

# ГОРНОЕ ДЕЛО

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКИ СИСТЕМЫ ОРОШЕНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА

**Р.А. Мастонов, Ж.С. Гиёсов**

Кафедра нефтепромысловой геологии,  
горного и нефтегазового дела  
Инженерный факультет  
Российский университет дружбы народов  
*ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419*

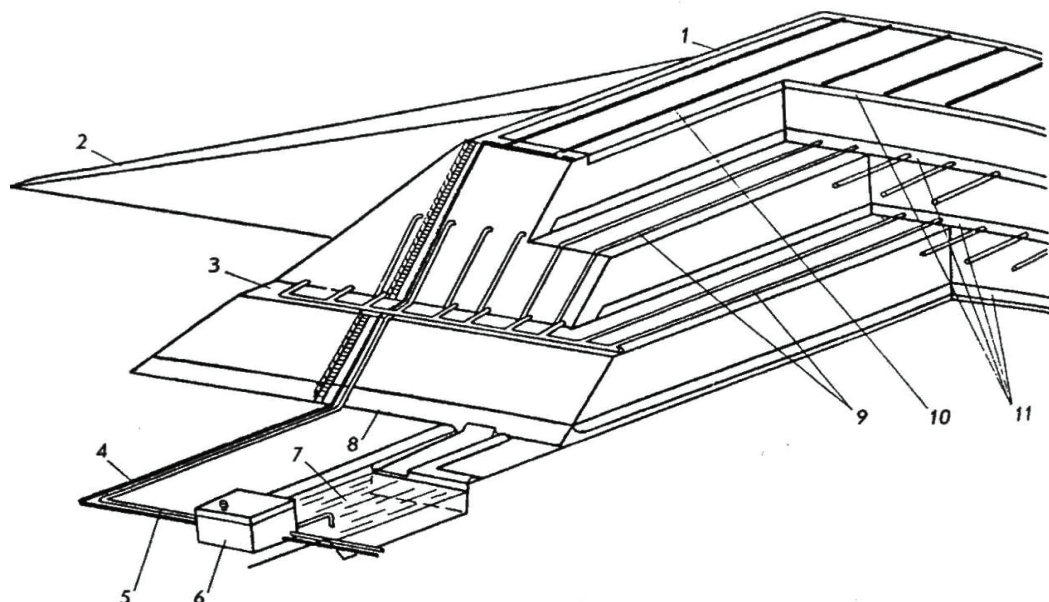
Рассмотрены вопросы технологической цепочки системы орошения, экономических показателей кучного выщелачивания золота и повышения эффективности получения золота из бедных руд.

**Ключевые слова:** выщелачивание, технология, золота, орошения, анализ.

К настоящему времени разведанные запасы большинства рудных месторождений с высоким содержанием металлов уже в значительной степени отработаны. В связи с этим необходимо создать эффективные технологии переработки ранее заскладированных на горных предприятиях металлосодержащих отвалов и хвостов. Этой цели наиболее соответствует технология кучного выщелачивания (КВ).

Основными элементами технологической цепочки предприятия КВ являются: узел рудоподготовки (дробление, агломерация, дешламация); специально оборудованный штабель КВ (рис. 1) с системой орошения; узел осаждения металлов; узел нейтрализации и обезвреживания отходов производства. Выделяются следующие элементы технологии КВ: рудоподготовка, выщелачивание, осаждение, рекультивация промплощадок, жидких и твердых отходов.

Объектом КВ обычно служат металлосодержащие бедные, забалансовые комплексные и трудноперерабатываемые руды, минерализованные вскрышные породы с содержанием золота от 0,5—0,7 до 3—5 г/т [3].



**Рис. 1.** Штабель кучного выщелачивания [3]:

1 — массив штабеля КВ; 2 — заезд на штабель; 3 — уступ штабеля; 4 — трубопровод рабочих растворов; 5 — провод сжатого воздуха; 6 — насосная станция; 7 — зумпф продуктивных растворов; 8 — гидронепроницаемое освоение; 9 — аэрационная система; 10 — оросительная система; 11 — слои из мелкозернистого материала

**Существуют следующие системы орошения рудных штабелей:**

- прудковая система: на поверхности штабеля создаются небольшие углубления, куда помещают и затем засыпают трубы с системой перфорации. Система распространена в засушливом климате для осуществления снижения испарения;
- через напорные шланговые распределители (трубы с системой перфорации), укладываемые непосредственно на поверхность штабеля;
- через вращательные разбрызгиватели (с необычными названиями — виглеры и вобблеры), установленные на стальных стойках высотой не более 1,2 м;
- орошение производится путем нагнетательных капельных оросительных систем или газонных дождевальными установок [2].

На рис. 2 приведена схема орошения штабеля.



**Рис. 2.** Схема орошения штабеля при кучном выщелачивании [1]

Классический (традиционный) метод осаждения золота из растворов — цементация металлическим цинком. В присутствии мышьяка золота осаждают методом сорбции при использовании угля.

В России промышленно внедрен метод сорбционного цианирования, который позволил осуществлять разработку принципиально новых методов извлечения золота и серебра из тиомочевинных растворов.

