

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева»

Л.Н. Меркушева

**Основы горного дела  
(основы обогащения и переработки  
полезных ископаемых)**

**Методические указания к лабораторным работам**

Рекомендовано учебно-методической комиссией  
специальности 130400.65 «Обогащение полезных  
ископаемых» в качестве электронного издания  
для использования в учебном процессе

Кемерово 2013

Рецензенты:

Удовицкий В. И. – председатель учебно-методической комиссии специализации 130406.65 «Обогащение полезных ископаемых»

**Меркушева Людмила Николаевна. Основы горного дела (основы обогащения и переработки полезных ископаемых).** [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным занятиям для студентов специальности 130400.65 «Горное дело», специализации 130406.65 «Обогащение полезных ископаемых» всех форм обучения» / Л. Н. Меркушева – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2013. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ; Windows 2003; мышь. – Загл. с экрана.

© КузГТУ

© Л. Н. Меркушева

Выписка из рабочей программы дисциплины:

**4.2. Лабораторные занятия**

№ не-дели	№ разде-ла	Наименование работы	Объем в часах	
			ОФ	ЗФ
5	4, 5, 6	<b>Текущий контроль</b> (контрольные вопросы по теории и решение практических задач по темам лекций № 1 – 3). Инструктаж по охране труда при работе в лаборатории. <b>Лабораторная работа № 1.</b> Исследование влияния угла наклона просеивающей поверхности плоскокачающегося грохота на эффективность процесса грохочения.	4	4
6	4.1 4.2	<b>Лабораторная работа № 2.</b> Исследование влияния размера разгрузочной щели щековой дробилки на ее производительность и степень дробления.	4	
7	4.3	<b>Лабораторная работа № 3.</b> Исследование влияния напряженности магнитного поля в индукционно-роликовом сепараторе на эффективность извлечения магнитной фракции из исходной руды.	4	
8	5.4	<b>Лабораторная работа № 4.</b> Изучение конструкции и принципа действия флотационной машины. Изучение методики проведения флотационных опытов.	4	4
9	5.5	<b>Текущий контроль</b> (защита лабораторных работ, контрольные вопросы по темам лекций № 4 – 5.1) <b>Лабораторная работа № 5.</b> Исследование влияния флокулянтов на ско-	4	4

**Лабораторная работа № 5.** Исследование влияния флокулянтов на ско-

№ недели	№ раздела	Наименование работы	Объем в часах	
			ОФ	ЗФ
		рость осаждения угольных шламов.		
10	5, 6	<b>Лабораторная работа № 5.</b> Исследование влияния флокулянтов на скорость осаждения угольных шламов.	4	
11	6.1	<b>Лабораторная работа № 6. Часть I.</b> Изучение методики работы на концентрационном столе. Влияние угла наклона деки и расхода воды на параметры разделения.	4	
12	6. 2	<b>Лабораторная работа № 6. Часть II.</b> Изучение методики работы на концентрационном столе. Влияние угла наклона деки и расхода воды на параметры разделения.	4	
13		<b>Текущий контроль</b> (защита лабораторных работ по контрольным вопросам по темам лекций № 6.1 – 6.3; 5.1)	2	
<b>ВСЕГО</b>			<b>34</b>	<b>12</b>

#### 4.4. Распределение трудоемкости изучения дисциплины по видам аудиторной и самостоятельной работы студента

Недели семестра	Вид учебной работы					
	Аудиторная 2,17 ЗЕ			Самостоятельная 1,6106 Е		
	Лк = 1,4444		Лз = 0,945		Лзп	Дз
	Посещ.	ТК	Посещ.	ТК	Выполнено	Выполнено
1	*)	0,085				
2	*)	0,085				
3	*)	0,0850				
4	*)	0,0850			–	–
5 Текущий кон-	*)	0,0850	Т			

троль						
6	*)	0,0850	*)	0,189	0,3000	0,5716
7	*)	0,0850	*)	0,0945		
8	*)	0,0850	*)	0,189		
9 Текущий контроль	*)	0,0850	Г		Да/Нет	Да/Нет
10	*)	0,0850	*)	0,189	0,3000	0,439
11	*)	0,0850	*)	0,0945		
12	*)	0,0850	*)	0,189		
13 Текущий контроль	*)	0,0850	Г		Да/Нет	Да/Нет
14	*)	0,0850				
15	*)	0,0850				
16	*)	0,0850				
17	*)	0,0850				
Итого		1,4444		0,945	0,6	1,0106
Промежуточный контроль	Экзамен					

## Лабораторная работа № 1

Определение технологических показателей работы грохота

**Цель работы.** Изучение принципа действия и конструкцию плоскокачающегося грохота, и определить влияние угла наклона просеивающей поверхности грохота на эффективность его работы и на производительность.

Полезные ископаемые после их добычи или (дробления) представляют собой массу материала, состоящую из кусков (зерен) различной формы и самых различных размеров (от долей микрометра до сотен миллиметров). Результаты анализа материала по крупности дают возможность определить его гранулометрический состав, эффективность работы грохотов, классификаторов, дробилок и мельниц, необходимую крупность измельчения материала для эффективного раскрытия рудных и нерудных ми-

нералов, ряд других важных показателей и параметров технологических процессов на обогатительных фабриках.

**Грохочение** – процесс разделения полезного ископаемого на продукты различной крупности (классы) с помощью просеивающих поверхностей с калибровочными отверстиями, называемыми ситами: колосниковые решета, листовые решета, решета из резины, струнные сита, шпальтовые сита, проволочные сита. При этом в зависимости от количества сит получается два или более продуктов отсева. Аппараты, на которых осуществляется процесс грохочения, называются грохотами. Материал, поступающий на грохочение, называется **исходным**, прошедший через сито – **подрешетным**, или **нижним** и обозначается знаком – (минус), а оставшийся на верхнем сите – **надрешетным**, или **верхним** – обозначается знаком + (плюс). Продукты, выделяемые при грохочении, принято характеризовать размерами максимального и минимального зерна в соответствующих классах.

