



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО
ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПО
МОДУЛЮ 6 ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПРОЦЕССОВ
ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ**

Направление подготовки	<u>22.04.02 <i>Металлургия</i></u>
Направленность (профиль)	<u><i>Обогащение и подготовка сырья к металлургической переработке</i></u>
Уровень высшего образования	<u><i>магистратура</i></u> (бакалавриат, специалитет, магистратура)
Квалификация выпускника	<u><i>магистр</i></u>

Авторы-разработчики: Газалеева Г.И., д-р. техн. наук, Игнаткина В.А. д-р. техн. наук, доцент, Немчинова Л.А., канд. техн. наук, Лобанов В.Г., канд. техн. наук,
Рассмотрено на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых.
Одобрено Методическим советом университета 18 октября 2021 г., протокол № 6

г. Верхняя Пышма
2021

Методические рекомендации для студентов по организации и выполнению самостоятельной работы по модулю 6 "Теория, технология и техника процессов переработки сырья".

Самостоятельная работа является неотъемлемой составляющей образовательного процесса. Самостоятельная работа магистрантов включает изучение теоретического курса и подготовку к практическим и лабораторным занятиям, выполнение домашнего задания, подготовка к зачетам, экзаменам. Настоящие Методические рекомендации для студентов по организации и выполнению самостоятельной работы по модулю 6 " Теория, технология и техника процессов переработки сырья " относятся к виду учебной работы «Изучение теоретического курса и подготовка к экзамену». Самостоятельная работа магистрантов также включает все виды текущей аттестации.

Тематика самостоятельных работ

Самостоятельные работы по теме модуля: «Теория, технология и техника процессов измельчения минерального сырья»

Самостоятельная работа № 1

Тема: Общие сведения

Очная форма обучения

Домашнее задание:

1. Изучить методики определения измельчаемости руд.
2. Законспектировать методики. Сделать выводы по различиям в методиках.
3. Определить по рисунку относительную измельчаемость исследуемой свинцово-цинковой руды по сравнению с эталонной (медьсодержащей рудой средней крепости) при их измельчении до 50 и 80 % класса -0,074 мм.
4. Привести примеры измельчаемости различных руд, анализируя данные основной и дополнительной литературы.
5. Сопоставить результаты расчета измельчаемости свинцово-цинковой руды с аналогичными рудами.
6. Определить мельницу для измельчения исследуемой руды в промышленных условиях, приняв производительность по исходной руде 200 т/ч, плотность пульпы – 60 %.

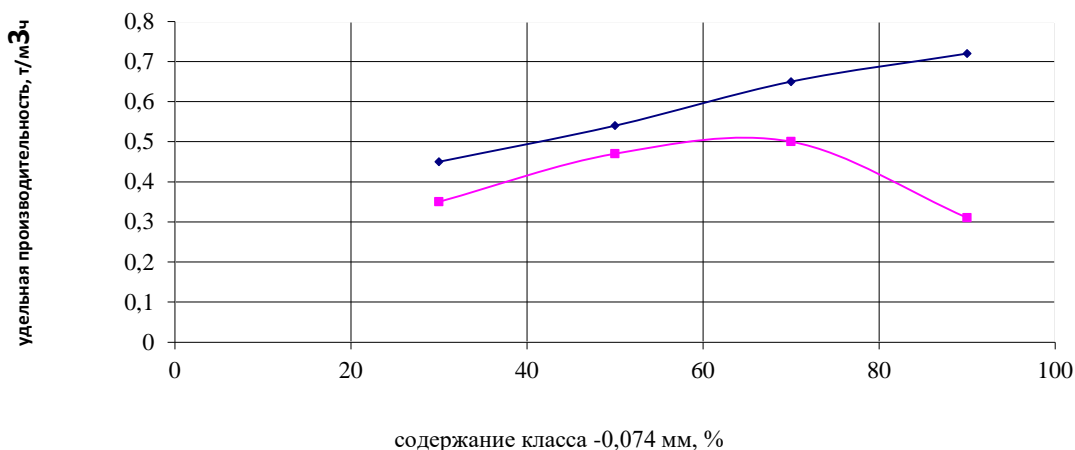


Рис. Зависимость удельной производительности по вновь образованному классу -0,074 мм от содержания этого класса в измельченном продукте исследуемой (1) и эталонной (2) руды при замкнутом режиме работы шаровой мельницы

Заочная форма обучения

Домашнее задание:

Найти в литературе необычные способы измельчения для любого вида продуктов.

