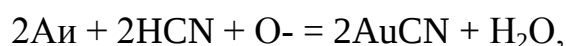


Лекция 8

Вода, насыщенная газообразной синильной кислотой и кислородом, взаимодействует с золотом, образуя нерастворимую соль AuCN и перекись водорода [25]:



Высокая щелочность раствора, однако, снижает скорость растворения золота. При этом в области pH = 11-13 это снижение прямо пропорционально величине pH [25]. Вследствие протекающего гидролиза цианистые растворы имеют щелочной характер даже в том случае, если свободную щелочь в растворы не вводят. Поэтому для обеспечения высокой скорости растворения золота и серебра величину pH цианистых растворов тщательно контролируют и на практике при последующем осаждении золота из продуктивных растворов [27]. pH поддерживают в пределах 11-12.

4.6.3.2. Влияние температуры

Как и большинство химических реакций, растворение золота и сопутствующих цветных металлов чувствительно к изменению температуры. Для золота отмечается два температурных эффекта, обусловленных необходимостью в энергии активации и из-за уменьшения растворения кислорода с повышением температуры. В хорошо перемешиваемом растворе при достаточном аэрировании оптимальная температура составляет 85°C, но она никогда не достигается в реальных условиях. Сезонные колебания температуры находятся в пределах от 0°C зимой до 40°C летом. В этом диапазоне температур энергия активации при выщелачивании золота находится в пределах от 2 до 5 ккал/моль. Эта величина характерна для

диффузионных процессов, которые лимитируют продолжительность процесса выщелачивания. Так как температурный режим трудно контролировать в куче рудного материала, то скорость выщелачивания в течение зимы принимают в размере 70 % от достигнутой величины в конце лета.

С повышением температуры скорость растворения золота возрастает, а растворимость кислорода или его концентрация в растворе уменьшается. Поэтому существует оптимальная область температур, отвечающая максимальной скорости растворения золота [25]. Эта температура примерно равна 85 °С (табл. 4.14).

4.6.3.3. Влияние посторонних ионов

Для золотосодержащих руд характерно присутствие многих рудных минералов, среди которых чаще всего встречаются пирит, пирротин, галенит, цинковая обманка, арсенопирит, стибнит, халькопирит [25]. Могут присутствовать также минералы селена и магнетит, углистые вещества. Последние обычно причиняют большие трудности, сорбируя из цианистых растворов растворенное золото и уменьшая его товарное извлечение. Присутствие в рудах соединений Cu, Sb, As и Fe, которые реагируют с цианидом, уменьшает его количество в растворе и создает его дефицит при растворении золота.

Таблица 4.14.

Влияние температуры на растворение золота в растворе KCN

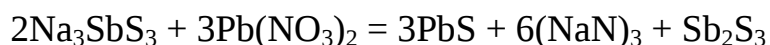
Т, С ⁰	5	10	20	40	60	80	90	100
Скорость растворения золота в 0,25 % -ном растворе KCN по данным Джулиана и Смарта (1921 г.), % отн.	50	100	115	130	140	145	150	145

В золотых рудах Витватерсренда в ЮАР присутствует уранинит и в меньших количествах тухолит. Поэтому из этих руд помимо золота извлекают уран.

Из нерудных материалов чаще всего сопутствуют кварц, полевой шпат, слюда, гранаты и кальцит.

Многие рудные минералы в отличие от нерудных взаимодействуют с цианистым раствором. Рудные минералы, взаимодействующие с цианистыми растворами, могут существенно влиять на растворение золота и серебра. Это влияние может заключаться как в ускорении, так и в замедлении процесса выщелачивания.

СВИНЦОВЫЕ соли вводят в виде азотнокислых или уксуснокислых соединений или в виде глета (при переработке капелей). При этом разлагаются щелочные сульфоарсениды и сульфoантимониды с образованием свинца и сурьмы по реакции [28]:



Вследствие этой реакции в присутствии солей свинца в раствор переходит только щелочная соль сурьмянистой кислоты.

