© Д.М. Шестернев, В.П. Мязин,
С.Б. Татауров, 2006

УДК 622.775

Д.М. Шестернев, В.П. Мязин, С.Б. Татауров

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА В КРИОЛИТОЗОНЕ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Семинар № 14

В настоящее время на территории России при разработке коренных и россыпных месторождений золота широко внедряется метод кучного выщелачивания, ранее успешно применяемый на территориях с теплым и умеренным климатом. Попытка перенести опыт кучного выщелачивания на территории с суровыми климатическими условиями дает положительный эффект, только в случае высоких экономических затрат. Подобная ситуация наблюдается и при внедрении кучного выщелачивания на территории Забайкалья. Одним из аспектов решения проблемы кучного выщелачивания в криолитозоне является на наш взгляд, разработка принципиально новых или совершенствования существующих технологий, учитывающих природу, динамику и закономерности протекания физических и физико-химических процессов выщелачивания при низких температурах.

Одним из направлений в совершенствовании технологии кучного выщелачивания в суровых климатических условиях является разработка инженерных мероприятий по продлению сезона добычи золота либо организации круглогодичного процесса его выщелачивания [1, 2, 3]. В этом случае, эффективность извлечения золота достигается дорогостоящими конструктивно-мелиоратив-ными мероприятиями для поддержания положительных температур штабеля при отрицательных температурах воздуха, или путем создания теплоизоляционных покрытий. Все это существенно усложняет технологию извлечения золота, снижая экономическую эффективность кучного выщелачивания.

В настоящее время разработаны научно-методические рекомендации по кучному выщелачиванию цветных металлов с применением криогеотехнологии, предусматривающей использовать физико-химические процессы выщелачивания при отрицательных температурах штабеля [4]. Их создание базируется на результатах лабораторных экспериментальных исследованиях и не подкреплены опытно-промышленным испытаниями. Не отрицая развития физико-химических преобразований горных пород при отрицательных температурах, необходимо отметить, что утверждение о высокой скорости их протекания, следовательно, и выщелачивания, остаются дискуссионными и требуют проведения фундаментальных и прикладных исследований.

Надо отметить, что в настоящее время в геокриологии принципиально решены проблемы управления тепловым режимом массивов горных пород с использованием конструктивных, мелиоративных и конструктивно-мелиора-тивных мероприятий, которые практически не используются при кучном выщелачивании. Впервые их комплексное применение в кучном выщелачивании золота в криолитозоне Забайкалья осуществляется Лабораторией общей криологии ИПРЭК СО РАН совместно с

кафедрой ОПИиВС Горного института ЧитГУ.

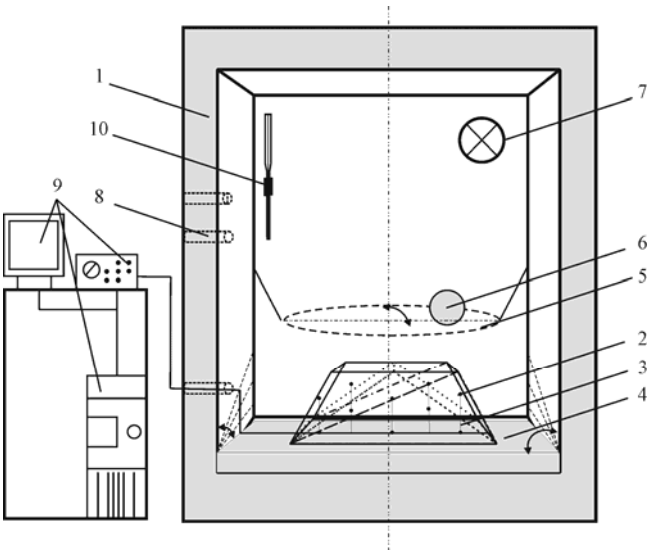
Природные условия Забайкалья настолько контрастны, что в каждом конкретном случае требуется исследование воздействие физико-географических параметров на формирование микроклимата и геокриологических условий территорий размещения объекта кучного выщелачивания. Причиной этому являются зональные природные факторы, которые определяют постепенное изменение климатических условий территории с юга на север. Соответственно в этом же направлении изменяются и геокриологические условия территории Забайкалья. Особенностью Забайкалья является еще и то, что даже незначительные изменения рельефа местности могут оказывать влияние на микроклимат территории [5, 6].

Знание динамики и закономерностей формирования микроклимата и геокриологических условий территории позволит разрабатывать мероприятия по управлению температурным режимом естественных и техногенных массивов используемых при кучном выщелачивании. Однако этот аспект проблемы до сих пор находится за пределами внимания при разработке технологи кучного выщелачивания в Забайкалье. В результате при строительстве и эксплуатации штабеля в криолитозоне в течение года могут образовываться и существовать в течение всего срока эксплуатации линзы и прослои мерзлых пород. Процессы криогенеза связанные с ними приводят к закрытию гравитационных каналов движения растворов и т.п., что является причиной снижения эффективности кучного выщелачивания, и что было отмечено при кучном выщелачивании на месторождении золота Дельмачик [7].

