

На правах рукописи

*Елекоева*

Елекоева Инга Каурбековна

**ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИЕЙ  
ПРИРОДНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕТАЛЛОВ  
(на примере Садонского месторождения)**

**Специальность 25.0036 - «Геоэкология»**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации на соискание ученой степени кандидата**  
**технических наук**

**Владикавказ - 2004**

**Работа выполнена в Северо - Кавказском горно - металлургическом институте (ГТУ)**

Научный руководитель:

доктор техн. наук, проф. Козырев Евгений Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор техн. наук, проф. Музаев Илларион Давыдович

кандидат техн. наук Теняев Вячеслав Геннадьевич

**Ведущая организация - Тырнаузский вольфрамово- молибденовый комбинат**

Защита диссертации состоится 11 июня 2004 г. в 11 час. на заседании диссертационного совета ДМ 212.246.04 в Северо-Кавказском горно - металлургическом институте (ГТУ) по адресу: 362021, Республика Северная Осетия-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, факс. 74-99-45.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Северо- Кавказско- го горно - металлургического института (ГТУ): 362021, Республика Северная Осетия-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева. 44.

Автореферат разослан 30 апреля 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

кандидат технических наук, доцент



**Алкацева В.М.**

## Общая характеристика работы

Актуальность работы. При добыче руд с естественным управлением массивами в пустотах месторождений теряется не менее 20% руд. Атмосферные воды проникают сквозь зоны разрушения земной поверхности, окисляют и выщелачивают руды, вынося металлы в окружающую среду с угрозой деградации для ее экосистем. Разработка потерянных руд традиционными методами экономически неэффективна, а влияние растворов природного выщелачивания на окружающую среду прогрессирует. Поэтому возрастает актуальность разработки, технологий охраны окружающей среды, ориентированных на снижение экологической опасности процессов природного выщелачивания руд. Работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития промышленного комплекса Северного Кавказа (программа «Горы Осетии»).

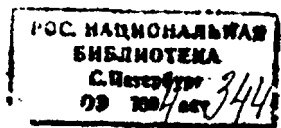
Цель работы. Обоснование эффективности и целесообразности природоохранных технологий выщелачивания свинца и цинка из потерянных сульфидных руд, основанных на управлении окислительно-восстановительным потенциалом природных реагентов.

Идея работы заключается в усилении окислительно-восстановительного потенциала природных реагентов адресной подачей окислителей- интенсификаторов на участки месторождений по скважинам.

Методы исследований: системный анализ и обобщение литературных источников, данных теории и практики, лабораторный анализ и изучение состава и свойств минералов, математико-экономическое моделирование с планированием и обработкой результатов, лабораторные и натурные эксперименты, сопоставление результатов исследований с аналогами, технико-экономический анализ.

Научные положения, защищаемые автором:.

1. Механизм воздействия потерянных в недрах руд на окружающую среду описывается моделью совокупной фильтрационной, миграционной и кинетиче-



ской деятельности природных реагентов с извлечением металлов в раствор в зависимости от соотношения пирита и пирротина в пределах месторождений.

2. Состояние экосистем в регионе добычи руд корректируется посредством технологической интенсификации процессов природного выщелачивания металлов из потерянных руд изменением окислительных свойств реагентов адресным распределением потоков окислителей и растворов в пределах месторождений.

3. Эколого-технологическая эффективность управления природным выщелачиванием на Садонских месторождениях зависит от степени реализации природоохранных технологий подземного выщелачивания свинца и цинка из сульфидных руд с направленным использованием промышленных и природных реагентов.

Научная новизна:

- в развитие существующих представлений обоснована возможность улучшения экологических условий региона при интенсификации процессов природного выщелачивания металлов из потерянных руд изменением окислительных свойств природных реагентов;
- установлена закономерность извлечения металлов в раствор в зависимости от зональности распределения пирита и пирротина в рудном поле;
- уточнена математическая модель, описывающая процесс природного выщелачивания как динамичное разрушение минерала конвективно-диффузного типа;
- разработана методика оценки состояния окружающей среды как результата совокупной фильтрационной, миграционной и кинетической деятельности природных реагентов;
- предложена экономико-математическая модель оценки эколого-технологической эффективности управления природным выщелачиванием.

Практическая ценность работы:

- разработана технологическая схема подземного выщелачивания свинца и цинка из сульфидных руд с использованием кислых рудничных стоков;
- обоснованы оптимальные параметры природных реагентов для вскрытия и переноса металлов при выщелачивании металлосодержащих руд и пород;

- предложена методика расчета экологически корректных и экономически целесообразных параметров выщелачивания с изменением химического потенциала рудничных стоков.

Реализация работы.

