

В.П. Мязин, Ю.И. Рубцов, П.М. Павлов

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ
ТЕХНОЛОГИИ КВ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД
МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ПОГРОМНОЕ» В УСЛОВИЯХ
РЕЗКОКОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА**

Семинар № 14

Источником основных опасностей при кучном выщелачивании золота для окружающей среды являются выбросы с парами синильной кислоты и цианидом натрия с поверхности рудного штабеля и миграция цианидсодержащих растворов через дефекты основания в грунтовые воды. К усугубляющим факторам следует отнести летом - резкие порывы ветра до 15-20 м/с, преобладающая иммерсия воздушных потоков, повышенные температуры воздуха в дневное время до 40 °С и более; зимой – малоснежный покров, низкие среднесуточные температуры, которые могут вызвать неравномерное локальное промерзание отдельных участков штабеля и образование трещин или порывов в гидроизолированном основании. Оценка устойчивости гидроизолированного основания КВ золота в значительной степени диктуется близким расположением проектируемому участку кучного выщелачивания к жизненноважной водной артерии России - реки Шилка. В данной работе рассматриваются 2 элемента технологии кучного выщелачивания золота – орошение штабеля и гидроизоляционное покрытие основания штабеля.

Методических указаний по оценке выбросов цианидов при кучном выщелачивании золота не найдено. Об опасном воздействии цианидов на окружающую среду имеются скудные сведения. Сни-

жение опасных воздействий на окружающую среду актуально в связи с расширением использования КВ золота в РФ.

Расчеты по выбросам синильной кислоты основаны на высокой летучести (т кип = 25,6 °С) и учета степени гидролиза цианида натрия при добавке к циркулирующим растворам окиси кальция. При среднегодовой скорости ветра в районе проектируемой установки КВ золота, равной 6,3 м/с, можно с приемлемой достоверностью принять, что все молекулы синильной кислоты, образующиеся в результате гидролиза цианида натрия и достигшие поверхности зеркала испарения, без затруднений переходят в воздух. При этом предположении скорость испарения синильной кислоты будет равна скорости диффузии молекул синильной кислоты в растворе цианида натрия, оцененной в 1 см/сутки (средней для растворенных газов).

Количество испарившейся синильной кислоты за сутки (Q) в первом приближении пропорционально ее количеству, подошедшему к поверхности испарения, поверхности испарения (S) и продолжительности (t):

$$(Q) = 0,01 \cdot S \cdot C_{\text{NaCN}} \cdot h \cdot t,$$

где 0,01 - среднесуточная скорость перемещения молекул синильной кислоты в растворе, м/сутки; S – площадь штабеля, м²; C_{HCN} - концентрация синильной ки-

слоты, кг/м^3 ; h - степень гидролиза; t – продолжительность орошения, сутки.

Поскольку за сутки молекулы синильной кислоты подойдут к поверхности испарения из слоя равного 0,01 м, то удельная скорость испарения в первом приближении равна количеству синильной кислоты, находящейся в поверхностном слое раствора 1 м² толщиной 0,01 м или из 0,01 м³ или 10 л.

Были выполнены соответствующие расчеты по испарению свободной синильной кислоты с поверхности капель, образующихся при орошении штабеля путем разбрызгивания растворов циркуляционных растворов с концентрацией 1 г/л, с мокрой поверхности штабеля, с поверхности прудка продукционных растворов ($\text{CNaCN} = 0,5 \text{ г/л}$) и с поверхности прудка укрепленных обеззолоченных растворов ($\text{CNaCN} = 1 \text{ г/л}$). Объем штабеля принят в 300000 т, поверхность штабеля высотой 7 м - $4 \cdot 10^4 \text{ м}^2$. Среднесуточный бъем циркулируемых растворов (V) – 5000 м³. Поверхность капель, пребываемых в состоянии падения, - $1 \cdot 10^6 \text{ м}^2$, время жизни капель - 2 с. Продолжительность выщелачивания руды – 75 суток.

