда предпочтительна эксплуатация (годы начала эксплуатации или после капитального ремонта);
- когда проведение капитального ремонта или замены является обязательным (определенный срок после капитального ремонта и общий срок эксплуатации);
- когда возможно рассмотрение альтернативных вариантов.

После определения возможных состояний оборудования формируются варианты использования всех единиц оборудования в конкретный период планирования (формирование состояний системы).

Далее каждое состояние системы (каждую вершину альтернативного графа) – вариант годового плана – проверяют, являются ли они допустимыми по ограничениям модели: по выполнению объема запланированных работ и по наличию финансовых ресурсов на эксплуатацию, капитальный ремонт и замену. При не удовлетворении одного из ограничений вариант плана из рассмотрения исключается. Таким образом, формируются все вершины графа для каждого года планирования.

На следующем этапе определяются возможные сочетания годовых планов-графиков. Для этого по каждому экскаватору смотрят, возможен ли переход в определенное состояние в следующем году. Перебор проходит по каждой из единиц оборудования, и если для каждого экскаватора переход возможен, он рассматривается. В результате этой проверки формируются ребра графа.

Далее рассчитываются суммарные затраты по вариантам плана и, для приведения их значения к одному временному периоду, дисконтируются. Так рассчитываются критерии эффективности по каждому из вариантов плана-графика.

На последнем, заключительном этапе, выбирается вариант плана ремонта и замены оборудования с минимальными суммарными затратами. Другими словами, на графе находится путь с минимальной стоимостью методом динамического программи-рования.

Задача решается ежегодно, при этом составляется план-график ремонта и замены оборудования на пятилетний период. Принимается и реализуется решение в первый рассматриваемый год и ежегодно с учетом изменения обстановки (плановых заданий, стоимостных показателей, производительности оборудования) проверяется эффективность ранее принятого решения и, при необходимости, оно корректируется, т.е. используется методика скользящего планирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ашихмин А.А., Дмитриев А.А.* Синергические эффекты программ технического перевооружения, реконструкции и расширения СП «Эрдэнэт». Деп. Рук. №369/12-04 от 20.08.2004. – М.: МГГУ, 2004. – 11 с.

2. *Ашихмин А.А., Дмитриев А.А., Ясько Т.А.* Структура и тенденции развития мирового и российского рынков меди: сырьевой сектор // Сб. статей Горного информационно-аналитического бюллетеня «Экономика, организация и управление горными предприятиями цветной металлургии». – М.: Изд-во МГГУ, 2004. №3. -С.17-32.

3. *Болдбаатар Д., Дмитриев А.А., Галбаатар Г., Ашихмин А.А.* Программы технического перевооружения реконструкции и развития СП «Эрдэнэт» / Горный журнал, №8. 2004. – С.43-45.

4. *Галиев Ж.К.* Экономический механизм управления воспроизводством активной части основных фондов в угольной отрасли. Диссертация на соиск. Уч. степ. докт. экон. наук - М.:МГГУ, 2000. – 292 с.

5. *Ганхсаргал С.* Технологическое состояние производства предприятия «Эрдэнэт» / Материалы первого совещания финансовых, экономических и бухгалтерских работников предприятия «Эрдэнэт». – Орхонский аймак: СП «Эрдэнэт», 2004. - С.75-84.

6. *Дмитриев А.А.* Обоснование сравнительной приоритетности мероприятий по техническому перевооружению горно-обогатительных предприятий медной промышленности. В сб. “Менеджмент в горной промышленности (теория и практика) “Материалы круглого стола “Неделя горняка -2004”. - М.:”Недра Коммюникейшнс ЛТД”. - 2004. - С. 171-175.

Коротко об авторах

Селезнёва Дарья Александровна – кандидат экономических наук, доцент,
Жалсапов Тумэн Жалсапович – аспирант,

кафедра «Организация и управление в горной промышленности», Московский государственный горный университет.

Д И С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ФИЛАТОВ Евгений Александрович	Формирование методики управления издержками с целью повышения конкурентноспособности промышленных предприятий	08.00.05	к.э.н.