

На правах рукописи



ПУХАЕВА Залина Элгуджаевна

**МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
РУД КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ НАРУШЕНИЯ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ**

(на примере свинцово-цинковых месторождений  
Буронского рудного поля)

Специальность 25.00.36 - «Геоэкология»

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени кандидата  
геолого-минералогических наук

Владикавказ - 2004

Работа выполнена в Северо-Кавказском горно-металлургическом институте (государственном технологическом университете)

*Научный руководитель:*

доктор геол. - минерал, наук, профессор Хетагуров Г. В.

*Официальные оппоненты:*

доктор техн. наук, профессор Келоев Т. А.

кандидат геол. - минерал, наук Трошак Л. А.

*Ведущая организация:* - Федеральное государственное унитарное геологическое предприятие «Севосгеологоразведка»

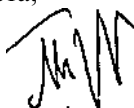
Защита состоится «17» сентября 2004 г., в 11 часов, на заседании диссертационного совета ДМ 212.246.04 в Северо-Кавказском горно-металлургическом институте (государственном технологическом университете) по адресу: 362021, РСО - Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44; факс. 74-99-45.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять в адрес совета. С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственного технологического университета): 362021, РСО - Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44.

Автореферат разослан « 7 » августа 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

доктор геол.-минерал. наук, профессор



Бергер М.Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*Актуальность работы.* Любые природные образования, в которых концентрация химических элементов-токсикантов значительно превышает их среднее содержание, являются потенциальными источниками заражения почв, пород, поверхностных и подземных вод (А.Д.Говард, И.Ремсон, 1982). Рудные же образования, как известно, «являются примерами исключительно высокой концентрации веществ» (там же), многие из которых, в случае их нахождения в форме химически неустойчивых, достаточно растворимых и, соответственно, усвояемых организмами соединений, представляют значительную экологическую опасность. Пожалуй, особенно распространенными источниками значительного по масштабам и опасности для здоровья человека загрязнения природной среды являются сульфиды, составляющие основную часть колчеданно-полиметаллических и полиметаллических руд, в частности свинцово-цинковых. Сказанное в полной мере определяет актуальность исследований в данной области. Именно этим проблемам на примере колчеданно-полиметаллических месторождений Буронского рудного поля (Центральный Кавказ) посвящена данная диссертация.

*Цель исследований* — оценка минералого-геохимических особенностей руд как одного из факторов нарушения экологического равновесия природной среды на примере свинцово-цинковых месторождений Буронского рудного поля. Достижению поставленной в работе цели способствовало решение следующих задач:

1. Детальное изучение минерального состава руд, выявление характерных особенностей минералогии Буронской группы колчеданно-полиметаллических и полиметаллических месторождений.
2. Выявление особенностей вещественного состава руд, уровня концентрации ведущих и примесных элементов, характера и тесноты корреляционных связей между основными



ментами, коэффициентов комплексности руд - модулей редкометальности.

3. Определение коэффициентов экологической опасности основных рудных минералов, суммарных коэффициентов экоопасности руд и в целом месторождении.

4. Выявление взаимосвязи между особенностями минерального и вещественного состава руд и их негативным воздействием на экосистемы района в ходе не только различных стадий их технологической переработки, но и в их естественном (природном) залегании.

*Научная идея* работы состоит в необходимости учета минералого-геохимических особенностей рудных скоплений при выявлении источников загрязнения природной среды, эколого-геохимического картирования и решении других геоэкологических вопросов.

*Методы исследований и фактический материал.* Поставленные задачи решались на основе лабораторных исследований руд, вмещающих пород и продуктов обогащения. Обработка результатов минералого-геохимического исследования колчеданно-полиметаллических руд производилась на IBM PC по апробированным стандартным программам. Всего было выполнено более 300 минералогических анализов, обработаны результаты количественного спектрального анализа 140 проб.

*Основные положения, защищаемые в работе:*

1. Впервые установлено, что минералого-геохимические особенности староцейских руд близки к рудам садонского типа, но отличаются более высокой сложностью вещественного состава и температурными условиями их формирования.

2. Выявлено, что степень экологической опасности сульфидных ассоциаций определяется химическим составом, формами нахождения и соотношением минеральных фаз, а также их устойчивостью.

