

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для выполнения лабораторных работ по курсу
«Геохимические и биохимические методы обогащения»
для магистров специальности
5А540205 «Обогащение полезных ископаемых»**

Ташкент - 2005

Составитель: к.т.н. доц. Умарова И.К.

Методические указания содержат 4 лабораторных работ по основным разделам курса «Геохимические и биохимические методы обогащения». В них приведены основные вопросы подготовки рудных тел, отвалов и различных продуктов для кучного и бактериального выщелачивания.

Методические указания предназначено для студентов-магистров специальности «Обогащение полезных ископаемых».

Курс «Геохимические и биохимические методы обогащения», изучающий теоретические основы кучного, подземного, бактериального выщелачивания является дисциплиной специальности для магистров специальности 5А540205 «Обогащение полезных ископаемых».

В пособии 4 работ, 3 работы по 4 часа, и одна работа на 2 часа. Четырех часовые работы состоят из двух частей. Первая два часа посвящается подготовке руды к выщелачиванию, следующая два часа проведению опытов.

Кафедра «Горное дело»

Печатается по решению учебно-методического совета ТашГТУ.

Рецензенты: доц. Ахмедов Х.
доц. Петросов Ю.Л.

Лабораторная работа №1

Подготовка и устройства куч и отвалов для бактериально - химического выщелачивания.

Цель работы. Ознакомление студентов с устройствами куч и отвалов для химического выщелачивания.

Краткие теоретические сведения для выполнения работы. Кучному выщелачиванию обычно подвергают бедные забалансовые руды или старые отвалы, образовавшиеся от складирования забалансовой руды, добывавшейся из карьеров или подземных шахт. Складирование современных куч для химического или бактериально-химического выщелачивания осуществляют по заранее составленному проекту. Площадку для складирования руды можно покрывать слоем цемента или другими непроницаемыми материалами, но если грунт плотный и потери в нем раствора металла будут минимальный, тогда старые отвалы выщелачивают на естественном грунте, так как переотложение кучи на новую площадку значительно удорожает себестоимость металла.

В отвалах крупность породы не регулируются, поэтому максимальные куски породы при открытых горных работах доходят до 1000 и 1500 мм. Для кучного выщелачивания вновь складированную забалансовую руду дробят и укладывают в кучи в соответствии с заранее разработанными правилами.

Объем руды в отвалах часто составляет сотни миллионов и даже миллиарды тонн, тогда как в кучи укладывают обычно сотни тысяч тонн.

В связи с экономическими преимуществами ведения открытых горных работ в ряде стран резко возрос объем вскрышных работ, а в отвалах накапливается значительное количество меди, цинка, урана и других ценных компонентов. В настоящее время отвалы начали складировать на площадках с высокой механической прочностью и водопроницаемостью грунта или на специально подготовленные площадки.

Площадку для складирования куч готовят более тщательно: после удаления растительного покрова укладывают водопроницаемый слой используя доступные

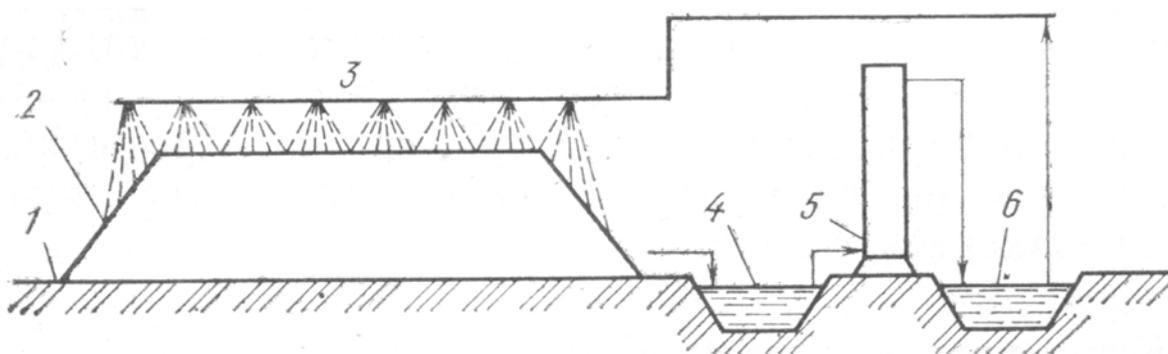
материалы (бетон, асфальт, смесь гудрона и хвостов обогащения и др.). На некоторых предприятиях на очищенную площадку насыпают песок слоем 250 мм, а для гидролизации покрывают полиэтиленовой пленкой. Поверх пленки насыпают еще слой песка толщиной 300 мм, на который укладывают параллельно рядами через 4, 6 м (по ширине основания) асбоцементные трубы с перфорированной поверхностью с отверстиями размером 13 мм для сбора раствора. Трубы сверху защищают деревянными настилами.