Результаты исследований использованы при проектировании технологий разработки месторождений Садонского СЦК и АО «Норильский комбинат», а также при изучении дисциплин «Проектирование рудников», «Горное дело и окружающая среда», « Специальные способы разработки месторождений полезных ископаемых» в СКГТУ.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и получили одобрение на научных семинарах кафедр «Обогащение», «Технология разработки месторождений», «Экология» (СКГТУ, 1998, 2000, 2002 г.г.), лаборатории «Геотехнология» (СКГТУ, 1999г.), технических советах Садонского СЦК (п. Мизур, 2001г.), Тырныаузского ВМК (г. Тырныауз, 2002г.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 11 печатных работ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 117 наименований на 127 с. машинописного текста, включая 22 таблицы и 19 рисунков.

#### Основное содержание работы

Глобальная интенсификация горнодобывающего производства увеличивает физико-химическое воздействие человека на экосистемы биосферы. Несмотря на отдельные успехи и огромные затраты, темпы деградации окружающей среды возрастают, особенно в условиях гористых регионов, например, РСО-Алания.

Анализом теории и практики в решении проблемы сохранения окружающей среды определены основные направления: за счет изменения поведения человека, который добровольно будет ориентироваться на социальные ценности, соотносить свои действия с принципами охраны окружающей среды и восстановление утраченного потенциала технологическими средствами.

Из анализа теории и практики естественного выщелачивания руд природными реагентами следует, что природоохранные аспекты этой технологии сформулированы недостаточно полно. Мало информации о способах и методах управления этими процессами, особенно в тех случаях, когда непосредственный доступ к потерянными рудам невозможен.

В лабораторных условиях исследуются те свойства руд, которые подлежат корректировке посредством воздействия на элементы системы "руда- вода- воздух- окислители». Из горной массы, представленной гранитом, галенитом и цинковой обманкой размером до 10 мм, отобрано 1000 кг, измельчено в дробилке с выходной щелью 5 мм, перемешано и разделено на партии. Исследования проведены в 5 колоннах диаметром 100 мм высотой 1 м на стенде, предусматривающем подачу реагента в заданном режиме и сбор продуктивных растворов.



Рис. 1. Схема лабораторного эксперимента

Взятая для эксперимента металлоносная масса содержала 0,56 % свинца, 1,42 % цинка, 0,05% меди, 8,0 % карбонатов и 13% пирита. Базовым растворяющим агентом выбраны стоки штольни Д. В качестве окислителей использованы

5%-ные растворы серной и азотной кислот и комбинированный раствор, содержащий  $135\text{г/дм}^3$  хлорида натрия и  $100\text{ г/дм}^3$  серной кислоты. Реагенты подавались со скоростью  $2\text{ дм}^3/\text{ч}$ . Образующиеся растворы выводились к приемному концу колонны, собирались, отстаивались в течение 2 часов и опробовались через каждые  $10\text{ дм}^3$ . Условия эксперимента: температура  $18\text{-}20$  градусов, давление  $760\text{ мм рт. ст.}$

*Выщелачивание стоками штольни Д.* К концу опыта получен раствор, содержащий в среднем  $7,2\text{ мг/дм}^3$  свинца и  $172,8\text{ мг/дм}^3$  цинка.

*Выщелачивание азотной кислотой.* К концу в растворе содержалось  $26,5\text{ мг/дм}^3$  свинца и  $230,5\text{ мг/дм}^3$  цинка при  $\text{pH} < 1$ . Со снижением pH растворов содержание металлов в них росло.

*Выщелачивание серной кислотой.* Содержание свинца составило  $17\text{ мг/дм}^3$ , цинка -  $206,8\text{ мг/дм}^3$ . К концу в растворе содержалось  $26,5\text{ мг/дм}^3$  свинца  $230,5\text{ мг/дм}^3$  цинка при  $\text{pH} <$ . Со снижением pH растворов содержание металлов росло.

*Выщелачивание хлорной водой.* В растворе содержалось -  $18,1\text{ мг/дм}^3$  свинца и  $194,8\text{ мг/дм}^3$  цинка.

*Выщелачивание комбинированным раствором.* В растворе содержалось  $18,2\text{ мг/дм}^3$  свинца и  $220\text{ мг/дм}^3$  цинка. Выщелачивание идет до тех пор, пока не достигнут  $\text{pH} = 7$ , причем цинк выщелачивается быстрее, чем свинец.

Полученные количественные характеристики окислителей положены в основу управленческих решений по охране окружающей среды.

