

Ashimkhan T. Kanayev,
ScD (Doctor in Biology), professor;
Kazakh State University,

Galina V. Semchenko,
ScD, ass.professor;
Institute microbiology and virology,

Zylikha K. Kanayeva,
ScD, ass.professor;
Kazakh national technical university,

Patima C. Madenova,
ScD, ass.professor;
Kazakh national agrarian university

Influence of Closeness of Irrigation on the Indexes of the Percolation Lixiviating of Gold

Keywords: *gold, lixiviating, cyanide, closeness.*

Annotation: *it is In-process educed, that for every closeness of irrigation with the increase of duration of lixiviating the concentration of gold grows in solution and the expense of cyanide of natrium falls. After extraction of 20 - 25 gold from ore there is reduction of maintenance of Au in solution and the expense of cyanide of natrium increases.*

Золото в рудах месторождения Риддер-Сокольное находится в ассоциации с медными и железосодержащими минералами. По составу минералов пустой породы золотосодержащие руды также близки к медным. Поэтому для выщелачивания золота в первую очередь необходимо вскрытие этих минералов. Скорость растворения золота при этом зависит от скорости вскрытия минералов, с которыми оно ассоциировано (3).

Материалы и методы исследований

Руды, содержащие золото, и поступающие на анализ, классифицировали в зависимости от их минералогического состава (4). На основании минералогического изучения руду отнесли на I класс. Это значит, данная руда, не имела восстановительной или окислительной способности, содержат незначительные количества сульфидов, арсенидов, антимонидов и теллуридов или вообще их не содержал.

Для процесса рудоподготовки золотосодержащих руд на конечной стадии измельчения, как правило, применяли шаровые мельницы в замкнутом цикле с классифицирующими аппаратами, которые способны выдавать класс минус 0,074 мм, что необходимо для полного высвобождения золота из вмещающих пород (1).

Процесс выщелачивания проводили в устройстве перколяционного выщелачивания (рисунок 1) (2).

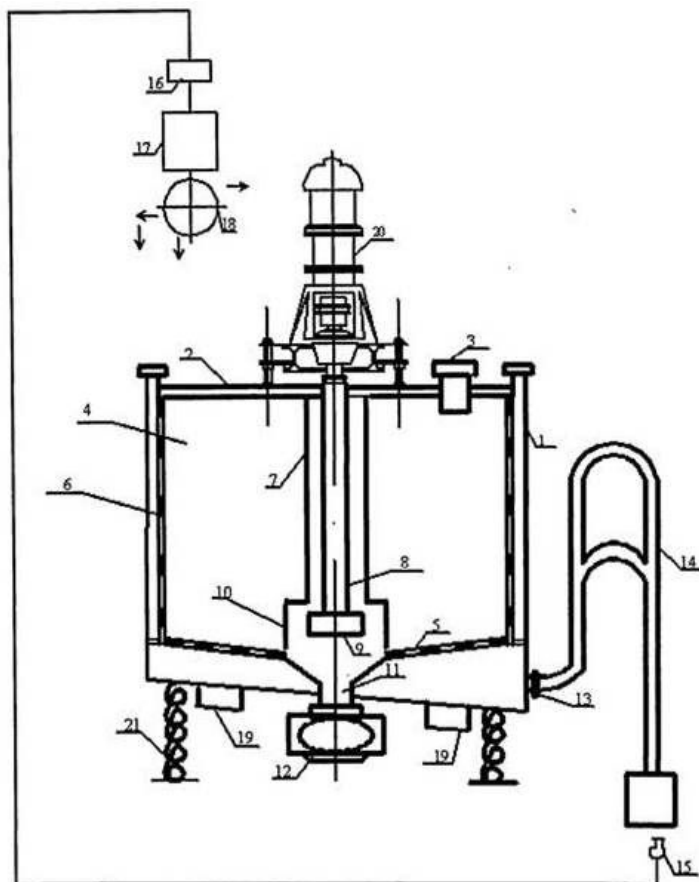


Рисунок 1. Устройство для перколяционного выщелачивания

Вибраторы-19, корпус-1, гидромонитор-9, приводной вал-8, рабочая камера-4, вертикальный шарнирный перегородка-10, нагнетательная труба-7, сифон-14, подогреватель продуктивного раствора -17, накопительная емкость-16, распределитель продуктивного раствора -18, перфорированная днище-5, рабочая камера-4, стенка-6.

