

Министерство образования  
Российской Федерации

Государственный комитет РСФСР по делам науки и высшей школы

Сибирский государственный индустриальный университет

Кафедра геологии и геодезии

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ТЕЛ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Лабораторный практикум по курсу «Геология  
и разведка месторождений полезных ископаемых».  
Специальность «Подземная разработка месторождений  
полезных ископаемых» (0902); экономика  
и управление производством  
(горной промышленности и геологоразведки) (060800)

УДК 553 (075.3)

Приведены: промышленная классификация полезных ископаемых, требования промышленности к качеству минерального сырья в зависимости от его состава и областей применения. Изложен порядок выполнения работы. Даны контрольные вопросы и рекомендуемая литература.

Предназначено для студентов специальности «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» (0902), и «Экономика и управление производством (горной промышленности и геологоразведки)» (060800), дневного и заочного обучения.

Рецензент - кафедра разработки пластовых месторождений полезных ископаемых подземным способом (зав. кафедрой В.Н. Фрянов).

Печатается по решению редакционно - издательского совета университета.

## ВВЕДЕНИЕ

Цель работы – изучение вещественного состава, структурно – текстурных особенностей и некоторых свойств полезных ископаемых для оценки их качества, определения кондиционности сырья.

Исходный материал: систематическая коллекция промышленных типов полезных ископаемых, индивидуальные наборы образцов различных типов полезных ископаемых, контрольная коллекция.

Теоретические основы работы. Полезные ископаемые – природные минеральные образования, которые используются в практике в естественном виде или после предварительной обработки путем дробления, сортировки, обогащения для извлечения ценных металлов или минералов. Объектами нашего изучения являются твердые полезные ископаемые, это месторождения элементов или их соединений (железа, золота, меди и др.), кристаллов (драгоценные камни, оптическое сырье), минералов (графит, корунд и др.) и горных пород (известняк, щебень, глина). Изучение вещественного состава руд позволяет определить характер оруденения, выявить их генетические особенности. Эти данные используются при оценке представительности и достоверности геолого-разведочных работ, при обосновании рациональной методики разведки и эксплуатационной разведки и выбора оптимальной схемы обработки проб. По промышленному использованию выделяются металлические, неметаллические и горючие полезные ископаемые. Классификация месторождений наиболее распространенных твердых полезных ископаемых приведена в таблице №1.

Таблица 1

### Промышленная классификация наиболее распространенных полезных ископаемых

Классы	Виды (области промышленного использования)	Полезные минералы и горные породы
--------	--	-----------------------------------

#### Металлические полезные ископаемые

Черные и легирующие металлы	Железо, марганец, хром, титан, ванадий, никель, молибден, вольфрам	Гематит, магнетит, лимонит, пиролюзит, псилометан, хромит, пентландит, молибденит, вольфрамит
-----------------------------	--	---

Цветные и благородные металлы	Медь, цинк, свинец, алюминий, олово, ртуть, золото	Халькопирит, сфалерит, галенит, боксит, нефелин, касситерит, киноварь, золото
-------------------------------	--	---

#### Неметаллические полезные ископаемые

Строительные материалы	Строительные камни (стенные, бутовые, дорожные)	Разнообразные по составу горные породы
	Облицовочные камни	Гранит, мрамор, лабрадорит
	Наполнители бетона	Песок, гравий, щебень
	Цементное сырье	Мергель, известняк, глина
	Каменное литье	Базальт, диабаз
	Стекло-керамическое сырье	Кварц, кварцевый песок, глина
	Минеральные краски	Киноварь, мел, охра
Горнорудное сырье	Флюсы	Кальцит, доломит, флюорит, кварц
	Огнеупоры и теплоизоляторы	Графит, хромит, магнезит, тальк, асбест, слюда, каолинит
	Диэлектрики	Мусковит, флогопит
	Абразивы	Алмаз, корунд, кварц, гранат
	Пьезооптическое сырье	Флюорит, оптический кварц
Горно-химическое сырье	Сырье для химической промышленности	Галит, сильвин, карналлит, барит, флюорит, пирит, самородная сера, пирротин