Для установления параметров природного выщелачивания исследовали динамику выноса металлов шахтными потоками из недр и условия образования техногенных месторождений. В устьях штолен Садонского рудника определяли: количество раствора; водородный показатель; концентрацию цинка и свинца. Графоаналитическими построениями установлена связь между концентрацией металлов в шахтных стоках и характером потерь руд в недрах (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Концентрация свинца, мг/дм<sup>3</sup>

Выработки	Средняя	Максимальная		Минимальная		Пиковые вариации
		значение	вариация	значение	вариация	
штольня 5	6,6	7,2	9,4	5,7	13,4	22,5
штольня Д	6,2	6,8	8,2	5,7	8,7	16,9
Красная	5,7	6,8	19,2	5,3	7,5	26,7
Мизурская	4,9	5,8	18,3	3,9	25,6	43,9

Таблица 2

Концентрация цинка, мг/дм<sup>3</sup>

Выработки	Средняя	Максимальная		Минимальная		Пиковые вариации
		значение	вариация	значение	вариация	
штольня 5	54	60	11,1	43	25,6	36,7
штольня Д	61,3	74	17,6	41	48	65,6
Красная	21,7	27	24,4	18	5,5	29,9
Мизурская	3,4	4,4	23,8	2,1	38,2	62,0

Наибольшие пики извлечения относятся к цинку, вследствие более высокой его растворимости водой. Зависимость концентрации металлов от количества воды носит не столь коррелятивный характер. На шт. 5 и Д с притоками до 16 м<sup>3</sup>/ч и рН < 6 увеличению дебита отвечает резкое увеличение концентрации свинца и цинка в растворе.

На штольне Красная увеличение концентрации отмечается при дебите 75-100 м<sup>3</sup>/ч. На штольне Мизурская зависимость носит стохастический характер, что можно объяснить неупорядоченным распределением минералов при количестве воды до 320 м<sup>3</sup>/ч. Установлена особенность поведения цинка — обладая большей растворимостью, чем свинец, он представлен в стоках штольни Мизурская в 5-15 раз меньше, чем на трех вышележащих выработках и гораздо меньше, чем свинец во всех случаях. Результаты исследований (1) сравниваются с данными аналогичных исследований И.А.Остроушко (2), выполненными в 1969-1975 гг. (табл.3) и (рис.2).



Таблица 3

## Сходимость результатов исследований

Штольня	Дебит, м <sup>3</sup> /ч			рН			Свинец, мг/дм <sup>3</sup>			Цинк, мг/дм <sup>3</sup>		
	1	2	К <sub>н</sub>	1	2	К <sub>н</sub>	1	2	К <sub>н</sub>	1	2	К <sub>н</sub>
5	13	15	13,7	5,9	6,0	1,7	6,6	6,3	4,7	54	52	3,8
Д	14	12	16,7	5,9	6,0	1,7	6,2	6,2	0	61	52	17,3
Красная	82	90	8,9	6,7	6,8	1,5	5,7	5,5	1,8	22	18	22,2
Мизурская	260	315	17,5	6,9	7,0	1,6	4,9	5,0	1,2	3,4	3	13,3

Сходимость данных исследований с результатами аналога оценивается интервалом значений вариации в пределах от 0 до 22,2.

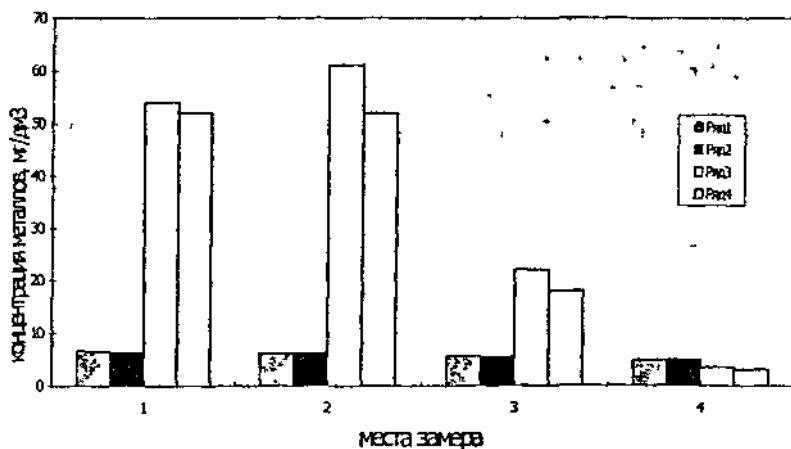


Рис. 2. Сходимость исследований автора и аналога: 1-штольня 5; 2-штольня Д; штольня Мизурская; штольня Красная; ряды: 1-свинец по данным автора; 2- свинец по данным аналога; 3-цинк по данным автора; 4- цинк по данным аналога.

Объект природного выщелачивания потерянных руд представляет собой реактор объемом около 2,5 млн. м<sup>3</sup>, в котором при объединенном дебите штолен - 370 м<sup>3</sup>/ч, достатке кислорода и постоянной температуре выщелачивается около 4 млн. тонн руд, содержащих более 5000 тыс. тонн свинца и цинка и тонны других металлов.