3. Высокая экологическая опасность отходов свинцово-цинковых руд связана с содержащимися в них сульфидами железа, свинца, цинка и кадмия, их низкой химической устойчивостью и значительными концентрациями элементов-токсикантов

4. На основе впервые рассчитанных коэффициентов химической устойчивости и экоопасности основных рудных минералов оценена роль сульфидов Буронского, Староцейского и Садонского месторождений как потенциальных источников загрязнения окружающей среды.

*Научная новизна* заключается в предлагаемой методике и результатах определения экогеохимического воздействия рудных скоплений на окружающую среду с учетом того, что источниками химического загрязнения почв, пород, поверхностных и подземных вод являются как техногенные процессы, так и обычные природные процессы рудогенеза и эпигенетической трансформации химико-минералогического состава руд (в частности, их окисления, выщелачивания и т.д.). Исследование химического (элементного) и минерального (фазового) состава и количественного содержания рудных скоплений должно быть одним из существенных элементов геоэкологической оценки территории.

*Практическая значимость работы* определяется возможностью применения предложенных в работе методических подходов к определению степени экологической опасности минеральных объектов.

В работе предложены также некоторые рекомендации по рациональному комплексному использованию свинцово-цинковых руд и утилизации отходов их переработки, преследующие, в частности, цель минимализации вредного экологического воздействия природных и техногенных процессов на окружающую среду.

*Апробация работы и публикации.* Основные положения работы были доложены на заседаниях секции «Геологии и поисково-разведочного дела» научно-технических конференций СКГМИ (ГТУ) 2001 и 2003 года и на научно-практической конференции, посвященной 70-летию СКГМИ (ГТУ) в 2002 году. По теме диссертации опубликовано 9 статей.

*Благодарности.* Автор глубоко благодарен научному руководителю проф. Г.В. Хетагурову, зав. кафедрой «Геологии и поисково-разведочного дела» СКГМИ проф. Ю.В. Кодзаеву, доценту Л.Е. Дарчиевой и другим сотрудникам кафедры за постоянное внимание, поддержку и ценные советы при выполнении данной работы.

*Объем и структура диссертации.* Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 109 наименований на 125 стр. машинописного текста, включая 22 таблицы и 24 рисунка.

### **Основное содержание работы**

Геологическое строение Буронского рудного поля, геология, минералогия, геохимия и генетические особенности колчеданно-полимсталлических месторождений района освещены в трудах Г.Д. Аджирея, М.С. Баклакова, Т.С. Бедоева, Н.К. Иванова, Н.И. Руденко, К.К. Пожарицкого, Г.П. Пашаева, С.М. Рыпинского, Н.Н. Трофимова, Г.В. Хетагурова, В.Б. Чршщына и др.

**Введение.** В разделе сформулированы цель и задачи исследования. Обсуждается актуальность, научная новизна и практическое значение полученных результатов.

**В главе I «Геологическая характеристика свинцово-цинковых месторождений Буронского рудного поля»** описано геологическое строение рудного поля, приведено краткое описание месторождений Буронской группы.

Буронское рудное поле включает одноименное, Лабагомское, Восточное, Староцейское, Правобережное, Саухохское и Сурххохское месторождения и около 20 рудопроявлений и точек минерализации.

Месторождения относятся к двум формационным типам: колчеданно-полиметаллическому (Буронское, Лабагомское, Восточное и др.) и полиметаллическому (Староцейское и ряд рудопроявлений, аналогичных садонскому типу руд).

**В главе II «Минералогические особенности руд»** приведены результаты детального изучения минерального состава колчеданно-полиметаллических руд буронского типа, полиметаллических руд Старого Цея, а также их структурно-текстурных особенностей.

Главные рудные минералы месторождений Буронского рудного поля представлены пиритом, сфалеритом, галенитом, пирротинном, халькопиритом; менее распространены марказит, арсенопирит, магнетит; еще реже встречаются кубанит, самородные серебро, висмут и золото. Из группы блеклых руд для руд буронского типа характерен теннантит, для руд Старого Цея - тетраэдрит (подобно рудам садонского типа). Специфическая минералогическая особенность колчеданно-полиметаллических руд - наличие в них станнина и касситерита; руды Старого Цея содержат очень редкий для Центрального Кавказа дискразит. Из жильных минералов, кроме преобладающих кварца и кальцита, отмечаются сидерит, хлорит, серицит, биотит, мусковит, гранат, андалузит и турмалин. В зоне окисления полиметаллических руд Старого Цея отмечается ряд вторичных минералов: по халькопириту развиваются гидрокарбонаты меди - малахит и азурит, по галениту - англезит, церуссит и, возможно, плюмбоярозит, по магнетиту - гидроксиды железа: гётит и гидрогётит. Вблизи поверхности также наблюдаются гидроксиды марганца. Вторичные минералы зоны окисления колчеданно-

полиметаллических руд представлены ковеллином, халькозином, купритом и другими минералами.