#### Продолжение таблицы 1

Классы	Виды (области промышленного использования)	Полезные минералы и горные породы
	Агрономическое сырье	Апатит, фосфорит, карналлит, сильвин

Руда - такое полезное ископаемое, из которого технологически возможно и экономически выгодно извлекать содержащиеся в нем химические элементы, соединения элементов или минералы с целью использования их для нужд народного хозяйства. Раньше термин «руда» применялся только для металлических полезных ископаемых (железная, алюминиевая, никелевая руда); в настоящее время он широко используется и для неметаллических полезных ископаемых (графитовая, серная, асбестовая, фосфатная руда).

Являясь природными минеральными образованиями, все полезные ископаемые обладают определенным вещественным (минеральным и химическим составом), структурно-текстурными особенностями, а также некоторым комплексом физических, физико-химических и технологических свойств. Все эти характеристики в общем случае определяют качество полезных ископаемых, которое имеет важнейшее значение для оценки месторождений с целью их промышленного использования.

Качество минерального сырья – это совокупность его свойств, определяющих способность удовлетворять конкретные потребности потребителя. Требования промышленности к качеству минерального сырья находят свое отражение в промышленных кондициях. Определение качества п.и. осложняется крайне разнообразным минеральным и химическим составом, физико - механическими и технологическими свойствами промышленных руд и вмещающих пород. В зависимости от вида минерального сырья изменяются основные компоненты, составляющие понятие его качества. Для подавляющего большинства руд черных, цветных, редких и благородных металлов, определяющими качество является минеральный и химический состав, структуры и текстуры руд, размеры минеральных агрегатов. Качество многих нерудных п.и. почти полностью зависит от их физико-механических свойств.

Качество полезных минералов и кристаллов определяется содержанием полезных минералов и совокупностью показателей, характеризующих их специфические физические свойства, от которых зависят возможности их промышленного использования. Такими свойствами, например, являются: прочность, гибкость, длина волокна для асбеста, размер пластин для слюд; оптические свойства и бездефектность кристаллов для оптического сырья и др. Среди этих свойств, например, для графита, выделяют: пигментные свойства, огнеупорность, электротехнические свойства, теплопроводность, кислотостойкость, зольность. Для месторождений горных пород (строительные материалы и керамическое сырье) качество сырья определяется в основном их техническими свойствами. В частности для глины определяются: пластичность, усадка, пористость, огнеупорность,

способность к набуханию, адсорбционные средства, вспучиваемость и окраска. Требования к качеству горных пород определяют государственные стандарты или технические условия.

Качество полезных горных пород оценивается по совокупности физико-технических свойств, определяем их промышленным назначением. Такими показателями, например, для каменных строительных материалов являются прочность, блочность, декоративность, морозостойкость и др.

Составной частью оценки качества полезных ископаемых для технологических целей является изучение структурно-текстурных особенностей. Так, форма, размеры и способы сочетания минералов в агрегатах определяют оптимальную крупность дробления и измельчения руд для обогащения, обеспечивающую наиболее полное извлечение полезных компонентов в соответствующие концентраты. Трещиноватость значительно снижает качество каменных строительных материалов.

### ЗАДАНИЕ

Описать одну коробку (9 образцов) металлических и неметаллических полезных ископаемых и оценить их качество.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с систематической коллекцией промышленных типов месторождений полезных ископаемых. В образцах систематической коллекции для всех металлических и неметаллических полезных ископаемых, определить основные полезные и сопровождающие минералы.
2. Определить положение в промышленной классификации (см. табл.1) каждого из видов минерального сырья, предложенного в индивидуальном наборе образцов, и назвать его.
3. В образцах рудных металлических и неметаллических полезных ископаемых определить визуально и с помощью бинокля ценные (рудные) и сопровождающие (жильные) минералы и установить их процентное содержание (в объемных процентах).
4. Вычислить весовое содержание ценного (полезного) минерала или полевых минералов в комплексных рудах, в образце по формуле

$$C_i^b = \frac{C_i^o * d_i}{C_i^o * d_i + C_2^o * d_2 + ..... + C_i^o * d_i} * 100\%,$$

где  $C_i^b$  - содержание данного минерала в образце, вес %;  $C_1^o$ ,  $C_2^o$ ,  
..... $C_i^o$  - содержание каждого из минералов в образце, объемные %,  $d_1$ ,  
 $d_2$  .....,  $d_i$  - плотность минералов, г/см<sup>3</sup>.