Для моделирования рудовмещающая зона представлена в виде геометризованного тела размерами по простиранию 4 км, по падению 1,5 км с мощностью в первые десятки метров. Богатые руды расположены в верхней и в срединной частях, по падению содержание свинца уменьшается быстрее, чем цинка, в нижней части зоны содержание металлов уменьшается почти на порядок. Геометризованное тело разделено на 6 участков, различающихся содержанием металлов и параметрами выщелачивания. На линию, перпендикулярную рудному телу, вынесены значения проб бороздowego опробования. Критическим пределом опробования принято суммарное содержание свинца и цинка 0,5 %, что соответствует бортовому содержанию, когда выщелачивание водой неэффективно. Так образованы вариационные ряды содержания металлов с затуханием от центра к периферии (табл. 4). Сумма гармоник содержания, приходящаяся на единицу ширины зоны оруденения вкрест простиранию, позволяет судить о плотности гармоник (процент/м) или о потенциальной возможности извлечения металлов с 1 м ширины рудовмещающей зоны (рис.3).

Минералогический анализом установлено, что для месторождения характерна закономерная замена пирротина пиритом с удалением от крупных разломов (рис.4). Верхняя часть месторождения содержит пирита больше, чем нижняя, и процессы окисления протекают в ней активнее. Таков же характер изменения содержания свинца и цинка: резкое снижение суммарного содержания сверху вниз и существенное - от флангов рудного тела к центру. Действие минералогических факторов обуславливает активное извлечение металлов в раствор в присутствии пирита в верхней части месторождения и пассивное в присутствии пирротина в нижней части.

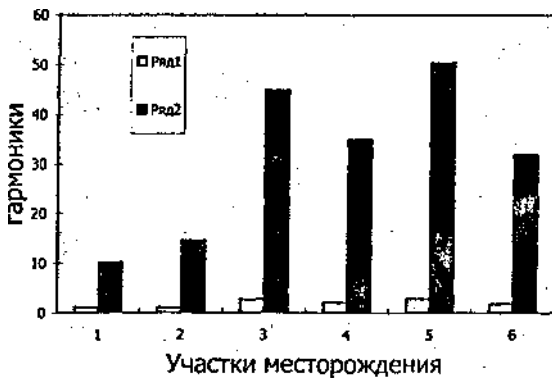


Рис.3. Параметры гармоник содержания металлов на участках: 1- Артем; 2- Кирова; 3- Центральный; 4- Ход; 5- Новая зона; 6- Вторая зона; ряд 1- плотность гармоник; ряд 2- сумма гармоник.

Исследованиями установлены закономерности извлечения металлов в раствор при воздействии природных агентов на руды:

- извлечение компонентов и раствор порядка  $10^1$ - $10^3$  мг/л;
- корреляция зависимости концентрации металлов от параметров процесса:
- обеспеченность свободным или растворенным в воде кислородом;
- количество и скорость проникновения воды сквозь геоматериалы;
- время протекания химических реакций;
- наличие природных окислителей в виде пирита, пирротина, марказита и др.;
- температурный режим процессов;
- неоднородность извлечения металлов на различных участках;
- закономерность распределения полезных и сопутствующих компонентов, в т.ч.;
- снижение содержания свинца и цинка с глубиной;
- уменьшение количества пирита с увеличением количества пирротина;
- различная реакция руд на кислородный показатель агента:
- стабильное поведение содержащих свинец растворов при pH в диапазоне 5-7;
- снижение темпов перевода в раствор цинка при повышении pH до 7.

## Вариационные ряды содержания металлов, проценты

## УЧАСТОК АРТЕМ

Металлы	Удаление на восток, м							Руды	Удаление на запад, м						Гармоникн	
	7	6	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	6	Сумма	Плотность
Свинец	0,3	1,3	1,2	0,1	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	-	-	-	-	4,8	0,48
Цинк	0,6	0,6	0,7	0,1	0,5	0,4	0,3	0,5	0,9	0,8	-	-	-	-	5,4	0,54
Сумма	0,9	1,9	1,9	0,2	1,0	0,7	0,6	0,8	1,1	1,0	-	-	-	-	10	1,02

## УЧАСТОК КИРОВА

Свинец	0,4	0,3	0,3	0,7	0,4	0,5	0,5	8,2	0,3	0,1	0,3	0,3	0,4	-	14,0	0,87
Цинк	1,8	0,3	0,4	0,7	0,7	0,9	1,0	15,5	0,6	0,3	0,4	0,4	0,9	-	30,9	1,93
сумма	2,2	0,6	0,7	1,4	1,1	1,4	1,5	23,7	0,9	0,4	0,7	0,7	1,3	-	44,9	2,80

