ГОРНОЕ ДЕЛО

УДК: 622.343:622.349

<https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.95>

М. Ж. БИТИМБАЕВ^{1*}, Г. Б. БАХМАГАМБЕТОВА²

¹РОО «Национальная инженерная академия Республики Казахстан», г. Алматы, Казахстан

²Satbayev University, г. Алматы, Казахстан. mbitimbayev@mail.ru

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА

Предлагаемая нами методика определения технико-экономических показателей деятельности предприятия по кучному выщелачиванию золота основана на существующем опыте работы, анализе необходимых действий по подготовке проекта с наименьшими упущениями и принята за базу при проектировании: обоснование предстоящих затрат на первой стадии изучения и оценки объекта; обоснование предстоящих затрат на второй стадии изучения и оценки объекта; обоснование предстоящих затрат на третьей стадии изучения объекта, сопряженные капитальные затраты и непредвиденные расходы; сравнительная характеристика капитальных затрат на разных стадиях изучения и оценки; организация производства на действующем предприятии.

Ключевые слова: кучное выщелачивание, технико-экономические показатели, предприятие, методика, стадии изучения.

Успешное применение кучного выщелачивания предполагает высокую проницаемость руд после того, как они будут подвергнуты дроблению или другим видам обработки и сложены в штабель. При этом ставится цель обеспечить равномерное распределение выщелачивающего раствора при его просачивании через штабель.

Для предварительного исследования были отобраны пробы массой 25 кг окисленной золотосодержащей руды из отвала месторождения Акжал Восточного Казахстана. Представительная проба была отобрана из отвала способом поверхностного вычерпывания, усреднена методом сбрасывания на конце, раздроблена, рассеяна и направлена на разделение по фракциям (табл. 1) [1].

Таблица 1 – Гранулометрический состав окисленной золотоносной руды месторождения Акжал

Вариант	Выход фракции при дроблении	Содержание золота во фракциях, %	фракция, мм	фракция, %
1	2	3	4	5
	-40...+20	43,0	4,8	

* Адрес для переписки. E-mail: mbitimbayev@mail.ru

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
	-20...+10	34,0	1,3	
	-10...+5	10,0	1,1	
	-5...+2	5,0	0,5	
	-2...0	8,0	0,3	
2	-20...+10	39,1	3,4	
	-10...+5	10,0	0,8	
	-5...+2	16,0	1,0	
	-2...0	23,9	1,6	
3	-10...+5	9,9	0,08	
	-5...+2	36,1	1,38	
	-2...0	54,0	7,08	

Как видно из приведенных в таблице 1 данных, при дроблении руды на фракции минус 40...0 наиболее высокое содержание золота наблюдается во фракции минус 40...+20 (вариант 1). При дроблении руды на фракции минус 20...0 наибольшая доля золота сконцентрирована в более крупной фракции – минус 20...+10.

Следовательно, с целью снижения потерь и повышения коэффициента извлечения золота руда должна быть раздроблена до крупности минус 40+20. При более мелком дроблении, когда основное количество золота сконцентрировано во фракции минус 2+0, склонной к заиливанию, извлечение золота в раствор при выщелачивании может быть низким. Поэтому для мелких фракций рекомендуется процесс окомкования.

Исследования показали, что с увеличением размера кусков руды от 40 мм и более (забойная крупность) извлечение золота снижается на 30%. Измельчение руды до крупности минус 20...0 мм не способствует увеличению извлечения золота, что обусловлено свойствами руды и высокой степенью ее разрушения. Исследования также показали, что в зависимости от крупности руды изменяется количество поглощенной кислоты, а это, в свою очередь, влияет на скорость выщелачивания. В таблице 2 приведены результаты исследований влияния гранулометрического состава руды на ее поглощающие способности для двух типов пород: легко разрушающиеся (крепость 6-8) и трудно разрушающиеся (крепость 8-10) [1, 2].

Таблица 2 – Зависимость поглощающей способности рудой цианистой кислоты от гранулометрического состава

Тип руды	Гранулометрический состав руды после дробления	
	фракция, мм	выход фракции
1	2	3
Трудно разрушаемая	-40...+20	62,4
	-20...+10	20,4

Окончание таблицы 2

1	2	3
Легко разрушаемая	-10...+5	7,3
	-5...+2	3,4
	-2...0	6,8
	-40...+20	43,0
	-20...+10	34,0
	-10...+5	10,0
	-5...+2	5,0
	-2...0	8,0

Полученные результаты позволили перейти к следующему этапу исследований – к определению способа складирования и последовательности складирования в зависимости от гранулометрического состава.