Выбросы цианида натрия при штатном режиме орошения рассчитывались из условия, что при капельном орошении 0,1% от объема всех капель переходит в агрегативно-устойчивое состояние, эти мелкие капли с растворенным цианидом натрия выносятся ветром с поверхности кучи. При жаркой погоде учитывался фактор повышенного испарения воды и повышение доли мелких капель, выносимых ветром за пределы штабеля. Формула для расчета выброса цианидов с поверхности штабеля упрощается:

$$(Q) = k \cdot V \text{ CNaCN } t,$$

где k коэффициент, зависящий от метеоусловий, V - суточный объем раствора, м³.

В таблице приведены результаты расчетов по выбросам цианидов.

Испарение синильной кислоты с поверхности капель при капельном орошении штабеля. За счет испарения синильной кислоты среднесуточный выброс синильной кислоты невелик и оценивается в 10 г/сутки (при расходе CaO 0,01 %) и в 2 г/сутки (при расходе CaO 0,1 %). Выбросы синильной кислоты за промывочный сезон соответственно составят 0,0007 и 0,0002 т.

Выброс цианидов ветром со среднегодовой скоростью 6,3 м/с. Принимаем $k = 0,001$. Среднесуточный объем выбросов раствора составляет 5 м³, а суточный выброс цианида соответственно – 5 кг/сутки; за промывочный сезон - до 375 кг.

Выброс цианидов сильным ветром. С увеличением ветра более 10 м/с выброс раствора с кучи в виде мелких капель может составлять 1-5 % от объема поступающего на орошение штабеля и более.

При частоте сильных ветров 1 день/сезон выброс цианидов за промывочный сезон увеличится на 37,5 кг; при частоте сильных ветров 5 дней/сезон - на 187,5 кг; при частоте сильных ветров 10 дней/сезон – на 375 кг; при частоте сильных ветров 15 дней/сезон – на 550 кг.

Выброс цианидов штормовым ветром. Для Забайкалья характерны сильные порывы ветра со скоростью до 20 м/с и более. Предсказать эти порывы достаточно трудно. За несколько минут такие штормовые ветры могут переместить раствор в капельно-жидком состоянии (объем жидкости 10 м³) со всей поверхности штабеля на расстояние нескольких сотен м. Залповый выброс цианида составит 10 кг и более. Этот выброс в виде дождя может накрыть подъездные дороги, карьер или жилой поселок. Последствия этих воздействий предсказать трудно. Ситуация приравнивается к чрезвычайной.

Выброс при жаркой погоде. Известно, что в жаркий период лета количество испаряемой жидкости может достигать 10-15 % от количества раствора, поступающего на орошение, и более. В связи с этим значение k также было увеличено до 0,0115. При ветре 10-15 м/с выброс цианидов с растворами при этом может составлять 50 кг/сутки и более. При числе жарких ветреных дней в сезон (более 35 °С), равных 1, количество выброса цианида оценивается в кг; при количестве жарких дней, равных 5–250 кг; при количестве жарких дней, равных 10 выброс цианида в воздух оценивается 500 кг и более. В случае при ветра 15 м/с ≥ 1 дня ситуация также приравнивается к чрезвычайной.

Оценка выбросов цианидов с поверхности прудков установки КВ. Среднесезонный выброс синильной кислоты, испаряющейся с поверхности производственного прудка, за промысловый сезон согласно расчетам невелик и изменяется в пределах 0,0002-0,0004 т.

Мероприятия по снижению выбросов. Снизить выбросы цианидов с поверхности орошаемого штабеля возможно при строгом соблюдении учета метеорологических условий: в ветреную погоду необходимо снижать расход раствора на орошение или прекращать орошение, в жаркие дни – орошать штабель в ночные и утренние часы. Нарушение равномерного режима орошения приводит к снижению производительности установки кучного выщелачивания, вызванным явлением застоя растворов внутри штабеля, образованием отдельных каналов и неравномерному выщелачиванию золота из отдельных объемов штабеля.