На подготовленную площадку руду первого слоя укладывают более крупных размеров (200-300 мм) для лучшей аэрации кучи. Вся куча закладывается более мелким дробленным материалом (10-30мм) или же смесью крупного и мелкого материала, причем крупные куски равномерно распределяются по всей высоте, что обеспечивает хорошую проницаемость раствора и аэрацию кучи по всей высоте.

При повышенном содержании мелкой руды или при наличии глинистых материалов класс -5 или -8 мм отсеивают.

Для лучшей аэрацию кучи и окисления сульфидов целесообразно ее высоту не делать более 60 м, если не применять специальных методов рыхления и искусственной аэрации с помощью прокладки перфорированных труб и других приспособлений, так как атмосферный воздух, проникает вглубь на расстояние до 60 м.

При сооружении отвалов материал сортируется значительно меньше, кроме того по высоте отвала все слои неоднократно чередуется, все это создает оптимальные условия для аэрации всей руды в куче (отвале) и циркуляции растворов.



1-рис. Кучное выщелачивание:

- 1-водонепроницаемое основание; 2-куча; 3-разбрызгиватели; 4-пруд-сборник для золотосодержащих растворов; 5-установка для осаждения золота; 6- пруд-сборник для обеззолоченного растворов.

3. Необходимые приборы и материалы.

1. Протвень (чугунный или стальной).
2. Савок.
3. Транспортёр.
4. Линейка.
5. Навеска руды.

4. Порядок выполнения работы. Для проведения кучного выщелачивания пробу руды дробят на щековой дробилке до крупности 5-20 мм. Грохочения выделяют классы крупности. Более крупные частицы укладываются в нижние слои кучи, далее более мелкие для лучшей аэрации кучи.

Кучное выщелачивание проводят на специально подготовленных протвнях с небольшими отверстиями из стали или чугуна. Чтобы облегчить сток растворов протвень устанавливают под углом $2-4^{\circ}$.

На подготовленный протвень проводят отсыпку кучи. Отсыпку следует выполнять таким образом, чтобы руда в куче лежала однородной, рыхлой и проницаемой для выщелачивающих растворов массой. Савком придают куче форму четырёхугольной усеченной пирамиды. Высота кучи 4-5 м. Кучи орошаются выщелачивающими растворами различными способами.

Лабораторная работа №2

Способы орошения отвалов и куч. Циркуляция растворов.

Цель работы. Ознакомление студентов способами орошения отвалов и куч.

Краткие теоретические сведения для выполнения работы. Выбор способа орошения определяется многими факторами: Минеральной характеристикой руды, гранулометрическим составом и фильтрационными свойствами горной массы, высотой отвала, площадью орошения, климатическими условиями и др. Отвалы и кучи орошают разбрызгиванием, оросительными канавами, прудками, нагнетательными скважинами. Иногда применяют сочетания отдельных способов.

Наиболее дешевым и эффективным способом орошения является разбрызгивание растворителя по всей поверхности отвала. Эта обеспечивает наиболее равномерное распределение раствора по всей массе руды. Недостатком метода является значительное испарение растворителя в летнее время.