5. Для металлических, химических и агрономических руд вычислить содержание ценного компонента (металла, элемента, окисла) в образце  $C_k$ , исходя из весового содержания в образце минерала, являющегося носителем данного компонента ( $C_i^b$ ) и известного содержания компонента в чистом минерале ( $C_k^m$ ):

$$C_k = \frac{C_k^m * C_i^b}{100\%}$$

Данные о содержании полезных компонентов в главнейших рудных минералах и их плотности приведены в таблице 2.

6. Для неметаллических полезных ископаемых, которые используются как ценные минералы или кристаллы (графит, асбест, слюда, пьезооптическое сырье и др.), определить некоторые показатели их качества, по которым устанавливаются промышленные кондиции. Например, размер пластин слюды, их деформированность, трещиноватость, наличие включений; длину, гибкость и расщепленность волокна для асбеста, прозрачность, наличие или отсутствия включений, размеры бездефектных зон для кристаллов, алмазов.
7. Сравнить определенные ранее показатели качества с кондиционными, приведенными в таблице 3, и сделать вывод с кондиционности изученных образцов полезных ископаемых.

Таблица 2

## ГЛАВНЫЕ ЦЕННЫЕ И СОПУТСТВУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ РУД

Название полезного компонента	Название минерала, руды	Формула минерала	Содержание полезного компонента, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>
Алюминий	Боксит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	36-47	3,0
	Каолинит	$\text{Al}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_4$	до 22	2,6
	Нефелин	$\text{NaK}[\text{AlSiO}_4]$	33	3,0
Барит	Барит	$\text{BaSO}_4$	58	4,3
Вольфрам	Вольфрамит	$(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{WO}_4$	60	7,0
	Шеелит	$\text{CaWO}_4$	68	
Железо	Магнетит	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	72	5,2
	Гематит	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	70	5,2
	Лимонит	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	55	4,0
	Сидерит	$\text{FeCO}_3$	30	
Калий	Сильвин	$\text{KCl}$	52	2,0
	Карналлит	$\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2$	14,1	1,6
Магний	Карналлит	$\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2$	9	1,6
	Магнезит	$\text{MgCO}_3$	29	3,0
Марганец	Пиролюзит	$\text{MnO}_2$	63	4,8
	Псиломелан	$\text{MnO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	40-60	4,7
	Родокольпит	$\text{MnCO}_3$	50	3,7
Медь	Азурит	$\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2[\text{OH}]_2$	55	3,8
	Малахит	$\text{Cu}_2[\text{CO}_3][\text{OH}]_2$	57	4,0
	Халькозин	$\text{Cu}_2\text{S}$	80	5,7
	Халькопирит	$\text{CuFeS}_2$	35	4,2
Молибден	Молибденит	$\text{MoS}_2$	60	4,8
Мышьяк	Арсенопирит	$\text{FeAsS}$	46	6,0
Ртуть	Киноварь	$\text{HgS}$	86	8,1
Свинец	Галенит	$\text{PbS}$	87	7,5
Сера	Сера самородная	$\text{S}$	100	2,0
	Пирит	$\text{FeS}_2$	53	5,2
	Пирротин	$\text{FeS}$	57	4,6
Титан	Ильменит	$\text{TeTiO}_3$	$\text{TiO}_2 - 52$ $\text{FeO} - 48$	4,8
Фосфор	Фосфорит	Смесь минералов фосфора $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3 (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	5-35 20	3,0 3,2
	Апатит			



Фтор	Флюорит	$\text{CaF}_2$	49	3,2
Хром	Хромит	$\text{FeCr}_2\text{O}_4$	47	4,4-4,8
Цинк	Сфалерит	$\text{ZnS}$	67	3,8