Операцию грохочения осуществляют сухим и мокрым способом. Сухое грохочение проводят при содержании внешней влаги в исходном материале до 5 %, большее содержание влаги вызывает слипание мелких частиц и прилипание мелочи к крупным кускам, в результате мелкие частицы не проходят через отверстия и остаются в надрешетном продукте. При мокром грохочении вода размывает материал, поступающий на грохот и уносит глинистые и мелкие зерна через отверстия просеивающей поверхности, что способствует увеличению эффективности грохочения.

Основное назначение процесса – наиболее полное отделение мелкого подрешетного продукта, но для этого необходимо, чтобы зерно попадало к отверстию сита отдельно от других зерен со скоростью равной или близкой к нулю, и в направлении, перпендикулярном плоскости отверстия. В действительности же эти условия одновременно выполнить невозможно, так как существует много факторов препятствующих полному выделению мелкого класса в подрешетный продукт, поэтому часть мелких зерен остается в надрешетном продукте грохота, т.е. точного разделения по крупности не происходит. Качественной оценкой технологических результатов грохочения (полноты отделения мелкого материала от крупного) служит **показатель эффективности грохочения, который определяют отношением массы просеянного**

**подрешетного продукта к массе нижнего (подрешетного продукта) в исходном материале.**

Эффективность грохочения зависит от конструкции грохота и параметров его работы, а также от свойств рассеиваемого материала: соотношения мелких и крупных зерен, формы зерен, наличия трудногрохотимых зерен и т. д., влаги, наличия глинистых веществ, количества материала, подаваемого на грохочение.

В реальных условиях непрерывного процесса на обогатительных фабриках эффективность грохочения рассчитывают по «засорению» надрешетного продукта нижним классом, т.е. по содержанию мелочи в исходном и в надрешетном продуктах. В этом случае используют формулу:

$$E = \frac{\alpha - \beta}{\alpha(100 - \beta)} \cdot 10^4, \quad (1.1)$$

где  $E$  – эффективность грохочения, %;  $\alpha$  – содержание мелочи (подрешетного класса) в исходной пробе, % (определяют рассевом вручную на контрольном сите или трехкратным грохочением исходного материала при горизонтальном положении сита грохота,  $0^\circ$ );  $\beta$  – содержание нижнего класса в надрешетном продукте, %.

**Оборудование и материалы:** плоскокачающийся грохот, пробы зернистого материала массой до 3 кг, технические весы и разновесы, секундомер или часы с секундной стрелкой.

### **Порядок проведения работы**

1. Изучить конструкцию и принцип действия плоскокачающегося грохота и выполнить его эскиз.

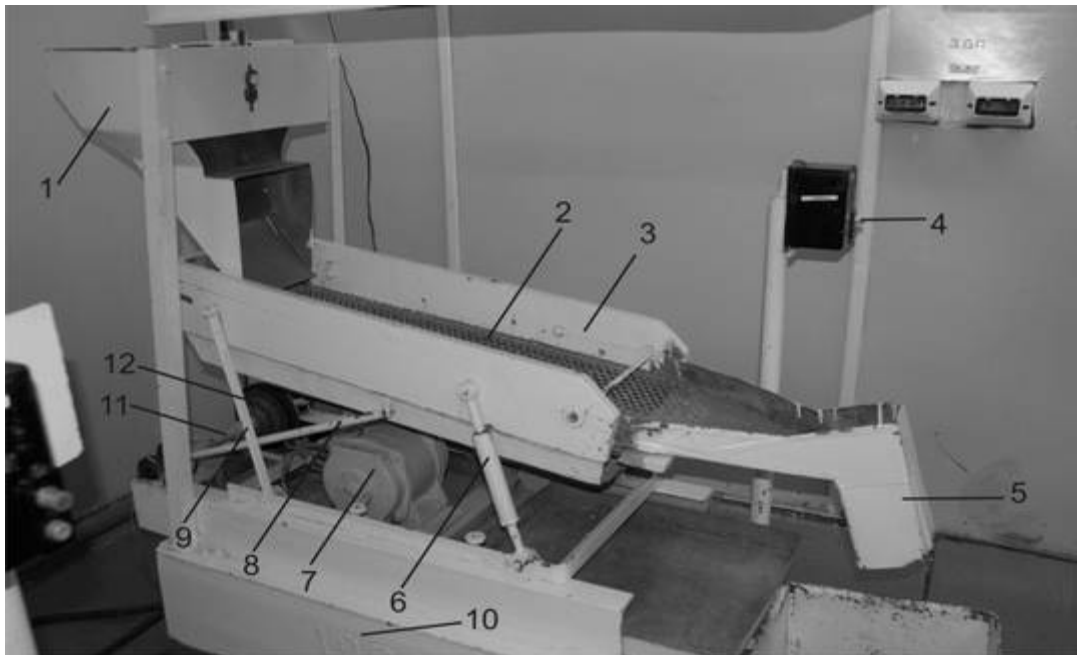


Рис. 1. Схема конструкции плоскокачающегося грохота:

1 – загрузочный бункер; 2 – просеивающая поверхность; 3 – короб грохота; 4 – пускатель; 5 – разгрузочный желоб; 6 – винтовой регулятор угла наклона; 7 – электродвигатель; 8 – жесткая кинематическая передача; 9 – стойка; 10 – фундамент; 11 – горизонтальный вал с эксцентриками; 12 – шкив привода клиноременной передачи

2. Определить влияние угла наклона сита грохота на эффективность грохочения (**углы наклона просеивающей поверхности и масса пробы задается преподавателем**).

Провести разделение пробы материала на два класса крупности, определяя при этом время грохочения. Надрешетный и подрешетный продукт предыдущего опыта объединить и использовать при следующем опыте.

Полученные надрешетный и подрешетный продукты взвесить, определить их выход в процентах от исходного продукта. Результаты занести в табл. 1.1.