Существенно снизить выбросы цианидов возможно в случае применения скоростного варианта посекционного выщелачивания золота в штабелях объемом до 30000–45000 т, разделенными на 3-4 секции. В случае введения всего

цианида натрия в руду в момент ее окомкования, поочередного орошения секций после их отсыпки в “поршневом” режиме орошения нахлещенными растворами продолжительность выщелачивания золота сокращается до 17-21 суток. При “поршневом” режиме орошения растворы подаются на поверхность штабеля в режиме затопления отдельных участков секции в течение 20-25 мин. Зеркало раствора на поверхности сохраняется не более 30 мин. Среднесуточная концентрация цианида натрия в растворах, поступающих на орошение не превышает 0,1-0,2 г/л, через 15-17 суток концентрация цианида натрия в циркулирующих растворах снижается до 0,03-0,07 г/л. Даже при неблагоприятных метеорологических условиях имеется возможность подать растворы на поверхность штабеля. Исключение капельного состояния раствора при орошении предотвращает залповые выбросы цианидов при высокой ветровой нагрузке. В жаркую погоду без снижения извлечения золота орошение можно проводить в ночное или утреннее время суток. Создаются реальные предпосылки для снижения выбросов цианидов и управления ими в критических и чрезвычайных ситуациях.

Скоростной режим кучного выщелачивания золота можно успешно использовать на основании многократного использования. Зарубежный опыт эксплуатации установок кучного выщелачивания убеждает в приемлемости оснований многократного использования. (рудник “Раунд Маунтин” – среднее содержание золота в руде 0,9 г/т; рудник “Ортиз” – среднее содержание золота 1,8 г/т; рудник “Эл Хуесо” среднее содержание золота 0,8-1,68 г/т и другие. К сожалению, в России лишь на Покровском руднике используют многократные основания.

На рисунке представлена схема основания многократного использования производительностью 30000 т руды за 1 цикл выщелачивания с автономным

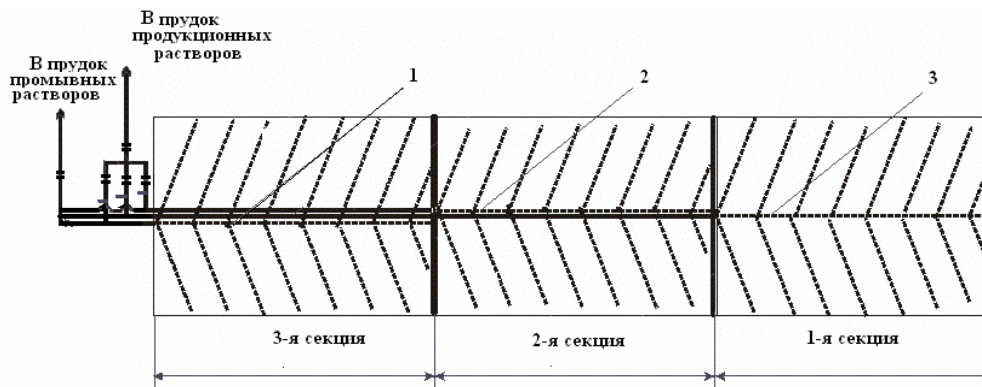


Схема 3-х секционного многоразового основания: 1,2,3 – коллекторы автономного отбора растворов из секций штабеля

орошением секций. На 2-х таких основаниях можно перерабатывать в скоростном режиме выщелачивания 300000 т руды за летний сезон в Забайкалье. К концу выщелачивания руды в последней секции выщелачивания происходит полная разгрузка первой секции. В режиме орошения циркуляционными растворами задействовано до 40 % руды в штабеле. Общая площадь основания 6000 м². При работе 2-х оснований выбросы возможны с поверхности 5000 м², в 8 раз меньше, чем в случае одноразового основания.

С учетом снижения продолжительности пребывания растворов на поверхности штабеля в 48 раз, снижения среднесуточной концентрации цианида натрия в циркуляционных растворах более, чем в 5 раз, исключения капельного состояния растворов, поступающих на орошение, выбросы цианидов за промывочный сезон сокращаются более, чем на 2 порядка и составляют не более 3-5 кг/сезон.

