

А.Е. ВОРОБЬЕВ¹*, А.В. АНИКИН², Т.В. ЧЕКУШИНА¹, Г.Ж. МОЛДАБАЕВА³

¹Российский университет дружбы народов, Москва, Россия, *fogel_al@mail.ru

²ОАО «Газпром», Москва, Россия

³Институт горного дела им. Д. Кунаева, Алматы

СУЩЕСТВУЮЩАЯ ПРАКТИКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ НА ЗИФ ЗАО «ВАСИЛЬЕВСКИЙ РУДНИК»

Рассмотрены вопросы организационных мероприятий для повышения эффективности технологии получения золота из руд на ЗИФ ЗАО «Васильевский рудник». Организационные мероприятия, направленные на повышение эффективности производства при обогащении и переработке, были сгруппированы в соответствии с основными процессами: дробление, гравитация, цианирование и сорбция. Опытные промышленные исследования показали практически прямую зависимость степени извлечения золота от качества измельчения золотосодержащей руды. Установлено, что измельчение золотосодержащих руд на измененном размере шаров увеличивает производительность фабрики с 1000 т руды в сутки до 1100-1400 т. Показана высокая целесообразность внедрения на первой перекидке концентрата основной отсадки концентраторных столов и необходимость четкого соблюдения требований их покрытия. Внедрение этих мероприятий позволило увеличить извлечение золота в цикле гравитационного обогащения на 30 %. Внедрение систем автоматизации в процессе сгущения способствовало увеличению эффективности этой технологии на 15-20%. При изучении зависимости продолжительности обработки от качества известкового молока рекомендовано использовать известь с высокой активностью, что в 2-3 раза сокращает длительность обработки. Разработана и внедрена новая система головного опробования на ЗИФ, что позволило резко улучшить достоверность результатов, уменьшить трудоёмкость и снизить количество обрабатываемых лабораторией проб от этой операции в 6 раз.

Ключевые слова: золотосодержащая руда, переработка, обогащение, повышение эффективности, дробление, гравитация, цианирование, сорбция

Введение. ЗИФ компании ЗАО «Васильевский рудник» была построена по технологической схеме, разработанной ИРГИРЕДМЕТом, с применением аппаратного оформления 70-80-х годов XX века [1]. Поэтому на этой фабрике в настоящее время практически полностью отсутствует система современной автоматизации основных производственных процессов, что резко увеличивает негативное влияние «человеческого фактора», снижая и без того невысокие (по отношению к современному оборудованию) показатели производительности и качества проводимых процессов обогащения.

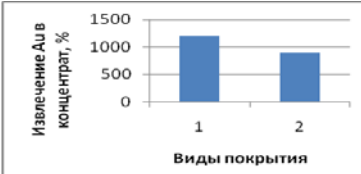
В результате имеющийся в настоящее время технологии уровень извлечения золота на перерабатываемых рудах на фабрике ЗАО «Васильевский рудник» является крайне низким (30-35%), по сравнению с его извлечением на известных аналогичных золотоизвлекающих фабриках.

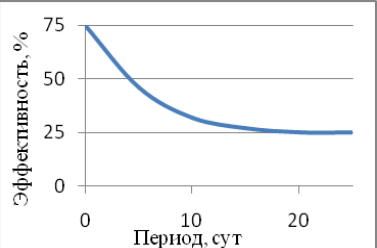
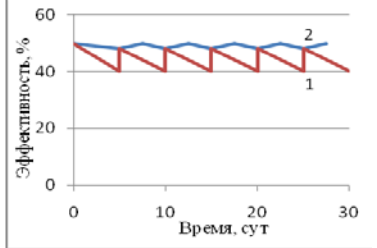
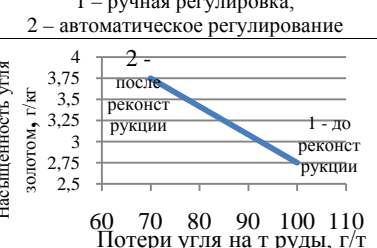
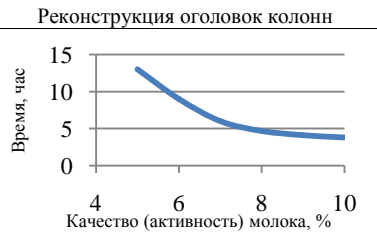

Проведенные организационные меры и обсуждение их результатов. При рассмотрении вопросов обогащения и переработки добытых золотосодержащих руд организационные мероприятия на ЗИФ ЗАО «Васильевский руд-

ник», направленные на повышение эффективности производства на данных переделах, были сгруппированы нами в соответствии с основными процессами.