## УЧАСТОК ЦЕНТРАЛЬНЫЙ

Свинец	0,8	0,1	0,4	0,1	0,3	0,9	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,2	-	-	4,9	0,37
Цинк	0,2	0,4	0,8	0,9	0,8	1,9	0,7	0,7	1,4	0,6	0,4	0,4	-	-	9,7	0,74
сумма	1,0	0,5	1,2	1,0	1,1	2,8	0,9	1,2	1,8	0,8	0,5	0,6	-	-	14,6	1,11

## УЧАСТОК ХОДСКИЙ

Свинец	0,3	0,1	0,2	0,5	0,4	0,8	1,1	0,3	7,6	0,6	0,5	0,9	0,5	-	14,6	0,91
Цинк	0,3	0,2	1,4	0,9	1,1	0,7	1,6	0,5	9,9	0,3	0,4	0,2	0,2	-	20,5	1,28
сумма	0,6	0,3	1,6	1,4	1,5	1,5	2,7	0,8	17	0,9	0,9	1,1	0,7	-	35,1	2,19

## УЧАСТОК НОВАЯ РУДНАЯ ЗОНА

Свинец	0,3	0,3	0,5	0,6	0,9	0,6	1,0	0,5	6,7	0,5	1,5	0,7	0,7	-	17,4	0,91
Цинк	0,2	0,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	0,6	16	1,0	0,8	2,0	2,0	-	33,1	2,06
сумма	0,5	0,6	1,7	1,8	2,2	1,8	2,2	1,1	23	1,5	2,3	2,7	2,7	-	50,5	2,97

## УЧАСТОК ВТОРАЯ РУДНАЯ ЗОНА

Свинец	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,7	2,2	0,8	0,2	0,3	0,4	0,6	-	9,4	0,55
Цинк	2,5	0,3	0,5	0,6	1,6	0,9	0,9	6,7	0,8	0,6	1,2	0,9	1,2	-	22,6	1,32
сумма	2,9	0,6	0,8	0,9	2,0	1,3	1,3	8,9	1,6	0,8	1,5	1,3	1,8	-	32,0	1,87

Управление процессами природного выщелачивания потерянных руд сводится к регулированию во времени и пространстве параметров процессов, в т. ч.:

- система объект (руда) - реагент (вода и природные окислители).

Перенос растворов описывается уравнением проводимости потока:

$$E(x) \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} [Q(x) \frac{\partial u}{\partial x}] + f(x, t) \quad \text{O}$$

с коэффициентами:

$E(x) > 0$  - извлечение металлов в раствор из руды;

$Q(x) > 0$  - количественная характеристика потоков окислителей;

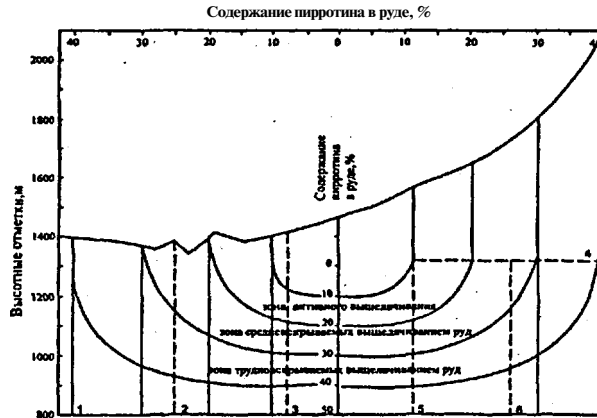


Рис.4. Ранжирование месторождения по склонности руд к выщелачиванию

Конечноразностная аппроксимация выполняется с использованием поискового варианта прогонки методом баланса в последовательности: составляется разностное уравнение; определяется точность коэффициентов связи функций; определяются граничные условия исследования; формулируются рекуррентные соотношения; разрабатывается численный алгоритм:

$$\frac{\partial u}{0.5\Delta t} + \frac{\partial}{\partial x} [Q(x, y)] \frac{\partial y}{\Delta x} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{0.5\Delta t} + \frac{\partial}{\partial y} [Q(x, y)] = 0 \quad (3)$$

откуда  $\Delta_0 = E_{\frac{1}{2}} \cdot \lambda_1 = E_{\frac{1}{2}}$ ;  $\beta_0 = \lambda_1 / \Delta_0 = \frac{1}{\Delta_0}$ ;  $j_0 = 0$ .

Основу получения планируемых экономических показателей с минимизацией экологического ущерба, составляет положение о том, что без экологической устойчивости региона не может быть экономического благополучия:

$$Z_{oc} = f P_r, \quad (4)$$

где  $Z_{o.c.}$  - затраты на охрану окружающей среды, руб.;  $\Pi_{\tau}$  - прибыль от реализации технологии, руб.