**Массу мелкого класса в надрешетном продукте определяют по разнице масс мелкого класса в исходной пробе и подрешетного продукта, полученного после грохочения.**

Эффективность грохочения определяют для каждого угла наклона сита по формуле:

$$E = \frac{\alpha - \beta}{\alpha(100 - \beta)} \cdot 10^4, \quad (1.1)$$

3. Определить удельную производительность грохота для каждого опыта по формуле:

$$Q_{\text{уд}} = \frac{G}{St}, \quad (1.2)$$

где  $Q_{\text{уд}}$  – удельная производительность т/(м<sup>2</sup>·ч);  $G$  – масса пробы, т;  $S$  – площадь сита грохота определяют замером параметров просеивающей поверхности, м<sup>2</sup>;  $t$  – время грохочения, ч.

4. Построить график зависимости производительности и эффективности грохочения от угла наклона просеивающей поверхности.

5. Сделать выводы по работе, в которых указать, как влияет угол наклона просеивающей поверхности на технологические параметры: эффективность и производительность.

### Результаты процесса грохочения

Таблица 1.1

Исходный продукт		Угол наклона, град	Время грохочения, с	Подрешетный продукт		Надрешетный		
Масса мелочи, г	Содержание мелочи, %			Выход		Выход		Масса мелочи, г
				г	%	г	%	

### Вопросы для самостоятельной подготовки

1. Классификация грохотов.

2. Факторы, влияющие на эффективность грохочения, зависящие от конструктивных особенностей грохотов.
3. Влияние качества исходного сырья на эффективность грохочения.
4. Виды грохочения по технологическому назначению и крупности.
5. Просеивающие поверхности грохотов.
6. Гранулометрический состав полезного ископаемого, методы его определения.
7. С какой целью используется предварительное грохочение?
8. Последовательность выделения классов при грохочении.
9. Факторы, влияющие на срок службы просеивающей поверхности грохотов.

## **Лабораторная работа № 2**

Определение производительности, степени дробления и гранулометрического состава дробленого продукта щековой дробилки

**Цель работы.** Изучить принцип действия и конструкции щековой дробилки. Определить ее производительность, степень дробления и характеристику крупности дробленого продукта.

Дробление и измельчение при обогащении служат операциями подготовки сырья и предназначаются для разъединения (раскрытия) зерен различных минералов. Чем полнее раскрываются (освобождаются один от другого) минералы при дроблении и измельчении, тем успешнее осуществляется последующее обогащение полезного ископаемого. Дробление и измельчение – процессы разрушения кусков (зерен) полезных ископаемых на более мелкие под действием внешних сил, преодолевающих внутренние силы сцепления частиц твердого вещества. Между дроблением и измельчением нет принципиальных различий. Условно принято считать, что при дроблении получают продукт с размером максимальных зерен более 5 мм, а при измельчении – менее 5 мм.

Дробление также широко применяется в различных отраслях промышленности: в строительстве – подготовка строительных материалов: щебня, гравия; в металлургии – для дробления шихтовых материалов (флюсов): доломитов, известняков; для дробления угля перед коксованием на коксохимических предприятиях.

На обогатительных фабриках дробление и измельчение руд обычно производят последовательно в несколько приемов (стадий), т. к. получить необходимую степень дробления для полного раскрытия минерала в одной дробильной машине не представляется возможным. Оценка результатов дробления и измельчения производится по степени дробления (измельчения) и эффективности работы дробилок (мельниц).

**Степенью дробления (измельчения) называют отношение диаметра максимального куска до дробления к диаметру максимального куска после дробления (измельчения)**

$$i = \frac{D_{\max}}{d_{\max}}, \quad (2.1)$$

где  $i$  – степень дробления;  $D_{\max}$  – размер максимальных кусков в исходном материале, мм;  $d_{\max}$  – размер максимальных кусков в дробленном материале, мм.

Дробилки, применяемые на обогатительных фабриках, по механико-конструктивным признакам и основному методу дробления разделяют на щековые, конусные, валковые и дробилки ударного типа.

Основные технологические параметры дробилок: угол захвата, частота качаний, производительность дробилки и потребляемая мощность.

**Оборудование и материалы:** лабораторная щековая дробилка со сложным качанием щеки; тахометр; набор стандартных лабораторных сит с размером ячейки 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5 мм; линейка и кронциркуль; технические весы, разновесы; секундомер; механический встряхиватель; пробы руды.

## Порядок выполнения работы

1. Изучить принцип действия и конструкцию щековой дробилки (рис. 2.1).

2. Определить фактическую производительность щековой дробилки.

В желоб, установленный одним концом на неподвижную щеку дробилки, засыпать определенное количество руды. Затем запустить дробилку, желоб наклонить, и руду ссыпать непрерывным потоком в дробилку. Необходимо, чтобы руда в рабочем пространстве была всегда, но полностью его не заполняла, так как щековая дробилка не может работать «под завалом». Время начала и окончания дробления заметить по секундомеру.

Действительную производительность определить, измеряя массу дробимого материала в единицу времени:

$$Q = \frac{G}{t}, \quad (2.2)$$

где  $Q$  – производительность дробилки, т/ч;  $G$  – количество (масса) материала, т;  $t$  – время дробления, ч.

Для изучения влияния размера щели на производительность и степень дробления приготовить две пробы по 1 – 2 кг.