#### Неметаллические полезные ископаемые

Ангидрит	$\text{CaSO}_4$	3,0
Асбест	$\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	2,0
Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2,3
Гранат	$(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca})_3$	4,0
Графит	$(\text{Al}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]_3$	2,6
Диопсид	$\text{C}$	3,4
Доломит	$(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$	2,9
Кальцит	$\text{Ca}, \text{Mg}(\text{CO}_3)_2$	2,7
Кварц	$\text{SiO}_2$	2,6
Каолинит	$\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})$	2,6
Корунд	$\text{Al}_2\text{O}_3$	4,0
Мусковит	$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	3,0
Ортоклаз	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	2,6
Сerpентин	$\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	2,5

8. Для полезных ископаемых, относящихся к группе строительных материалов и используемых как полезные горные породы, определить:

- название горной породы, ее генетический тип (магматическая, осадочная или метаморфическая);
- направление промышленного использования (с помощью таблицы 1);
- текстуру и структуру;
- трещиноватость, выветрелость;
- цвет, декоративность (для облицовочных материалов) (табл.4).

Результаты изучения металлических и неметаллических руд полезных ископаемых оформляются в виде таблицы 5 «Пример выполнения лабораторной работы»

Таблица 3

**ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ К КАЧЕСТВУ  
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РУДЫ,  
АГРОХИМИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ**

Полезное ископаемое	Типы руд	Полезный компонент	Содержание полезного компонента в рудах, %			Лимит на вредные примеси, специальные требования, %
			бедные	рядовые	богатые	
Алюминий	Бокситы Нефелиновые руды	$Al_2O_3$ $Al_2O_3$	28-35 35-40	>40	17.0	$\frac{Al_2O_3}{SiO_2} \geq 2$ $P_2O_5 \leq 0.5$ ; S-0.2; CaO-0.1; $K_2O+Na_2O \leq 7.0$
Вольфрам		$WO_3$	0.5-1	1-3	>3	TiO <sub>2</sub> ; V, Fe, FeO до 7 P-0.05; S-0.05; Sn-0.2
Железо	Магнетит-гематитовые руды	Fe	46-50	50-60	>60	P-0.2; S-0.2; As-0.07; Pb-0.1; Zn-0.1
	Лимонитовые руды	Fe	37-50	40-50	>50	
	Сидеритовые руды	Fe	30-35	35-40	>40	
Калий	Сильвинит	$K_2O$	16-20	20-40	>40	
Марганец	Окислые руды	Mn	17-22	22-30	>30	P-0.16; SiO <sub>2</sub> -9
	Карбонатные руды	Mn	13-20	20-30	>30	
Медь	Монометаллические руды	Cu	0.7-2	2-3	>3	Zn-2.0; Pb-2.5 (в концентратах)
	Комплексные руды (CO-Ni; Cu-Mo; Cu-Al)	Cu				
Молибден	Молибденовые руды	Mo	0.05-0.1	0.1-0.3	>0.3	P-0.02; SiO <sub>2</sub> -0.3; As-0.03
Ртуть	Ртутные руды	Hg	0.1-0.3	0.3-0.5	>0.5	Сульфиды Fe, Cu, As, Sb

Свинец Цинк	Монометалль ные руды	Zn	2-3	3-4	>4	Fe-4; SiO <sub>2</sub> -2; Cu-09
	Комплексны е руды	PbZn	2-4	4-7	>4 >7	
Фосфат ные руды	Апатит Фосфорит	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6-10	10-16	>16	$\frac{MgO}{P_2O_5} * 100 \leq 5.8$ CO <sub>2</sub> ; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; FeO
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3-6	6-10	>10	
Титан	Титан, ильменитовы е руды	Ti	10-15	15-20	>20	$\frac{Cr_2O_3}{SiO_2} > 2.5$ Cr; P; S
Хром	Хромитовые руды	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32-35	35-40	>40	P-0.07; S-0.05