Самостоятельная работа № 2

Тема:. Барабанные мельницы

Очная форма обучения

Примерный перечень тем рефератов:

1. Основные типы футеровок. Характеристики футеровок.
2. Механизм разрушения горных пород с позиции физики твердого тела.
3. Сопrotивляемость пород измельчению.
4. Определение производительности промышленных шаровых мельниц по результатам лабораторных исследований.
5. Интенсификация процесса самоизмельчения железистых кварцитов.
6. Доизмельчение избытка гальки и скрапа в отдельном цикле измельчения. Додрабливание избыточных гальки и скрапа, возвращение их в мельницу.
7. Сухое самоизмельчение.
8. Сравнение шарового измельчения и самоизмельчения руд.
9. Управление процессом самоизмельчения руд.
10. Практика самоизмельчения железных руд.
11. Моделирование циклов «измельчение-классификация».
12. Энергетические показатели процесса измельчения.

Структура и правила оформления реферата:

1. Размер(объем,) реферата (не включая титульный лист и список использованной литературы) – 10–15 листов: Times New Roman, 12 или эквивалент, интервал 1.5, стандартные поля (верхнее и нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,5 см).

2. Реферат, написанный от руки, не принимается.

3. Все приводимые цитаты должны быть заключены в кавычки. Текст должен содержать ссылки на цитируемые источники.

4. На титульном листе реферата должны быть указаны:

- название предмета, по которому сдается реферат;
- тема реферата;
- фамилия, инициалы и номер группы студента – автора реферата.

5. Реферат должен включать в себя следующие выделенные в тексте разделы:

Введение.

- очень краткий пересказ темы, освещающий суть рассматриваемого объекта исследования аппарата/явления;

- постановка проблемы в рамках выбранной темы;
- обоснование выбора для анализа данной темы и проблемы.

Основная часть. Данный раздел посвящен непосредственно раскрытию темы, он должен занимать не менее 2/3 объема работы и освещать следующие вопросы:

- устройство, принцип действия и основные элементы конструкции аппарата/машины; - порядок пуска/остановки агрегата, включающего данный аппарат;
- условия эффективной работы аппарата, обеспечивающие соблюдение технологического регламента и достижение требуемых показателей;
- возможные неполадки и способы их устранения.

Обязательно представление чертежа или схемы рассматриваемого аппарата.

Часть рефератов выполняется в форме перевода с иностранного языка (в основном английского) по тематике изучаемого материала.

Заключение.

Список литературы. Данный раздел должен содержать использованные при

написании реферата источники

Заочная форма обучения

Домашнее задание:

- Отобрать продукты 1 и 2 стадий измельчения.
- Сделать ситовой анализ с определением 5, 6 классов крупности у отобранных продуктов.
- Построить по результатам п. 2. ситовые характеристики как в натуральных единицах (мм, %), так и логарифмические.
- Построить теоретические гранхарактеристики по упрощенному уравнению Розина-Раммлера.

Самостоятельная работа № 3

Тема: Механика дробящей среды шаровой мельницы

Самостоятельная работа № 4

Тема: Полезная мощность шаровой мельницы

Самостоятельная работа № 5

Тема: Мелющие тела. Изнашивание шаров.

Самостоятельная работа № 6

Тема: Процесс измельчения

Самостоятельная работа № 7

Тема: Технология измельчения на обогатительных фабриках

Самостоятельная работа № 8

Тема: Производительность барабанных мельниц

Очная форма обучения

Домашнее задание:

1 Мельница МШР 3600×5000 №1 работает в I стадии измельчения в замкнутом цикле с классификатором КСН-30; производительность по руде составляет 78 т/ч, содержание класса -0,074 мм в руде – 2,6%; в разгрузке мельницы – 25,3%; в песках – 7,6% и в сливе классификатора – 48,3%. Определить циркулирующую нагрузку и удельную производительность мельницы.

2: Мельница МШР 3600×5000 №2 работает в I стадии измельчения в замкнутом цикле с классификатором КСН-30; производительность по руде составляет 69 т/ч, содержание класса -0,074 мм в руде – 2,6%; в разгрузке мельницы – 24,6%; в песках – 7,9% и в сливе классификатора – 57,1%. Определить какая из мельниц (№1 или №2) работает в более оптимальных условиях. Приняв, что поступающая руда полностью идентична, а состояние мельниц и шаровая загрузка в них одинаковы.

