УДК 622.7:622.342.1

СОТРУДНИЧЕСТВО ИНСТИТУТА «ИРГИРЕДМЕТ» И НАВОИЙСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

В. Е. ДЕМЕНТЬЕВ,
генеральный директор,
канд. техн. наук,
gold@irgiredmet.ru

В. М. МУЛЛОВ,
ведущий научный сотрудник,
канд. техн. наук

АО «Иргиредмет», Иркутск, Россия

Показаны научные и практические результаты многолетнего сотрудничества института с НГМК.

Ключевые слова: *сотрудничество, АО «Иргиредмет», Навоийский горно-металлургический комбинат, переработка золотосодержащей руды, технологическая схема, гравитационное обогащение, флотация, биоокисление, кучное выщелачивание, цианирование, сорбция.*

С середины прошлого века Иргиредмет является участником и свидетелем становления золотодобывающей промышленности Узбекистана. В институте изучали руды различных месторождений Узбекистана: Мурунтау, Чармитан, Маржанбулак, Кокпатас и др. По результатам исследований были рекомендованы технологии их переработки.

Опыт освоения ионообменной технологии на Навоийском горно-металлургическом комбинате (НГМК) и испытаний, проводимых совместно институтами ВНИИХТ и Иргиредмет, был успешно использован в Советском Союзе для реконструкции нескольких обогатительных фабрик (Нижнекуранахской, им. Матросова, Советской и др.) и строительства новых золотодобывающих предприятий на ряде месторождений (Карамкенском, Многовершинном, Кочкарском и др.).

После образования СНГ отношения между НГМК и Иргиредметом возобновились, в результате чего в 2009 г. был заключен контракт на разработку технологии и оформление технологического регламента для строительства предприятия по переработке руд месторождения Зармитан. Исследования по пробе руды и полупромышленные испытания гравитационно-цианистой технологии были проведены на территории ЦНИЛ комбината с участием местных специалистов.

Разработанная для данной руды технологическая схема (**рис. 1**) включила новые для горной промышленности Узбекистана технологические процессы – гравитационного обогащения с использованием центробежных концентраторов фирмы Knelson и интенсивного цианирования неизмельченных гравиоконцентратов на австралийской установке Gekko.

Особенностью схемы гравитационного обогащения явилось выделение 1/4 части циркуляционной нагрузки для центробежной концентрации, что позволило избежать переобводнения схемы рудоподготовки. Готовыми продуктами по технологии явились катодные осадки от цикла интенсивного цианирования (с извлечением в них 53,6 % золота от руды) и насыщенная смола АМ-2Б, полученная в цикле цианирования хвостов гравитации, с извлечением 40,9 % золота. Завершающая стадия переработки этих продуктов с получением аффинированного золота осуществляется централизованно на гидрометаллургическом заводе № 2 (ГМЗ-2). Проектирование и строительство Зармитанской ЗИФ (ГМЗ-4) было осуществлено в кратчайшие сроки. Выход фаб-