Исследованием рынка обосновывается необходимость реализации технологии добычи минералов с максимальной перспективой:

$$Z_{o.c.} \geq Y_{o.c.}, \quad (5)$$

где  $Y_{o.c.}$  - ущерб, нанесенный окружающей среде, руб.

$$Y_{o.c.} > \Pi_{\tau} > Z_{o.c.} \quad (6)$$

$$Y_{o.c.} = \sum_i (\Phi_0 + \Phi_n), \quad (7)$$

где  $\Phi_0$  - оцениваемые факторы нарушения окружающей среды;  $\Phi_n$  - неоцениваемые факторы нарушения среды;  $n$  - количество критериев оценки.

Оцениваются не только экономические приемлемые по мировым ценам продукции решения, но и все необходимые для полной реабилитации окружающей среды:

$$\Pi_{\tau} = f \Delta_{o.c.}, \quad (8)$$

где  $\Delta_{o.c.}$  - экологическое состояние окружающей среды.

$$C_{\tau} = Z_n + Z_{o.c.} < C_p, \quad (9)$$

где  $C_{\tau}$  - цена продукции, руб.;  $Z_n$  - затраты на производство, руб.;  $Z_{o.c.}$  - затраты на охрану окружающей среды, руб.;  $C_p$  - рыночная цена продукции, руб.

$$K_s = K_1 + K_2 + \dots + K_n \quad (10)$$

$K_s$  - результирующий критерий экологичности;

$K_1, K_2, K_n$  - частные критерии экологичности.

$$C_{\tau} = \left\langle \sum_i C_{k_i}, \right. \quad (11)$$

где  $C$  - стоимость реализации экологических критериев, руб.;  $p$  - количество критериев;  $t$  - время использования технологии.

Активизирующие процесс реагенты доставляются в нужное место по скважинам, пройденным в разрушенном массиве. Условие сохранения скважин - обсадка их трубами без передачи им нагрузок от крутящего момента снаряда. Для



На рис. 5 рекомендована схема электрохимической обработки в двухкамерных аппаратах и электродиализного обессоливания и одновременного концентрирования растворов в электродиализном аппарате типа ЭД - 25 — ОК или ЭДШ.

Эффективность технологий оценивается сравнением затрат при традиционной и новой природоохранной технологии. Ущерб от влияния технологий на экосистемы:

$$(12) \quad \sum_i Y_i = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n$$

где  $Y_1 \dots Y_n$  - ущербы по элементам влияния стоков на окружающую среду.

Фактический ущерб окружающей среде от природного выщелачивания соизмерим со стоимостью валовой продукции предприятия. Например, Садонский СЦК в 2001 г. произвел продукции на 37 млн. руб., а штраф за нанесенный окружающей среде ущерб составил 15 млн. руб.

Экономический эффект от ресурсосбережения:

$$\mathcal{E}_t = P_t - \mathcal{Z}_t, \quad (13)$$

где  $\mathcal{E}_t$  - экономический эффект от мероприятий за период  $t$  лет, руб;  $P_t$  - стоимость результатов используемой технологии в денежном выражении за расчетный период, руб;  $\mathcal{Z}_t$  - затраты на технологию за расчетный период, руб.

Модель поражения окружающей среды продуктами природного выщелачивания металлов описывает процессы выноса металлов за пределы месторождения:

$$Y = f(M_n, M_c, Q, a, T) = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l [(Q_i + Q_j + Q_k)(a_i - a_k)] \sum K_c K_y K_r \quad (14)$$

где  $Y$  - сумма ущерба окружающей среде;  $M_n$  - количество металлов в потерянных рудах;  $M_c$  - количество металлов в стоках;  $P$  - предприятия по извлечению металлов из стоков;  $R$  - количество минеральных компонентов;  $O$  - операции переработки стоков;  $T$  - время переработки;  $Q_a, Q_n, Q_m$  - количество реагентов атмосферного, подземного и технологического происхождения;  $a_n, a_k$  - исходная и конечная концентрация минералов;  $K_c$  - коэффициент самоорганизации экосистемы;  $K_y$  - коэффициент утечки растворов;  $K_r$  - коэффициент дальности утечки



растворов;  $K_6$  - коэффициент влияния металлов на биосферу;  $K_r$  - коэффициент риска-

Годовая прибыль от переработки стоков с учетом ущерба окружающей среде:

$$\Pi_r = \frac{\sum_i^n (C_{r,o} - Z_v - Z_{o,m}) \cdot Q_o}{t_o} + C_{ш}^0 \quad (5)''$$

где  $\Pi_x$  - прибыль от утилизации стоков, руб/Ут;  $C_{r,o}$  - стоимость реализации продукции переработки стоков, руб/Ут;  $Z_v$  - затраты на интенсификацию природного выщелачивания, руб/Ут;  $Z_{o,m}$  - затраты на обогащение и металлургический передел при утилизации стоков, руб/Ут;  $n_o$  - количество извлекаемых компонентов;  $Q_o$  - масса очищаемых стоков, т;  $t_o$  - время очистки стоков, г о  $C_{ш}^0$  - штрафы за ущерб от сброса неочищенных стоков, руб./год.