Перечисленные выше последствия являются серьезной проблемой не только в условиях круглогодичной, но и при его сезонной работе штабеля. Дополнительные мероприятия по интенсификации процессов выщелачивания золота в теплый период с целью сокращения времени не решат всех проблем, так как даже сокращение выщелачивания до двух месяцев не способно решить вопросы, связанные с подготовительными операциями (рудоподготовка, формирование штабеля и т.д.) в течение теплого периода. Поэтому все выше перечисленные мероприятия входящих в технологический цикл кучного выщелачивания (ТЦКВ) будут проводиться и в зимний период.

Наиболее дешевым видом энергии для обеспечения необходимого теплового обеспечения физико-химических процессов выщелачивания, является энергия Солнца (внешний фактор теплообеспечения кучного выщелачивания), приход которой практически равен сравним с ее приходом в южных областях России. Максимально эффективное использование внешнего фактора может быть достигнуто в комплексе с внутренними факторами (кондуктивными и конвективными особенностями распространения тепла), обеспечивающими оптимальный температурный режим во всем объеме штабеля. Для решения этих задач на базе сконструированной крупногабаритной экспериментально лабораторной установки (трансформера, рисунок) лабораторией общей криологии ИПРЭК СО РАН разработана методика исследований.

Экспериментальный крупногабаритный стенд для изучения технологически показателей работы штабеля кучного выщелачивания золота сезонного и круглогодичного действия сконструирован с использованием холодильного шкафа «Gronland» 1. В его конструкцию входит лоток-трансформер *2*, позволяющий моделировать различные формы штабеля для изучения их воздействий, на динамику изменения его теплового режима в зависимости от его геометрической формы, крупности руды, вещественного состава при изменения температуры окружающей среды. Наблюдение за температурой штабеля производится при помощи терморезисторов *3* (точностью измерения ±0,1°С, за температурой воздуха - ртут-



Принципиальная схема экспериментального крупногабаритного стенда по изучению технологических показателей работы штабеля кучного выщелачивания золота сезонного и круглогодичного действия (пояснения в тексте)

ным термометром *4* (точность измерения ±0,2 °С). Для изучения изменения теплового состояния штабеля относительно теплоисточника над лотком расположен тепловой излучатель *6* закрепленный на металлическом контуре *5* моделирующий период вращения Солнца, а сам лоток установлен на подвижном теплоизолирующем основании *7*. Равномерная циркуляция воздуха внутри камеры поддерживается при помощи вентилятора *8*. Регистрация показаний производится при помощи аппаратурного комплекса *9* включающего регистрирующий прибор и компьютерную систему обработки данных.

В задачи эксперимента входило исследование влияния экстенсивных воздействий на тепловое состояние лотка-трансформера в цикле промерзания и оттаивания. Изменяющимися параметрами при эксперименте являлись: температура окружающей среды, крупность, плотность, влажность руды, геометрическая форма лотка-трансформера, интенсивность теплового воздействия излучателя, наклон лотка. Результаты эксперимента регистрировались и обрабатывались в компьютере. Построение изотерм проводилось по методу радиальных базисных функций.

Для изучения тепловых полей были выбраны три формы штабеля. Традиционная форма – трапециидальная, и две других - конусная и треугольная, которые используют при гидронамыве штабеля (односторонним или кольцевым рассредоточенным намывом). Кроме этого моделировались различные условия рельефа местности (изменялись наклон поверхности, форма лотка-трансформера, расположения теплового излучателя). Основание штабеля было теплоизолировано для исключения теплового потока снизу, что позволяло создать стационарные условия в основании штабеля КВ.

Как показали результаты эксперимента скорость промерзания моделей штабеля в зависимости от их формы резко отличается, по увеличению скорости промерзании при одних и тех же граничных условиях можно составить следующий ряд: трапециидальная → конусная → треугольная. Однако при оттаивании наблюдается обратная зависимость. Значительный интерес вызывают механизмы формирования теплового поля лотка-трансформера в условиях промерзания-оттаивания, примером этого служит одна установленная опытным путем деталь. Так при оценке динамики нулевой изотермы в массиве лотка-трансформера были получены результаты, свидетельствующие о формировании в теле лотка теплового пятна изменяющего свои размеры и положение в пространстве в зависимости от изменяющихся граничных условий. При полном промерзании лотка тепловое пятно, «отжималось» к теплоизолируемому основа-

нию, что, по всей видимости, объясняется постепенным выравниванием теплового потока относительно основания.