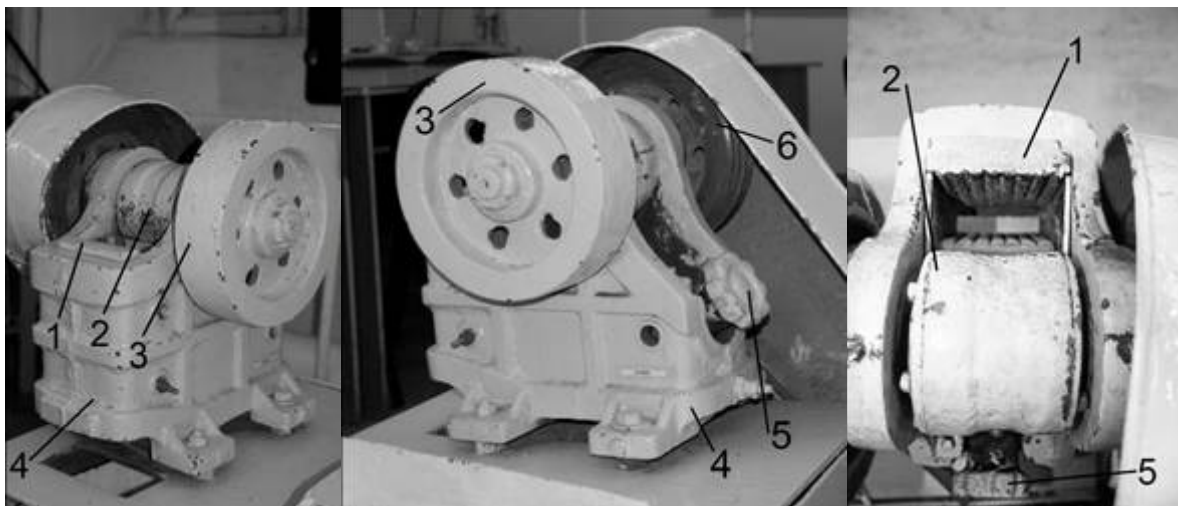


Рис. 2.1. Схема конструкции ЩДС:

1 – неподвижная щека; 2 – эксцентрик с подвижной щекой; 3 – маховик; 4 – корпус дробилки; 5 – винт для регулировки ширины выпускной щели; 6 – шкив привода клиноременной передачи

### 3. Определить степень дробления.

Для определения этой величины из исходных проб отбирают три визуально максимальных по крупности куска. Размер куска определяют по трем взаимно перпендикулярным направлениям:

$$\dot{A}_{\text{н\ddot{o}}} = \frac{a+b+c}{3}, \quad (2.3)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – размер куска в трех измерениях (средний диаметр трех максимальных кусков в каждой пробе после дробления определяется аналогично определению размера куска в исходной руде). Результаты опытов заносятся в табл. 2.1.

### Результаты процесса дробления

Таблица 2.1

№ опыта	Размер щели, мм	№ измерений	Размер зерна, мм								
			до дробления				после дробления				
			$a$	$b$	$c$	$D_{\text{ср}}$	$a$	$b$	$c$	$d_{\text{ср}}$	
1		1									
		2									
		3									
Итого			$D_{\text{max}}$				$d_{\text{max}}$				

**Пробы материала дробить при различных размерах разгрузочной щели, задаваемых преподавателем. Размер щели замерить свинцовым шариком (пластилином).**

Максимальный размер (мм) зерен до и после дробления определить по формулам:

$$D_{\max} = \frac{D_i}{n}; \quad (2.4)$$

$$d_{\max} = \frac{d_i}{n}, \quad (2.5)$$

$D_i, d_i$  – размеры зерен, определяемые по трем взаимно перпендикулярным направлениям, соответственно до и после дробления, мм;  $n$  – число измеряемых зерен.

4. Определить гранулометрический состав дробленого материала.

**Количественное соотношение массовых долей зерен различной крупности, входящих в состав полезного ископаемого, называют гранулометрическим составом.**

Для определения гранулометрического состава дробленые продукты рассеивают на ситах с размером ячеек 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5 мм.

Определение гранулометрического состава заключается в разделении массы полезного ископаемого на классы, ограниченные узкими пределами крупности.

Гранулометрический состав дробленого продукта определяют ситовым методом. Выбор сит в каждом конкретном случае зависит от требований и целей исследования. Продолжительность ручного просеивания – 2 минуты. Пробу просеивают сухим или мокрым способом.

Навеску руды после дробления подвергают рассеву на ряд классов с помощью набора стандартных сит. Сита устанавливают одно над другим, сверху вниз, от крупных размеров ячеек к мелким. Дробленный продукт засыпают на верхнее сито, и весь набор сит встряхивают вручную или на механическом встряхивателе, после чего каждое сито последовательно (начиная с верхнего) отделяют от набора. Надрешетный продукт каждого сита дополнительно просеивают вручную над последующим нижним ситом для контроля отсева и затем взвешивают на технических весах для определения его выхода.

Результаты взвешивания каждого класса заносят в табл. 2.2.

## Результаты ситового анализа

Таблица 2.2

Класс крупности, мм	Выход		Суммарный выход	
	г	%	по плюсу	по минусу
+ 10				
-10 + 7				
-7 + 5				
-5 + 3				
-3 + 2				
-2 + 1				
- 1 + 0,5				
- 0,5 + 0				
Итого		100,0		

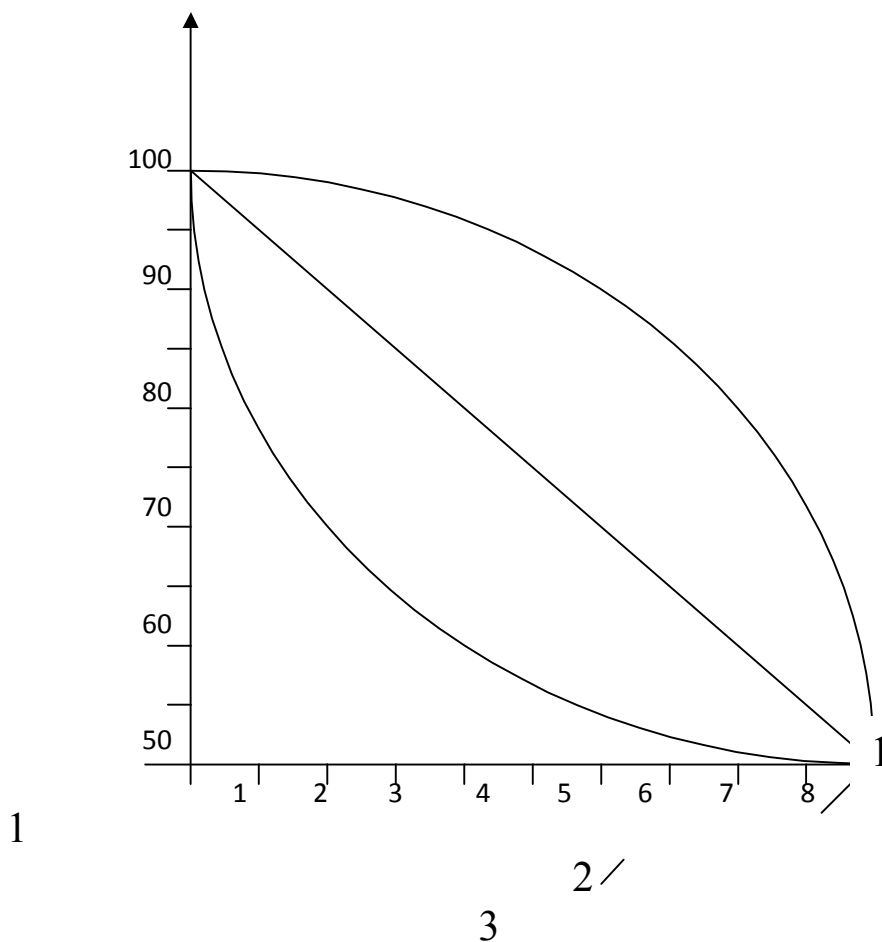
Выход каждого класса крупности от массы исходной пробы определяют по формуле:

$$\gamma_i = \frac{Q_i}{Q_{\text{исл}}}, \quad (2.6)$$

где  $\gamma_i$  – выход каждого класса, %;  $Q_{\text{исл}}$  – масса исходной пробы, кг;  $Q_i$  – масса данного класса крупности, кг.

Суммарный выход классов крупности по плюсу рассчитывают последовательным сложением выходов отдельных классов, начиная с наиболее крупного класса (сверху вниз), суммарный выход классов по минусу – сложением выходов отдельных классов, начиная с наиболее мелкого класса (снизу вверх).

На основании данных табл. 2.2 строят суммарные характеристики крупности в прямоугольной системе координат.



Размер отверстий, мм

Рис. 2.2. Характеристика крупности материала:

1 – в материале преобладают крупные классы зерен; 2 – распределение материала по классам крупности равномерное; 3 – в материале преобладают мелкие классы

### **Вопросы для самостоятельной подготовки**

1. Какие дробилки вы знаете, и какие способы дробления в них осуществляются.
2. Характеристика подготовительных процессов, предшествующих обогащению.
3. Методы определения гранулометрических характеристик дробленого продукта.



4. Для каких целей применяются операции дробления на обогатительных фабриках (угольных, рудных)?
5. Что такое степень дробления частная и общая?
6. Достоинства и недостатки щековой дробилки.

### **Лабораторная работа № 3**

#### **Магнитное обогащение слабомагнитных руд на индукционно-роликовом сепараторе**

**Цель работы.** Ознакомиться с технологией сухой магнитной сепарации слабомагнитных руд и сравнить качественно-количественные показатели при различных режимах сепарации.

**Общие сведения.** Магнитное обогащение полезных ископаемых основано на различии в магнитных свойствах разделяемых компонентов. Основным физическим свойством, определяющим поведение частиц в магнитном поле, является магнитная восприимчивость (способность вещества или тела намагничиваться под воздействием внешнего магнитного поля). Процессы магнитного обогащения находят применение при переработке руд черных, редких и цветных металлов.

Важность рассматриваемого метода трудно переоценить: для одних руд, например сильномагнитных, магнитный метод обогащения является основным и единственным, для других (например, редкометалльных) только комбинация гравитационного, электрического и магнитного методов позволяет разделить руду на мономинеральные концентраты высокого качества.

Полезные ископаемые на основании возможности разделения по магнитной восприимчивости при существующем уровне техники и технологии условно делятся на:

**сильномагнитные** –  $\chi > 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг}$ , к ним относятся магнетит, пирротин, франклинит, маггемит, титаномagnetит и др. Эти минералы извлекаются на магнитных сепараторах с полем слабой напряженности ( $H = 1500 \text{ Э}$ ,  $1 \text{ Э} = 79,6 \text{ А/м}$ );

**слабомагнитные** –  $1,26 \cdot 10^{-7} < \chi < 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг}$ , к ним относятся многие минералы, например вольфрамит, гранат, биотит,

гематит. Минералы этой группы извлекаются на магнитных сепараторах с полем высокой напряженности ( $H = 4000\text{--}17000$  Э);

*немагнитные* –  $\chi < 1,26 \cdot 10^{-7}$  м<sup>3</sup>/кг, к ним относят кварц, полевошпат, кальцит, касситерит, а также диамагнитные ( $\chi < 0$ ) – цинк, медь, золото, серебро, кремний и др. Минералы этой группы магнитными методами не обогащаются.

Осуществляется магнитное обогащение в магнитных сепараторах. При движении материала через рабочую зону сепаратора под воздействием магнитной силы минералы с различными магнитными свойствами перемещаются по различным траекториям, что позволяет выделить магнитный и немагнитный продукт. На частицы материала, кроме магнитной силы, действует целый ряд механических сил – силы тяжести и сопротивления среды, силы молекулярного сцепления, центробежная сила. Чем больше различаются минералы по величине магнитной восприимчивости, тем легче происходит их разделение в магнитном поле. Процесс разделения называется мокрой или сухой магнитной сепарацией в зависимости от того, в какой среде он осуществляется (водной или воздушной).

Известны три способа разделения частиц по магнитным свойствам: отклонение магнитных частиц (общий поток материала проходит мимо магнита, разделяясь на два), удержание (при направлении общего потока перпендикулярно барабану) и извлечение (при прохождении потока материала под рабочим органом).

Выбор типа и режима работы сепараторов зависит от магнитных свойств перерабатываемой руды. По магнитным свойствам судят также о качестве продуктов обогащения.

Магнитные системы большинства сепараторов неподвижны и отделены от рабочего пространства транспортирующей магнитный продукт поверхностью (барабан, валок, лента, диск), магнитное поле проходит через эту поверхность, рассеиваясь в рабочем пространстве и за ним. Наиболее распространены барабанные сепараторы.