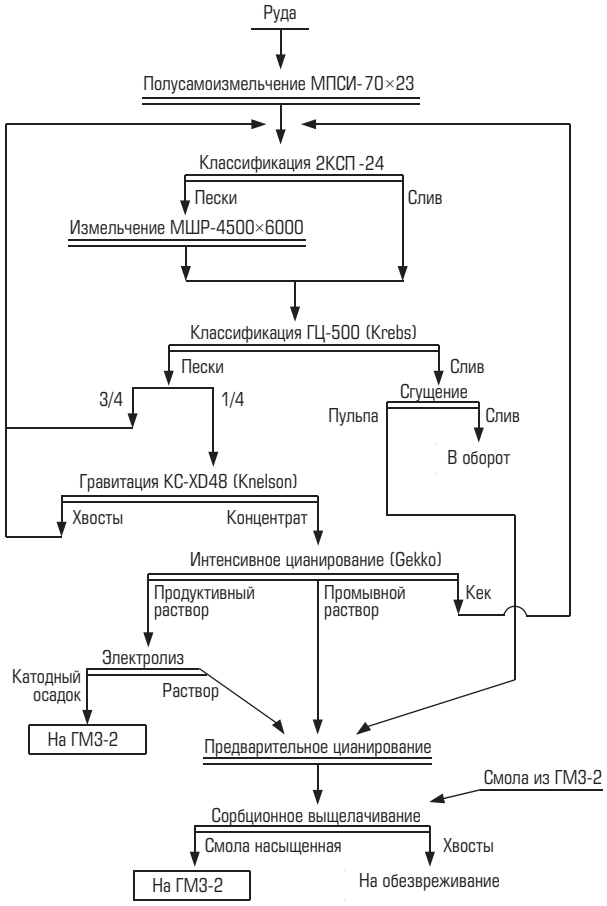

Рис. 1. Принципиальная схема переработки руды месторождения Чармитан на Зармитанской золотоизвлекательной установке

© Дементьев В. Е., Муллов В. М., 2018

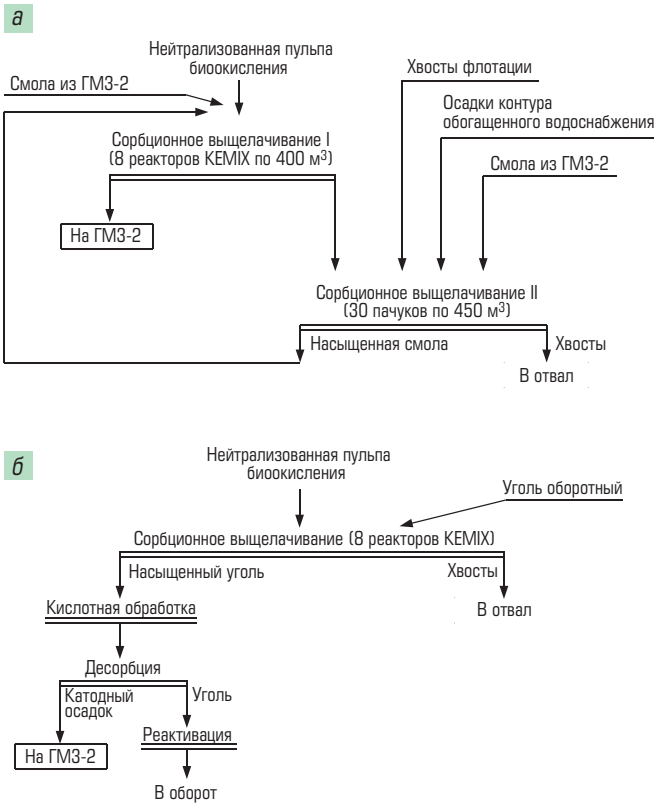

Рис. 2. Принципиальная схема гидрометаллургической переработки продуктов биоокисления на ГМЗ-3:
а – до реконструкции, *б* – после реконструкции

рики на проектные показатели был достигнут в течение 3 мес с момента запуска.

Содружество института с НГМК было продолжено в 2011 г. заключением контракта на проведение работ по совершенствованию гидрометаллургической технологии переработки продуктов бактериального выщелачивания флотоконцентрата первичных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау на ГМЗ-3 (г. Учкудук).

Первая очередь ГМЗ-3 была введена в эксплуатацию в 1995 г. по технологии прямого цианирования окисленных руд. По мере понижения глубины добычи руд росла доля в них первичных руд, обладающих повышенной упорностью по отношению к процессу цианидного выщелачивания с выходом цианируемого золота менее 25 %. Технологическая упорность первичных руд обусловлена чрезвычайно тонкой вкрапленностью золота в сульфидных минералах, а также присутствием в них природного сорбционно-активного углистого вещества.

С 2008 г. завод перешел на новую технологию, включающую флотационное обогащение руд, биогидрометаллургическое вскрытие золота из флотоконцентрата по технологии биоокисления и сорбционное выщелачивание по RIL-технологии в две стадии: на первой – нейтрализованного продукта биоокисления, на второй – смеси хвостов первой стадии и хвостов флотации (**рис. 2**). Первую стадию сорбционного выщелачивания осуществляли на установке сорбционного цианирования, представляющую цепочку из восьми агитаторов с механическим перемешиванием, обвязанных по принципу «карусели». Вторую стадию осуществляли в двух параллельных цепочках, включающих по 15 пачуков каждая (вместимость пачука 450 м^3).