В результате обработки и анализа полученных экспериментальных данных выявлено четыре этапа промерзания лотка-трансформера независимо от его экстенсивных параметров состояния (массы, площади, объема, теплоемкости):

1 – этап активного тепловыделения (установление четкой границы теплового потока между температурой окружающей среды и температурой штабеля;

2 – этап снижение активности тепловыделения ($dS < 0$);

3 – этап перехода части штабеля в мерзлое состояние (установление границы отрицательных и положительных температур внутри штабеля);

4 – этап полного промерзания штабеля.

Эксперимент показал, что в случае с трапециидальной формой, по-видимо-му, следует избегать промерзания штабеля или его части, так как это может привести к образованию в теле штабеля многолетнемерзлых линз. Тогда как при двух других вариантах не исключается пассивное сезонное промерзание штабеля в целях использования дополнительных криогенных физических, физико-химических процессов интенсифицирующих выщелачивание золота с последующим его оттаиванием в короткие сроки при использовании естественных теплоисточников (энергии Солнца) и тепло-мелиоративных мероприятий с последующим продолжением выщелачивания золота в теплый период. Возможен и третий вариант – поддержание штабеля в талом состоянии круглый год за счет изменения формы, угла наклона, ориентировки штабеля к сторонам света влияющих на поступление тепла от внешних теплоисточников.

По всей видимости, для решения этого вопроса могут быть рассмотрены два варианта:

I. Сезонный

Разработка четкой схемы инженерно-геокриологических мероприятий по календарному плану: время подготовки основания, рудоподготовки, закладки штабеля, начало и завершение выщелачивания руды в теплый период, и затем новый цикл.

II. Круглогодичный

Мероприятия подобные сезонному варианту кучного выщелачивания, с использованием необходимых инженер-но-геокриологических мероприятий по созданию условий по сохранению работоспособности штабеля для выщелачивания руды в зимний период.

При любом из вариантов обязательным условием является созданием сети геотермического наблюдения за температурным режимом штабеля. Контроль за физическими, физико-механичес-кими и теплофизическими свойствами руды поступающей с карьера на рудоподготовку с возможностью управления самой схемой рудоподготовки и ее технологическими режимами, в связи со сложным составом руд и их физико-механической разнородностью. Разработка прогноза теплового состояния штабеля при изменении его длины, ширины и высоты.

В качестве мероприятий для круглогодичной работы штабеля кучного выщелачивания могут быть использованы: 1) пространственное расположение штабеля относительно сторон света; 2) использование специальных теплоизолирующих материалов; 3) методы орошения; 4) методы рудоподготовки с возможностью более полного раскрытия металла.

Выводы

1) Разработано и создано устройство для изучения технологических параметров кучного выщелачивания металлов из руд и геотехногенных отходов в холодный и теплый периоды года;

2) Экспериментально доказано, что регулирование скоростью протекания интенсифицирующих процессов закладываемых в технологию кучного выщелачивания для повышения эффективности кучного выщелачивания золота и круглогодичной ее эксплуатации в суро-

вых климатических условиях, целесообразно осуществлять при помощи управления тепловым состоянием штабеля используя энергию Солнца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аренс В.Ж.* Физико-химическая геотехнология: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГГУ. 2001. - 656 с.
2. *Кучное* выщелачивание благородных металлов. /Под ред. М.И. Фазлуллина. –М.: Издательство Академии горных наук. 2001. - 641 с.
3. *Применение* технологии кучного выщелачивания на бедных золотосодержащих месторождениях Читинской области. Мязин В.П., Зайцев Р.В., Анастасов В.В., Литвиненко В.Г. и др. Чита: НИЦИТ, 1999. 106 с.
4. *Птицын А.Б.* Геохимические основы геотехнологии металлов в условиях мерзлоты. – Н.: Наука. –1992. -120 с.
5. *Геокриология* СССР. Горные страны юга СССР. //Под редакцией Э.Д. Ершова. – М.: Недра, 1989. – С. 139-143.
6. *Шестернев Д.М., Татауров С.Б.* Криогенез и ртутьсодержащие соединения в горнопромышленных отвалах. Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН. 2003. - 178 с.
7. Шестернев Д.М. и др. Анализ эффективности применения метода кучного выщелачивания для переработки золотосодержащих руд в условиях криолитозоны. /Шестернев Д.М., Мязин В.П., Татауров С.Б., Черепанов А.Н., Мальцев Д.В., Подковырина С.В. //Вестник 33 - Чита: ЧГУ 2004. – С. 91–96.

Коротко об авторах

Шестернев Д.М. – профессор, доктор технических наук, заместитель директора по научной работе ИПРЭК СО РАН,
Мязин В.П. – профессор, доктор технических наук, Читинский ГУ,
Татауров С.Б. – профессор, доктор технических наук, старший научный сотрудник ИПРЭК СО РАН.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА им. И.М. ГУБКИНА			
Алексеева Ольга Васильевна	Экономическая оценка эффективности управления техногенными рисками нефтегазовых производств (на примере предприятий газовой промышленности)	08.00.05	к.э.н.