Заочная форма обучения

Домашнее задание:

- По построенной характеристике (самостоятельная работа № 2) найти номинальную крупность продукта при содержании класса 0,071 мм – 45 %, класса 0,044 мм – 35 % и произвольно выбранного процентного содержания класса 0,063 мм.
- Рассчитать теоретическую удельную поверхность узких классов отобранных продуктов.

Самостоятельная работа № 9

Тема: Правила технической эксплуатации

Самостоятельные работы по теме модуля: «Теория и технология флотации»

Самостоятельная работа № 1

Тема: «Роль и место флотации при переработке минерального сырья. Сущность процесса флотации».

Очная форма обучения

В результате выполнения работы запланировано:

- 1.1 Подготовка к контрольной работе № 1;
- 1.2 Подготовка к лекциям и практическим работам.

Заочная форма обучения

В результате выполнения работы запланировано:

- 1.1 Подготовка к контрольной работе № 1;
- 1.2 Подготовка к лекциям и практическим работам;
- 1.3 Написание реферата по теме «Роль и место флотации при переработке минерального сырья. Сущность процесса флотации».

Темы рефератов:

- 1) Роль и место флотационного процесса обогащения в решении проблем комплексного использования руд.
- 2) Фазы флотационной системы, их роль в процессе флотации.
- 3) Гидратация твердой поверхности.
- 4) Двойной электрический слой.
- 5) Когезия и адгезия.
- 6) Краевой угол смачивания, связи краевого угла смачивания с удельными поверхностными энергиями на границах соприкасающихся фаз.
- 7) Растворимость и дисперсность газовой фазы.

Самостоятельная работа № 2

Тема: «Химические и физико-химические основы флотации».

Очная форма обучения

В результате выполнения работы запланировано:

- 1.1 Выполнение домашней работы;
- 1.2 Подготовка к контрольной работе № 2;
- 1.3 Подготовка к лабораторным работам;
- 1.4 Подготовка к лекциям и практическим работам.

Заочная форма обучения

В результате выполнения работы запланировано:

- 1.1 Выполнение домашней работы;
- 1.2 Подготовка к контрольной работе № 2;
- 1.3 Подготовка к лабораторным работам;
- 1.4 Подготовка к лекциям и практическим работам.

Домашнее задание:

- 1) Оцените флотореагент -сода. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в количестве 2,5 кг/т; Т:Ж=1:1,5. $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ и $\text{p}K_1 = 6,35$; $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$ и $\text{p}K_2 = 10,32$. Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния угольной кислоты (формула).

2) Оцените флотореагент -бикарбонат натрия. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении NaHCO_3 в количестве 2,5 кг/т; содержание твердого 40%. $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ и $\text{p}K_1 = 6,35$; $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$ и $\text{p}K_2 = 10,32$. Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния угольной кислоты (формула).

3) Оцените флотореагент -жидкое стекло. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении 3,5 кг/т $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; Т:Ж=1:1. $K_1 = 1,3 \cdot 10^{-10}$ и $\text{p}K_1 = 9,9$; $K_2 = 1,6 \cdot 10^{-12}$ и $\text{p}K_2 = 11,8$ Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния метакремниевой кислоты (H_2SiO_3).

4) Оцените флотореагент цианид натрия. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении 300 г/т NaCN ; Т:Ж=1:1. $K_1 = 5 \cdot 10^{-10}$ и $\text{p}K_1 = 9,3$. Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния синильной кислоты (формула).

5) Оцените флотореагент -сернистый натрий. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении 200 г/т $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$; содержание твердого 35%. $K_1 = 1,05 \cdot 10^{-7}$ и $\text{p}K_1 = 6,98$; $K_2 = 1,23 \cdot 10^{-13}$ и $\text{p}K_2 = 12,91$ Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния сероводородной кислоты (формула).

Самостоятельная работа № 3

Тема: «Физические основы флотации».

Очная форма обучения

В результате выполнения работы запланировано:

- 1.1 Подготовка к контрольной работе № 3;
- 1.2 Подготовка к лабораторным работам;
- 1.3 Подготовка к лекциям и практическим работам.