**В главе III «Геохимические особенности руд»** содержится характеристика распределения рудообразующих элементов, подразделенных согласно наличию трех основных минералов-концентраторов на группы: свинца (галенит), цинка (сфалерит) и железа (пирит и пирротин). Приведены результаты определения характера и тесноты корреляционных связей между основными и примесными элементами.

Результаты изучения корреляционных связей ряда основных и примесных элементов руд показывают существенное различие колчеданно-полиметаллических и полиметаллических руд. Особенно показательны в этом отношении основные (свинец, цинк, медь) и некоторые примесные (галлий, висмут, индий, марганец) элементы (табл. 1-3).

Вполне естественные парные корреляции, обусловленные геохимическим родством элементов, можно ожидать в случае простых парагенезов элементов; в данном же случае мы нередко имеем дело со сложными сочетаниями элементов, которые образованы наложением первичных эндогенных ювенильных, вторичных экзогенных солевых и вторичных механогенных ореолов.

Проведенный анализ поведения рудообразующих элементов показал, что уровень содержаний основных и примесных элементов в разновозрастных месторождениях и различных типах руд увязывается с геологическими и термодинамическими условиями отложения минералов: температурой, глубиной формирования и удаленностью от рудоконтролирующего источника. Более глубинные элементы (индий, кобальт, висмут и др.) накапливаются в повышенных количествах в колчеданно-полиметаллических рудах, локализованных в кристаллических породах буронской свиты. Наоборот, в полиме-



таллических месторождениях, формировавшихся в относительно приповерхностных условиях и соответственно более удаленных от рудогенерирующего источника, преобладают кадмий, галлий, германий, таллий.

Галениты и сфалериты буронского типа, по сравнению с садонскими аналогами, обогащены серебром, оловом, индием, молибденом и таллием, в то время как садонские галениты - кобальтом.

Одним из показателей степени обогащенности примесными элементами руд, минералов и концентратов является модуль редкометальности (Г.В.Хетагуров, 1974), представляющий отношение суммы типоморфных примесей к соответствующим ведущим элементам: общий модуль  $M_p$ , а также показатель относительной обогащенности руд примесными элементами, ассоциированными со свинцом (свинцовый модуль -  $M_{Pb}$ ) или с цинком (цинковый модуль  $M_{Zn}$ ). Рассчитанные модули редкометальности свинцово-цинковых месторождений Буронской группы по формулам 1-3 представлены в таблице 4. Для сравнения приведены также рассчитанные модули редкометальности руд Садонского месторождения.

$$M_{Pb} = \frac{(Ag + Bi + Se + Te + Tl + Sb + As)}{Pb} \cdot 10^4, \quad (1)$$

$$M_{Zn} = \frac{(In + Ga + Ge + Cd + Sn + Co + Ni)}{Zn} \cdot 10^4 \quad (2)$$

$$M_p = M_{Pb} + M_{Zn}. \quad (3)$$

Как видно из таблицы, наибольшая редкометальность характерна для колчеданно-полиметаллических месторождений допалеозойской металлогенической эпохи (по сравнению с полиметаллическими рудами киммерийской металлогенической эпохи).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции основных и примесных элементов  
в рудах буронского и садонского типов