В России также развитие метода извлечения благородных металлов с помощью углеграфитовых электродов относится к категории приоритетных [1].

**Возможности изучения образцов.** В настоящее время в практике лабораторных минералого-аналитических исследований руд золота в целом используются практически все методы минералогического анализа. Золото присутствует практически во всех рудных месторождениях не только благородных металлов, но и черных, легирующих, цветных, редких металлов. Золото микро-нанометрового размера может присутствовать в сульфидах, карбонатах, силикатах, оксидах и гидроксидах. В золотосодержащих рудах оно в основном ассоциирует с сульфидами, главным образом с пиритом и арсенопиритом.

Как показывает опыт, минералогическое изучение тонкодисперсного золота в золото-кварцевых, золото-сульфидных, золото-сульфидно-кварцевых, полиметаллических сульфидных рудах предусматривает использование как традиционных методов оптической микроскопии, так и методов аналитической электронной микроскопии. Остальные минералогические методы обычно применяются по мере необходимости для решения конкретных вопросов.

На первом этапе изучения руд используются методы оптической микроскопии (оптико-минералогический, петрографический, минерографический и оптико-геометрический анализы), позволяющие определять минеральный состав и морфоструктурные характеристики руд и пород в целом, а также минералы, которые могут потенциально содержать включения золота. Дальнейшее исследование, направленное на выявление форм нахождения тонкодисперсного золота, изучение особенностей его реального состава и строения, характера локализации в минералах проводится преимущественно методами аналитической электронной микроскопии на предварительно подготовленном минералогом материале.

Методы электронной микроскопии являются не только основой фундаментальных исследований, но и массовыми аналитическими и контрольно-измерительными методами при изучении тонкодисперсных минеральных систем. При изучении тонкодисперсной золоторудной минерализации они становятся ведущими, так как позволяют выявлять и диагностировать фазы, в том числе нанометрической размерности, изучать их микрогетерогенность и микростроение, определять размер и форму содержащихся в них включений [4].

Экономические показатели проектов кучного выщелачивания золота существенно различаются в зависимости от типа перерабатываемого сырья, уровня транспортных издержек, опыта и квалификации персонала и т.д.

Средняя себестоимость получения золота методом кучного выщелачивания, по американским данным, меняется от 6,4 до 7,2 долл/г.

Структура себестоимости (при использовании для извлечения золота из цианидных растворов метода сорбции на активированный уголь) обобщенно представлена в таблице [2].

**Экономические показатели проектов кучного выщелачивания золота**

Статья затрат	Уровень затрат, %
Сооружение площадки выщелачивания	13
Рудоподготовка (дробление и агломерация)	33
Формирование рудного штабеля	10
Выщелачивание (включая стоимость реагентов)	29
Десорбция и регенерация угля	3
Прочие расходы	14
Итого:	100

Основными критериями технологической и технико-экономической целесообразности применения метода кучного выщелачивания являются уровень рентабельности и минимум ущерба окружающей природной среде. Рентабельность кучного выщелачивания, как правило, определяется двумя основными параметрами: объемом переработки руды (желательно, чтобы он был в пределах 3,5—5 тыс. т/сут.) и степенью извлечения золота порядка 80—85% [2].

**ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Воробьев А.Е., Чекушина Т.В., Каргинов К.Г., Погодин М.Л. Технология выщелачивания золота (при отрицательной температуре окружающей среды). — М., 2003. [Vorobev A.E., Chekushina T.V., Karginov K.G., Pogodin M.L. Tehnologiya vishelachivaniya zolota (pri otritsatelnoy temperature okrujayushey srede). — М., 2003.]
- [2] Актуальные вопросы добычи цветных, редких и благородных металлов / В.К. Бубнов, А.Е. Воробьев и др. — Акмола: Жана-Арка, 1996. [Aktualnie voprosi dobichi cvetnih, redkih i blagorodnih metallov / V.K. Bubnov, A.E. Vorobev i dr. — Akmol: Jana-Arka, 1996.]
- [3] Прогрессивные технологии добычи и переработки золотосодержащего сырья / В.В. Хабиров, В.К. Забельский, А.Е. Воробьев. — М.: Недра, 1994. [Progressivnie tehnologii dobichi i pererabotki zolotosoderjaschego sirya / V.V. Habirov, V.K. Zabelskiy, A.E. Vorobev. — М.: Nedra, 1994.]
- [4] Воробьев А.Е., Чекушина Т.В. Способ складирования горных пород: Авторское свидетельство на изобретение № 1774017, 1992 г. [Vorobev A.E., Chekushina T.V. Sposob skladirovaniya gornih porod: Avtorskoe svidetelstvo na izobretenie № 1774017, 1992 g.]

**ANALYSIS TECHNOLOGICAL CHAINS,  
IRRIGATION SYSTEMS AND THE ECONOMIC INDICATORS  
OF GOLD HEAP LEACHING**

**R.A. Mastonov, J.S. Giesov**

Peoples' Friendship University of Russia  
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

The questions of the process chain, irrigation system, economic indicators of gold heap leaching and efficiency get gold from low-grade ores.

**Key words:** leaching technology, gold, irrigation analysis.