Анализ возможных организационных мероприятий по повышению эффективности переработки золотосодержащих руд на ЗИФ ЗАО «Васильевский рудник» (таблица 1) показал, что оптимизация работы отделения дробления и измельчения (при проектной производительности до 900 т/сутки золотосодержащей руды) позволяет получать выход готового класса до 90%. В частности, проведенные нами опытно-промышленные исследования показали практически прямую зависимость степени извлечения золота от качества измельчения золотосодержащей руды. Было установлено, что значение производительности шаровых мельниц и эффективности помола руд в большей степени зависят от количества шаровой загрузки и ее качества. В частности, недостаток шаров или неправильно подобранный их размер существенно снижают удельную производительность мельниц и качество измельчения золотосодержащих руд [2].

Таблица 1 - Организационные мероприятия, повышающие эффективность работы ЗИФ

Цех	Узел (оборудование), технология	Организационная мера	Эффективность мероприятия
Отделение дробления и измельчения	Дробление руды	Оптимизация размеров и соотношение шаров мельницы	<p>1 – шары диаметром 60 мм; 2 – шары диаметром 40 мм</p>
	Система «насос - гидроциклон»	Классификация пульпы	<p>1 – песковый насос; 2 – система «насос-гидроциклон»</p>
	Классификация на спиральных классификаторах	Увеличение рабочего объема классификатора	<p>Успокоение материала загрузки, %</p>
Отделение гравитации	Отсадочные машины	Своевременный ремонт, наличие запаса комплектующих, замена машин на более современные	<p>Извлечение золота от продолжительности работы отсадочной машины: 1 – в полном соответствии с техническим регламентом; 2 – с отставанием от технического регламента</p>
	Концентрационные столы	Соблюдение требования покрытия	 <p>1 – рекомендуемое покрытие СКО; 2 – «подручное» покрытие СКО</p>
	Центробежные концентраторы	Внедрение концентраторов Knelson с параллельной установкой реактора цианирования	<p>Период времени: 1 – в отсутствии установок; 2 – с использованием установок</p>

	Мельница доизмельчения хвостов гравитации	Применение в качестве мелющих тел цилейбесов	
Отделение сгущения	Технология сгущения	Внедрение автоматизации процесса	 <p>1 – ручная регулировка; 2 – автоматическое регулирование</p>
Отделение цианирования и сорбции	Пульсационные колонны	Реконструкция оголовков колонн, автоматизация подачи цианидов	 <p>Реконструкция оголовков колонн</p>
Отделение приготовления реагентов	Качество используемой извести	Использовать известь с необходимой активностью	 <p>Зависимость продолжительности обработки от качества известкового молока</p>
Узел опробования	Технология опробования	Автоматизировать процесс опробования	 <p>1 - кривая, определяемая количеством точек опробования (ручной режим), 2 - кривая, определяемая количеством точек опробования (автоматический режим).</p> <p>Зависимость продолжительности опробования на ЗИФ от системы и количества точек опробования</p>

Весьма перспективно использование помольных шаров $d = 100$ мм в первой стадии измельчения золотосодержащих руд, в результате чего появляется дополнительная возможность повышения производительности мельниц по исходной руде на 30 т/ч [3]. А на второй стадии измельчения золотосодержащих руд рекомендуется применение шаров диаметром, равным 60 мм и мельче, поскольку в этом случае основной эффект достигается прежде всего за

счет истирания обрабатываемого золоторудного материала (минералов).

Были проведены опытно-промышленные работы по испытанию измельчения на изменённом размере шаров. Результатом данного эксперимента стало увеличение производительности фабрики с 1000 тонн руды в сутки до 1100-1400 тонн. При этом за 3 месяца испытаний выход готового класса увеличился в среднем на 1,5 %, что дало возможность дополни -

тельно извлечь в слиток за этот период 1948 грамм золота.

Кроме этого оперативное управление качеством помола золотосодержащей руды осуществляется путем изменения производительности по руде (на основе специальной регулировки вибропитателей), изменением количества воды (подаваемой на бутары мельниц и в зумпфы насосов), а также своевременной догрузкой шаров в мельницы и регулярной заменой изнашивающихся песковых насадок гидроциклонов.