Элемент	Тип руды	Существенная корреляционная связь		Очень существенная корреляционная связь		
		Положительная	Отрицательная	Положительная	Отрицательная	
Основные	Pb	Колчеданно-полиметаллическая	Zn, Cd, Mn	Cu, Sn, Co		
		Полиметаллическая				
	Zn	Колчеданно-полиметаллическая	Pb, Cd	Cu, In, Ga, Sn, Co		
		Полиметаллическая				
	Cu	Колчеданно-полиметаллическая	In, Ga, Sn, Co	Cd, Pb, Zn		
		Полиметаллическая				
Примесные	Cd	Колчеданно-полиметаллическая	Bi, Pb, Zn	Co, Cu		
		Полиметаллическая				
	Co	Колчеданно-полиметаллическая	Sn, In, Cu	Ga, Cd, Pb, Zn		
		Полиметаллическая				
	Bi	Колчеданно-полиметаллическая	Ga, Cd		Ag	
		Полиметаллическая				
	Sn	Колчеданно-полиметаллическая	Co, Cu, Ag, Ga	As, Pb, Zn	In	
		Полиметаллическая				
	As	Колчеданно-полиметаллическая				Sn, Ga, In
		Полиметаллическая				
	In	Колчеданно-полиметаллическая	Ca, Co, Mn, Cu, Ag	As, Zn	Sn	
		Полиметаллическая				
Mn	Колчеданно-полиметаллическая	Bi, Sn, Cu, Ag, In	As, Co, Zn			
	Полиметаллическая					

Коэффициенты парной корреляции химических элементов  
в полиметаллических рудах Садона (по материалам Г.В. Хетагурова)

$n = 80$

	Zn	Cu	Ni	In	Cd	Ga	Bi	As	Sn	Co	Mn
Pb	<u>0,48</u>	<u>0,34</u>	0,03	-0,01	<u>0,37</u>	0,17	0,02	<u>-0,29</u>	0,04	-0,048	<u>-0,23</u>
	Zn	<u>0,41</u>	-0,14	<u>0,31</u>	<u>0,86</u>	0,13	-0,002	<u>-0,29</u>	-0,12	<u>0,23</u>	-0,05
		Cu	-0,14	<u>0,3</u>	<u>0,43</u>	0,08	<u>0,38</u>	-0,09	-0,19	<u>0,48</u>	0,16
			Ni	<u>-0,23</u>	-0,12	-0,12	<u>-0,24</u>	0,0004	0,21	-0,07	-0,2
				In	<u>0,3</u>	0,08	<u>0,38</u>	0,05	<u>0,6</u>	<u>0,38</u>	<u>0,54</u>
					Cd	0,1	0,09	<u>-0,29</u>	-0,19	<u>0,46</u>	-0,06
						Ga	<u>0,29</u>	<u>-0,24</u>	-0,08	0,09	<u>0,3</u>
							Bi	0,08	-0,03	<u>0,53</u>	<u>0,55</u>
								As	-0,02	<u>0,29</u>	<u>0,25</u>
									Sn	-0,15	-0,07
										Co	0,2
											Mn

5 %

ур. знач.

$r_{xp}=0,22$

1 %

ур. знач.

$r_{xp}=0,28$

Таблица 3

Коэффициенты парной корреляции химических элементов  
в колчеданно-полимсталлических рудах Буронского рудного поля

 $n = 61$ 

	Zn	Cu	Ag	In	Cd	Ga	Bi	As	Sn	Co	Mn
Pb	<u>0,53</u>	<u>-0,46</u>	0,14	-0,11	<u>0,33</u>	-0,18	<u>0,27</u>	-0,12	<u>-0,43</u>	<u>-0,47</u>	<u>0,7</u>
	Zn	<u>-0,4</u>	-0,14	<u>-0,33</u>	<u>0,35</u>	<u>-0,33</u>	-0,05	0,08	<u>-0,42</u>	<u>-0,4</u>	0,15
		Cu	-0,13	<u>0,37</u>	<u>-0,56</u>	<u>0,34</u>	<u>-0,28</u>	-0,23	<u>0,53</u>	<u>0,51</u>	-0,13
			Ag	<u>0,4</u>	<u>0,26</u>	<u>0,55</u>	<u>0,71</u>	-0,2	<u>0,33</u>	0,002	0,04
				In	-0,23	<u>0,36</u>	<u>0,26</u>	<u>-0,3</u>	<u>0,66</u>	<u>0,57</u>	<u>0,34</u>
					Cd	-0,03	<u>0,49</u>	<u>0,29</u>	<u>-0,28</u>	<u>-0,4</u>	<u>0,28</u>
						Ga	<u>0,47</u>	-0,3	<u>0,6</u>	<u>-0,33</u>	0,05
							Bi	-0,08	0,06	-0,17	0,12
								As	-0,19	<u>-0,26</u>	<u>0,28</u>
									Sn	<u>0,61</u>	-0,07
										Co	0,04
											Mn

5 %

ур. знач.