Заочная форма обучения

В результате выполнения работы запланировано:

- 1.1 Подготовка к контрольной работе № 3;
- 1.2 Подготовка к лабораторным работам;
- 1.3 Подготовка к лекциям и практическим работам;
- 1.4 Написание реферата по теме «Физические основы флотации»;

Темы рефератов:

- 1) Элементарный акт флотация.
- 2) Флотомашин и флотационной оборудование

Самостоятельная работа № 4

Тема: «Технология флотации».

Очная форма обучения

В результате выполнения работы запланировано:

- 1.1 Выполнение домашней работы;
- 1.2 Написание реферата по теме «Технология флотации»;
- 1.3 Подготовка к контрольной работе № 2;
- 1.4 Подготовка к лабораторным работам;
- 1.5 Подготовка к лекциям и практическим работам.

Заочная форма обучения

- 1.1 Выполнение домашней работы;
- 1.2 Написание реферата по теме «Технология флотации»;
- 1.3 Подготовка к контрольной работе № 2;
- 1.4 Подготовка к лабораторным работам;
- 1.5 Подготовка к лекциям и практическим работам.

Темы рефератов:

- 1) Состояние проблемы флотации колчеданных медно-цинковых руд и основные направления решения.
- 2) Состояние проблемы флотации полиметаллических руд и основные направления решения.
- 3) Состояние проблемы флотации медно-никелевых руд и основные направления решения.
- 4) Состояние проблемы флотации свинцово-цинковых руд и основные направления решения.
- 5) Состояние проблемы флотации золото-пиритных руд и основные направления решения.

Домашнее задание

1) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-цинковой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли: меди - 1,5% из которой 90% в виде халькопирита и цинка 0,7%, из которого 80% в виде сфалерита; сульфидной серы - 35%. Рудные минералы равномерно, тонковкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 6 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 82%; цинка в цинковый концентрат - 47%.

2) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-цинковой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли: меди - 1,4%, из которой 85% в виде халькопирита, 25% в виде вторичных сульфидов меди и цинка - 4,5%, из которого более 92% в виде сфалерита; сульфидной серы - 45%. Рудные минералы неравномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 5 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 80%; цинка в цинковый концентрат - 82%.

3) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-цинковой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли: меди - 1,1%, из которой 85% в виде халькопирита, 25% в виде вторичных сульфидов меди и цинка 5,2%, из которого более 92% в виде сфалерита; сульфидной серы 20%. Рудные минералы неравномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 5 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 81%; цинка в цинковый концентрат - 83%.

4) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации полиметаллической руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли: меди - 0,9 %, из которой 85% в виде халькопирита, 15% в виде вторичных сульфидов меди; свинца – 1,2%, из которого 87% в виде галенита; цинка - 4,7%, из которого более 85% в виде сфалерита ?знак остальная часть - окисленные минеральные формы цинка; сульфидной серы 18%. Рудные минералы равномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 5; КС 6 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 81%; свинца в свинцовый концентрат - не менее 70%; цинка в цинковый концентрат - 83%.

5) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-порфировой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли: меди - 0,6%, из которой 95% в виде халькопирита, 5% в виде вторичных сульфидов меди; сульфидной серы 6%. Рудные минералы равномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 6; извлечение меди в медный концентрат – 85%.

Требования к написанию реферата:

- содержание реферата должно раскрывать тему и соответствовать плану;
- в тексте должна быть отражена авторская позиция;
- при написании реферата используйте не менее 5 источников (включая и интернет-ресурсы);
- в тексте правильно и обоснованно используйте научные понятия, давая им объяснение при первом применении;
- обязательно делайте ссылки на используемые источники и авторов;
- правильно оформляйте сноски;
- объем реферата – не менее 10 страниц машинописного текста (шрифт 14, интервал – полуторный).
- реферат должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления»

Домашнее задание 1

При оформлении домашнего задания необходимо представить технологическую роль флотореагента во флотации. Указать механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы при заданных условиях. Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния реагента.

Рекомендуемый список литературы

- 1 Химическое равновесие / В .А. Михайлов, О.В. Сорокина, Е.В. Савинкина, М.Н. Давыдова. М.: Бинوم. Лаборатория знаний. – 2008. – 197 С.
- 2 Батлер Дж. Н. Ионные равновесия. – Ленинград: Химия.- 1973. – 448 с.
- 3 Абрамов А.А., Леонов С.Б., Сорокин М.М. Химия Флотационных систем, М.-Недра,1982 г, 312 с.