Для условий РСО-Алания выполнен расчет эколого-экономической эффективности интенсификации процессов природного выщелачивания. Извлечение металлов 70 % от их наличия в стоках,- Количество перерабатываемых стоков из наиболее обогащенных участков месторождения 1000000 м<sup>3</sup>/год при общем количестве стоков 3000000 м<sup>3</sup>/год (табл.5).

Показатель производственно-экологического совершенства предприятия:

$$K_s = (D_n - Y_c) / D_n, \quad (16)$$

где  $K_s$  - показатель экологического совершенства предприятия;  $D_n$  - приносимая польза, руб.;  $Y_c$  - ущерб окружающей среде, руб.

Технологические, экономические и экологические параметры управления природным выщелачиванием выбираются эколого-экономическим моделированием по критерию приведенной прибыли.

## Эффективность утилизации продуктов природного выщелачивания

Параметры	В расчете на 1 м <sup>3</sup> стоков		
	выход	цена, р	товар, р
свинец, кг	0.007	12	0.084
цинк, кг	0.173	24	4.152
марганец, титан, медь и др. металлы, кг	-	-	0.424
отмытая иловая фракция, т	0.005	100	0.500
кислоты и щелочи, т	0.0001	200	0.020
газы, т	0.0001	300	0.030
Всего стоимость продукции, руб/м <sup>3</sup>	-	-	5.21
Транспортирование стоков, руб/м <sup>3</sup>	-	-	1.50
Затраты на переработку, руб/м <sup>3</sup>	-	-	2.15
Прибыль, руб/м <sup>3</sup>	-	-	1.55
Прибыль на весь объем, руб/год	-	-	4650000
Уменьшение штрафов, руб/год	-	-	5000000
Всего прибыль, руб/год	-	-	9650000

При объеме производства Садонского СЦК в 2001г 30000000 руб. показатели экологического совершенства предприятия в зависимости от степени реализации природоохранных технологий утилизации продуктов природного выщелачивания составили:

$$K_3^1 = (30\ 000\ 000 + 9\ 650\ 000 - 15\ 000\ 000) / (30\ 000\ 000 + 9\ 650\ 000) = 0.61$$

$$K_3^2 = (30\ 000\ 000 + 17\ 038\ 000 - 15\ 000\ 000) / (30\ 000\ 000 + 17\ 038\ 000) = 0.68$$

Без использования природоохранных технологий этот показатель:

$$K_3 = (30\ 000\ 000 - 15\ 000\ 000) / 30\ 000\ 000 = 0.50$$

В зависимости от степени реализации природоохранных технологий утилизации продуктов природного выщелачивания показатель экологического совершенства предприятия увеличивается на 22- 36% при прочих равных условиях.

С помощью полученной модели определяются параметры выщелачивания металлов, в т. ч. стоимостные - эксплуатационные переменные расходы, пропорциональные объему перерабатываемых растворов, условно-постоянные, переменные расходы по добыче, пропорциональные количеству извлекаемого металла из растворов, те же расходы по переработке растворов, расходы на изменение их потенциала и суммарные расходы при переработке растворов.

С помощью модели решается задача выбора целесообразного варианта управления технологией с подачей активизирующих агентов по скважинам и переработкой растворов. Для проходки скважин рекомендована технология вращательного бурения с установкой' обсадных труб без передачи им нагрузки от крутящего момента снаряда. При расчетах в качестве переменных факторов служат: количество и длина скважин, расход промышленных и изготовленных собственными силами окислителей, расход электроэнергии и труб для коммутации растворов.

Для увеличения потенциала окислителей для природоохранных технологий с использованием возможностей естественного выщелачивания рекомендована электрохимическая обработка в двухкамерных аппаратах с электродиализным обессоливанием и концентрированием растворов. Для извлечения металлов из растворов природного выщелачивания рекомендованы диафрагменные электролизеры с извлечением минеральных компонентов до требований ПДК.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано решение актуальной научно - технической задачи - обоснование эколого-экономической эффективности утилизации продуктов природного выщелачивания свинца и цинка из потерянных руд с подачей окислителей- интенсификаторов по скважинам, обеспечивающей экологическую безопасность и полноту использования недр.

Основные научные результаты, выводы и практические рекомендации:

1. При подземной разработке металлических месторождений в недрах остаются потерянные руды, которые выщелачиваются природными реагентами с нанесением ущерба экосистемам окружающей среды.