Также необходимо контролировать на количественные показатели по тонине помола золотосодержащей руды (посредством автоматических гранулометров) слив гидроциклонов, с крупностью 85-88 % класса -0,074 мм с содержанием 25-27 % твердого.

Высоких показателей можно добиться только при комплексном подходе, применяя современное высокопроизводительное оборудование [4,5-10] и инновационные технологии, в частности, за счет внедрения высокочастотных грохотов корпорации Derrick, систем «насос - гидроциклон» ФГУП «Турбонасос», аналогичных системам фирмы Engineering Dobersek, перевод мельницы ММС в МПСИ, а также предварительным дроблением руды до класса +15+20 мм и т.д.

Анализ возможных организационных мероприятий повышения эффективности переработки золотосодержащих руд на ЗИФ ЗАО «Васильевский рудник» показал, что дополнительно к используемым материальным и трудовым издержкам на ЗИФ необходимо отнести такое понятие, как потерянное производство во время простоя оборудования. В частности, в современной рыночной ситуации снижение простоя на ЗИФ мельниц (порой даже всего на 2-3 %) может экономически равняться или даже превзойти сумму годовых затрат на замену их футеровки.

Кроме этого, необходимо внедрить эффективную систему автоматизации основных производственных процессов на ЗИФ. В частности, ее внедрение позволит увеличить ходимость насосов до замены их брони минимум до 900-1200 часов (по практическому опыту эксплуатации).

Потребность увеличения выхода золотосодержащего концентрата отсадочных машин показала высокую целесообразность внедрения на первой перекидке концентрата основной отсадки концентрационных столов (при четком соблюдении требований их покрытия). Внедрение всех указанных мероприятий позволило

увеличить извлечение золота в цикле гравитационного обогащения на 30 %.

При осуществлении процесса сгущения необходимо обеспечить внедрение систем автоматизации, увеличивающих эффективность этой технологии на 15-20%. Необходимо также использовать известь с высокой ее активностью, что существенно (в 2-3 раза) уменьшает период продолжительности обработки.

Целесообразно также переработать имеющуюся на ЗИФ ЗАО «Васильевский рудник» карту опробования (таблица 2) с максимально возможным применением автоматического пробоотбора, а также выводением данных в режиме online на монитор аппаратчикам (для своевременного принятия необходимых мер). Если к уже имеющимся сегодня автоматическим пробоотборникам на хвостах сорбции и на питании цианирования добавить (до разработки и внедрения общей программы) автоматический пробоотборник для опробования подбударного продукта на мельнице ММС (как наиболее представительной точки опробования поступающей золотосодержащей руды), то существенно облегчится составление и точность баланса золота в целом на ЗИФ.

Была также разработана и внедрена новая система головного опробования на ЗИФ, что позволило резко улучшить достоверность результатов, уменьшить трудоёмкость и снизить количество обрабатываемых лабораторией проб от этой операции в 6 раз.

Выводы. Измельчение золотосодержащих руд на измененном размере шаров позволило увеличить производительность фабрики с 1000 т руды в сутки до 1100-1400 т. В итоге за 3 месяца выход готового класса увеличился в среднем на 1,5 %, что привело к дополнительному извлечению 1948 грамм золота в слиток за этот период.

Внедрение на первой перекидке концентрата основной отсадки концентрационных столов при четком соблюдении требований их покрытия позволило увеличить извлечение золота в цикле гравитационного обогащения на 30 %. Внедрение систем автоматизации в процессе сгущения способствовало увеличению эффективности этой технологии на 15-20%. Использование извести с высокой активностью позволило в 2-3 раза сократить длительность обработки. Разработана и внедрена новая система головного опробования на ЗИФ, что значительно улучшило достоверность результатов, уменьшило трудоёмкость и снизило количество обрабатываемых лабораторией проб от этой операции в 6 раз.