Пример задания – Оцените флотореагент **сода**. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в количестве 2,5 кг/т; Т:Ж=1:1,5. $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ и $\text{p}K_1 = 6,35$; $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$ и $\text{p}K_2 = 10,32$. Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния угольной кислоты.

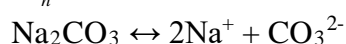
Решение. Сода является «мягким» щелочным регулятором среды; является диспергатором породных минералов. Механизм действия определяется составом ДЭС минералов.

Сода Na_2CO_3 - соль сильного основания и слабой кислоты, повышается щелочность среды.

Из справочной химической литературы задаемся константами. Из практики задаемся расходами реагентов и содержанием твердого в пульпе или разжижением для перевода расхода г/т в концентрацию г/л.

Для соды - $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ и $\text{p}K_1 = 6,35$; $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$ и $\text{p}K_2 = 10,32$. Гидролиз соды протекает по 2 ступеням, соответствующая константа гидролиза определяется по формуле

$$K_{\Gamma}^n = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_n} :$$



$$1) \text{CO}_3^{2-} + \text{HON} \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \quad (K_{\Gamma}^1 = \frac{10^{-14}}{4,8 \cdot 10^{11}} = 0,21 \cdot 10^{-3} = 2,1 \cdot 10^{-4})$$

$$2) \text{HCO}_3^- + \text{HON} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^- \quad (K_{\Gamma}^2 = \frac{10^{-14}}{4,5 \cdot 10^{-7}} = 0,22 \cdot 10^{-7} = 2,2 \cdot 10^{-8})$$

Гидролиз преимущественно протекает по первой ступени. Разжижение пульпы R составляет 1,5, что соответствует 40 % твердого.

Концентрация соды в жидкой фазе из расчета **100 % активности** составляет:

$$C_0 = \frac{2500}{1500} = 1,67 \text{ г/л или } 1,57 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л (М.м = 106 г/моль)}$$

Концентрацию ионов $[OH^-]$, образовавшихся в результате гидролиза Na_2CO_3 рассчитывают по формуле:

$$[OH^-] = -\frac{K_r^1}{2} + \sqrt{\left(\frac{K_r^1}{2}\right)^2 + K_r^1 \cdot C_0} \text{ (минус перед первым слагаемым)}$$

$$[OH^-] = -\frac{2,1 \cdot 10^{-4}}{2} + \sqrt{\left(\frac{2,1 \cdot 10^{-4}}{2}\right)^2 + 2,1 \cdot 10^{-4} \cdot 1,57 \cdot 10^{-2}} \text{ (под корнем)}$$

При расходе 2,5 кг/т, $[OH^-] = 1,7 \cdot 10^{-3}$ моль/л;

$$[H^+] = \frac{K_{H_2O}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{1,7 \cdot 10^{-3}} = 0,59 \cdot 10^{-11}$$

$$pH = 11 + 0,23 = 11,23$$

расчетная величина pH = 11,23.

Проверка

$$pH = 14 - 3 + 0,2 = 11,2$$

$$\text{Степень гидролиза } Na_2CO_3 \text{ составит: } h = \frac{[OH^-]}{C_0} \cdot 100 = \frac{1,7 \cdot 10^{-3}}{1,57 \cdot 10^{-2}} = 10,82\% .$$