Укладку руды в штабель и ее обработку концентрированной кислотой предложено осуществлять особым образом. Куче при выдержке придается форма полусферы, причем крупные фракции руды закладываются в нижнюю часть кучи, а мелкие фракции – сверху. Это обеспечивает сохранение тепла внутри кучи длительное время и улучшает процесс вскрытия минералов за счет лучшего сохранения тепла, выделяемого при экзотермических реакциях [1, 3].

Нами рассмотрены и изучены конструкции штабеля для кучного выщелачивания [2]. Рудный штабель и подстилающая подушка проектируются как устойчивые конструкции, содержащие как твердую фазу, так и жидкий продуктивный раствор. В настоящее время используются три основных метода сооружения рудных куч и подстилающей подушки: метод с многократно используемой подушкой, метод постоянно наращиваемого штабеля и метод желобного выщелачивания. Укладывание руды в штабель производится с использованием фронтального погрузчика и конвейерного стакера. Для повышения степени извлечения золота нами предлагается осуществлять многослойное формирование кучи с прокладкой сети трубопроводов, подающих выщелачивающий раствор (рис. 1) [2, 4].

Выщелачивающий раствор подается на штабель с помощью насосной системы, обеспечивающей достаточное давление на оросителе при разбрызгивании выщелачивающего раствора. Разбрызгивание производится с помощью вращающихся оросителей, равномерно распределяющих раствор по штабелю с интенсивностью подачи 0,002-0,003 л/с/м². Такая интенсивность подачи обеспечивает скорость проникновения раствора через штабель не менее 10⁻⁴см/с. Химическая реакция, при которой металлы под влиянием цианида переходят в раствор, требует кислорода; его дополнительному привносу через свободно вентилируемую массу руды способствует разбрызгивание.

Рисунок 1 – Схема многослойного формирования кучи.

1 – система орошения; 2 – трубы для дополнительной подачи раствора в сформированные слои; 3 – сформированные слои.

Также подача раствора нередко осуществляется также с помощью скрытых трубопроводов, расположенных под крышкой штабеля. Такая конструкция может препятствовать замерзанию раствора зимой или же чрезмерных потерь его от испарения, как это нередко случается при разбрызгивании.

Поток раствора через штабель проходит практически вертикально от поверхности штабеля до основания. Выдержка смоченной золотоносной руды составляет 24 часа. После чего она погрузчиком переносится на площадку для выщелачивания, где укладывается ровным слоем высотой 2-3 м, а затем включается система орошения руды выщелачивающим раствором при концентрации цианистой кислоты в выщелачивающем растворе 0,5 г/л с использованием агрегата типа дождевальной установки. Время загрузки руды составляет 0,5 суток.

Процесс орошения руды на площадке длится трое суток. На четвертые сутки производится промывка руды в течение 0,5 суток, а также выгрузка промытой руды, также в течение следующих 0,5 суток. Затем производится следующий цикл работы в течение 4,5 суток, который начинается с загрузки освобожденной площадки новой порцией руды, смоченной концентрированной цианистой кислотой и т.д.

Продуктивный раствор (содержащий растворенный металл) отбирается из штабеля через систему труб или специальных каналов. Для улучшения сбора раствора часто используются перфорированные дренажные трубы, устанавливаемые в дренажном слое прямо на поверхности подушки. Дренажные трубы могут быть непосредственно подсоединены к системе трубопроводов для сбора продуктивного раствора и иметь общий выход коллектор продуктивного раствора, либо раствор может отводиться через специальный канал (траншею).

При реализации технологии извлечение золота – на уровне 81%, уменьшение капитальных затрат на строительство на 25-30%, снижение эксплуатационных затрат на получение концентрата металлов на 20-30%, повышение производительности труда на обогащении на 15-40% [2, 5].

Актуальность и практическая значимость предлагаемых новых технологических решений для кучного выщелачивания металлов заключается в следующем:

- повышается эффективность кучного выщелачивания за счет подачи растворов внутрь горной массы в динамическом режиме;

- появляется возможность контроля извлечения металлов в различных частях замагазинированной в штабелях КВ горной массы, возможность аэрации горной массы, подачи специальных активаторов процесса выщелачивания и т.п.;

- появляется возможность размещения зарядов ВВ в местах переуплотнения горной массы для повторного её встряхивания, а также для подачи кислорода как окислительного агента, улучшающего результаты химической реакции по переводу золота в комплексные соединения, и для электромагнитной сегрегации частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1 Битимбаев М.Ж., Орынгожин Е.С., Джумабаев Е.И. Отчет по результатам НИР «Создание инновационной технологии интенсивного кучного выщелачивания». – Алматы: Национальная инженерная академия РК, 2012-2014. – 145 с. [Kuchnoe vyshchelachivanie zolota. Zarubezhnyj opyt i perspektivy razvitiya //Spravochnik pod redakciej V.V.Karaganova i B.S.Uzhkenova // Moskva – Almaty. 2002. – P.260.]