**Оборудование и материалы.** Лабораторный индукционно-роликовый сепаратор сухого обогащения с сильным магнитным

полем и режимом извлечения (подача исследуемого материала осуществляется под ролик), магнит постоянный, пробы сильномагнитной руды массой не менее 200 г каждая; весы лабораторные с разновесами; емкости, совки.

### Порядок выполнения работ

1. Изучить конструкцию лабораторного магнитного сепаратора и начертить его схему (рис. 3.1).

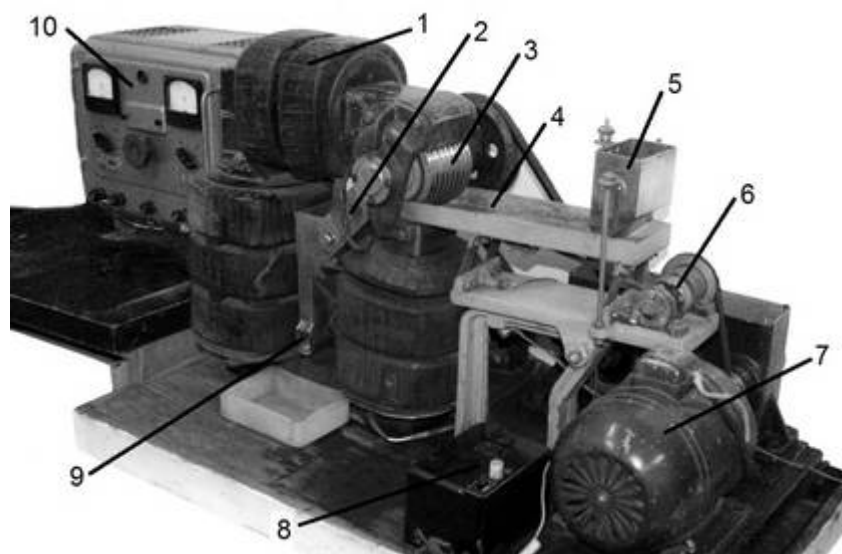


Рис. 3.1. Схема индукционного роликового сепаратора:

1 – обмотка электромагнитной системы; 2 – делительная перегородка; 3 – индукционный транспортирующий ролик (валок); 4 – вибрационный лоток; 5 – загрузочный бункер с дозатором; 6 – эксцентриковый механизм привода лотка; 7 – электродвигатель; 8 – пускатель; 9 – желоб магнитной фракции; 10 – трансформатор

2. Пробу руды загрузить в бункер сепаратора и провести сепарацию при трех различных токах намагничивания (**масса пробы и ток намагничивания задается преподавателем**). Ток намагничивания устанавливают с помощью рукоятки автотрансформатора. Процесс сепарации протекает следующим образом: руда движется по вибрирующему лотку под индукционный ролик. Магнитные частицы притягиваются выступами ролика и движутся вместе с ним до выхода из зоны действия магнитного

поля, здесь магнитная сила резко уменьшается и магнитные частицы под действием сил тяжести и центробежных сил отрываются. Немагнитные частицы движутся по поверхности лотка и разгружаются под делительной перегородкой в емкость для немагнитной фракции.

3. Полученные концентрат и отходы собрать, взвесить, результаты занести в табл. 3.1.

### Результаты магнитного обогащения

Таблица 3.1

№ опыта	Продукты обогащения	Выход		Ток намагничивания, А	Содержание полезного компонента, %	Извлечение полезного компонента, %
		г	%			
1	Концентрат					
	Отходы					
	Итого					

Для определения содержания полезного компонента (магнетита) в продуктах обогащения используют магнит постоянного действия. Полученные при этом магнитные и немагнитные фракции концентрата и отходов взвешивают, и содержание полезного компонента  $\beta$  в продукте определяют отношением массы полезного компонента в продукте  $m_{пк}$  к массе продукта  $m_{пр}$ .

Содержание полезного компонента в исходной руде рассчитывают по балансовому уравнению:

$$100\alpha = \gamma_{\hat{e}}\beta_{\hat{e}} + \gamma_{\hat{i}\hat{o}\hat{o}}\beta_{\hat{i}\hat{o}\hat{o}}, \quad (3.1)$$

где  $\alpha$  – содержание полезного компонента в исходной руде;  $\gamma$  – выход концентрата и отходов, %.  $\beta_{\hat{e}}$ ,  $\beta_{\hat{i}\hat{o}\hat{o}}$  – содержание полезного компонента в концентрате и отходах, %.

Извлечение магнетита в продукты обогащения определяют по формуле:

$$E = \frac{\gamma \cdot \beta}{\alpha}, \quad (3.2)$$

где  $E$  – извлечение полезного компонента, %.

4. Сделать выводы о влиянии тока намагничивания на процесс магнитной сепарации (выход концентрата, содержание магнитной фракции в продуктах обогащения и извлечения магнитной фракции в продукты).

#### **Вопросы для самостоятельной подготовки**

1. Какие процессы называют обогатительными?
2. На каких известных вам свойствах минералов основаны процессы обогащения?
3. Что называют концентратом, отходами и промежуточным продуктом?
4. Что такое выход, содержание, извлечение?
5. Сущность разделения минералов в магнитном поле.
6. Классификация магнитных сепараторов по способу разгрузки продуктов обогащения.

### **Лабораторная работа № 4**

#### **Исследование сгущения пульпы и осветления шламовых вод под воздействием коагулянтов и флокулянтов**

**Цель работы.** Определить влияние коагулянтов и флокулянтов на процессы сгущения. Определить эффективность действия коагулянтов и флокулянтов.

На большинстве обогатительных фабрик водно-шламовая схема замкнута через гидроотвал, куда сбрасываются флотоотходы и откуда осуществляют возврат осветленной воды в процесс. Площадь гидроотвала углеобогатительной фабрики произ-

водительностью 3 млн. тонн в год составляет 3 – 5 га. Сокращение площади гидроотвалов и повышение чистоты возвращаемой на фабрику воды можно достигнуть применением для сгущения флотоотходов неорганических и органических химических веществ, образующих из мелких минеральных частиц агрегаты, способные оседать с большой скоростью, что способствует более интенсивному процессу сгущения.

