

УДК 622.23.05

**П.И.КАЛАНДАРОВ**, *академик МАНЭБ, д-р техн. наук, профессор, заместитель директора Polvon\_1955@yahoo.com*

**Б.П.ИСКАНДАРОВ**, *оператор отдела выпуска проектов, uz-ogir@cron.uz*

**Б.С.АБРИЕВ**, *техник отдела выпуска проектов, uz-ogir@cron.uz*

Узбекский государственный институт «Узтяжненфтегазхимпроект», Ташкент, Узбекистан

**P.I.KALANDAROV**, *acad the IAES, Dr. in eng. sc., professor, deputy director, Polvon\_1955@yahoo.com*

**B.P.ISKANDAROV**, *operator of production projects departament, uz-ogir@cron.uz*

**B.S.ABRIEV**, *technician of production projects departament, uz-ogir@cron.uz*

*Uzbek State Institute «Uztyazhneftegazhimproekt», Tashkent, Uzbekistan*

## **ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД НА МЕДНООБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ ГОК «ХАНДИЗА»**

Рассматриваются вопросы проектного решения и технология обогащения медно-обогатительной фабрики ГОК «Хандиза». Показана коллективно-селективная схема обогащения, заданная производительность поддерживается плавным регулированием скоростного подбункерным питателем по показаниям конвейерных весов; рассмотрен помол, который достигается в три стадии, а также расчет и выбор оборудования для реагентного и основного хозяйства.

**Ключевые слова:** медно-обогатительная фабрика, руда, балансовая руда, сырьевая база, минералы, обогащения, флотация, концентрат, помол, мельница, флотомашина, фильтр-пресссы, реагенты, сгустители, хвостохранилище.

## **THE DESIGN DECISION OF TECHNOLOGY OF POLYMETALLIC ORES ENRICHMENT IN COPPER CONCENTRATING FACTORY OF MDK «KHANDIZA»**

The article discusses the design decisions and technology of enrichment used in copper-processing plant MDK «Khandiza». It shows the collective-selective enrichment scheme, the performance is supported by a smooth speed control – under bunker feeder on the basis of conveyor scales readings, grinding which is achieved in three stages as well as calculation and selection of equipment and reagents for basic services is considered.

**Key words:** copper concentrator, ore, carrying ore, raw materials, minerals, enrichment, flotation, concentrate, grind, mill, filter presses, agents, thickeners, tailings.

**Введение.** Узбекистан располагает крупными запасами полезных ископаемых, обеспечивающими рост базовых отраслей экономики. Для решения этих задач Узбекистан в сотрудничестве с развитыми странами и авторитетными международными организациями реализует множество перспективных проектов. Одна из таких проектов «Программа модернизации, технического и технологического перевооружения производства ОАО «Алма-

лыкский ГМК» на 2009-2015 гг, утвержденная Постановлением Президента Республики Узбекистан № ПП-1110Ф от 16.04.2009 г.

Согласно Постановлению Президента Республики Узбекистан № ПП-1072 от 12.03.2009 г. «О программе мер по реализации важнейших проектов по модернизации, техническому и технологическому перевооружению производства на 2009-2014 годы» руководителям хозяйственных объеди-

нений и крупных предприятий поручено обеспечить разработку, согласование и утверждение в установленном порядке необходимой проектной документации инвестиционных проектов.

ОАО «Алмалыкский ГМК» является одним из крупнейших горно-металлургических предприятий в Республике Узбекистан. Производственные мощности комбината базируются на запасах группы медно-порфировых, свинцово-цинковых и золото-серебряных месторождений, расположенных на территориях Ташкентской, Джизакской, Наманганской областей Республики Узбекистан.

Месторождения Кальмакыр и Сары-Чеку, содержащие медно-порфировые золото и молибден, обеспечивают сырьем медную ветвь комбината, где руды Кальмакыра перерабатываются на медной обогатительной фабрике, руды Сары-Чеку – на свинцово-цинковой обогатительной фабрике. Концентраты перерабатываются на медеплавильном заводе. Месторождение Дальнее – резервное.

В соответствии с заданием ОАО «Алмалыкский ГМК» на строительство новой обогатительной фабрики на месторождении «Хандиза» производительностью 650 тыс. т руды в год с определением основных технологических, компоновочных решений обогатительной фабрики ЗАО «Механобр-инжиниринг» (разработчики К.Г.Сазонов, Е.М.Шендерович, С.А.Ропейко, Санкт-Петербург, 2007) выполнил технико-экономическое обоснование (проект) обогатительной фабрики по переработке полиметаллических руд, включая хвостовое хозяйство.