2 Битимбаев М.Ж., Орынгожин Е.С., Джумабаев Е.И. Обоснование инновационной технологии интенсивного кучного выщелачивания на месторождении Акжал Восточного Казахстана // Труды международного форума «Инженерное образование и наука в XXI веке: проблемы и перспективы», посвященного 80-летию КазНТУ им. К.И.Сатпаева. – Алматы. 2014. – С. 26-31. [Kuchnoe vyshchelachivanie zolota. Zarubezhnyj opyt i perspektivy razvitiya //Spravochnik pod redakciej V.V.Karaganova i B.S.Uzhkenova // Moskva – Almaty. 2002. - P.260.]

3 Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Вартанян С.С. Минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов к 2025 году. / Под редакцией И.Ф. Мигачева. – М.: ЦНИГРИ, 1996. – 96 с. [Kuchnoe vyshchelachivanie zolota. Zarubezhnyj opyt i perspektivy razvitiya //Spravochnik pod redakciej V.V.Karaganova i B.S.Uzhkenova // Moskva – Almaty. 2002. – P.260.]

4 Кучное выщелачивание золота. Зарубежный опыт и перспективы развития //Справочник под редакцией В.В.Караганова и Б.С.Ужкенова // Москва – Алматы. 2002. - С.260. [Kuchnoe vyshchelachivanie zolota. Zarubezhnyj opyt i perspektivy razvitiya //Spravochnik pod redakciej V.V.Karaganova i B.S.Uzhkenova // Moskva – Almaty. 2002. – P.260.]

5 Сидельникова Г.В. Опыт применения кучного выщелачивания золота в России // Минеральные ресурсы России. – Москва: Экономика и управление, 2001. – №3. – С.61-66. [Sidel'nikova G.V. Opyt primeneniya kuchnogo vyshchelachivaniya zolota v Rossii // Mineral'nye resursy Rossii. – Moskva: Ekonomika i upravlenie, 2001. - №3. - P.61-66.]

М. Ж. БІТІМБАЕВ¹, Г. Б. БАХМАҒАМБЕТОВА²

¹«Қазақстан Республикасының Ұлттық инженерлік академиясы» РҚБ,
Алматы қ., Қазақстан

²Satbayev University, Алматы қ., Қазақстан

**АЛТЫНДЫ ҮЗДІКСІЗ ҮЙМЕЛЕП СІЛТІЛЕУДІҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ**

Ұсынылып отырған өндірістің алтынды үймелеп сілтілеудің техника-экономикалық көрсеткіштерін анықтау әдістемесі негізгі жұмыс тәжірибесіне негізделіп жасалған, сонымен қатар жобалау базасына және жағдайында керекті сараптамар жасалды: нысананы зерттеу және бағалаудың бірінші кезеңіне жұмсалатын шығындарды негіздеу; нысананы зерттеу және бағалаудың екінші кезеңіне жұмсалатын шығындарды негіздеу; нысананы зерттеу және бағалаудың үшінші кезеңіне жұмсалатын шығындарды негіздеу; нысананы зерттеу және бағалаудың барлық кезеңдеріне жұмсалатын шығындарды салыстыру сипаттамасы; өндірісті іске қосуды ұйымдастыру.

Түйін сөздер: үймелеп сілтілеу, техника-экономикалық көрсеткіштер, өндіріс, әдістеме, зерттеу кезеңдері.

M. BITIMBAEV¹, G. BAHMAGAMBETOVA²

¹ROO “National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan»,
Almaty, Kazakhstan

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

**DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR CONTINUOUS HEAP
LEACHING OF GOLD**

The proposed methodology for the determination of technical and economic characteristics of gold heap leaching process is based on the existing experience, the following factors are taken into account: justification of the upcoming costs for the first stage of the study and evaluation of the object; justification of the upcoming expenses for the second stage of the study and evaluation of the object; justification of the upcoming expenses for the third stage of the study of the object, associated capital costs and incidental expenses; comparative characteristics of costs at various stages of examination and assessment; organization of production at the operating enterprise.

Key words: heap leaching, technical and economic factors, enterprise, methodology, stages of study.