*Сгущением* называется процесс осаждения твердых частиц под действием силы тяжести или центробежных сил с выделением жидкой фазы из пульпы. В процессе сгущения получают два продукта: сгущенный, с концентрацией твердых частиц выше, чем в исходном питании, и слив (осветленная вода с меньшей концентрацией твердого). Если основная цель получение сгущенного продукта с максимально возможной концентрацией твердой фазы, то такой процесс называют обычно *сгущением*, если основная цель получение слива с минимальной концентрацией твердых частиц, то называют *осветлением*. Относительно чистыми считают сливы с концентрацией твердого 1 г/ л.

Сгущение пульпы и осветление шламовых вод является сложной операцией вследствие высокой дисперсности твердой фазы. Для ускорения осаждения твердых частиц в пульпу добавляют специальные химические вещества (реагенты), которые способствуют агрегации твердых частиц. Агрегирование может происходить за счет коагуляции – укрупнения частиц под действием молекулярных сил сцепления и уменьшения сил отталкивания и флокуляции – укрупнения в результате гидрофобизации поверхности частиц.

В качестве реагентов - коагуляторов применяют: известь, едкий натр, хлорное железо, квасцы, серноокислый алюминий. Наиболее известными реагентами - флокулянтами являются синтетические высокомолекулярные углеводные соединения: полиакриламид (ПАА), крахмал, полифлоки, гипан, сепаран, аэрофлоки, ПОЭ (полиоксиэтилен), Магнафлоки и др.

**Оборудование и материалы.** Мерные цилиндры на 250 мл, технические весы и разновесы, бюретки для подачи реагентов, секундомер, линейка, отходы флотации угля, коагулянт (1 % рас-

твор сернокислого алюминия), флокулянты катионные и анионные с концентрацией 0,1 %.

### Порядок выполнения работ

1. Навеску исходной пробы 10 г засыпать в мерный цилиндр и долить воду до заданного объема – 250 мл. Приготовленную пульпу тщательно перемешать и оставить на 20 минут.

2. Требуемый объем раствора определить по формуле

$$V_p = \frac{Q \cdot q}{C \cdot 10^4}, \quad (4.1)$$

где  $V_p$  – объем реагента;  $Q$  – масса исходной навески, г;  $q$  – удельный расход реагента, г/т;  $C$  – концентрация раствора реагента.

3. В подготовленную в цилиндре пульпу влить с помощью бюретки требуемый объем раствора реагента по следующей схеме: 1 опыт без реагента, 2 опыт – добавляют реагент Магнафлок в количестве 80–100 г/т твердого; 3 опыт – добавляют сернокислый алюминий из расчета 100–200 г/т, в 4 опыте добавляют ПАА из расчета 60–80 г/т твердого.

4. После добавления реагента и десятикратного перемешивания, по секундомеру замерить время осаждения частиц, по линейке – высоту осветленного слоя (с интервалом 3 – 5 с).

5. При необходимости отобрать 100 мл осветленного слоя, отфильтровать через заранее взвешенный фильтр для определения содержания твердого в осветленном слое. Фильтр высушить и по увеличению массы фильтра определить содержание твердого в осветленном слое. Результаты опыта занести в табл. 5.1.

### Результаты процесса сгущения

Таблица 5.1

Реагент	Расход	Время,	Высота ос-	Содержание
---------	--------	--------	------------	------------

	реагента, мл	с	ветленного слоя, мм	твердого в сливе, г/л

6. На основании сопоставления данных опытов сделать выводы для различных условий сгущения.

### **Вопросы для самостоятельной подготовки**

1. Аппараты, применяемые для сгущения.
2. Какие методы обезвоживания вы знаете?
3. Аппараты, используемые для дренирования.
4. Отличие фильтрующей центрифуги от осадительной центрифуги.
5. Факторы, влияющие на процесс осветления.
6. Классификация процессов обезвоживания.

## **Лабораторная работа № 5**

### **Методика проведения опытов на лабораторных флотационных машинах. Флотация угольных шламов**

**Цель работы:** Изучить конструкцию и принцип действия лабораторных флотационных машин, методику проведения на них опытов флотации.

Флотационный метод обогащения основан на использовании различий в смачиваемости поверхности минералов, что проявляется в способности частиц удерживаться на границе раздела фаз: твердой (Т), жидкой (Ж), газообразной (Г). Различная способность минералов удерживаться на межфазовой поверхности определяется различным значением их удельной поверхностной энергии, зависящей от химического состава и строения кристаллической решетки минералов.

Флотация осуществляется в водной среде и широко применяется при обогащении руд, неметаллических полезных ископаемых и угля. Флотация имеет преимущество перед другими методами обогащения полезных ископаемых, когда в системе поверх-



ностные силы преобладают над гравитационными, т.е. для частиц крупностью менее 0,1 мм для руд, менее 0,5 мм для угля.

Флотационную способность минералов, т.е. степень смачиваемости минералов водой, можно изменить искусственно, обрабатывая их поверхность флотореагентами.

Флотореагенты – вещества, способные избирательно адсорбироваться на поверхности минералов и уменьшать или увеличивать их смачиваемость. По характеру воздействия на процесс флотации реагенты подразделяются на следующие группы: собиратели, непосредственно взаимодействующие с поверхностью минералов; пенообразователи, стабилизирующие диспергирование воздуха в пульпе; реагенты активаторы, депрессоры и регулятор среды.

Процесс пенной флотации осуществляется в аппаратах, называемых флотационными машинами, оснащенными флотационными камерами, которые заполняются пульпой (механическая смесь воды и угля) и туда же подается воздух (рис. 5.1).