Институтом «Узтяжнефтегазхимпроект» в качестве генерального подрядчика по проектным работам совместно с инициатором проектов ОАО «Алмалыкский ГМК» успешно разрабатываются и реализуются инвестиционные проекты. При этом институт «Узтяжнефтегазхимпроект» предполагает наличие и развитие интеллектуального потенциала, серьезный кадровый состав проектантов-исполнителей. Одним из инвестиционных проектов ОАО «Алмалыкский ГМК» является проект «Отработка полиметаллических руд на месторождения горно-обогатительного ком-

плекса ГОК «Хандиза» (разработчики П.И.Каландаров, А.П.Рожнов, и др., Ташкент, 2009).

Узбекистан с древних времен являлся объектом горно-рудного промысла. Многочисленные выработки и следы деятельности древних рудокопов, датируемые IX-XII вв. н.э. отмечены повсеместно и свидетельствуют об интенсивной добыче здесь в древности меди, свинца, цинка золота, серебра, железа, а также аметиста, бирюзы и др. Практически все рудные месторождения, отрабатываемые комбинатом, были в свое время открыты по следам древних разработок.

**Сырьевая база.** Сырьевую базу комбината характеризуют не только запасы отрабатываемых месторождений, но и нетрадиционные ресурсы:

- отвалы горно-рудного производства;
- отвальные хвосты обогащения;
- отходы металлургического производства (отвальные шлаки).

Месторождения района отличаются высокой комплексностью. В настоящее время список минералов включает 179 названий. Из них к рудным относятся около 60 минералов. Для всех месторождений характерны так называемые «сквозные минералы»: самородное золото, молибденит, пирротин, пирит, борнит, сфалерит, халькопирит, галенит, гематит, – являющиеся фактически носителями благородных металлов, а также редких и рассеянных элементов.

Руды месторождения подразделяются на прожилково-вкрашенные, слагающие основную часть залежей, и сплошные массивные, образующие мелкие скопления линзообразной формы внутри основной массы руд.

Прожилково-вкрашенные руды характеризуются очень неравномерным распределением оруднения. Обычно отмечается частое чередование бедных редко вкрашенных разновидностей руд с густовкрашенными. Рудные минералы в этих рудах представлены сфалеритом, галенитом, реже халькопиритом. В подчиненных количествах присутствует пирит и блеклые руды. Количество этих минералов в руде достигает 15 %.

Массивные руды имеют примерно тот же минералогический состав: пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, в подчиненном количе-

стве блеклая руда, марказит, барит, буланжерит, джемсонит, но количество сульфидов в них достигает 95 %. Линзовидные образования таких руд как бы «плавают» в основной массе прожилково-вкрашенных руд и имеют четкие контакты с последними. Руды в массе своей тонкозернистые, диапазон размера 0,01-0,05 мм, обладают полосчатой структурой.

Помимо главных элементов – цинка, свинца, меди и серебра, среднее содержание которых в балансовых рудах составляет соответственно, 7,36 %, 3,41 %, 0,95 % и 171,2 г/т, присутствуют висмут (от 0,001 до 0,003 %), кадмий (от 0,05 до 0,067 %), селен (от 0,0005 до 0,002 %), теллур – 0,0003 %, сурьма – до 0,1 %, мышьяк – до 0,06 %. Установлено также наличие галлия, германия и таллия.

Характерной чертой руд месторождения является незначительное содержание барита (1-1,5 %). Элементы примеси находятся как в основных сульфидах (сфалерите, галените, пирите, халькопирите), так и в виде самостоятельных минералов.

Серебро изоморфно связано с основными сульфидами, а также образует самостоятельные минералы: аргентит, фрейбергит, прустит и др. Золото в рудах рассеянное, тонкодисперсное, а также присутствует в виде примеси в галените, халькопирите, пирите и, возможно, входит в теллуриды. Кадмий содержится в рудах в виде примеси в сфалерите.

Наиболее богаты металлами густовкрапленные и сплошные руды. Пределы содержания в них металлов (Pb, Zn, Cu, Ag, Cd) составляют 20,3-61,7 г/т в прожилково-вкрашенных рудах соответственно 5,03-19,18 г/т, во вкрашенных рудах – 2,02-4,9 г/т, в бедных вкрашенных рудах – 0,15-1,96 г/т.