Выводы

1. Выбросы цианидов при кучном выщелачивании золота в летний период

за счет испарения синильной кислоты с поверхности штабеля и технологических прудков невелик и составляет несколько кг за промывочный сезон.

2. При неблагоприятных климатических условиях (скорость ветра более 10 м/с, повышение температуры воздуха выше 30 °С) выбросы цианидов увеличиваются на 2 порядка и более.

3. Для снижения выбросов цианидов при кучном выщелачивании золота необходимо учитывать влияние неблагоприятных климатических условий, что приводит к неритмичной работе установки кучного выщелачивания золота, или переходить выщелачивать золота или использовать более безопасные технологии выщелачивания (в том числе выщелачивание золота в зимний период).

4. В условиях Забайкалья предлагается использовать скоростную технологию кучного выщелачивания золота с использованием “поршневого” режима орошения отдельных секций рудного штабеля накислороженной водой или циркулирующими растворами без доукрепления их цианидом натрия, внесением всего цианида в стадии окомкования руды, что позволит снизить выбросы цианидов до нескольких кг за промывочный сезон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ 2085722 от 7.06.95. Рубцов Ю.И., Рубцова О.П., Спирин Э.К., Воронов Е.Т., Мязин В.П. Основание для кучного выщелачива-

ния руд, хвостов и концентратов. Оpubл. в БИ № 21, 1997, 5 с.

2. Рубцов Ю.И., Рубцова О.П., Устюжанин В.А. Мязин В.П. Повышение эффективности переработки золотосодержащих руд на основе использования методов кучного выщелачивания // Добыча золота, проблемы и перспективы. Т 1, Хабаровск: 1997, - С.45-49.

3. Добромыслов Ю.П., Рубцов Ю.И. Проблемы технологии и экономической безопасности при кучном выщелачивании золотосодержащих руд Забайкалья // Вестник МАНЭБ, №6(18). Санкт-Петербург-Чита. 1999. - С.79-86.

4. Заявка № 200330399/02 (032628) от 14.10.03. Рубцов Ю.И., Павлов П.М. Способ кучного выщелачивания золота.

5. Патент РФ 2110680. Рубцов Ю.И., Рубцова О.П., Мязин В.П., Спирин Э.К., Воронов Е.Т. Основание для кучного выщелачивания. Регистр. в гос. реестре изобр. от 10.05.1998, 7с.

6. Добромыслов Ю.П., Рубцов Ю.И. Проблемы технологии и экономической безопасности

при кучном выщелачивании золотосодержащих руд Забайкалья. Вестник МАНЭБ, №6(18). С.-П.-Чита. 1999. - С.79-86.

7. Добромыслов Ю.П., Рубцов Ю.И., Пичурев В.И., Харлов В.И. Проблемы и перспективы внедрения технологии выщелачивания золота из упорных золотосодержащих концентратов Забайкалья. Вестник МАНЭБ. 10(34). Санкт-Петербург-Чита. 2001. - С. 59-63.

8. Рубцов Ю.И. О снижении выбросов синильной кислоты и цианидов при выщелачивании золота кучным методом. Вестник МАНЭБ. Т 9, выпуск 6. С.-П.-Чита. 2004. - С.211-213.

9. Заявка № 2004117238/02 (018515) от 07.06.04. Рубцов Ю.И., Павлов П.М. Способ кучного выщелачивания золота в штабелях и устройство для его осуществления.

10. Заявка № 2004100572/02 (000174) от 05.01.04. Рубцов Ю.И., Павлов П.М. Способ цианидного выщелачивания золота в штабелях руды.

Коротко об авторах

Мязин В.П. – профессор, доктор технических наук, ЧитГУ,
Рубцов Ю.И. – ЧитГУ, рудник “Апрелково”,
Павлов П.М. – ЧитГУ, рудник “Апрелково”.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
КЛЮКИН Геннадий Константинович	Совершенствование метода проектирования технологии строительства горных выработок	25.00.22	к.т.н.
МАЛЬЦЕВ Евгений Анатольевич	Разработка способов бесконтактного индукционного геоконтроля физического состояния укрепляемых неоднородных грунтовых массивов	25.00.16	к.т.н.