В начале 2011 г. с участием АО «Иргиредмет» было проведено обследование технологии ГМЗ-3. По узлу гидрометаллургии было сделано заключение об избыточном соленакоплении технологических цианистых растворов. По результатам анализов концентрация в них ионов CNS^- достигла 2–4 г/л, из-за чего емкость насыщенной смолы по золоту была не более 1,5 г/кг при высокой остаточной концентрации золота в жидкой фазе хвостов (0,1–0,2 г/м^3). Потери смолы от истирания достигли 1,5 кг/т твердого в питании сорбции.

Вторая стадия сорбции работала неудовлетворительно из-за высокой сорбционной активности хвостов флотации, в которых содержится значительная доля природного органического углерода (0,3–0,4 %). Определенная по методике Иргиредмета относительная сорбционная активность хвостов флотации оказалась близкой к 100 %.

На опытном участке НГМК под руководством специалистов Иргиредмета были проведены полупромышленные испытания угольно-сорбционной технологии переработки продуктов биоокисления. В схеме переработки (см. рис. 2, *б*) была использована традиционная противоточная система сорбционного выщелачивания на первой стадии цианирования, также была исключена подача хвостов флотации на вторую стадию сорбции. В качестве сорбента был использован экструзивный уголь марки Norit 3515.

На продуктах текущей добычи ГМЗ-3 было показано, что при емкости насыщенного угля по золоту 2 кг/т остаточная концентрация золота в жидкой фазе хвостов оставалась в пределах 0,01–0,02 г/м^3. Извлечение золота в цикле гидрометаллургии возросло на 15 % по сравнению с показателями действующего предприятия за счет уменьшения потерь золота, сорбированного твердой фазой хвостов. Полученные в промышленных испытаниях результаты легли в основу проекта реконструкции гидрометаллургического передела ГМЗ-3.

Технологическое проектирование нового узла десорбции золота и поставку оборудования осуществлял Иргиредмет. К поставке, согласно проекту, была принята установка десорбции, электролиза и реактивации угля производства КНР объемом десорберов 10 м^3. Все работы по переобвязке и монтажу нового оборудования вели без остановки основного технологического процесса. Благодаря четкой организации к концу 2011 г. фактически основной объем работ по реконструкции гидрометаллургического отделения и монтажу узла десорбции был завершен, и с января 2012 г. было начато освоение новой усовершенствованной технологии переработки продуктов биоокисления.

В ходе освоения технологии в нее вносили некоторые усовершенствования, дорабатывали конструктивное оформление узлов и оборудования. По показателям переработки из схемы (см. рис. 2) была исключена вторая стадия сорбции в пачуках, соответственно, из объемов переработки, помимо хвостов флотации,

были исключены ярозитовые осадки, получаемые в процессе нейтрализации кислых растворов от операции противоточной декантации продукта биоокисления. Благодаря этому удалось резко сократить расход реагентов (известь, цианид), исключить энергозатраты на сжатый воздух для перемешивания пульпы в пачуках.

Достигнутый уровень извлечения золота по гидрометаллургическому переделу на 10 % превысил показатели ионнообменной технологии. Концентрация золота в жидкой фазе хвостов не превышает 0,02 г/см^3 при емкости насыщенного угля 2–3 г/кг. Потери активного угля от истирания составили 0,4 кг/т твердого в питании KEMIX.

В течение 2016 г. Иргиредмет привлечен руководством комбината к решению проблемы переработки хвостов кучного выщелачивания забалансовых руд месторождения Мурунтау. По результатам лабораторных исследований и полупромышленных испытаний, проведенных на территории ЦНИЛ и ГМЗ-1, Иргиредметом рекомендована схема (**рис. 3**) прямого цианирования измельченных хвостов цеха кучного выщелачивания золота (ЦКВЗ) с использованием угольного сорбента.

