МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Забайкальский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет \_Горный\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Кафедра \_ОПИиВС\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**для студентов заочной формы обучения**

по дисциплине **«Основы обогащения полезных ископаемых»**

наименование дисциплины (модуля)

для направления подготовки (специальности) 21.05.04 Горное дело

код и наименование направления подготовки (специальности)

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) 144 часа, 4 з.е.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виды занятий | Распределение по семестрам | Всего часов |
| 3 |
| Общая трудоемкость | 144 | 144 |
| Аудиторные занятия, в т.ч. | 12 | 12 |
| лекционные (ЛК) | 6 | 6 |
| практические (ПЗ) | 6 | 6 |
| Самостоятельная работа  студентов СРС | 96 | 96 |
| Форма контроля в семестре | экзамен | 36 |

\*Экзамен соответствует 1 з.ед. (36 час.)

**Краткое содержание курса**

*ВВЕДЕНИЕ*

Несмотря на широкое применение полезных ископаемых в народном хозяйстве, лишь немногие из них встречаются в природе в такой форме и с такой степенью чистоты, которые позволяют употреблять их без предварительной специальной обработки (обогащения).

Обогащением полезного ископаемого называют совокупность последовательных операций, с помощью которых ценный минерал отделяется от пустой породы.

Эксплуатация месторождения того или иного полезного ископаемого, как правило, состоит из трех стадий: добычи, обогащения и последующей переработки или прямого использования полученных при обогащении продуктов.

Наука об обогащении полезных ископаемых опирается на современные достижения механики, физики, химии, физической и коллоидной химии, электротехники, минералогии и других наук.

Курс «Обогащение полезных ископаемых» дает студенту общие представления о процессах обогащения полезных ископаемых и организации работы обогатительных фабрик.

Этот курс рекомендуется изучать следующим образом:

1. Ознакомиться с программой темы для уяснения ее объема и последовательности изучения в ней вопросов.
2. Прочитать методические указания по данной теме.
3. Ознакомиться по рекомендуемому учебному пособию с материалом темы и законспектировать основные положения, выводы, записать формулы. Студенту необходимо научиться схематически изображать основные аппараты и оборудование с тем, чтобы уметь объяснить их конструкцию и принцип действия.
4. После проработки каждой темы необходимо проверить свои знания путем ответов на вопросы для самопроверки, имеющиеся и конце каждой темы.
5. Кроме того, студенту необходимо по данному курсу выполнить контрольное задание и лабораторные работы.

*ТЕМА 1. ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ*

Необходимо выяснить, как оценивается качество добываемого минерального сырья, и какие требования к нему предъявляются промышленностью. Уяснить, какое значение приобретает обогащение при разработке бедных руд или при комплексном использовании сырья. Усвоить определение основных технологических показателей обогащения (содержание, выход, извлечение, степень сокращения), а также формулы для расчета выхода через известное содержание и извлечение через известные выход и содержание. Необходимо уметь изображать технологическую схему и схему цепи аппаратов обогатительной фабрики.

*Вопросы для самопроверки*

1. Что называется обогащением полезных ископаемых?
2. Значение обогащения полезных ископаемых для народного хозяйства.
3. Чем определяется качество добываемого полезного ископаемого?
4. Существующие методы обогащения и свойства минералов, используемые для разделения при различных методах обогащения.
5. Что называется концентратом, хвостами, промежуточным продуктом?
6. Что называется выходом продукта?
7. Что называется извлечением металла в продукт?
8. Вывести формулы для определения выхода концентрата по содержанию ценного компонента в продуктах обогащения и в исходном материале.
9. Подсчитать извлечение ценного компонента в концентрат, если известен его выход, содержание в нем ценного компонента и содержание в исходной руде.