4.6.3.4. Влияние окислителей

Золотосодержащие руды содержат много тонкодисперсного металлического золота. Поэтому, для его растворения нужно применять окислители и необходимо знание величин электронных потенциалов золота, серебра и сопутствующих металлов. Термины - менее основной и менее электроположительный подразумеваются для потенциалов в разбавленных цианистых растворах. Точные значения потенциалов неизвестны, и в них нет особой необходимости. Действительное соотношение, существующее в цианистых растворах, очень сложное и изменяется в широких пределах. Вероятные значения электродвижущих сил в цианистых растворах приведены в табл. 4.9. [27].

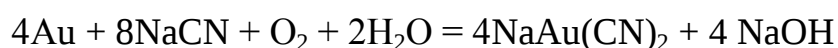
Таблица 4.9.

Электронные потенциалы E металлов в растворах с различной концентрацией цианида калия

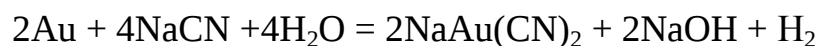
Концентрация KCN, %			E				
	Zn	Cu	Au	Ag	Pb	Hg	Fe
6,5	+0,95	+0,93	+0,42	+0,34	+0,20	+0,15	-0,03
0,65	+0,87	+0,68	+0,27	+0,20	+0,16	+0,05	-0,09
0,065	+0,78	+0,43	+0,09	+0,06	+0,11	+0,04	-0,12
0,0065	+0,42	-0,05	-0,34	-0,31	+0,07	-0,19	-0,13
0,00065	+0,39	-0,25	-0,42	-0,42	+0,05	-0,59	-0,14

4.6.3.5. Влияние кислорода и кислородосодержащих окислителей

Существует несколько теорий для объяснения механизма растворения золота в цианистых растворах. Эльснер в 1843 году первым установил, что для растворения золота в цианистом растворе необходим кислород:



Дженин в 1888 и 1892 гг. отрицал роль кислорода и полагал, что в процессе растворения выделяется газообразный водород:



Однако Маклорен в 1893 г. и Кристи в 1896 г. экспериментально доказали участие кислорода в процессе выщелачивания золота, подтвердив точку зрения Эльснера.

Бодлендер в 1896 г. считал, что процесс растворения протекает в две стадии с образованием в качестве промежуточного продукта перекиси водорода:



В подтверждение своей точки зрения Бодлендер обнаружил в растворе перекись водорода. Суммируя две последние реакции, получаем реакцию Эльснера.

Кристи в 1896 г. полагал, что кислород способствует выделению газообразного циана $(\text{CN})_2$, который и принимает участие в растворении золота:



Позднее, в 1897 г., Скэй и в 1898 г. Парк убедительно доказали, что растворы циана не растворяют ни золото, ни серебро. И только Мак-Артур в 1905 г высказал предположение, что роль кислорода сводится к окислению цианида до цианата, который и является растворителем золота. Это предположение, однако, было отвергнуто в 1913 г. Грином, который в свою очередь показал, что цианат не реагирует с золотом.

Химические уравнения показывают, что кислород является необходимым реагентом при цианировании золота. Там, где поверхность золота подвергается воздействию выщелачивающего раствора, скорость растворения золота увеличивается прямо пропорционально концентрации кислорода в растворе. Это положение остается верным до достижения максимума скорости растворения, после чего кислород перестает определять скорость реакции. Дальнейшее увеличение концентрации кислорода не приводит к возрастанию уровня растворения золота. При орошении поверхности рудного штабеля выщелачивающим раствором из воздуха извлекается достаточное количество кислорода, так что он обычно не лимитирует реакцию. Никакой дальнейшей обработки растворов с целью увеличения концентрации в нем кислорода не требуется.