Таблица 2 - Технологическая карта опробования

Точка отбора	Периодичность отбора	Контролируемый параметр	Метод и тип пробоотбирателя
Исходная руда	Каждая партия	Крупность; минеральный состав; влажность и плотность	Ручной метод, отбойка отдельных кусков молотком с зубилом
Крупнодробленый продукт	Каждые 4 часа	крупность; Au	Автоматический, ковшовый пробоотбиратель
Подрешеточный продукт грохочения	Каждые 2 часа	концентрация Au	Ручной метод, ковшовый пробоотбиратель
Концентрат и хвосты отсадки	Каждые 2 часа	концентрация Au	Ручной метод, ковшовый пробоотбиратель
Магнитная и немагнитная фракция	Каждые 2 часа	концентрация Au	Ручной метод, ковшовый пробоотбиратель
Концентрат, промпродукт и хвосты I-ой перемешки	Каждые 2 часа	концентрация Au	Ручной метод, ковшовый пробоотбиратель
Концентрат, промпродукт и хвосты II, III, IV-ой перемешки	Каждые 2 часа	концентрация Au	Ручной метод, ковшовый пробоотбиратель
Пески классификации	Каждые 2 часа	содержание класса – 0,0074 мм	Автоматический пробоотбиратель
Слив классификации	Каждые 1-2 часа	pH; концентрация NaCN, влажность; Au	Ручной, ковшовый пробоотбиратель
Щепа в отвал	Каждые 4 часа	Au	Ковшовый пробоотбиратель
Сгущенный продукт	Каждые 2 часа	Au	Ручной, ковшовый пробоотбиратель
Вода в оборот	Каждые 4 часа	Au	Ручной, ковшовый пробоотбиратель
Пульпа после цианирования	Каждые 2 часа	pH; концентрация NaCN	Ручной, ковшовый пробоотбиратель
Насыщенный раствор	Каждый час	Au; концентрация реагентов	Ручной, ковшовый пробоотбиратель
Сорбент на десорбцию	Каждый час	Au	Ручной, ковшовый пробоотбиратель
Продукт обезвреживания цианидов	Каждые 4 часа	концентрация NaCN	Ручной, ковшовый пробоотбиратель
Сорбент в оборот	Каждые 4 часа	Au	Ручной, ковшовый пробоотбиратель
Хвосты	Каждые 2 часа	концентрация NaCN; Au, влажность	Ручной, ковшовый пробоотбиратель

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. Геохимия золота. Ресурсы и технологии России. – М.: Изд-во РУДН, 2000. – 431 с.
- 2 Кучерский Н.И. Современные технологии при освоении коренных месторождений золота. 2007, - 696 с
- 3 Лагунова Ю.А. Проектирование обогатительных машин. Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2009. - 378 с.
- 4 Лодейщиков В.В. Золотоизвлекающие фабрики мира: Аналитический обзор. – Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 2005. - 447 с.
- 5 Новицкий И.В. Автоматическая оптимизация процесса самоизмельчения руд в барабанных мельницах: Дисс.... д-ра техн. наук: 05.13.07.- Днепропетровск :ДГИ, 1993. — 367 с.
- 6 Воробьев А.Е., Шуленина З.М. Концепция

решения минерально-сырьевых проблем и охраны окружающей среды //Маркшейдерия и недропользование. - 2009. - № 4.

7 Зубков А.А. Шуленина З.М. Воробьев А.Е. Эффективный метод обогащения окисленных медных руд //Маркшейдерия и недропользование. - 2009. - № 5. - С. 59- 63.

8 Шуленина З.М., Подзноев Г.П. Повышение извлечения ценных компонентов и комплексности использования руд природных и техногенных месторождений на основе нового подхода к технологии их переработки // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. - 2007. № 2. - С. 56-64.

9 А.С. 621380. СССР. Способ очистки сточных вод от ртути. /Абдурахманов С.А., Степанов Б.А.; опубл. 1970.

10 А.С. 1317839. СССР. Тырышкина И.И., Соколов В.В. /Способ извлечения серебра из сточных вод кинопромышленности.