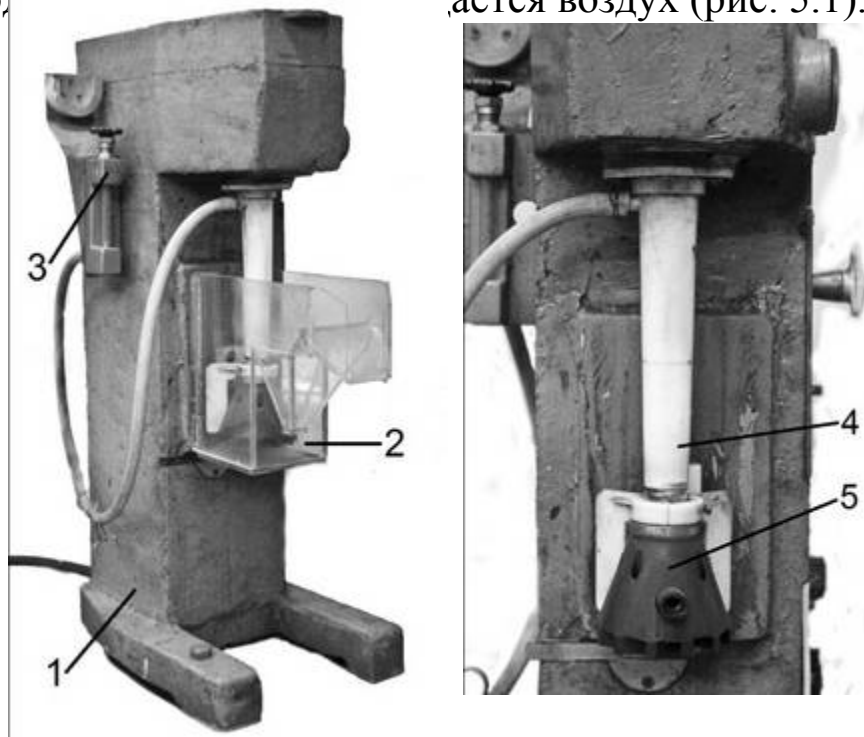


Рис. 5.1. Лабораторная флотационная машина:

1 – корпус; 2 – съемная камера; 3 – ротаметр; 4 – полый вал;  
5 – блок импеллера

**Оборудование и материалы.** Флотационная машина, фарфоровые кружки – 2 шт., емкости для пенного и камерного продукта, весы и разновесы, флотационные реагенты.

### **Порядок выполнения работы**

1. Отобрать две пробы сухого питания флотации массой по 100 г. Поместить их в фарфоровые кружки, в которые залить по 400 мл воды, угольные частицы перемешать с водой стеклянными палочками и оставить для контактирования на 30 мин.

2. Для оценки влияния аполярного реагента-собирателя на процесс флотации угольных частиц первый опыт проводить без добавления реагента, за счет природной гидрофобности угля. Во второй подавать аполярный реагент из расчета 2,5 – 4 кг/т (**расход реагента задается преподавателем**).

### **Проведение опытов**

Подготовленное питание флотации перевести в камеру флотомашины, смывая осевшие частицы в кружке водой из промывалки или из резиновой груши, камеру заполнить водой до метки, которая соответствует рабочему уровню пульпы. Перемешать в течение одной минуты при закрытом патрубке, подающем в камеру воздух, и согласно режимной карте (задается преподавателем) вводят необходимый объем флотореагентов. По истечении времени контактирования открыть подачу воздуха в камеру и собрать пенный продукт в чашку за все время флотации. Так как в процессе проведения опыта уровень пульпы в камере понижается за счет удаления минерализованной пены, то для стабилизации его уровня в камеру добавляется вода из резиновой груши на стенки камеры, на центральную трубу импеллера, не нарушая пенного слоя, что способствует лучшему съему пены. После окончания опыта машину отключить, воздушный патрубок закрыть.

Снять камеру, камерный продукт перелить в чашку, осадить, отфильтровать, высушить и взвесить.

Определить выходы продуктов флотации. При заданных зольностях продуктов опыта определить зольность исходного продукта и извлечение горючей массы в концентрат по формулам:

$$100\alpha = \gamma_k \beta_k + \gamma_{отх} \beta_{отх} , \quad (5.1)$$

$$E_k^{z.m.} = \frac{\gamma_k \cdot (100 - A_k^d)}{100 - A_{отх}^d} \quad (5.2)$$

где  $A_{исх}^d$  – зольность исходного продукта, %;  $A_k^d$  и  $A_{отх}^d$  – зольности соответственно концентратов и отходов, %;  $\gamma_k$ , и  $\gamma_{отх}$  – выход концентрата и отходов, %;  $E_k^{z.m.}$  – извлечение горючей массы в концентрат, %.

3. По результатам работы сделать выводы о влиянии реагентов на процесс флотации.

### **Вопросы для самостоятельной подготовки**

1. На чем основан процесс флотации?
2. Классификация флотореагентов.
3. Реагенты, применяемые в практике флотации углей.
4. Функции флотореагентов-собирателей.
5. Функции флотореагентов-пенообразователей.
6. Факторы, влияющие на процесс флотации угля.
7. Классификация флотомашин.
8. Требования, предъявляемые к флотомашинам.

### **Список рекомендуемой литературы**

1. Авдохин, В. М. Основы обогащения полезных ископаемых: учебник для вузов: 2 т. – М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2006. – Т. 1. Обогащительные процессы. – 417 с.
2. Шилаев, В. П. Основы обогащения полезных ископаемых. – М. : Недра, 1986. – 296 с.

3. Фридман, С. Э. Основы обогащения руд и углей и окускование концентратов: учебник для вузов / С. Е. Фридман, О. К. Щербаков, Н. Я. Еремин. – М.: Недра, 1991. – 270 с.

4. Бедрань, Н. Г. Переработка и качество полезных ископаемых: учебник для вузов / Н. Г. Бедрань, Л. М. Скоробогатова. – М. : Недра, 1986. – 290 с.

5. Процессы и машины для обогащения полезных ископаемых / В. И. Кармазин, Е. Е. Серго, А. П. Жендринский [и др.]. – М.: Недра, 1974. – 559 с.