Растворитель подается на орошение по магистральным пластиковым и асбоцементным трубопроводом диаметром 200-320 мм. От них отходят распределительные трубопроводы, проложенные на поверхности отвалов, из пластиковых труб диаметром 50-100 мм, которые и обеспечивают орошение поверхности кучи.

Разбрызгивание осуществляется из перфорированных распределительных трубопроводов.

Выбор метода орошения связан также с низкими температурами в зимнее время. Нагнетательные скважины улучшают аэрацию горной массы, что обеспечивает интенсификацию бактериально-химического выщелачивания. Нагнетательные скважины располагают по сетке: $30,5 \times 30,5$; $15,2 \times 15,2$ и $7,6 \times 7,6$ м. диаметр скважин - около 150 мм. Бурение осуществляется ударным способом.

Стенки скважин полностью закрепляются обсадными трубками, после чего на всю глубину устанавливаются пластиковые трубы диаметром 100 мм, в которых от устья до забоя через каждые 300 мм просверлено по четыре отверстия диаметром 25,4 мм. После установки пластиковых труб обсадные трубы полностью удаляются. Неглубокие скважины (первая группа) чередуются с глубокими (вторая группа), пробуренными почти на всю глубину (толщину) отвала. Скважины первой группы устанавливаются на глубину 6-12 м, скважины второй группы бурят на глубину 25-55 м, не доводя 6-9 м до основания отвала.

В качестве растворителя при выщелачивании отвала предприятия обычно используют хвостовые растворы цементационных и экстракционных растворов. Не которых потери растворов связанные с насыщением горной массы, испарением, утечками, восполняются свежей водой. Серная кислота добавляется, когда в хвостовых растворах рН повышается до 3 и более. Количество добавляемой кислоты колеблется на различных предприятиях от 0,1 до 7-8 г/л. Если при рН 3 растворы не подкислять, начинается выпадение солей железа, что ведет закупорке трубопроводов, осложняет работу насосных установок и другого оборудования.

Соли железа, осаждаясь в толще отвалов, снижают их фильтрационные свойства, уменьшают аэрацию, образуют непроницаемые слои, что приводит к прекращению циркуляции растворов на отдельных участках.

При орошения разбрызгиванием, прудками и канавами растворитель поступает на поверхность отвала. При орошения нагнетательными скважинами растворитель насыщает отвал во всей толще.

Норма орошения составляет около 10 л/ч на 1 м² поверхности отвала, независимо от способа орошения. Время движения растворов в отвалах зависит от высоты отвала. Так, раствор, введенный в отвал на высоте 30 м, дренируется у его основания через 2-3 дня; с высоты 76 м - через 3-4 дня, с высоты 91 м - через 6 дней и с высоты 120-150 м - через 12 дней.

Отдельные участки отвалов орошают периодически и прекращают, когда концентрация меди в продуктивном растворе снижается до 0,5 г/л.

Количество технологических растворов и их состав должны быть достаточно стабильны. Поэтому одновременно обрабатываются ряд участков, вследствие чего на каждом руднике продуктивные растворы характеризуют сравнительно устойчивыми средними концентрациями меди, двух - и трехвалентного железа, рН и др.

Необходимые приборы и материалы.

1. Короб с отверстиями.
2. Проба руды.
3. Поддон.
4. Лейка.
5. Набор лабораторных посуды.
6. Реагенты для химического анализа.

Порядок проведения работы.

1. **Орошение.** В короб с ложным днищем загружается исследуемая руда в количестве 2 кг в виде кучи. Вставляется поддон с небольшим уклоном (2-4°) и

куча орошается раствором серной кислоты, подаваемой из лейки. Куча оставляется на неделю для полного растворения ценного компонента содержащегося в руде. Собравшийся в поддоне раствор выгружается в отдельную посуду и анализируется на содержание ценного компонента.