Особое внимание содержанию кислорода приходится уделять в случае, если:

- выщелачивающий раствор вводится ниже поверхности штабеля;
- штабель содержит большие количества восстановителей, таких как сульфиды или органические вещества;
- штабель имеет большую высоту и ширину.

Кислород соединяется с другими металлами и компонентами по мере прохождения раствора через рудный слой. При уменьшении содержания кислорода растворение золота может быть снова лимитировано недостатком

кислорода в выщелачивающем растворе. Исходя из этого обстоятельства, рассчитывают оптимальные высоты рудного штабеля.

Экспериментально показано, что штабели с высотой слоя руды до 15 м могут быть выщелочены с достаточной эффективностью.

Барский с сотрудниками в 1934 г. провели термодинамические расчеты свободной энергии образования ионов $\text{Au}(\text{CN})_2$ и $\text{Ag}(\text{CN})_2$ и рассчитали изменение свободной энергии в различных процессах растворения. Расчеты свидетельствовали в пользу реакций Эльснера и Бодлендера; реакция Дженина оказалась термодинамически невозможной.

Дальнейшие работы углубили и расширили представление о необходимости кислорода для растворения золота. Эти работы показали, что растворение золота и серебра в цианистом растворе не проходит без введения кислорода или без применения реагентов — заменителей кислорода, например бромистого циана (BrCN), перекиси водорода или натрия и т.д. [28].

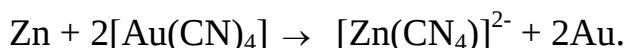
При низких концентрациях цианида скорость растворения золота зависит только от концентрации цианида. При высоких концентрациях цианида скорость растворения не зависит от концентрации цианида и определяется концентрацией кислорода [25].

4.7. Переработка продуктивных растворов кучного выщелачивания

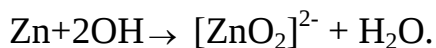
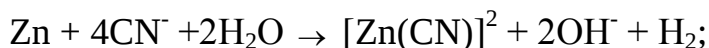
4.7.1. Процессы цементационной переработки продуктивных растворов

4.7.1.1. Хронология цементационных процессов.

Осаждение золота цинковой стружкой введено в практику в 1888 г. Удачное решение этого процесса приписывается Мак-Артуру и Форресту. Процесс осаждения золота цинком идет по уравнению [1]:



Процесс сопровождается растворением цинка с выделением водорода:



В 1894 году осуществлена цементация золота цинковой пылью, а в 1893 году проведены первые опыты по осаждению золота электролизом [2].

4.7.1.2. Области применения процессов цементации

а) извлечение меди из сернокислого раствора, и золота с серебром из цианистого раствора от $\text{pH} > 10$;

б) конверсия серебра из водной суспензии его нерастворимых солей, например, хлорида серебра с помощью металлического железа (хотя хлорид серебра и нерастворим в воде, но некоторое количество ионов серебра в водном растворе вполне достаточно для их непрерывного удаления металлическим железом и смещения равновесия до полного растворения хлорида серебра;

в) очистка растворов сульфата цинка от кадмия и таллия с помощью металлического цинка в качестве цементирующего металла, поскольку он все равно будет извлечен на последующей стадии;

г) удаление галлия из алюминатных растворов при добавлении алюминиевого порошка, однако этот процесс менее эффективен из-за растворения части алюминия и щелочном растворе с освобождением водорода и образования сплава галлия с алюминием;

д) разделение кобальта и меди при добавлении в раствор металлического кобальта, вызывающего выпадение меди (цементация меди);

е) выделение меди из растворов смеси никеля и меди при добавлении в раствор металлического никеля.

4.7.2. Цементация золота и серебра из щелочных цианидных растворов цинковой пылью

Металлический цинк легко вытесняет золото и серебро из цианистых комплексов с константами реакции для золота 1×10^{23} и для серебра 1×10^{32} . С

точки зрения химической термодинамики золото и серебро могут быть полностью осаждены цинком из цианистых растворов [3].