 $r_{кр}=0,25$ 

1 %

ур. знач.

 $r_{кр}=0,32$

Таблица 4

Модули редкометальности свинцово-цинковых месторождений

Месторождение	Общий модуль, $M_p$	Свинцовый модуль, $M_{Pb}$	Цинковый модуль, $M_{Zn}$
Буронское	5742,3	789,2	4953,1
Восточное	942,4	842,5	99,9
Старый Цей	621,6	573,1	48,5
Лабагомское	534,7	326,9	207,8
Садонское	303,5	103,5	200

Существуют значительные минералого-геохимические различия между различными генетическими типами руд Буронского поля - колчеданно-полиметаллическими рудами собственно буронского типа и полиметаллическими рудами садонского типа. Минералого-геохимические особенности Староцейских руд близки к особенностям руд садонского типа, но отличаются большей сложностью, определяемой большей глубиной и геотермодинамическими условиями их формирования.

**Глава IV «Экогеохимические особенности рудных минералов, определяющие интенсивность негативного воздействия руд на окружающую среду».** Основные рудные минералы (галенит, сфалерит, пирит, пирротин и халькопирит) рассмотрены как естественные потенциальные источники загрязнения окружающей среды с учетом условных потенциалов ионизации и коэффициентов химической неустойчивости каждого минерала, определен суммарный коэффициент экологической опасности каждого минерала с учетом набора главных и примесных элементов, присущего данному минералу. Рассчитаны суммарные коэффициенты экоопасности каждого генетического типа исследуемых руд и месторождений в целом.

Колчеданные руды, основу которых составляют сульфиды железа, а также меди, и ряда других металлов, являются серьезным источником загрязнения окружающей среды не только на всех стадиях их технологической переработки, но и в их естественном (природном) залегании. Именно этим обусловлены повышенные фоновые содержания рудных элементов, устанавливаемые в местах выходов рудных скоплений на дневную поверхность и в зонах их приповерхностного залегания, а также вблизи них. Вместе с тем, наряду с очевидным-практическим позитивным значением повышенных содержаний рудных элементов, эти аномалии имеют и явное негативное экологическое значение, поскольку присутствующие в них в повышенных концентрациях рудные элементы являются в значительной мере токсикантами. Рудообразующие элементы (S, Cu, Zn, иногда Pb) и большинство элементов-примесей (Co, Ni, Te, In, Ge, Tl, Co, Cd и др.) относятся к элементам высокой и повышенной токсичности (В.В.Иванов, 1996) (табл. 5.).

В соответствии с подходом, согласно которому экогеохимическая опасность минералов определяется, прежде всего, их химическим (элементным) составом и степенью их химической неустойчивости в гипергенных условиях, в основу количественных расчетов по определению величины экогеохимической опасности каждого минерала положены значения условного потенциала ионизации по В.А.Жарикову (табл. 6), результаты химических анализов отобранных мономинеральных фракций и сведения о значениях предельно допустимых концентраций каждого из элементов, присутствующих в составе каждого из минералов.

При этом за единицу химической неустойчивости минералов принята величина условного потенциала ионизации галенита. С учетом этого величина коэффициента химической неустойчивости минералов  $K_n$  составила (в усл.ед.) - (табл.7).

Методика расчета. Коэффициент экологической опасности минерала  $K_{\text{э}}$  определяется по стандартной общей формуле:

$$K_{oi} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \cdot K_H \quad (4)$$

где  $C_i$  - содержание химического элемента в минерале, г/т;

$n$  - число (учитываемых) элементов в минерале (с учетом всех элементов: основных и примесных);

$ПДК_i$  - предельно допустимая концентрация химического элемента в почве с учетом фона (кларк), мг/кг;

$K_H$  - коэффициент химической неустойчивости минералов (усл. ед).