*ТЕМА 2. РАЗДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПО КРУПНОСТИ (ГРОХОЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ)*

Изучение данной темы необходимо начать со знакомства с методикой проведения ситового анализа материала и построения кривых ситового анализа. Необходимо уяснить терминологию, относящуюся к этой теме (надрешетный и подрешетный продукты, класс крупности, пески и т. д.); необходимо знать в каких случаях применяют грохочение, а в каких гидравлическую классификацию. Обратить внимание на особенности разделения по крупности. Далее следует уяснить, какие силы действуют на частицу в процессе грохочения и гидравлической классификации, что такое сухое и мокрое грохочение; как влияет форма части на качество грохочения и классификации; какие зерна называются «трудными», что такое эффективность (КПД) грохочения. Следует также знать, какие типы грохотов применяют для разделения полезного ископаемого по крупности, каков принцип их действия, от каких факторов зависит эффективность грохочения. Студенту необходимо знать типы гидравлических классификаторов, гидроциклоны как классификаторы. Знать понятие о циркуляционной нагрузке в схемах измельчения и классификации

*Вопросы для самопроверки*

1. Как производится ситовой анализ и как графически изображаются его результаты?
2. В каких случаях применяют грохочение, в каких – гидравлическую классификацию?
3. Что такое эффективность грохочения, по какой формуле определяют КПД грохота?
4. Назовите основные типы грохотов и область их применения.
5. На чем основан принцип действия гидравлических классификаторов?
6. Устройство и работа реечных и спиральных классификаторов, гидроциклонов.
7. Напишите формулу для определения циркулирующей нагрузки мельницы, работающей в замкнутом цикле с классификатором.
8. Начертите и объясните схемы дробления, измельчения, классификации.

*ТЕМА 3. ДРОБЛЕНИЕ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ*

В этом разделе следует уяснить, с какой целью производятся операции дробления и измельчения того или иного полезного ископаемого, какие существуют способы (виды) дробления. Ознакомиться с основными гипотезами (законами) дробления. Необходимо знать типы применения дробилок и мельниц для дробления и измельчения полезных ископаемых принцип их действия и конструктивные особенности; уметь схематично изображать конструкцию того или иного дробильного агрегата с указанием движения потока материала; знать факторы, влияющие на производительность и степень дробления (измельчения) того или иного аппарата. Необходимо знать основные схемы дробления и измельчения.

*Вопросы для самопроверки*

1. С какой целью производится дробление и измельчение полезных ископаемых и чем определяется необходимая крупность дробления и измельчения?
2. Какие вы знаете способы дробления и от чего зависит выбор того или иного способа?
3. Что такое степень дробления (измельчения), от чего она зависит? Почему, как правило, применяется стадиальное дробление?
4. Назовите область применения различных типов дробилок. Что такое крупное, среднее и мелкое дробление, тонкое измельчение?
5. Объясните устройство и работу щековых, конусных и других дробилок.
6. Что такое критическое число оборотов мельницы и как оно определяется? Как можно определить теоретически наивыгодное число оборотов мельницы?
7. Объясните устройство и работу шаровой мельницы. Что такое бесшаровое измельчение или самоизмельчение? В чем оно осуществляется?
8. Изобразите различные схемы дробления и измельчения.

*ТЕМА 4. ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ*

Гравитационные методы обогащения, основанные на использовании различия в плотности разделяемых компонентов, нашли широкое применение при обогащении углей, железных, марганцевых, хромовых руд, руд редких и благородных металлов, руд цветных металлов.

Студенту следует рассмотреть основные методы гравитационного обогащения: отсадку, обогащение на концентрационных столах, обогащение в желобах, обогащение в тяжелых суспензиях, пневматическое обогащение и т.д.

Необходимо знать область применения того или иного вида гравитационного обогащения уяснить основные закономерности гравитационных методов обогащения, формулы скоростей падения частиц различной крупности в воде и в чем заключается подготовка полезного ископаемого к обогащению.

При изучении процесса отсадки необходимо уяснить, как происходит процесс разделения полезного ископаемого в зависимости от его плотности; как устроена отсадочная машина для мокрого и пневматического обогащения, в чем их сходство и отличие, за счет чего осуществляются вертикальные колебания среды, в которой происходит обогащение материала. Необходимо уметь схематически изображать конструкции отсадочных машин и схемы обогащения различных полезных ископаемых методом отсадки.