Цинк применяют для цементации в виде стружки в аппаратах ящичного типа и в виде пыли, добавляемой к отфильтровываемому раствору, идущему на фильтр в цементационном отделении [4].

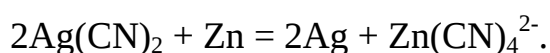
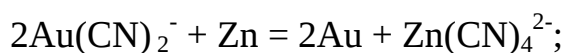
За рубежом процессы цементации золота из щелочных цианидных растворов известны под названием процессов Мерилла-Кро, по именам двух исследователей наиболее причастных к разработкам промышленных методов применения этого метода.

Для цементирования золота применяют цинк, а серебра — алюминий [5].

Цинковая пыль должна быть свободной от посторонних примесей, равномерна по ситовому составу, проходить через сито 300 меш., содержание оксида цинка не должно превышать 10%.

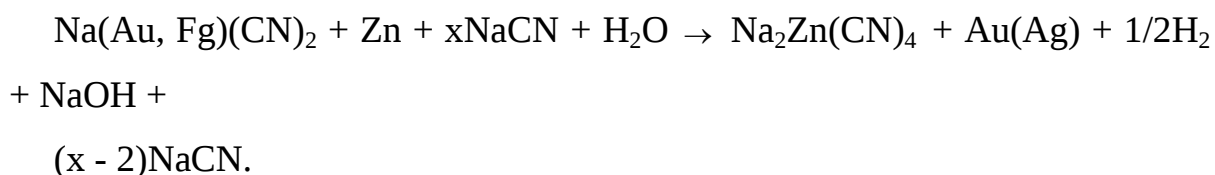
Цементацию золота из цианидных растворов проводят после предварительного обескислороживания раствора.

В ряду напряжений металлов в цианистых растворах потенциал цинка (-1,26 В) более отрицателен, чем потенциалы золота (-0,54 в) и серебра (-0,34 В). Поэтому цинк вытесняет благородные металлы из их соединений:



По первой из реакций золото переходит из ионного состояния в металлическое, а цинк — из металлического в ионное. Реакция протекает в случае, когда она сопровождается убылью термодинамического потенциала (это происходит, когда вытесняемый металл обладает более положительным электрохимическим потенциалом, чем цинк).

В более полном виде реакции цементации имеют вид [4]:



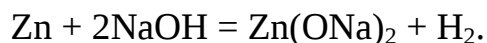
Избыток цинка может реагировать с NaCN:



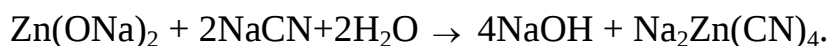
При недостатке NaCN идет реакция:



На Zn действует и свободная щелочь:



Полученный цинкат может реагировать со свободным цианидом:



Подобные реакции имеют место между оксидом и гидроксидом цинка, свободной щелочью и цианидом.

Двойной цианид Na и Zn неустоек, он диссоциирует в разбавленном растворе:



Цианистый цинк нерастворим и образует белый осадок на поверхности цинка, мешая дальнейшему его действию. Но избыток щелочи или цианида растворяет этот осадок. Появление белого осадка в цементаторах указывает на недостаток одного из этих реагентов.

Состав исходного цианистого раствора, г/л [1]:

цианид..... 0,14; CaO 0,18.

На реакцию замещения одного металла другим, стоящим ниже его в ряду напряжений (цементации) влияет величина его концентрации в растворе.

Действительный потенциал в растворе изменяется с изменением содержания его ионов в растворе. Действительная величина нормального потенциала получена при погружении данного металла в нормальный раствор его иона, т.е. в раствор с содержанием 1 г-экв/л воды [1].