Таблица 4

## ГОРНОРУДНОЕ СЫРЬЕ

Полезный минерал	Область использования или типы руд	Min содержание, %	Специальные требования
Асбест	Текстильный	3	Длина волокна более 8мм Длина волокна более 2-8мм Длина волокна 0,2-2мм
	Шиферный	3	
	Строительный	5	
Барит	Глинисто-баритовый	20	SiO <sub>2</sub> <1.5-4.5 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <0.5-2.5
	Кварц-баритовый	35	
Галит	Пищевая промышленность Антисептик Производство пластмасс	80	
Гипс	Строительство Гипсование почв Медицина		
Графит	Смазочный материал Атомная промышленность Машиностроение	3-15 60	(полнокристаллический) (скрытокристаллический)
Диопсид	Огнеупор Поделочный камень	Более 80	Si, Mn, V
Кальцит	Флюс Строительный материал Оптика		
Корунд	Абразив Огнеупор Фарфоровое производство	>59 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> более 54	SiO <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O >0.5
Кварц	Флюс Оптика Строительство (динас)	SiO <sub>2</sub> >98.5 >94	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Серпентин	Огнеупор Поделочный камень		
Тальк	Литейное		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> до 6-8%

	производство Керамика Химия Производство бумаги	85 80 70	CaO до 0,5-0,8
Ортоклаз	Керамика Изоляторы	60	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 18 Щелочи до 14 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> до 0,2
Цеолит	Адсорбент Ионообменник		
Флюорит	Флюс в металлургии Химическая промышленность Стекольная промышленность	80 98 95	SiO <sub>2</sub> , BaSO <sub>4</sub> CaO<1; SiO <sub>2</sub> <1 SiO <sub>2</sub> <3; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <1
Слюда	Диэлектрики Теплоизолятор	5	
Каолинит	Керамика Производство бумаги Огнеупор		

Таблица 5

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

№ об- ра- зца	Полезные минералы, химический состав, плотность	Содержание минерала, %		Содержание металла (элемента), %		Показател и качества для металлич еских полезных ископаем ых	ко нд иц ии	ВЫВОД Ы
		Объемный %	Весовой %	в минерале	в образце			
1	Галенит PbS d=7.5	4.0	10.2	Pb-86.6	Pb-8.8		>4	Руда кондицио нная, богатая
2	Асбест Mg <sub>6</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ] [OH] <sub>8</sub>	5.0	4.1			Длина волокна 12мм	Бол ее 3- 5%	Кондицио нный, строитель ный материал
3	Киноварь HgS	3.0	8.7	Hg-86	Hg-7.5		> 0.5	Богатая, кондицио нная руда

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое полезное ископаемое, руда?
2. Как разделяются полезные ископаемые по промышленному принципу?
3. Что такое качество полезных ископаемых?
4. Какие показатели определяют качество металлических полезных ископаемых?
5. Какие показатели определяют качество горно-химического и горнорудного сырья?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лабораторный практикум по курсу «Геологоразведочные работы». Учебное пособие. Авторы: Шпайхер Е.Д., Епифанцев О.Г., Салихов В.А. Новокузнецк. СибГИУ, 2001
2. Шпайхер Е.Д., Салихов В.А. Месторождения полезных ископаемых и их разведка. Новокузнецк, 2001
3. Геолого-маркшейдерское управление качеством и запасами минерального сырья: Учебное пособие. В.В. Ершов, В.А. Ермолов, Е.Д. Шпайхер. М.: МГИ, 1989

Составитель:  
Шпайхер Е.Д.

## ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Лабораторный практикум по курсу «Геология и разведка МПИ»  
для студентов специальности «Подземная разработка месторождений  
полезных ископаемых» (0902) и по курсу «Геологоразведочные работы»  
для студентов специальности (060800) «Организация и управление  
производством (в горной промышленности и геологоразведке)

Утверждены на заседании кафедры геологии и геодезии 11 октября  
2001., протокол №, и одобрено редакционной комиссией факультета

---

Подписано в печать 1.03.2001г. Формат бумаги 60x84 1/16  
Усл.печ.л. 0,8. Уч.-изд.л. 0,9. Тираж 100 экз. Заказ

---

Сибирский государственный индустриальный университет, 654002, г.  
Новокузнецк,  
ул. Кирова, 42  
Издательский центр СибГИУ