При изучении процесса обогащения в тяжелых суспензиях необходимо вначале ознакомиться с методикой проведения фракционного анализа в растворах тяжелой жидкости различного удельного веса и построением кривых обогатимости. Необходимо уяснить, что такое суспензия, какие требования предъявляются к утяжелителям и какие утяжелители применяют для приготовления тяжелых суспензий. Каковы свойства тяжелых суспензий и область их применения. Необходимо знать основные тины сепараторов, используемые для обогащения углей и руд с применением тяжелых суспензий, уметь схематически их изображать. Студент должен знать схемы обогащения углей и руд с применением тяжелых суспензий, схемы регенерации суспензий.

При изучении обогащения на концентрационных столах необходимо уяснить теоретические основы процесса, принцип действия концентрационных столов, конструктивные их особенности и факторы, влияющие на их работу. Студент должен уметь схематично изображать конструкцию стола, а также схемы обогащения руды и угля на концентрационных столах

При изучении процесса обогащения в моечных желобах необходимо знать конструктивные особенности и принцип действия моечных желобов, область их применения; конструктивные особенности шлюзов и область их применения.

При изучении процесса промывки необходимо уяснить сущность процесса, устройство и работу барабанной и корытной моек, значение операции перед обогащением некоторых полезных ископаемых.

*Вопросы для самопроверки*

1. На использовании каких закономерностей основаны гравитационные процессы обогащения?
2. Напишите формулы для определения конечной скорости падения частиц в зависимости от их крупности.
3. Что такое коэффициент равнопадаемости, как его определяют?
4. Для обогащения каких полезных ископаемых применяют отсадку, для каких пневматическое обогащение?
5. Изобразите схематично конструкции отсадочных машин для мокрого и пневматического обогащения, объясните их работу.
6. Изобразите схемы обогащения различных полезных ископаемых с применением процесса отсадки.
7. Изложите теоретические основы процесса обогащения полезных ископаемых на концентрационных столах. Какие силы действуют на частицы материала, находящегося на деке стола?
8. Объясните, почему на концентрационном столе образуется «веер» минералов.
9. Назовите область применения концентрационных столов, схемы обогащения полезных ископаемых с использованием концентрационных столов.
10. Начертите эскиз концентрационного стола и объясните его работу.
11. Объясните конструкции моечных желобов и шлюзов и принципы их работы.
12. Для обогащения каких полезных ископаемых применяют моечные желоба и для каких – шлюзы?
13. Как производится фракционный анализ полезных ископаемых и как строятся кривые обогатимости?
14. Что такое тяжелая суспензия, каким требованиям она должна отвечать?
15. В чем сущность процесса обогащения полезных ископаемых в тяжелых суспензиях, в чем его преимущество?
16. Разберите конструкции основных тяжелосуспензионных сепараторов.
17. Начертите основные схемы обогащения полезных ископаемых с применением тяжелых суспензий, схему регенерации суспензии.
18. Какие полезные ископаемые подвергаются промывке и протирке. Цель и назначение этих операций.
19. Какие аппараты применяют для промывки, каково их устройство и принцип действия?

*ТЕМА 5. ФЛОТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ*

Из всех разновидностей флотационного обогащения (пленочная, масляная флотации и т. д.) наибольшее распространение получил процесс пенной флотации.

Флотационный процесс в настоящее время является важнейшим методом обогащения полезных ископаемых. Свыше 90 % руд цветных металлов обогащается флотацией. Этот процесс является основным для обогащения руд редких металлов некоторых неметаллических полезных ископаемых (апатита и т.п.), а также для обогащения угольной мелочи.

Флотационный процесс основан на избирательном прилипании к поверхности воздушных пузырьков и минеральных частиц, взвешенных в воде.

При изучении данной темы необходимо обратить внимание на физико-химические основы процесса флотации, на смачиваемость минералов, величину краевого угла смачивания и его влияние на степень флотируемости минеральной частицы. Необходимо уяснить роль реагентов в процессе флотации, знать их классификацию и основные формулы

Необходимо обратить особое внимание на технологию процесса флотации, уметь схематически изображать конструкцию флотационной машины и объяснить принцип ее работы. Студент должен уметь изображать схемы флотационного обогащения основных полезных ископаемых.