Повышение концентрации цианида натрия вызывает более интенсивное выделение газообразного водорода. Этим объясняют более быстрое и полное выделение золота и серебра при цементации цианидных растворов. Кроме того, выделение водорода обеспечивает связывание кислорода, поглощенного цианидными растворами, как в процессе цементации, так и при перекачках насосами за счет подсасывания в сальниках. В результате, не

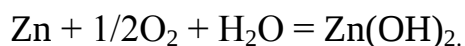
допускается растворение золота и окисление цинковой стружки [1]. В более крепких цианидных растворах цинк энергично взаимодействует с NaCN и NaOH. Это приводит к повышению расхода этих реагентов.

4.7.3. Влияние кислорода и обескислороживание цианистых растворов

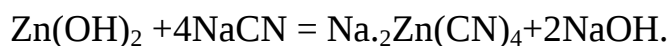
Кислород, растворенный в цианистом растворе, восстанавливается и переводит цинк в связанное состояние (пассивирует цинк).

Из-за кислорода образуется так называемый «белый осадок», который не позволяет полностью цементировать золото [1].

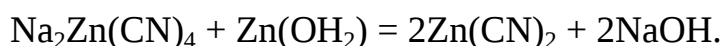
При окислении цинка идет реакция:



В избытке цианида гидроксид цинка растворяется с образованием комплексной соли:



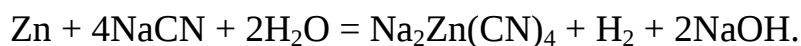
В отсутствии достаточных содержаний цианида натрия и щелочи комплексный анион цианида цинка разлагается с образованием нерастворимого цианида:



Гидроксид и цианид цинка — главные составляющие белого осадка, образующегося в случае наличия кислорода в растворах при недостаточном содержании в нем цианида натрия и щелочи.

Кислород является главной причиной растворения цементных осадков, понижая извлечение золота на стадии цементации. В новейшей практике перед цементацией удаляют кислород из растворов и цементацию проводят в аппаратах, не допускающих растворения кислорода во время контакта раствора с цинком.

Водород выделяется на поверхности цинка при повышении концентрации цианида и при взаимодействии избытка цинка с цианидом натрия по реакции:



Из-за выделения водорода происходит поляризация цинка.

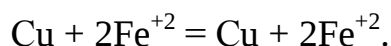
Механические примеси (взвеси) могут существенно ухудшать процесс цементации, поэтому взвешенные механические частицы удаляют из продуктивного раствора.

4.7.4. Примеси цианидных растворов

Растворы после цианирования руды имеют сложный состав. Присутствие в растворах Cu, Sb, As, Se, сульфата натрия мешает цементации золота. Много трудностей создают металлы с переменной валентностью, а также металлы-металлоиды, способные давать в растворах и катионы и анионы в зависимости от концентрации раствора [4].

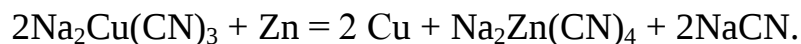
Примеси раствора могут создавать на поверхности цинка пленки, которые нарушают контакт осадителя с раствором. При цементации протекают побочные реакции, зависящие от кислотности раствора, содержания в нем примесей. В результате побочных реакций расход цинка увеличивается, а качество цементного золота ухудшается. Расход цинка составляет 2 кг/кг золота или 23-50 мг/л.

Железо (Fe) причиняет много затруднений, особенно при электролизе растворов. Оно образует у анодов $\text{Fe}_2(\text{SO})_3$, которое реагирует на катоде с металлической медью до получения закисного железа по реакции:



Это дает низкий выход по току и отсюда большой расход электроэнергии. Поэтому электролит обрабатывают диоксидом серы для поддержания железа в восстановленном виде.

Медь (Cu), присутствующая в цианидном растворе, вызывает переход цинка в раствор и приводит к образованию пленки на поверхности цинка по реакции:



В случае значительного количества меди пленка на поверхности цинка может прекратить цементацию золота. Наличие в продуктивных растворах повышенной концентрации цианида предотвращает пассивацию цинка.