2. **Просачивание.** В чан с отверстиями в днище, объемом 1л, загружается исходная руда в виде пульпы, после заполнения чана загрузку обезвоживают фильтрацией через ложное днище. Выщелачивание просачиванием осуществляется последовательной заливкой выщелачивающих растворов убывающей концентрации. Первые крепкие растворы - 5 %ые, средние - 1 %, слабые - 0,5 %. В начале в чан заливаем крепкий раствор в количестве от 25-50 % массы сухих песков, после насыщения нагрузки раствором (при закрытом кране) и наполнения чана сверху 5-10 мм выше уровня песков осуществляют контакт песков с раствором в течении 6-24 часа, за это время нагрузка полностью пропитывается раствором и в него переходит большая часть ценного компонента. После необходимой выдержки открывают сливной кран, дренируют крепкий раствор и нагрузку оставляют в течении 1-2 час для аэрации песков (проветривание). Далее следует заливка средних растворов (25-40 % массы сухих песков) и повторение всех операции.

Обработку слабым раствором (25-100 % массы сухих песков) выполняют главным образом для отмывки ценного компонента от растворенного в предыдущих циклах. Для окончательной отмывки растворенного ценного компонента нагрузку промывают водой (10-40 % массы сухих песков).

Все растворы анализируются на содержание ценного компонента. Результаты исследований записываются в таблицу.

Таблица1.

Концентрация раствора, %	Объем подаваемого раствора, мл	Объем стекающего раствора, мл	Содержание ценного компонента, %
5			
1			
0,5			

Лаборатория №3

Кучное выщелачивание забалансовых медных руд.

Цель работы. Ознакомление студентов с методикой проведения кучного выщелачивания.

Краткие теоретические сведения для выполнения работы. По своей сущности процесс кучного выщелачивание близок к процессу выщелачивания просачиванием. Он заключается в том, что руда, уложенная в виде кучи на специальном водонепроницаемом площадке орошается сверху выщелачивающим раствором. При медленном просачивании раствора через слой руды происходит выщелачивание ценного компонента.

Кучное выщелачивание пригодно для переработки пористых проницаемых для выщелачивающего раствора руд. Обычно кучному выщелачиванию подвергают руду после дробления до крупности 5-20 мм. Однако иногда выщелачивают и не дробленую руду с размером кусков до 100 мм и более. Присутствие глинистых веществ снижает проницаемость кучи, замедляет выщелачивание и уменьшает извлечение ценного компонента. В таких случаях рекомендуется предварительно окомковать руду с небольшой добавкой цемента.

Кучное выщелачивание проводят на открытом воздухе на специально подготовленных площадках. Для придания площадке водонепроницаемых свойств ее покрывают слоем бетона, асфальта или утрамбованной глины. Иногда для этой цели используют пленки из синтетических материалов. Чтобы облегчить сток растворов, площадке обычно придают небольшой уклон (2-4°).

На подготовленной площадке проводят отсыпку кучи. Эта операция - наиболее ответственная часть всей технологии. Отсыпку следует выполнять таким образом, чтобы руда в куче лежала однородной, рыхлой массой.

Высота куч изменяется от 3 до 10-15 м, а вместимость по руде может достигать 100-200 тысяч тонн.

Кучи орошают раствором с помощью специальных разбрызгивающих устройств, установленных над ними. Скорость подачи раствора зависит от характера руды и может изменяться в широких пределах.

По окончании выщелачивания кучу орошают водой для отмывки растворенного ценного компонента, и после дренирования промывного раствора выщелоченную руду транспортируют в отвал. Длительность всего цикла обработки средним 30-90 сут.

Процесс кучного выщелачивания отличается простотой технологии, весьма низкими капитальными и эксплуатационными затратами. Применение кучного выщелачивания экономически эффективно для обработки относительно богатых, но не больших по запасам месторождений, для которых нецелесообразно строительство обогатительных фабрик.

Необходимые приборы и материалы.

1. Проба руды - 2 кг.
2. Клеёнка.
3. Выщелачивающие растворы.
4. Щековая дробилка.
5. Приёмник для выщелоченных растворов.
6. Форсунка для разбрызгивания раствора.
7. Савок.
8. Промывалка.