Анализ золота проводили с помощью химических веществ. Для того использовали атомно-абсорбционной спектрометрии (Atomic Absorption Spectrometry - AAS) (5). Для анализа содержания металла в образце породы предприняли следующие шаги:

- Подготовили образцы породы с исследуемого участка весом приблизительно в 60 г и раздробили их приблизительно до 200 меш (0,074 мм).
- Подготовили дистиллированную воду в конической колбе.
- Используя мерную чашку, сделали химический раствор царской водки: смесь 3 частей соляной кислоты (HCl) и 1 части азотной HNO₃. Объем раствора в 4-5 раз превышал объем образцов.
- Медленно выливали в емкость с царской водкой дистиллированную воду. Соотношение составлял 1 к 1. Специфический запах дает понять, что царская водка достаточно для реакции.
- Затем царскую водку нагревали при 85-90°C. Поместили кусок породы в емкость на 30 минут.

Формула реакции растворения золота в царской водке



После того как реакция прекратится дождались охлаждения царской водки и воды и осаждения осадка. Затем профильтровали осадок с помощью чайного ситечка и салфетки. Таким образом, мы отделили осадок от раствора.

Для того чтобы проверить наличие золота в образце породы, добавили в осадок специальный подготовленный заранее раствор 5,0% хлорид олова (SnCl_2), разбавленный 95% соляной кислотой (HCl). Хлорид олова – это очень чувствительный реагент, позволяющий определять наличие золота количеством до 10 частей на миллиард. В случае если капля раствора (хлорида олова) окрасится в пурпурный цвет, это означает, что в образце содержится золото.

Результаты исследований

Использование кислых растворов тиомочевины для выщелачивания золота повлекло бы значительный перерасход серной кислоты на реакции с вмещающими породами, особенно карбонатами кальция и магния, и частичное загипсование руды. Поэтому в качестве растворителя выбрали щелочной раствор цианида натрия.

Как показали исследования, растворение оксидных и сульфидных минералов меди происходит стадийно и с различной скоростью. Проведенные лабораторные исследования перколяционного выщелачивания медных руд подтвердили наличие стадийности процесса в зависимости от минералогического состава руд и выявили необходимость изменения основных технологических параметров на различных стадиях выщелачивания. Растворение сульфидных медных минералов в щелочных цианидных растворах происходит стадийно, как и в сернокислотных.

В соответствии с этим, в данной работе было изучено влияние различных факторов на показатели перколяционного выщелачивания золота цианидными растворами в зависимости от стадии выщелачивания. Исследования процесса перколяционного выщелачивания руды цианидными растворами проводились при крупности руды 20 мм. Масса руды в каждом перколяторе 10 кг, все опыты проводились при pH не ниже 10.

В водных растворах цианидов щелочных металлов имеет место реакция гидролиза:
 $\text{NaCN} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HCN} + \text{NaOH}$

При высокой щелочности среды ($\text{pH} \geq 10$) равновесие этой реакции практически нацело смещается в левую сторону, что обеспечивает минимальное загрязнение окружающей среды синильной кислотой.

Кроме того, щелочи предотвращают образование комплексных солей Fe(II) , что сокращает расход цианида.

В качестве защитной щелочи в исследованиях использовался гидроксид натрия. После каждого орошения весь раствор выводился из цикла выщелачивания и анализировался на содержание золота и остаточного цианида.

Влияние плотности орошения изучали при концентрации цианида натрия в выщелачивающем растворе 1 г/дм³. Исследования проводились при изменении плотности орошения от 10 до 60 дм³/т руды. В каждом цикле выщелачивания проведено по 10 орошений, при плотности орошения 10, 20, 40 и 60 дм³/т руды.

Результаты исследований (таблица 1) показывают, что для каждой плотности орошения с увеличением продолжительности выщелачивания растет концентрация золота в

растворе и падает расход цианида натрия. После извлечения 20 – 25 % золота из руды наблюдается уменьшение содержания Au в растворе и увеличивается расход цианида натрия.

Следует отметить, что с ростом плотности орошения (таблица 1), увеличивается степень извлечения золота и его общее извлечение при одинаковом числе орошений. Концентрация же золота в растворе после выщелачивания, наоборот, снижается. Так, при плотности орошения 60 дм³/т руды извлечение золота за 1 орошение примерно в 2 раза больше, чем при 10 дм³/т руды. Концентрация золота в полученном растворе ~ в 3 раза ниже.

Выщелачивание золотосодержащей руды при высоких плотностях орошения и, следовательно, низких концентрациях золота и примесей снижает диффузионное сопротивление на границе раздела фаз твердое - жидкое и способствует увеличению скорости растворения не только золота, но и элементов пустой породы. С увеличением плотности орошения отношение $C_{Au}/\Sigma C$ примесей уменьшается, расход цианида натрия растет. Так, расход NaCN при плотности орошения 60 дм³/т руды в сутки в 3 раза выше, чем при 10 дм³/т. При снижении интенсивности орошения увеличивается продолжительность контакта растворителя с рудной массой, что позволяет применять менее концентрированные растворы, однако это связано с существенным увеличением продолжительности выщелачивания.