REFERENCES

- 1 Vorob'ev A.E., Gladush A.D. *Geokhimiya zolota. Resursy i tekhnologii Rossii. M.: Izd-vo RUDN, 2000*, 431 (in Russ.).
- 2 Kucherskiy N.I. *Sovremennye tekhnologii pri osvoenii korennykh mestorozhdenij zolota. 2007*, 696 (in Russ.).
- 3 Lagunova Ju.A. *Proektirovanie obogatitel'nykh mashin. Ural'skiy gosudarstvennyy gornyy universitet. Ekaterinburg: UGGU, 2009*, 378. (in Russ.).
- 4 Lodeyshnikov V.V. *Zolotoizvlekatel'nye fabriki mira: Analiticheskij obzor. Irkutsk. OAO Irgiredmet, 2005*, 447. (in Russ.).
- 5 Novitskiy I.V. *Avtomaticheskaya optimizatsiya processa samoizmel'cheniya rud v barabannykh mel'nistakh. Diss... d-ra tekhn. nauk: 05.13.07., Dnepropetrovskiy gornyy institut. 1993*, 367. (in Russ.).
- 6 Vorob'ev A.E., Shulenina Z.M. *Markshejderiya i nedropol'zovanie. 2009*, 4. (in Russ.).
- 7 Zubkov A.A. Shulenina Z.M. Vorob'ev A.E. *Markshejderiya i nedropol'zovanie, 2009*, 5, 59- 63. (in Russ.).
- 8 Shulenina Z.M., Podznoev G.P. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Inzhenernye issledovaniya., 2007*, 2, 56-64 (in Russ.).
- 9 Abdurahmanov S.A., Stepanov B.A. *Sposob ochistki stochnykh vod ot rtuti, A.C. 621380. USSR, 1970*. (in Russ.).
- 10 Tyryshkina I.I., Sokolov V.V. *Sposob izvlecheniya serebra iz stochnykh vod kinopromyshlennosti. A.C. 1317839. USSR (in Russ.).*

Түйіндеме

ААФ ЖАҚ «Васильевский руднигінде» алтын алу технологиясының тиімділігін арттыруды ұйымдастыру шаралары қарастырылған. Ұйымдастыру жұмыстарының барысы кен байытуға және өңдеуде тиімділікті арттыруға бағытталған және негізгі процестерге: ұнтақтау, гравитациялау, циандау мен сорбцияға сәйкес топтастырылған. Өндірістік-тәжірибе зерттеулері практикада алтын алу дәрежесінің тура тәуелділігінің алтынды кеннің ұнтақталуына тәуелді екендігін көрсетті. Алтыны бар кендердің ұнтақталуының шарлардың көлемінің өзгеруі фабриканың тәулігіне 1000 т кеннен 1100-1400 т дейін өнімділігін жоғарылататындығы байқалды. Бірінші концентратты қайта тазартуда негізгі тұнбаның концентрациялау столында және оларды жабу тәсілінің қадағалануын жоғарғы дәрежеде сақтау керектігі көрсетілді. Гравитациялық байыту циклінде осы шараларды енгізу алтынды айырып алуды 30 % көбейтті. Қоюлау процессінде автоматтандыру жүйесін енгізу бұл технологияның 15 - 20 % жоғарылауына әсерін тигізді. Известі ерітіндіде өңдеу кезінде жоғарғы белсенді известі қолдану керектігі айтылды және де бұл тәсіл 2-3 есе өңдеуді қысқартады. ААФ жаңа жүйе жасалып бастапқы тексеруге қосылды және нәтижені шынайы бағалауға тиімді, еңбек шығынын азайтуға, тексеру зертханаларының санын 6 есе азайтуға септігін тигізді.

Түйін сөздер: алтын, кендер, өңдеу, тиімділікті арттыру.

Summary

Questions of organizational actions for increase of efficiency of technology for gold recovery from ores on "Vasilyevsky Mine" JSC Gold Extraction Factory (GEF) are discussed. The organizational actions directed on increase of production efficiency at beneficiation and treatment, were grouped according to the basic processes: crushing, gravitation, cyanidation and sorbtion. Pilot researches showed practically direct dependence of gold extraction on degree of gold-bearing ore crushing. It is established, that gold-bearing ore crushing on the changed size of spheres increases productivity of the factory from 1000 t of ore per day up to 1100-1400 t. The high expediency of introduction of concentration tables and necessity of precise observance of requirements to their coating at first re-cleaning of the concentrate of the basic jigging is shown. Introduction of these actions allows increase extraction of gold in a cycle of gravitational beneficiation by 30 %. Introduction of systems of automatization into condensation process promotes increase of efficiency of this technology by 15-20 %. At studying dependence of processing duration on quality of lime milk it is recommended to use lime with high activity, that in 2-3 times reduces duration of the treatment. The new system of head sampling is developed and introduced at GEF, that has allowed to improve sharply reliability of results, to reduce labour input and to lower 6 times quantity of samples tested by laboratory from this operation.

Keywords: gold, gold-bearing ore, processing, beneficiation, efficiency, gold extraction factory, crushing, gravitation, cyanidation, sorbtion

Поступила 18.02.2013.