Порядок проведения работы.

Для кучного выщелачивания используем забалансовую медную руду. Сначала проба руды дробится на щековой дробилке до крупности 5-20 мм. В качестве выщелачивающего раствора применяется 1 %-ный раствор серной кислоты. На подготовленной площадке проводят отсыпку кучи. Эта операция -

наиболее ответственная часть всей работы. Отсыпку следует выполнять таким образом, чтобы руда в куче лежала однородной, рыхлой и проницаемой для сернокислых растворов массой. В качестве формы кучи принимаем четырехугольную усеченную пирамиду. Высота кучи 10-15 см.

Кучу орошают 1 % ным сернокислым раствором с помощью разбрызгивающего форсунка. Медьсодержащий раствор, вытекает из основания кучи и собирается в сборнике. По окончании выщелачивания кучу орошают водой для отмывки растворенной меди. Длительность всего цикла составляет 7 суток. По окончании работы раствор анализируется на содержание меди.

Обработка результатов опыта

Введем следующие условные обозначения:

α - содержание ценного компонента в исходном материале;

β - то же, в обогащенном продукте (концентрате);

ν - то же, в обедненном продукте (в хвостах);

χ - выход (обогащенного) продукта;

ε - извлечение ценного компонента.

Выход концентрата (или ценного продукта):

$$\gamma = \frac{\text{масса концентрата, г} \cdot 100}{\text{сумма масс всех конечных продуктов, г}}, \% \quad (18)$$

Извлечение металла ε - отношение массы металла в данном продукте к суммарной массе металла во всех конечных продуктах:

$$\varepsilon = \frac{\gamma \cdot \beta \cdot 100}{\gamma \cdot \beta + (100 - \gamma) \cdot \nu}, \% \quad (19)$$

Следующее соотношение выводится из условия баланса ценного компонента в исходном сырье и продуктах разделения:

$$\begin{aligned} \varepsilon \alpha &= \gamma \beta, & \varepsilon &= \frac{\gamma \cdot \beta}{\alpha}, \\ 100 \alpha &= \gamma \beta + (100 - \gamma) \nu; & \gamma &= \frac{100(\alpha - \beta)}{\beta - \nu} \end{aligned} \quad (20)$$

Для случая выделения обогащенных продуктов разделения и отходов баланс по одному компоненту

$$100 \cdot \alpha = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot \beta_i + (100 - \sum_{i=1}^n \gamma_i) \nu \quad (21) \quad \text{Степень сокращения}$$

$$i = \frac{100}{\gamma} = \frac{\beta}{\varepsilon \cdot \alpha} \quad (22)$$

Степень обогащения

$$l = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\varepsilon}{\gamma} \quad (23)$$

Лабораторная работа №4.

Выщелачивание золота из вторичного сырья

Цель работы. Ознакомление студентов с одним из способов выщелачивания золота из вторичного сырья.

Краткие теоретические сведения для выполнения работы. Вторичным сырьем для получения золота являются ювелирные изделия, различная бытовая посуда, изготовленная из материалов, в составе которых имеется золота оборудования золотоизвлекательных фабрик (цех выщелачивания, осаждения, и транспортировка цианистых растворов), поверхность которых при длительной работы, покрывается, бой фарфоровых изделий, покрытых золотом и т.д. Для извлечения золота из вышеперечисленных материалов используются различные методы (йодидный, хлорный и т.д.). Кафедрой обогащения полезных ископаемых разработан тиомочевинный способ выщелачивания золота с боя фарфоровых изделий.

Технология заключается в том, что бой фарфоровых изделий обрабатывается раствором тиомочевины с добавкой сульфата окиси железа при рН=1-2 в течении 0,5/1,0 час. Из тиомочевинного раствора золота извлекается сорбцией на активированном угле АГ-3.