Содержание перечисленной группы металлов во вмещающих породах, таких как туфы липаритовые, достигает в сумме 5,85 г/т, пределы содержаний отдельных элементов – 0,18-2,05 г/т; в микрокварцах – 4,1 г/т, в серцит-кварцитовых породах – 3,4 г/т.

Основными минералами во вмещающих породах являются кварц, плагиоклаз, калиевый полевой шпат, а также мусковит и биотит. Кремнистые породы на 90-95 % состоят из однородной кремнистой массы, доломиты – из зерен карбонатов.

Таким образом, по химическому составу рудные массивы и вмещающие породы резко отличаются. Для вмещающих или пустых пород не характерны сульфиды минералов, что позволяет характеризовать их как инертные и неагрессивные породы при извлечении на поверхность.

**Схема обогащения.** Исходя из анализа проведенных исследований, при разработки проектной документации принимается коллективно-селективная схема обогащения, включающая следующие циклы:

1. Полусамоизмельчение и шаровое измельчение до крупности 60 % класса –0,074 мм с межциклической флотацией минералов меди и свинца бутиловым ксантофилом и метилизобутилкарбонатом и реагент-депрессором минералов цинка сернистым натрием и цинковым купоросом. Измельчение хвостов межциклической флотации до крупности 75 % класса –0,074 мм.

2. Цикл медно-свинцовой флотации, включающий основную и контрольную флотации, доизмельчение коллективного концентратов до крупности 95 % класса –0,074 мм и две перечистки.

3. Цикл селекции медно-свинцового концентратов. В голове цикла предусмотрена десорбция реагентов сернистым натрием и отмыка в сгустителе, затем операции основной и контрольной медной флотаций в серно-кислотной среде с подачей сульфита натрия и две перечистки медного концентратов. Минералы свинца флотируются из хвостов медной флотации в содовой среде с подачей цинкового купороса; концентрат свинцовой флотации перечищается в один прием.

4. Цикл цинковой флотации, предусматривающий флотацию минералов цинка из хвостов коллективного цикла и хвостов свинцовой флотации в известняковой среде после активации сфалерита медным купоросом.

**Технология обогащения.** Руда номинальной крупностью –300+0 мм доставляется на промплощадку фабрики автотранспортом и загружается непосредственно в бункеры или складируется рядом с бункерами. Для разгрузки бункеров предусмотрены ленточные питатели с шириной полотна 1400 мм, работающие попеременно. С питателей руда перегружается на конвейер,

транспортирующий руду в корпус обогащения непосредственно в загрузку мельницы I стадии. Заданная производительность поддерживается плавным регулированием скорости – подбункерным питателем по показаниям конвейерных весов.

Разработана схема цепи аппаратов переработки полиметаллических руд, требуемый помол (75 % класса –0,074 мм) достигается в три стадии.

Для I стадии принята мельница полусамоизмельчения. На разгрузке мельницы установлен двухситный самобалансный грохот с углом наклона деки 3-5°. Верхнее сито с ячейкой 16-20 мм предназначено для защиты нижнего сита от скрапа и случайных крупных кусков руды. Надрешетные продукты грохота крупностью +6 мм конвейером возвращаются в питание мельницы. Прогнозируемый объем циркуляции – не более 10 %. Для удаления металлического скрапа с ленты конвейера установлен саморазгружающийся железоотделитель.

Под решетный продукт грохота –6 +0 мм поступает в зумпф разгрузки мельницы II стадии. Для II стадии выбрана шаровая мельница объемом 22 м<sup>3</sup>, работающая в замкнутом цикле с гидроциклонами типа ГЦР-500. Слив гидроциклонов крупностью 55-60 % класса –0,074 мм самотеком поступает на межцикловую флотацию.

Хвосты межцикловой флотации направляются на III стадию измельчения. Для III стадии предусмотрена мельница, однотипная с мельницей II стадии. Классификация разгрузки мельницы III стадии проводится в батарее из двух гидроциклонов, слив которых самотеком поступает на коллективную флотацию.

В цикле коллективной флотации предусмотрена операция доизмельчения чернового медно-цинкового концентрата. Для доизмельчения принята мельница, работающая в замкнутом цикле с гидроциклонами.

В основных и контрольных операциях коллективного и цинкового цикла предусмотрены пневмомеханические флотомашины.