Наличие в растворе меди, цинка и железа приводит к изменению потенциала золота, делая его более положительным.

Присутствие в цианистом растворе меди вызывает растворение цинка по реакции.

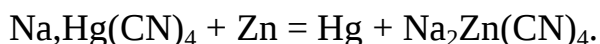
$2\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})_3 + \text{Zn} = 2\text{Cu} + 2\text{NaCN} + \text{Na}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$. Во избежание этого медь предварительно выщелачивают из обрабатываемой руды и производят непрерывное или периодическое удаление меди из раствора [1]:

а) предварительным осаждением на поверхности неосвинцованной стружки;

б) регенерацией цианистого раствора.

в) освинцовывание цинка в случае небольших количеств меди дает возможность избежать образования плотной пленки меди на поверхности цинка.

Ртуть (Hg) осаждается из цианистого раствора по реакции:



Ртуть делает цинковую стружку хрупкой.

Кобальт и никель особенно вредны при осаждении цинка. В некоторых случаях их удаляют осаждением. Для этого используют диметилглиоксим или нитрозобетанафтол.

Сурьма, мышьяк, и натрий в цианидных растворах служат причиной образования пленок на поверхности цинка, которые понижают эффективность цементации. Наличие ионов сурьмы и мышьяка в количестве 1 мг/л снижает скорость цементации на 20 %.

Сурьма и мышьяк обладают переменной валентностью, они не поддаются удалению обычными химическими путями. Они легко сорбируются определенными нерастворимыми гидроксидами металлов, в особенности железа и алюминия. Анионы мышьяковой кислоты хорошо поглощаются

углем, альбумином и гидроксидом железа. Эти процессы хорошо изучены Локсманом и Науке. Трейтон и Лейстон удалили мышьяк и сурьму на гидроксиде железа из раствора сульфата цинка [4].

Удалить сурьму и мышьяк из продуктивного раствора можно при их обработке сульфидом натрия, так как при этом образуются нерастворимые сульфиды сурьмы и мышьяка. Однако при такой обработке теряется все содержащееся в растворе серебро.

Сульфиды, растворенные в цианистом растворе вызывают образование сульфидов цинка и свинца, которые покрывают поверхность цинка и понижают его цементирующую поверхность.

Свинец (Pb) присутствует в цианистых растворах в незначительных количествах. Он осаждается в виде плюмбита на поверхности цинка при количествах превышающих 20 мг/л.

Микропримеси в цианистых растворах находятся в количествах за пределами чувствительности анализа, но они накапливаются в цементном концентрате, где их часто и обнаруживают:

- а) Pb, Fe, As и углерод, присутствующие в металлическом цинке, не вызывают затруднений при цементации;
- б) есть и такие микроэлементы, которые могут отлагаться на поверхности цинка, и тогда они будут мешать цементации золота.

Практика

Задание:

Изучить материал по Разработке нового основания для кучного выщелачивания золота, с целью обеспечения 100 % экологической безопасности от сбросов токсичных веществ

Новое основание для кучного выщелачивания (рис. 2.18, содержит элементы принципиально нового подхода к решению проблемы ликвидации токсичных миграционных растворов. Сущность разработки заключается в том, что основание дополнительно содержит гидроизолированный

дренажный слой, который при необходимости заполняют обезвреживающим раствором [45,50-51,60-61].