*Вопросы для самопроверки*

1. Что такое масляная, пленочная и пенная флотации? На каких явлениях основан процесс флотации?
2. Чем определяется степень смачиваемости поверхности твердого тела?
3. Как влияет величина краевого угла смачивания на условия прилипания минеральной частицы к пузырьку воздуха?
4. Какова роль реагентов в процессе флотации?
5. На какие классы разделяют реагенты в зависимости от выполняемых ими в процессе флотации функций?
6. Изобразите схематично конструкцию механической, пневматической флотационных машин и объясните их работу.
7. Разберите схемы флотации медной, медно-молибденовой, свинцово-цинковой и других руд, а также угля.

*ТЕМА 6. МАГНИТНОЕ ОБОГАЩЕНИЕ*

Магнитные методы обогащения основаны на различии магнитных свойств минералов и применяются главным образом для обогащения железных и марганцевых руд. Эти методы также используются для доводки некондиционных концентратов руд редких металлов и для золотосодержащих концентратов.

При изучении этой темы необходимо использовать знания из курса физики по магнетизму и электромагнетизму.

По отношению к магнитному полю минералы разделяются на три группы (сильномагнитные, слабомагнитные, немагнитные). В зависимости от этого они обогащаются в магнитном поле различной напряженности. Необходимо ознакомиться с конструкциями основных сепараторов, применяемых при магнитном обогащении минералов с различными магнитными свойствами. Необходимо знать принцип работы сепараторов и схемы магнитного обогащения полезных ископаемых.

*Вопросы для самопроверки*

1. На каких свойствах минералов основано магнитное обогащение?
2. Разберите физические основы магнитного обогащения.
3. Какие величины напряженности магнитного поля необходимы при обогащении сильномагнитных и слабомагнитных минералов?
4. Разберите конструкции основных электромагнитных сепараторов и объясните принцип их работы.
5. Начертите схему обогащения магнетитовой руды.
6. Что такое магнетизирующий обжиг и когда его применяют?

*ТЕМА 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ (ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ) ОБОГАЩЕНИЕ*

Электростатическое (электрическое) обогащение основано на различной электропроводности минералов. Оно применяется для доводки некондиционных концентратов руд редких металлов, для обогащения некоторых видов неметаллических полезных ископаемых.

В этом разделе необходимо усвоить основные закономерности электрического обогащения, знать принципиальное устройство электрических сепараторов и принцип их действия

*Вопросы для самопроверки*

1. Когда применяют электрическое обогащение?
2. На чем основывается электрическое обогащение?
3. Изобразите принципиальную схему устройств электрических сепараторов, объясните принцип их действия.

*ТЕМА 8. СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ*

В этом разделе необходимо ознакомиться с методами обогащения, основанными на различии в цвете, блеске, форме, крепости, растрескивании при нагревании и охлаждении, коэффициенте трения разделяемых минералов.

Необходимо рассмотреть методы ручной и механизированной рудоразборки и породовыборки, избирательного дробления и декрипитации, методы обогащения по трению и форме зерен.

*Вопросы для самопроверки*

1. На чем основаны и как осуществляются ручная и механизированная рудоразборка и породовыборка?
2. Что такое избирательное дробление и декрипитация?
3. Как осуществляется разделение материалов по трению и форме зерен?

*ТЕМА 9. ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ*

*И ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ*

Процесс удаления воды из продуктов обогащения, полученных в результате мокрых процессов обогащения, носит название обезвоживания. При удалении запыленного воздуха из помещения обогатительной фабрики в атмосферу производится его очистка пли пылеулавливание.

При изучении данной темы необходимо знать, какими методами обезвоживается материал в зависимости от его крупности и исходной влажности, какие аппараты применяются для этой цели; для чего применяю процессы сгущения и в чем они осуществляются; следует обратить внимание на обезвоживание методом фильтрации, на сушку как последнюю стадию обезвоживания, знать устройство и работу сушильных установок. Необходимо знать аппараты и способы пылеулавливания и очистки запыленного воздуха.