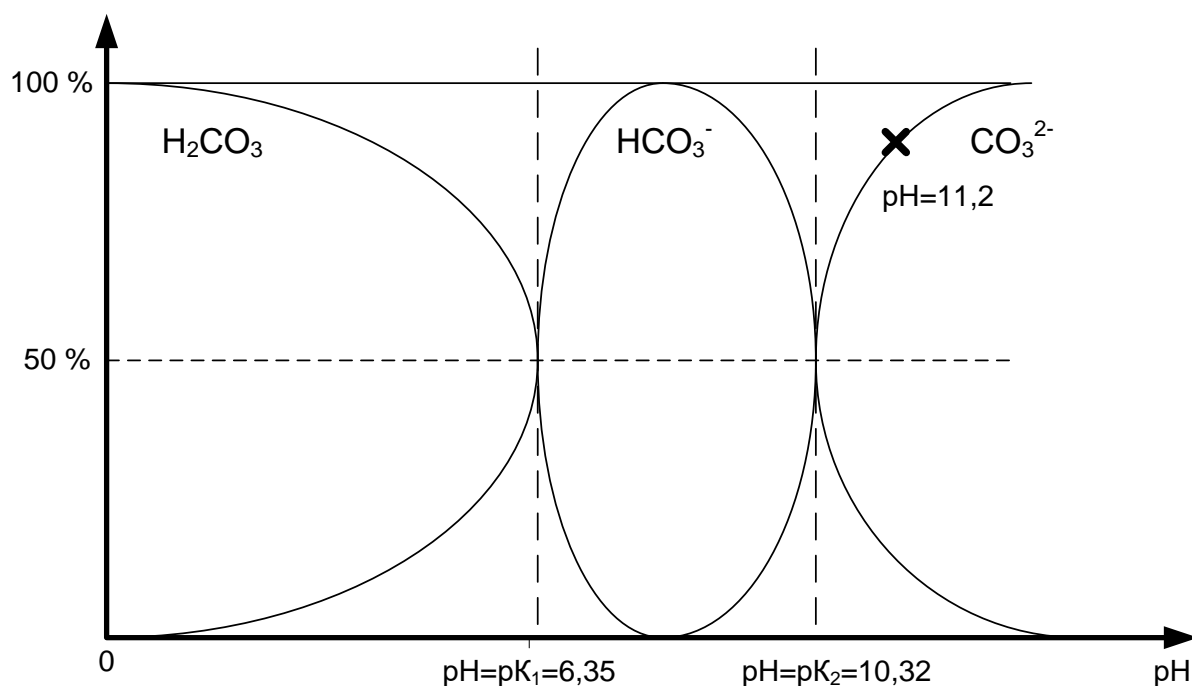


Рисунок 1 – Диаграмма состояния угольной кислоты

Ионный состав

$$C_0 = [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [H_2CO_3]$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{K_1 K_2}{K_1 K_2 + K_1 [H^+] + [H^+]^2} C_0 = \frac{4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 4,8 \cdot 10^{-11}}{4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 4,8 \cdot 10^{-11} + 4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 5,9 \cdot 10^{-12} + (5,9 \cdot 10^{-12})^2} \cdot 1,57 \cdot 10^{-2} =$$

$$= \frac{21,6 \cdot 10^{-18}}{21,6 \cdot 10^{-18} + 26,55 \cdot 10^{-19} + 34,81 \cdot 10^{-24}} \cdot 1,57 \cdot 10^{-2} = \frac{33,91 \cdot 10^{-20}}{24,26 \cdot 10^{-18}} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{K_1 [H^+]}{K_1 K_2 + K_1 [H^+] + [H^+]^2} C_0 = \frac{4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 5,9 \cdot 10^{-12}}{4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 4,8 \cdot 10^{-11} + 4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 5,9 \cdot 10^{-12} + (5,9 \cdot 10^{-12})^2} \cdot 1,57 \cdot 10^{-2}$$

$$= \frac{26,55 \cdot 10^{-19}}{24,26 \cdot 10^{-18}} \cdot 1,57 \cdot 10^{-2} = 1,72 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л}$$

$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2 + K_1 [H^+] + [H^+]^2} C_0 = \frac{(5,9 \cdot 10^{-12})^2}{4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 4,8 \cdot 10^{-11} + 4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 5,9 \cdot 10^{-12} + (5,9 \cdot 10^{-12})^2} \cdot 1,57 \cdot 10^{-2}$$

$$= \frac{34,81 \cdot 10^{-24}}{24,26 \cdot 10^{-18}} \cdot 1,57 \cdot 10^{-2} = \frac{54,65 \cdot 10^{-6}}{24,26 \cdot 10^{-18}} = 2,25 \cdot 10^{-12} \text{ моль / л}$$