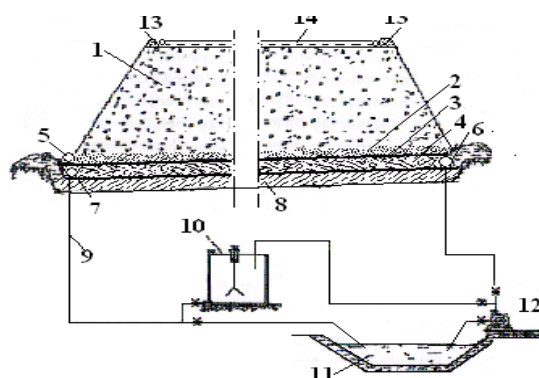


Рис. 2.18. Принципиальная схема экологически малоопасного основания для кучного выщелачивания золота. 1-дробленая руда, 2 - песок, 3- полиэтиленовая пленка, 4 - дренажный слой из гравия, 5. - коллекторы; 6 и 7- коллектор глинистых растворов с композитами, 9 и 14- трубы, 10 –агитатор, 11- гидроизолированная емкость в грунте, 12- циркуляционный насос, 13- бермы,

Агитатор служит для приготовления глинистых растворов с композитом. (12) направляет глинистые растворы в коллектор (6). Глина с композитами в дополнительном дренажном слое осаждается в трещинах и гидроизолирует их. На верхней части кучи имеются для исключения перелива растворов, поступающих на орошение через трубы (14).

При установке факта просачивания цианидных растворов через верхнюю полиэтиленовую пленку 3 выщелачивание золота продолжают до завершения цикла в защитном режиме. Для обеспечения защитного режима обезвреживающий раствор циркуляционным насосом 12 производительностью 1-5-1,5 м³/час из агитатора 10 через распределяющий коллектор подает обезвреживающие растворы в гидроизолированный агитатор 10 объемом 10-12 м³, в которой происходит доукрепление обезвреживающих растворов до начальной концентрации. Обезвреживающие растворы содержат золото в растворимой форме. По этой

причине их не сбрасывают, а перерабатывают по стандартной собионной технологии.

Гидроизоляцию основания дополнительного дренажного слоя восстанавливают после отработки соответствующей секции путем заиливания глинистыми растворами с композитными добавками. Глинистый раствор с композитами готовится в емкости с мешалкой 10.

Дренажный слой заполнен **галей ?** крупностью 10-120 мм, толщина слоя 200-250 мм. Таким образом, обеспечивается перекрытие всех возможных случаев миграции токсичных растворов из кучи через гидроизоляционный слой, так как, попадая в дополнительный дренажный слой, заполненный обезвреживающим раствором, токсичные вещества разлагаются обезвреживающим раствором, циркулирующим в дренажном контуре. В качестве обезвреживающих растворов применяют 0,1 % раствор гипохлорита кальция.

Расходы на строительство дополнительного дренажного слоя окупаются за счет сокращения времени простоя установки для кучного выщелачивания, которые могут достигать 4 недель рабочего времени и больше. Сокращение ремонта основания для кучного выщелачивания из-за порывов гидроизоляционного слоя составляет порядка 10 суток. За это время может быть дополнительно получено до 25 кг золота и более. Таким образом, использование основания с дополнительным дренажным слоем связано повышает устойчивости установки кучного выщелачивания золота, а затраты на изготовление основания окупаемы.

Для снижения сбросов разработана схема трехсекционного основания многоразового использования производительностью 30 тыс. т руды за 1 цикл выщелачивания с автономным орошением секций (рис. 2.19) [67]. В режиме посекционного орошения циркуляционными растворами задействовано лишь 40 % руды в штабеле. Общая площадь основания 6000 м². При работе 2-х оснований периодические выбросы возможны с поверхности 5000 м², или в 8 раз меньше, чем в случае основания одноразового использования.