*Вопросы для самопроверки*

1. Назовите основные способы обезвоживания продуктов обогащения и аппараты, применяемые для этой цели. Расскажите об их устройстве, принципе работы.
2. С какой целью применяют операции сгущения, какая аппаратура используется при этом?
3. В чем заключается обезвоживание методом фильтрации?
4. Что такое термическая сушка? Объясните устройство и работу сушильных установок.
5. Объясните процесс пылеулавливания. Какие аппараты применяют при этом?

*ТЕМА 10. ОПРОБОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ*

*НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ*

При изучении данной темы студенты должны усвоить требования, предъявляемые к пробам; необходимый вес пробы и факторы, которые его определяют. Изучить методы отбора проб и оборудование для опробования. Ознакомиться с методикой обработки проб. Усвоить методы перемешивания и сокращения проб при их обработке. Ознакомиться с основными объектами контроля и регулирования на обогатительных фабриках. Изучить способы контроля количества перерабатываемого фабрикой сырья, минерального и химического состава сырья и продуктов обогащения, гранулометрического состава, плотности пульпы, влажности, щелочности пульпы и др. Получить навыки составления технологического баланса по результатам опробования исходной руды и продуктов обогащения.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какие требования предъявляются к пробам?
2. Как рассчитывается необходимый вес пробы, и от чего он зависит?
3. Как отбираются пробы неподвижных сыпучих материалов?
4. Методы и приборы для отбора проб движущегося сыпучего материала.
5. В чем заключается обработка проб и каково ее назначение?
6. Как контролируется масса перерабатываемого на фабрике сырья?
7. Как контролируется качество исходного сырья и продуктов обогащения?
8. Что необходимо иметь для составления технологического баланса и как он осуществляется?
9. Зачем производится контроль плотности и щелочности пульпы и как он осуществляется?
10. Контроль гранулометрического состава.

**Форма текущего контроля**

**Контрольная работа** выполняется индивидуально каждым студентом в зависимости от варианта задания. Номер варианта контрольного задания выбирается по последней цифре номера зачетной книжки.

Студенты выполняют контрольную работу, состоящую из 4 задач (заданий). Варианты задач (заданий) соответствуют последней цифре номера зачетной книжки студента. Если номер оканчивается на нуль, то студент выполняет вариант 10.

В тексте контрольной работы должно быть обоснование выбранного решения с необходимыми расчетами. Если студент в выполняемой работе ссылается на какие-либо данные, взятые из литературного источника, то необходимо указать его автора, название, издательство, год издания и страницу.

В контрольной работе необходимо подробно и исчерпывающе ответить на все поставленные вопросы.

Если контрольная работа студенту не зачтена (частично или полностью), то он должен ее переделать, руководствуясь указаниями рецензента, и повторно сдать на проверку.

***Задание 1.*** На основании табл. 1 построить характеристику крупности (частную и суммарные по «+» и по «-»).

Таблица 1

Результаты ситового анализа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Классы, мм | Вариант | | | | | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | Масса класса, кг | | | | | | | | | |
| -10+5 | 25 | 23 | 20 | 21 | 24 | 22 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| -5+2 | 31 | 30 | 32 | 34 | 33 | 37 | 36 | 35 | 38 | 39 |
| -2+1 | 47 | 49 | 50 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 |
| -1+0,5 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 44 | 43 | 47 | 48 |
| -0,5+0,2 | 81 | 80 | 83 | 79 | 78 | 77 | 76 | 75 | 74 | 72 |
| -0,2+0,1 | 95 | 92 | 93 | 94 | 91 | 90 | 89 | 87 | 88 | 86 |
| -0,1+0 | 20 | 20 | 20 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 18 | 18 |
| Всего |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

***Задание 2.*** Изобразить схематично устройство (с указанием основных элементов, узлов) следующего оборудования (по вариантам):

1. Щековая дробилка
2. Конусная дробилка ККД
3. Валковая дробилка
4. Молотковая дробилка
5. Шаровая мельница
6. Спиральный классификатор
7. Гидроциклон
8. Отсадочная машина
9. Магнитный сепаратор
10. Флотационная машина