В составленном технологическом регламенте переработки хвостов ЦКВЗ использованы последние достижения в части аппаратурного оформления процесса сорбционного выщелачивания. За основу принят пневмоагитатор рабочим объемом 400 м^3 с механическим перемешиванием пульпы сорбционного цианирования и межстадиальным грохотом. Для насыщенного угля регламентом предусмотрена технология автоклавной десорбции, разработанная в Иргиредмете, позволяющая десятикратно ускорить процесс десорбции в сравнении с аналогичными технологиями, применяемыми в мире. Эти технические решения позволят минимизировать энергозатраты, а также расход реагентов за счет использования оборотной воды действующего хвостохранилища ГМЗ-2.

В начале 2018 г. на территории ЦНИЛ и опытного цеха сотрудниками Иргиредмета и НГМК были проведены лабораторные исследования и укрупненные испытания гидрометаллургической технологии по переработке огарков, полученных при окислительном

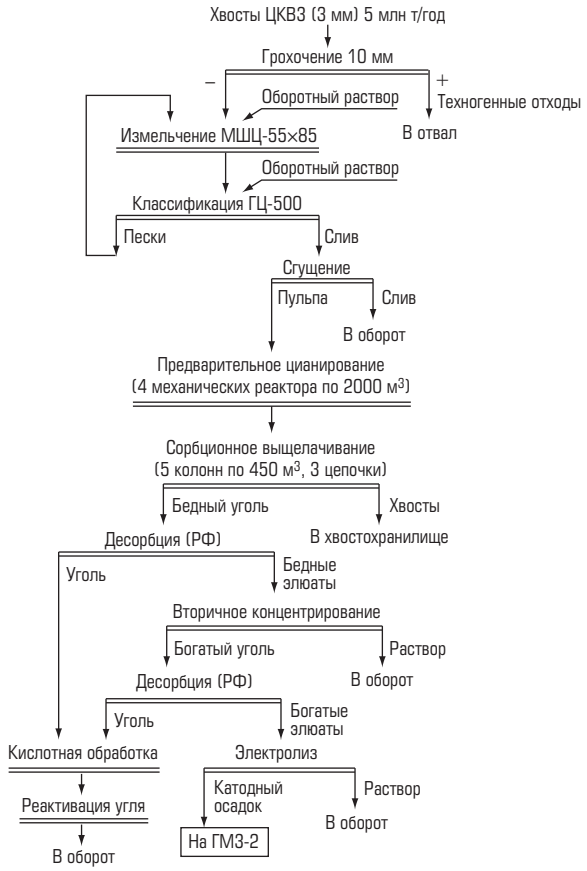

Рис. 3. Принципиальная схема гидрометаллургической переработки хвостов ЦКВЗ

обжиге флотационного концентрата ГМЗ-5 и хвостов сорбционного цианирования ГМЗ-3. На основании выполненных исследований были разработаны технологические регламенты, в основу которых была положена рекомендованная схема сорбционного выщелачивания с использованием в качестве сорбента активных углей. ГЖ

Уважаемые сотрудники Навоийского горно-металлургического комбината, коллеги!

Иргиредмет гордится, что является вашим партнером в течение долгих лет. Наше сотрудничество проверено временем. Участвуя в разработке технических решений на производственных объектах комбината, мы чувствуем, что способствуем не только росту экономики наших стран, но и развитию творческого потенциала целых поколений ученых и сотрудников, действующих в единой команде. Работа с комбинатом стала для многих сотрудников Иргиредмета делом жизни.

Приветствуем вас в день славного 60-летнего юбилея, выражаем уверенность в дальнейшем плодотворном развитии наших творческих и производственных контактов, в разработке новых совместных проектов и внедрении современных решений!

Желаем НГМК оставаться золотодобытчиком № 1 в Центральной Азии и продолжать свое динамичное развитие. Здоровья и благополучия каждому сотруднику. Пусть всегда и во всем вам сопутствует удача!

Коллектив АО «Иргиредмет»