Сгущенные концентраты перекачиваются в чаны отделения фильтрации. Для фильтрации планируется использовать фильтр-прессы с вертикальными пластинами.

Фильтр-прессы позволяют добиться весьма низкой остаточной влажности концентратов: свинцового и медного не более 8 %, цинкового 8-10 %, что позволяет исключить сушку из технологической цепочки переработки. Поставляются фильтр-прессы комплектно со вспомогательным оборудованием и средствами автоматизации.

Обезвоженные на фильтр-прессе концентраты разгружаются на конвейеры, расположенные под фильтр-прессами, затем подаются в соответствующие отсеки склада. Транспортировка концентратов до места погрузки в железнодорожные вагоны осуществляется автотранспортом.

Суточный объем всех растворов реагентов готовится не более чем на одну шестичасовую смену.

В зависимости от выделяемых вредностей и взрывопожарных свойств реагентов складирование и приготовление растворов проводится в отдельно выделенных или общих для группы реагентов помещениях.

Для растворения и приготовления раствора бутилового ксантогената используется установка типа УВРМ-С-У2, для сернистого натрия – типа УВРМ-М-У6, практически исключающие ручной труд.

Для приготовления и хранения агрессивных кислых растворов медного и цинкового купоросов применяют чаны в кислотостойком исполнении и химические насосы. Готовые растворы перекачиваются в баки реагентной площадки главного корпуса.

Годовая потребность основных вспомогательных материалов и реагентов по обогатительной фабрике следующая:

Известь, т . . . . .	3251
Сернистый натрий, т . . . . .	1599
Цинковый купорос, т . . . . .	2147
Жидкое стекло, т . . . . .	1871
МИБК, т . . . . .	36
Медный купорос, т . . . . .	305
Бутиловый ксантогенат, т . . . . .	69
Уголь, т . . . . .	97
Серная кислота, т . . . . .	994
Сульфит натрия, т . . . . .	1025
Сода кальцинированная, т . . . . .	724
Бутиловый аэрофлот, т . . . . .	27
Шары, т . . . . .	780
Футеровка стальная, т . . . . .	123
Фильтроткань, м <sup>2</sup> . . . . .	260

Основными сооружениями являются: 1) корпус приемных бункеров; перегрузочный узел; 2) корпус обогащения (главный корпус); 3) корпус приготовления реагентов; 4) площадка резервуаров запаса воды; 5) сгустители; 6) административно-бытовой корпус со столовой; 7) подпорные стены.

**Состав оборудования.** Часовая производительность фабрики определена, исходя из заданной переработки по руде 650 тыс. т и принятому режиму работы: 330 дней в году, 3 смены по 8 часов в сутки:

$$Q_q = 650000/(330 \cdot 3 \cdot 240) = 82,07 \text{ т/ч.}$$

Для доизмельчения медно-свинцового концентратата селективной флотации принята мельница МШЦ 2700×3600 объемом 17,5 м<sup>3</sup>, работающая в замкнутом с гидроциклонами ГЦР-360 цикле.

В основных и контрольных циклах предусмотрены пневмомеханические флотомашины с геометрическим объемом камер 16 м<sup>3</sup>, в перечистных операциях и операциях цикла селекции – пневмомеханические с геометрическим объемом камер 3,2 м<sup>3</sup> и 1,2 м<sup>3</sup>. В операциях с реагентами выбраны чаны для рудных пульп с усиленными мешалками. Для снабжения пневмомеханических флотомашин сжатым воздухом предусмотрены три воздуходувки типа ТВ-200-1,4 (два рабочие и одна резервная), потребность в сжатом воздухе определена исходя из расхода 1 м<sup>3</sup>/мин на 1 м<sup>2</sup> поверхности пульпы во флотомашине. Для оперативного технологического и балансового опробования приняты пробоотборники типа ПРО-20 и ПРО-7, для балансового опробования используются только пересечные пробоотборники. Крупность продуктов измельчения (сливов гидроциклонов) контролируется с помощью гранулометров.

Для всех продуктов приняты сгустители одного типоразмера с эффективной площадью осаждения 60 м<sup>2</sup>:

- для сгущения и отмычки коллективного концентратата – два сгустителя;
- для сгущения цинкового концентратата – два сгустителя;
- для медного и свинцового концентратов – по одному сгустителю.