Таблица 5

Классификация химических элементов по показателю литотоксичности

Супертоксичные $T_s^*=15$	Высокотоксичные $T_s=10$	Токсичные $T_s=5$	Общетоксичные $T_s=1$
Hg, Cd, Tl, Be, U, Ra, Rn, радиоук- лиды	Pb, Se, Te, As, Th, F, Sb, B, V, Cr, Co, Ni, Pd?	Cu, Zn, Ba, Sr, S, P, Mo, Bi, Sn, In, Ga, Ge, Br, Li, Rb, I, Al, Mn, Cs, W, Y?, TR <sub>v</sub> , Cl, N, Ca, Mg, Na, K, C, Ru?, Os, Pt	Na, La, TR <sub>LA</sub> ?, Zr, Fe, Ti, Rh

\*  $T_s$  - показатель литотоксичности по В.В. Иванову

Таблица 6

Условные потенциалы ионизации минералов по В.Л. Жарикову

Минерал	Расчетная формула	Условный потенциал ионизации $\Gamma$ , ккал/моль
Пирит	Fe S <sub>2</sub>	218
Сфалерит	Zn S	199,8
Халькопирит	Cu Fe S <sub>2</sub>	198,5
Пирротин	Fe <sub>7</sub> S <sub>8</sub>	188
Галенит	Pb S	178,5

Произведение расчетного коэффициента экологической опасности каждого минерала на его концентрацию (процентное содержание) в составе парагенеза определяет вклад минерала в общую величину экологической опасности данного парагенеза, вычисляемую по формуле:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n K_{oi} \cdot K_i, \quad (5)$$

где  $K_{oi}$  - коэффициент экологической опасности каждого минерала парагенеза;

$K_i$  - концентрация (процентное содержание) минерала в составе парагенеза (руды, породы);

$n$  - число учитываемых в парагенезе (руде, породе) минералов

Суммарная величина экологической опасности рудного скопления (месторождения, рудопроявления, залежи и пр.)  $M_o$  соответственно определяется по формуле:

$$M_o = \sum_{i=1}^n Z_{oi} \cdot Q_i, \quad (6)$$

где  $Z_{oi}$  - величина экологической опасности руды данного типа (состава);

$Q_i$  - количество (запасы) руды данного типа (состава) в оцениваемом объекте (месторождении, рудопроявлении, залежи и пр.).



Степень экологической опасности рудных и других минеральных скоплений определяется не только составом (набором) и количественным содержанием присутствующих в них химических элементов (главных, второстепенных, аксессуарных), но и формами нахождения этих элементов - видовым составом и количественным содержанием присутствующих в этих скоплениях минералов, особенно с учетом степени химической неустойчивости, растворимости, и, соответственно, усвояемости каждого из них организмами. С учетом реальных особенностей химического состава минералов в рудах изученных месторождений и величины коэффициента химической неустойчивости минералов  $K_n$  (табл. 7), экологически наиболее опасными в этих рудах являются галенит, пирит и сфалерит (табл. 8).

Таблица 7

Классификация минералов по степени химической неустойчивости

Рудный минерал	$K_n$	Жилый минерал	$K_n$
Пирит	1,40	Кварц	0,41
Сфалерит	1,30	Сидерит	0,34
Арсенопирит	1,27	Мусковит	0,30
Халькопирит	1,21	Хлорит	0,26
Пирротин	1,09	Биотит	0,20
Галенит	1,00	Кальцит	0,10

Таблица 8

Рассчитанная экологическая опасность рудных минералов

Минерал	Месторождение	Коэффициент экологической опасности, $K_{oi}$ , усл. ед.
Галениит	Садонское	2,97
Пирит	Буронское	0,57
Сфалерит	Садонское	0,36
Пирротин	Буронское	0,13
Халькопирит	Старый Цей, Садонское	0,06

Установлено, что более древние месторождения (колчеданно-полиметаллические месторождения Буронской группы), имеющие больше шансов на «пробывание в окислительных условиях» нежели месторождения молодых металлогенических эпох (руды садонского типа и Старого Цея), имеют существенно более высокий суммарный коэффициент экоопасности (табл. 9).

Таблица 9

Рассчитанная экологическая опасность свинцово-цинковых месторождений

Месторождение	Генетический тип	Суммарная величина экоопасности, $M_o$ , усл. ед.
Буронское	Колчеданно-полиметаллическое	321,6
Восточное	Колчеданно-полиметаллическое	129,6
Старый Цей	Полиметаллическое	89,2
Лабагомское	Колчеданно-полиметаллическое	88
Садонское	Полиметаллическое	66,9

Таким образом, на основе использования данных по значениям условных потенциалов ионизации рудных минералов (В.А. Жариков, 1967) и коэффициентов химической неустойчивости минералов и с учетом содержаний присутствующих в них минералообразующих элементов и элементов-примесей, впервые дана оценка экологической опасности рудных минералов и их скоплений свинцово-цинковых месторождений Буронского рудного поля.