Выщелачивание самородного золота из руд и снятие золота с боя фарфоровых изделий имеют отличия, обусловленные различиями в составе и нахождении золота в исходном сырье. Солевые добавки к жидкому глянцевому препарату золота (Vi и Сч в качестве активаторов адгезии, родий - для повышения устойчивости золотого покрытия при высокой температуре) при обжиге окислительной среде восстанавливаются до металла, кроме золота, родия и висмута (восстановителями служат органические компоненты: остатки от разложения резанатов металлов, эфирные масло и органические растворители). Судья по составу, золотое покрытие менее благородно, чем золото в рудах, т.е. золотое покрытие растворяется легче. Кроме золота, с тиомочевинной взаимодействуют родий и висмут, образуя тиомочевинные комплексы в отличие от хрома.

Толщина слоя глянцевого золота около 0,1 мкм, полированного - в 3-6 раз больше. Таким образом, золотой декор на фарфоре представляет тончайшую пленку с развитой поверхностью, что способствует также растворению золота. Легкая доступность растворителя к золотому покрытию исключает необходимость предварительного дробления боя.

В отличие от выщелачивания рудного золота для снятия золота с боя фарфоровых изделий установлен следующий оптимальный реагентный режим: сульфат окиси железа -10 г/л, тиомочевина -0,5 г/л, серная кислота (конц.) - 0,5мл/л (рН=1+2).

Необходимые приборы и материалы.

1. Бой фарфоро -фаянсовых изделий крупностью 50-60 мм, весом 0,5 кг.
2. Тиомочевина.
3. Серная кислота (концентрированная).
4. Сульфат окиси железа.
5. Стакан фарфоровый или стеклянный, емк. 500 мл.
6. Стеклянная палочка.
7. Пипетка на 10 мл.
8. Весы технические с разновесами.
9. Промывалка с дистиллированной водой.
10. Стаканы стеклянные, емк. 0,15-0,2 л.
11. Линейка.

Порядок проведения работы.

Для проведения опытов по снятию золота с боя фарфоровых изделий берут пять навесок боя по 100 г, дробят молотком легкими ударами по фарфору, завернутому в тряпку до 50-60 мм. Измеряют площадь золотого покрытия на фарфоре (для каждой навески отдельно) и нумеруют навеску с указанием площади золотого покрытия.

Заливают в стакан (емк. 0,5 л.) 400 мл. водопроводной воды, 0,5мл. концентрированной серной кислоты и засыпают железо сернокислое окисное из расчета 10 г/л. Стеклянной палочкой перемешивают жидкость до полного растворения сульфата железа, затем засыпают тиомочевину, из расчета 0,5 г/л.

В стакан с раствором помешают приготовленную навеску боя. Засекают время. Через каждые 5 мин. слегка перемешивают раствор стеклянной палочкой. Продолжительность опыта 30 мин.

После окончания опыта раствор переливают в другой стакан (емк. 0,5 л.), бой промывают водой (50 мл.) из промывалки. Промывные воды объединяют с основным раствором.

Бой извлекают из стакана, укладывают на бумагу и измеряют остаточную площадь золотого покрытия на фарфоре.

Извлечение золота из боя определяют по формуле

$$\varepsilon = \frac{S_2}{S_1} \cdot 100, \%$$

где S_1 - площадь золотого покрытия в исходном бое, мм².

S_2 - площадь золотого покрытия в бое, после выщелачивания, мм².

Результаты заносятся в таблицу . По результатам опытов определяется кратность использования выщелачивающих растворов.

Таблица 2.

Условия опыта	Извлечение золота, в %					
	1	2	3	4	5	общий

Оглавление

Лабораторная работа №1	
Подготовка и устройства куч и отвалов для бактериально - химического выщелачивания.	3
Лабораторная работа №2	
Способы орошения отвалов и куч. Циркуляция растворов.	5
Лаборатория №3	
Кучное выщелачивание забалансовых медных руд.	7
Лабораторная работа №4.	
Выщелачивание золота из вторичного сырья	9