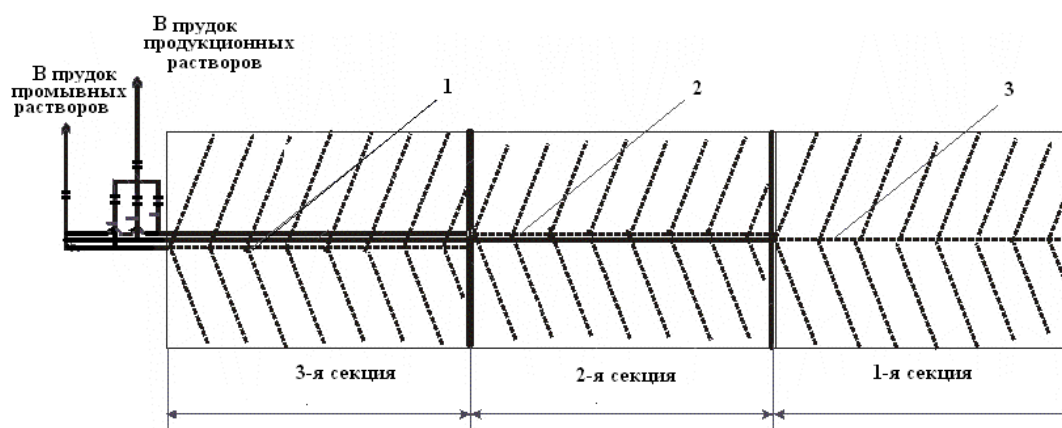


Рис. 2.19. Схема 3-секционного многоразового основания. 1, 2, 3 – коллекторы автономного отбора растворов из секций

Основную опасность для вредных несанкционированных и токсичных сбросов представляют основания для кучного выщелачивания.

Миграция цианидов и ионов тяжелых металлов в окружающую среду происходит наиболее часто при разрыве гидроизолированного слоя по тем или иным причинам. Для восстановления основания куча обезвреживается, с помощью экскаваторов и бульдозеров вскрывается место поврежденного основания, восстанавливается его герметичность. На отремонтированное основание вновь насыпается руда, восстанавливается система орошения и только после этих работ возобновляется эксплуатация кучи. Оценка потенциальной опасности от выбросов и сбросов цианидов проведена на примере разработанной установки КВ золота, производительностью 300 тыс. т руды в год [58]. Конструкции устройств распределения растворов при скоростном КВ золота и конструкции оснований с повышенной экологической безопасностью защищены патентами РФ.

Курсовое проектирование

Приступить к курсовому проектированию согласно заданий выданных ранее.

Состав проекта

1. Введение

2. Исходные данные для проектирования:

- породы, вмещающие оруденение;
- содержание полезного компонента;
- запасы руды;
- количество металла в руде;
- крепость руд;
- трещиноватость руд;
- мощность рудных тел;
- исходные размеры блока (штабеля): длина, ширина, высота.

3. Технология ведение работ:

- подготовка блока (штабеля);
- технология рудоподготовки блока к ПВ (тип бурового оборудования, параметры скважин, параметры БВР, тип ВВ, технология формирования отрезной щели, технология отбойки и магазинирования руды).
- технология рудоподготовки к КВ (определение оптимального размера куска руды для КВ и формирование этого куска (додробливание), технология формирования рудного штабеля;
- технология формирования оросительного горизонта;
- технология улавливания продуктивных растворов;
- технология переработки продуктивных растворов.

4. Спец. Вопрос: расчеты заданных параметров или обоснование технологии работ.

5. Техника безопасности и охрана окружающей среды.

6. Заключение.

7. Список использованной литературы.

*Объем записки около 30 страниц формата А4.

Графика

Один лист формата А1.

Содержание листа графики.

1. Для ПВ:

- проекция блока на вертикальную плоскость;
- разрез вкрест простирания блока;
- проекция на горизонтальную плоскость блока;

Для КВ:

- проекция штабеля на вертикальную плоскость;
- разрез вкрест простирания штабеля;
- проекция на горизонтальную плоскость штабеля.

2. Для ПВ и КВ:

- детали спец. вопроса, наиболее полно его характеризующие;
- таблица параметров расчета и технологии.

* в нижнем правом углу листа штамп, заполненный согласно требованиям стандарта.

Рекомендуемая литература: Овсейчук В.А., Лизункин В.М., Пирогов Г.Г. Подземная разработка месторождений редкометальных и радиоактивных руд: Учеб. пособие.