2. Наиболее перспективным способом улучшения экологических условий эксплуатации месторождений является интенсификация процессов природного выщелачивания металлов из потерянных руд путем увеличения окислительного потенциала природных реагентов.

3. Технологическая схема извлечения металлов из растворов природного выщелачивания включает процессы подготовки окислителей- интенсификаторов, транспортирование растворов на участки компактного расположения потерянных руд и переработку продуктивных растворов выщелачивания по электрохимической технологии.

4. При организации работ по интенсификации процессов природного выщелачивания металлов из потерянных руд следует учитывать, что извлечение металлов в раствор зависит от зональности распределения пирита и пирротина в рудном поле и условий для вскрытия и переноса металлов.

5. Регулируя параметры растворения и переноса металлов, можно интенсифицировать процессы природного выщелачивания и увеличить количество извлекаемых металлов и сократить время протекания реакций с получением положительного экономического эффекта.

6. Экологическая эффективность управления параметрами природного выщелачивания обеспечивается путем ускоренного перевода металлов в растворы и

извлечения их из растворов, что позволяет интенсифицировать процессы выщелачивания потерянных руд в пустотах, а извлечения металлов из растворов - на поверхности, предотвратив утечку растворов металлов в экосистемы окружающей среды.

7. Результаты исследований могут быть рекомендованы для предприятий, разрабатывающих месторождения металлов, преимущественно с естественным управлением массивом, и при изучении ряда дисциплин в горных ВУЗ ах.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в следующих печатных работах:

1. Кабисова И.К., Чельдиева З.К., Голик В.И. Влияние горных разработок на состоянии земель РСО-Алания //Сб. науч. тр. ГГАУ. - Владикавказ. - 1998. - С." 67-69.
2. Кабисова И.К., Голик В.И. Эколого-экономические аспекты природного выщелачивания руд //Труды СКГТУ. - Владикавказ: Терек. - 1999. - С. 40-44.
3. Кабисова И.К., Камболов А.Н., Голик В.И. Процессы химического обогащения потерянных сульфидных руд //Труды СКГТУ. - Владикавказ: Терек. - 1999. -С.36-40.
4. Голик В.И., Киргуев А.Т., Тумлерт И.П., Кумаритов А.Д., Кабисова И. К. Математическая модель выщелачивания металлов из отходов добычи и переработки //Логическое управление технологическими процессами и системами: Мат. межд. конф.-Москва-Владикавказ: Терек. - 1999.-С. 21-27.
5. Голик В.И., Кабисова И.К., Практика геохимического выщелачивания металла водой //Логическое управление технологическими процессами и системами: Мат. межд. конф.- Москва-Владикавказ: Терек. -1999. - С. 256-261.
6. Голик В.И., Козырев Е.Н., Кабисова И.К. Экологические аспекты утилизации жидких отходов производства //Перспективы развития горнодобывающего и металлургического комплексов России: Мат. Всероссийской конференции, посвященной 70-летию СКГТУ. - Владикавказ: Терек. -2002. - С. 291.

7. Кабисова И.К., Голик В.И. Управление природным выщелачиванием металлов //Мат. межд. симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых им. акад. М.А. Усова. - Томск: ТПУ.2001.- С.68.

8. Кабисова И.К., Голик В.И. Природное выщелачивание Садонских руд //Мат. межд. симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых им. акад. М.А. Усова. -Томск: ТПУ. 2001. - С.79.

9/ Голик В.И., Киргуев А.Т., Кумаритов А.Д., Тумлерт И.П., Кабисова И. К. Извлечение металлов из хвостов обогатительных фабрик кислыми шахтными стоками //Логическое управление технологическими процессами и системами: Мат. межд. конф.- Москва-Владикавказ: Терек. - 1999.- С. 269-273.

10/ Кабисова И.К. Управление процессами природного выщелачивания в недрах Садона // Перспективы развития горнодобывающего и металлургического комплексов России: Мат. Всероссийской конференции, посвященной 70-летию СКГТУ.- Владикавказ: Терек. -2002. - С. 263-265.

11. Голик В.И., Козырев Е.Н., Кабисова И.К. Механизм влияния горных работ на экосистемы //Перспективы развития горнодобывающего и металлургического комплексов России: Мат. Всероссийской конференции, посвященной 70-летию СКГТУ.- Владикавказ: Терек. -2002. - С. 293.

12 Кабисова И.К., Козырев Е.Н. Закономерности управления природным выщелачиванием металлов //Перспективы развития горнодобывающего и металлургического комплексов России: Мат. Всероссийской конференции, посвященной 70-летию СКГТУ. - Владикавказ: Терек. -2002. - С. 252.

Подписано к печати 26 апреля 2004.

Объем 1. п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 168

Северо-Кавказский горно - металлургический институт (ГТУ).

362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44.

2 - 8596