Таким образом, увеличивая плотность орошения, можно добиться высокого выхода золота в единицу времени при соответствующем высоком извлечении золота из руды. Однако это не всегда целесообразно по следующим причинам: большой расход NaCN, воды, значительные затраты электроэнергии на перекачку орошающих растворов. В технологическом отношении растворы, полученные при высокой плотности орошения, характеризуются низкой концентрацией золота, что резко снижает показатели его извлечения из растворов сорбцией.

Учитывая вышеизложенное, а также данные (таблица 1), в начальной стадии выщелачивания золота (до 20 % Au) в качестве оптимальной рекомендована плотность орошения 20-40 дм³/т руды в сутки, с возможным использованием растворов в обороте с целью увеличения концентрации золота. При этом достигается сравнительно высокое извлечение золота за 1 орошение ($\approx 1,07\%$) при относительно низком расходе цианида натрия - 1,66 т/кг Au.

После извлечения 20 % Au выщелачивание рекомендуется проводить при плотности орошения 10-20 дм³/т до достижения степени извлечения золота 40-45%.

Таблица 1.

Влияние плотности орошения на показатели перколяционного выщелачивания золота (Условия опыта: концентрация NaCN - 1 г/дм³, выщелачивание без пауз в орошении)

Продолжительность выщелачивания, сут.	Плотность орошения, дм ³ /т	Концентрация золота в растворе, мг/дм ³	Извлечение золота, %	Расход цианида натрия, т/кг Au
10	10	0.64	2.74	1.185
20	10	1.24	8.04	0.981
30	10	1.44	14.20	0.754

40	10	1.56	21.32	0.573
50	10	1.98	30.47	0.581
60	10	1.76	38.50	0.584
70	10	1.68	44.10	0.590
10	20	0.44	3.57	1.425
20	20	0.88	10.80	1.260
30	20	1.04	20.87	0.980
40	20	0.90	29.32	1.010
50	20	0.90	37.51	1.030
60	20	0.64	43.10	1.057
10	40	0.42	7.63	1.580
20	40	0.72	19.79	1.440
30	40	0.70	32.31	1.560
40	40	0.31	42.92	1.600
10	60	0.50	13.90	1.770
20	60	0.48	26.80	1.530
30	60	0.44	38.21	1.710
40	60	0.38	48.31	1.800

При выборе оптимальной концентрации цианида натрия следует учитывать, что ее величина связана с концентрацией кислорода в растворе при данных условиях. Например, при 15°C и P = 0,021 МПа растворимость кислорода $0,314 \cdot 10^{-6}$ моль/см³, поэтому оптимальная концентрация свободного (не связанного в комплексные соединения) цианида должна быть 0,1 г/дм³ NaCN. На практике применяются более крепкие цианистые растворы (0,2- 0,5 г/дм³ NaCN), т.к. в рабочих цианистых растворах обычно присутствует значительное количество примесей, снижающих активность цианистых растворов. Сопутствующие минералы, окисляющиеся с заметной скоростью, способствуют уменьшению содержания кислорода, расходуемого на побочные реакции. Это приводит к уменьшению скорости растворения золота, что связано с образованием плотных пленок на его поверхности.

Таким образом, вещественный состав золотосодержащих руд является одним из основных факторов, определяющих показатели цианистого процесса. Поэтому для каждого типа золотосодержащих руд оптимальная концентрация цианида натрия определяется экспериментально.

References:

1. Abramov AA, Leonov SB. *Enrichment of non-ferrous metals. Proc.1. for schools. M.: Nedra, 1991; 407.*
2. Alyamsky VI, Bugaev AA, Komarova MZ, Kozyrev SM. *Feasibility study of conditions in the ore deposits of Norilsk-1. S-Pb: Funds Ins-t Gipronikel, 1998.*
3. Avdonin VV, Boisov VE, Grigoriev VM. *The field of metallic minerals. M: Academic Prospect, 2005; 100.*
4. Gamberg PM, Makarov VN, Makarova EI, Traube YA. *Optimization of planning copper-nickel mining and processing enterprises. M.: Nedra, 1973; 160.*

5. *Pupyshev AA. Practical Course atomic absorption analysis: Lectures. Yekaterinburg: SEI HPE Ural State Technical University, 2003.*