**Глава V «Негативное влияние сульфидов на окружающую среду»**-включает себя результаты изучения влияния на состояние природной среды минералого-геохимических особенностей свинцово-цинковых руд Буронского рудного поля.

Интенсивность негативного токсического воздействия минералов на окружающую среду определяется их составом и химической устойчивостью. Это в равной мере касается и первичных руд, и концентратов, и отходов обогатительных фабрик. Что касается сульфидов, то здесь непосредственно связаны между собой их устойчивость к окислению и образование при этом процессе серной кислоты - наиболее активного агента, переводящего тяжелые металлы в подвижные формы (табл. 10). Содержания значительной части примесных элементов в концентратах по сравнению с исходными рудами в ряде случаев увеличивается на порядок и более.

Специфика экологических последствий природного и техногенного загрязнения окружающей среды состоит в комплексности состава загрязняющих веществ, среди которых определяющую роль

играют токсические химические элементы, обычно входящие в состав рудообразующих минералов.

Таким образом, высокая экологическая опасность хвостов определяется экологической опасностью содержащихся в них минералов, их низкой химической устойчивостью и значительными концентрациями в них экологически опасных химических элементов.

В работе предложены рекомендации по рациональному комплексному использованию свинцово-цинковых руд и утилизации отходов их переработки, преследующие, в частности, цель минимизации вредного экологического воздействия природных и техногенных процессов на окружающую среду путем дополнительной флотацией хвостов и получением коллективного сульфидного концентрата (рис. 1).

*Таблица 10*

Содержание примесных элементов в хвостах свинцово-цинковых руд

Элемент	Содержание в руде, г/т	Содержание в свинцовом концентрате, г/т	Содержание в цинковом концентрате, г/т	Содержание в хвостах, г/т
As	572	2143,2	585	240
Sn	346,2	120	72,5	146,5
Mo	4,3	14	3,4	6,6
Ni	3,8	10,2	4,8	19,4
Ga	10,8	0,3	2,5	4,6
Co	67,6	68,3	75	342
Ti	144,1	46,6	90	37

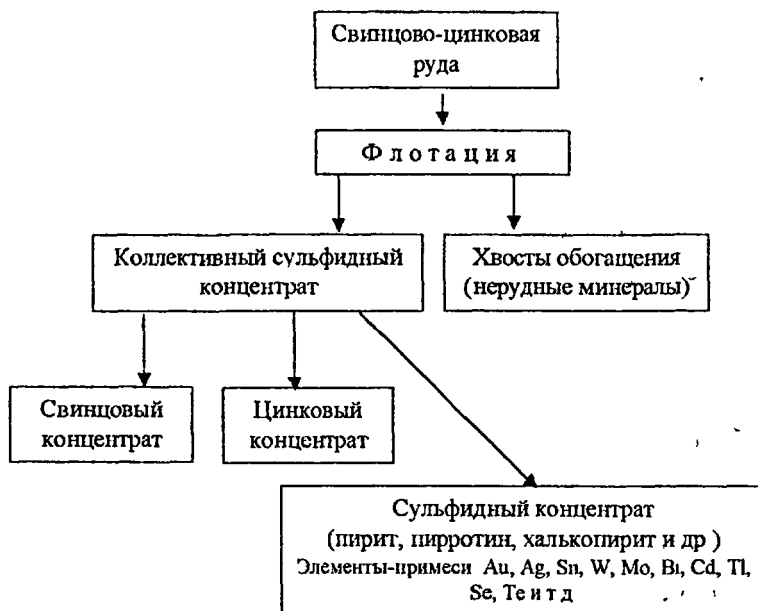


Рис.1. Схема переработки свинцово-цинковых руд

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Существенно детализированы данные о минералогеохимическом составе руд Староцейского месторождения.
- Отмечены характерные особенности руд буронского типа, (колчеданно-полиметаллические руды допалеозойской металлогенической эпохи) и их отличие от руд садонского типа (полиметаллических руд киммерийской металлогенической эпохи).