На разгрузке сгустителей предусмотрены насосы с регулируемыми приводами. Сгустители размещаются на открытом воздухе. Сливы всех сгустителей самотеком сбрасываются в хвостовой зумпф корпуса обогащения, из которого, объединившись с хвостами цинковой флотации, самотеком подаются в хвостохранилище.

Расчет и выбор оборудования для корпуса приготовления реагентов проводится в соответствии с номенклатурой применяемых реагентов и их расходами. Готовые растворы перекачиваются в баки реагентной площадки главного корпуса. Для дозирования реагентов приняты традиционные питатели: средних расходов типа ПРИУ-5М (размещены на установках УРИП-6), малых расходов типа ПМР-7, насосы-дозаторы, для извести – системы расходомер – клапан.

**Технико-экономические показатели проекта.** Капитальные вложения в строительство объектов по проекту составляет 145,88 млн долларов США. Общая стоимость проекта с учетом финансовых издержек в инвестиционный период и первоначального оборотного капитала – 153,67 млн долларов США.

В Постановлении Президента Республики Узбекистан N ПП-1072 расчетная стоимость проекта принята в размере 147,4 млн долларов США без учета финансовых издержек в инвестиционный период и первоначального оборотного капитала. Следовательно, объемы капитальных вложений на строительство объектов по ТЭО проекта не превышают параметры, предусмотренные в указанном постановлении (см. таблицу).

Финансирование строительства объектов по проекту осуществляется за счет собственных средств ОАО «Алмалыкский ГМК», аккумулированных на специальном счете, предназначенном для капитального строительства и модернизации производственных мощностей комбината, с привлечением средств Фонда реконструкции и развития Республики Узбекистан, а также кредита местного коммерческого банка.

Специальный счет ОАО «Алмалыкский ГМК» формируется за счет сверхприбыли, остающейся в распоряжении комбината после

**Структура капитальных вложений, тысячи долларов США**

Наименование	Всего	В том числе		
		Строительно-монтажные работы	Оборудование	Прочие
Горно-добывающий комплекс	60310,00	23469,60	34704,86	2135,54
Обогатительный комплекс	59899,74	33697,42	25970,25	232,07
Объекты внешней инфраструктуры	23372,43	16550,95	5680,14	1141,34
Проектно-исследовательские работы	2296,97			2296,97
<b>Итого капитальных вложений</b>	<b>145879,14</b>	<b>73717,97</b>	<b>66355,25</b>	<b>5805,92</b>
Чистый оборотный капитал	922,61			
Финансовые издержки в период инвестиции	6872,76			
<b>Всего инвестиций в реализацию проекта</b>	<b>153674,52</b>			

уплаты налога на сверхприбыль. Сумма собственных средств, направляемых на финансирование проекта, составляет 52774,52 тыс. долларов США. Кредитные средства Фонда реконструкции и развития Республики Узбекистан выделяются на закупку импортного технологического оборудования и составляют 60900,00 тыс. долларов США.

Результаты расчетов, представленных в ТЭО проекта, показывают, что сальдо накопленных денежных потоков за расчетный период составляет 149,1 экв. млн долларов США. Внутренняя норма доходности проекта равна 7,2 %, срок окупаемости капитальных вложений (не дисконтированный) с учетом инвестиционного периода – 10 лет.

При разработке проекта институт «Узтяжнефтегазхимпроект» согласился с выбранными инициатором проекта техническими решениями по горно-добывающему комплексу и параметрами основного технологического оборудования на перерабатывающей фабрике. При этом реализация проекта обусловлена необходимостью увеличения в Республике Узбекистан производства

цветных и благородных металлов, являющихся сырьем стратегического назначения, а также расширения сырьевой базы цветных и благородных металлов для обеспечения производственной потребности ОАО «Алмалыкский ГМК».

Реализация проекта горно-обогатительного комплекса «Хандиза» на базе месторождения со строительством обогатительной фабрики позволит:

- увеличить уровень загрузки существующих производственных мощностей медеплавильного и цинкового заводов ОАО «Алмалыкский ГМК»;
- повысить экономический потенциал страны;
- повысить социально-экономическое развитие регионов;
- увеличить загруженность новой железной дороги «Ташгузар – Байсун – Кумкурган» за счет дополнительных грузовых перевозок 115-120 тыс. т концентратов до места их переработки, а также грузов, поступающих в адрес ГОК «Хандиза», и создать новые рабочие места.