***Задание 3.*** Изобразить графически технологическую схему переработки руды по данным таблицы

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант | Исходные данные |
| 1 | Руда подвергается трех-стадиальному дроблению:  1 стадия – в открытом цикле  2 стадия – с предварительным грохочением  3 стадия – с предварительным и поверочным грохочением  Дробленый продукт и подрешетный продукт грохота измельчаются в шаровой мельнице с последующей (контрольной) классификацией.  Слив гидроциклона направляется на флотационное обогащение, которое включает в себя:  -одну основную операцию  - одну контрольную операцию  - две перечистки  Концентрат второй перечистки подвергается обезвоживанию (сгущению и фильтрованию)  Кек фильтрации является готовым товарным продуктом. |
| 2 | Руда подвергается двух-стадиальному дроблению:  1 стадия – в открытом цикле  2 стадия – с предварительным грохочением  Дробленый продукт и подрешетный продукт грохота измельчаются в шаровой мельнице с последующей (контрольной) классификацией.  Слив гидроциклона направляется на флотационное обогащение, которое включает в себя:  -одну основную операцию  - одну контрольную операцию  - три перечистки  Концентрат третьей перечистки подвергается обезвоживанию: (сгущению и фильтрованию)  Кек фильтрации является готовым товарным продуктом. |
| 3 | Руда подвергается одно-стадиальному дроблению с поверочным грохочением  Подрешетный продукт грохота измельчается в две стадии:  1 стадия – в мельнице самоизмельчения  2 стадия – в шаровой мельнице с предварительной классификацией и последующей (контрольной) классификацией.  Слив гидроциклона направляется на флотационное обогащение, которое включает в себя:  -одну основную операцию  - одну контрольную операцию  - одну перечистку  Концентрат перечистки подвергается обезвоживанию: фильтрованию и сушке |
| 4 | Руда подвергается одно-стадиальному дроблению с поверочным грохочением  Подрешетный продукт грохота измельчается в три стадии:  1 стадия – в мельнице самоизмельчения  2 стадия – в стержневой мельнице с предварительной классификацией  3 стадия - в шаровой мельнице с последующей (контрольной) классификацией.  Слив гидроциклона направляется на флотационное обогащение, которое включает в себя:  -одну основную операцию  - одну контрольную операцию  - одну перечистку  Концентрат перечистки подвергается обезвоживанию: сгущению, фильтрованию, сушке |
| 5 | Руда подвергается трех-стадиальному дроблению:  1 стадия – в открытом цикле  2 стадия – с предварительным грохочением  3 стадия – с предварительным и поверочным грохочением  Дробленый продукт и подрешетный продукт грохота измельчаются с последующей (контрольной) классификацией.  Слив гидроциклона направляется на гравитационное обогащение, которое включает в себя:  -одну основную операцию (концентрационный стол)  - одну контрольную операцию (концентрационный стол)  - две перечистки  Концентрат второй перечистки подвергается обезвоживанию:сгущению и фильтрованию  Кек фильтрации является готовым товарным продуктом. |
| 6 | Руда подвергается трех-стадиальному дроблению:  1 стадия – в открытом цикле  2 стадия – с предварительным грохочением  3 стадия – с предварительным и поверочным грохочением  Дробленый продукт и подрешетный продукт грохота измельчаются с последующей (контрольной) классификацией ).  Слив классификатора направляется на гравитационное обогащение, которое включает в себя:  -одну основную операцию (отсадочная машина)  - одну контрольную операцию (отсадочная машина)  - одну перечистку (концентрационный стол)  Концентрат перечистки подвергается обезвоживанию: сгущению и фильтрованию |
| 7 | Исходная руда подвергается двух-стадиальному дроблению:  1 стадия – дробление в открытом цикле  2 стадия - дробление с предварительным грохочением  Дробленый продукт после предварительной классификации измельчается, измельченный продукт подвергается контрольной классификации. Сливы классификаций объединяются и являются готовым продуктом для обогащения. |
| 8 | Руда подвергается трех-стадиальному дроблению:  1 стадия – в открытом цикле  2 стадия – с предварительным грохочением  3 стадия – с предварительным и поверочным грохочением  Дробленый продукт и подрешетный продукт грохота измельчаются в шаровой мельнице с последующей (контрольной) классификацией.  Слив гидроциклона направляется на флотационное обогащение, которое включает в себя:  -одну основную операцию  - одну контрольную операцию  - две перечистки  Концентрат второй перечистки подвергается обезвоживанию (сгущению и фильтрованию)  Кек фильтрации является готовым товарным продуктом. |
| 9 | Руда подвергается одно-стадиальному дроблению с поверочным грохочением  Подрешетный продукт грохота измельчается в три стадии:  1 стадия – в мельнице самоизмельчения  2 стадия – в стержневой мельнице с предварительной классификацией  3 стадия - в шаровой мельнице с последующей (контрольной) классификацией.  Слив гидроциклона направляется на флотационное обогащение, которое включает в себя:  -одну основную операцию  - одну контрольную операцию  - одну перечистку  Концентрат перечистки подвергается обезвоживанию: сгущению, фильтрованию, сушке |
| 10 | Руда подвергается трех-стадиальному дроблению:  1 стадия – в открытом цикле  2 стадия – с предварительным грохочением  3 стадия – с предварительным и поверочным грохочением  Дробленый продукт и подрешетный продукт грохота измельчаются с последующей (контрольной) классификацией.  Слив гидроциклона направляется на гравитационное обогащение, которое включает в себя:  -одну основную операцию (концентрационный стол)  - одну контрольную операцию (концентрационный стол)  - две перечистки  Концентрат второй перечистки подвергается обезвоживанию:сгущению и фильтрованию  Кек фильтрации является готовым товарным продуктом. |