- Уровень содержания основных и примесных элементов в разновозрастных месторождениях и различных типах руд увязывается с геологическими и термодинамическими условиями образования минералов температурой, глубиной формирования и удаленностью от рудоконтролирующего источника.

- Распределение примесных элементов связано с температурой образования минерала-концентратора. Подобная зависимость обусловлена, скорее всего, большей концентрацией элементов-примесей в рудообразующих растворах при более высоких температурах.

- Расчет показателей относительной обогащенности руд примесными элементами - модулей редкометальности - подтвердил факт того, что наибольшая редкометальность свойственна колчеданно-полиметаллическим месторождениям допалеозойской металлогенической эпохи

- Предложена методика определения экогеохимической опасности рудных скоплений, которая может быть использована, в частности, в работах по определению источников загрязнения почв, пород, подземных и поверхностных вод.

- Полученные результаты в области экогеохимического воздействия природных рудных скоплений на окружающую среду во многих случаях имеют определяющее влияние на особенности природных геохимических полей и степень токсикации внешних геосферных оболочек. Предложенные методические подходы могут найти применение в определении степени экологической опасности минеральных объектов и классификации их по данному признаку, в об-

ласти геоэкологического картирования и в решении вопросов рационального недропользования.

- Предложены рекомендации по рациональному комплексному использованию свинцово-цинковых руд и утилизации отходов их переработки, преследующие, в частности, цель минимизации вредного экологического воздействия природных и техногенных процессов на окружающую среду.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в следующих печатных работах:

1. Хстагуров Г.В., Пухаева З.Э. Некоторые закономерности размещения полиметаллических месторождений Буронского рудного поля // Труды СКГТУ. - Владикавказ: Терек. - 2002. - С. 6 - 8.

2. Хетагуров Г.В., Пухаева З.Э. Минералогические особенности свинцово-цинковых месторождений Буронского рудного поля // Труды СКГТУ. - Владикавказ: Терек. - 2002. - С. 8 - 10.

3. Пухаева З. Э., Хетагуров Г. В., Кодзаев Ю.В. Минералогические особенности руд как один из факторов нарушения экологического равновесия (на примере свинцово-цинковых месторождений Буронского рудного поля) // Перспективы развития горнодобывающего и металлургического комплексов России: Мат. Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 70-летию СКГТУ. - Владикавказ: Терек. - 2002. - С. 8 - 10.

4. Хетагуров Г.В., Пухаева З.Э. Некоторые особенности геохимии полиметаллических руд Буронского рудного поля // Труды СКГТУ. - Владикавказ: Терек. - 2003. - С. 10 - 12.

5. Ачеева Г.В., Пухаева З.Э. Петрографические и петрохимические особенности магматических горных пород Центрального Кавказа // Труды СКГТУ. - Владикавказ: Терек. - 2003. - С. 12 - 14.

04 - 14683

6. Хетагуров Г. В., Пухаева З. Э. К вопросу о негативном влиянии пирротиноносности полиметаллических руд на окружающую среду (на примере свинцово-цинковых руд Горной Осетии) // Труды СКГТУ. - Владикавказ: Терек. - 2003. - С. 15 - 17.

7. Пухаева З.Э. Особенности вещественного состава свинцово-цинковых руд и их влияние на экологическое равновесие на примере месторождений Буронского рудного поля // Труды молодых ученых. - Владикавказский научный центр РАН. - 2003 . - С. 143-148.

8. Пухаева З.Э., Хетагуров Г.В. Особенности вещественного состава свинцово-цинковых руд и их влияние на экологическое равновесие на примере месторождений Буронского рудного поля // Горный информационно-аналитический бюллетень. №1. - Москва: Издательство МГГУ. - 2004. - С. 152 - 153.

9. Пухаева З.Э. Роль коэффициента экологической опасности рудного месторождения при выявлении негативного воздействия руд на экосистемы района // Труды молодых ученых. - Владикавказский научный центр РАН. - 2004 . - С. 167 - 170.

Подписано к печати 15.07.2004 Формат 60x84  $\frac{1}{16}$

Объем 1,0 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 265.

Северо-Кавказский горно-металлургический институт

362021, Владикавказ, ул. Николаева, 44.