***Задание 4*** Решить ситуационную задачу

|  |  |
| --- | --- |
| № варианта | Условие задачи |
| 1 | Рассчитать выход никелевого концентрата, содержащего 15% никеля. На ОФ поступают руды с содержанием никеля 2,2%. извлечение никеля в концентрат 85%. |
| 2 | Определить сколько тонн железного концентрата в сутки выдает ОФ, если ее суточная производительность по руде 14000 т, содержание железа в руде 24 %, в концентрате 69 %. Извлечение железа в концентрат 92 %. |
| 3 | Рассчитать, сколько нужно переработать руды с содержанием меди 1,3 % для получения 150 т концентрата, содержащего 25 % меди. Содержание меди в хвостах 0,1 %. |
| 4 | Рассчитать выход концентрата и извлечение в него марганца, если фабрика обогащает марганцевую руду с содержанием марганца 12 *%.* Производительность фабрики по руде 1200 т/ч, из данной руды получают 65 т/ч концентрата с содержанием марганца 55 %. |
| 5 | Определить выход медного концентрата, содержащего 32 *%* меди при извлечении ее в концентрат 93 % и рассчитать потери меди в хвостах, если фабрика перерабатывает медную руду с содержанием в ней меди 1,3 % |
| 6 | Определить выход концентрата и количество меди, которое можно выплавить из него на металлургическом заводе (потери меди при плавке считать равными нулю), если на фабрике переработано 1000 т руды с содержанием меди 1,3 *%.* В концентрате содержание меди 26,5 %, в хвостах - 0,3 %. |
| 7 | Рассчитать сколько хвостов в сутки будет выбрасывать фабрика, если выход концентрата 8%, а производительность по руде 5500 т/сут. |
| 8 | Рассчитать сколько хвостов в сутки будет выбрасывать фабрика, если выход концентрата 8%, а производительность по руде 5500 т/сут. |
| 9 | Рассчитать выход и извлечение свинца в концентрат, если ОФ перерабатывает в сутки 20000 т руды с содержанием свинца 2,5 % и получает 900 т концентрата с содержанием свинца 50%. |
| 10 | Рассчитать выход и извлечение свинца в концентрат, если ОФ перерабатывает в сутки 20000 т руды с содержанием свинца 2,5 % и получает 900 т концентрата с содержанием свинца 50%. |

**Форма промежуточного контроля**

**Экзамен**

**Вопросы для экзамена**

1. Основные понятия о полезном ископаемом, продуктах, получаемых при обогащении. Ценный компонент. Примеси.
2. Подготовительные, основные и вспомогательные процессы.
3. Технологические показатели обогащения.
4. Схемы обогащения.
5. Методы обогащения полезных ископаемых.
6. Грохочение. Шкала грохочения. Модуль шкалы грохочения.
7. Виды грохочения.
8. Гранулометрический состав руды. Методы его определения.
9. Характеристики крупности.
10. Просеивающие поверхности грохотов. «Живое сечение» просеивающей поверхности. Эффективность грохочения.
11. Грохоты.
12. Дробление. Схемы дробления.
13. Стадии дробления. Степень дробления.
14. Основные способы разрушения горных пород.
15. Основные виды дробилок.
16. Щековая дробилка (устройство, принцип действия).
17. Конусная дробилка (устройство, принцип действия).
18. Валковая дробилка (устройство, принцип действия).
19. Измельчение. Открытый и замкнутый циклы измельчения.
20. Классификация мельниц.
21. Барабанная мельница (устройство, принцип действия).
22. Закономерности падения минеральных зерен в среде.
23. Формулы для определения конечной скорости падения частиц.
24. Равнопадаемость. Свободное и стесненное падение.
25. Классификация. Способы классификации.
26. Виды классификаторов.
27. Гидравлический классификатор.
28. Спиральный классификатор.
29. Центробежный классификатор.
30. гравитационные методы обогащения.
31. Отсадка.
32. Отсадочные машины.
33. Обогащение в тяжелых средах.
34. Шлюз (устройство, принцип действия).
35. Струйный концентратор (устройство, принцип действия).
36. Концентрационный стол (устройство, принцип действия).
37. Винтовой сепаратор (устройство, принцип действия).
38. Флотация. Виды флотации.
39. Классификация флотационных машин.
40. Классификация флотационных реагентов.
41. Механическая флотомашина (устройство, принцип действия).
42. Схемы флотации.
43. Область применения магнитных методов обогащения.
44. Открытые и замкнутые магнитные системы.
45. Магнитный сепаратор (устройство, принцип действия).
46. Электрические методы обогащения. Электрический сепаратор.
47. Специальные методы обогащения.
48. Обогащение по крупности.
49. Химическое обогащение. Выщелачивание.
50. Обезвоживание продуктов обогащения.
51. Центрифугирование.
52. Сгущение.
53. Очистка сточных вод обогатительных фабрик.
54. Обеспыливание и пылеулавливание.
55. Назначение операций опробования и контроля.
56. Автоматизация процессов обогащения.

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**Основная литература**

1. Костромина И.В. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебное пособие: - Чита: ЗабГУ, 2022. – 168 с.

2. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. Т. 2. Технология обогащения полезных ископаемых. М. МГГУ, 2008. 310 с.

3. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник: в 2 т. - Т. 1. Обогатительные процессы. М. МГГУ, 2008. – 417 с.

4. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Т.1. Обогатительные процессы и аппараты: Учебник. 3-е изд. – 2008. – 471 с.

5. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Т.2. Технология переработки и обогащения полезных ископаемых: Учебник. – 2004. – 510 с.

**Дополнительная литература**

1. Кармазин В.И., Кармазин В.В. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых: Учебник. В 2 т. Т.1.: Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых. – 2005. – 669 с.

2. Кармазин В.В., Младецкий И.К., Пилов П.И. Расчеты технологических показателей обогащения полезных ископаемых: Учеб. пособие. – 2006. – 221с

3. Шилаев В.П. Основы обогащения полезных ископаемых. М.: Недра, 1986. – 295 с.

4. Обогащение полезных ископаемых. Под ред. Полькина. М.: Недра, 1987 г.

Ведущий преподаватель

к.т.н., доцент кафедры ОПИиВС И.В.Костромина

И.о.зав. кафедрой С.А. Щеглова