Формулы для расчета состояния реагентов

Гидролиз сильного основания и слабой кислоты

ТИП MeAn $C_0 = [\text{An}^-] + [\text{HAn}]$

$$[\text{An}^-] = \frac{K}{K + [H^+]} C_0$$

$$[\text{HAn}] = \frac{[H^+]}{K + [H^+]} C_0$$

ТИП Me₂An $C_0 = [\text{An}^{2-}] + [\text{HAn}^-] + [\text{H}_2\text{An}]$

$$[\text{An}^{2-}] = \frac{K_1 K_2}{K_1 K_2 + K_1 [H^+] + [H^+]^2} C_0$$

$$[\text{HAn}^-] = \frac{K_1 [H^+]}{K_1 K_2 + K_1 [H^+] + [H^+]^2} C_0$$

$$[\text{H}_2\text{An}] = \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2 + K_1 [H^+] + [H^+]^2} C_0$$

ТИП Me₃An $C_0 = [\text{An}^{3-}] + [\text{HAn}^{2-}] + [\text{H}_2\text{An}^-] + [\text{H}_3\text{An}]$

$$[\text{An}^{3-}] = \frac{K_1 K_2 K_3}{K_1 K_2 K_3 + K_1 K_2 [H^+] + K_1 [H^+]^2 + [H^+]^3} C_0$$

$$[\text{HAn}^{2-}] = \frac{K_1 K_2 [H^+]}{K_1 K_2 K_3 + K_1 K_2 [H^+] + K_1 [H^+]^2 + [H^+]^3} C_0$$

$$[\text{H}_3\text{An}] = \frac{[H^+]^3}{K_1 K_2 K_3 + K_1 K_2 [H^+] + K_1 [H^+]^2 + [H^+]^3} C_0$$

Расчет с твердой фазой на основе констант растворимости малорастворимых соединений:

$$PP_1 = [CaOH^+] \cdot [OH^-], \text{ следовательно растворимость } P_1 = \sqrt[1+1]{\frac{PP_1}{1^1 \cdot 1^1}} = \sqrt{PP_1}$$

$$[OH^-] = [CaOH^+] = P_1$$

$$PP_2 = [Ca^{2+}] \cdot [OH^-]^2 \text{ и растворимость определяется } P_2 = \sqrt[2+1]{\frac{PP_2}{2^2 \cdot 1^1}} = \sqrt[3]{\frac{PP_2}{4}}$$

$$[OH^-] = 2P_2$$

$$[H^+] = \frac{K_{H_2O}}{[OH^-]} \text{ или}$$

$$pH = 14 + \lg[OH^-]$$

$$[Ca^{2+}] = \frac{PP_2}{10^{2(pH-14)}}$$

Домашнее задание №1. Варианты

Раздел 2 Химические и физико-химические основы флотации (ОК-1; ОК4; ОК-10; ОК-11)

1) Оцените флотореагент сода. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ в количестве 1,2 кг/т; Т:Ж=1:1,5. $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ и $pK_1 = 6,35$; $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$ и $pK_2 = 10,32$. Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния угольной кислоты.

2) Оцените флотореагент бикарбонат натрия. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении $NaHCO_3$ в количестве 2,5 кг/т; содержание твердого 40%. $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ и $pK_1 = 6,35$; $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$ и $pK_2 = 10,32$. Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния угольной кислоты.

3) Оцените флотореагент жидкое стекло. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении 3,5 кг/т $Na_2SiO_3 \cdot 10H_2O$; Т:Ж=1:1. $K_1 = 1,3 \cdot 10^{-10}$ и $pK_1 = 9,9$; $K_2 = 1,6 \cdot 10^{-12}$ и $pK_2 = 11,8$ Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния метакремниевой кислоты (H_2SiO_3).

4) Оцените флотореагент цианид натрия. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении 300 г/т $NaCN$; Т:Ж=1:1. $K_1 = 5 \cdot 10^{-10}$ и $pK_1 = 9,3$. Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния синильной кислоты.

5) Оцените флотореагент сернистый натрий. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении 200 г/т $Na_2S \cdot 9H_2O$; содержание

твердого 35%. $K_1 = 1,05 \cdot 10^{-7}$ и $pK_1 = 6,98$; $K_2 = 1,23 \cdot 10^{-13}$ и $pK_2 = 12,91$ Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния сероводородной кислоты.

6) Оцените флотореагент гидросернистый натрий. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении 200 г/т NaHS; Т:Ж=1:1,5. $K_1 = 1,05 \cdot 10^{-7}$ и $pK_1 = 6,98$; $K_2 = 1,23 \cdot 10^{-13}$ и $pK_2 = 12,91$ Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния сероводородной кислоты.

7) Оцените флотореагент медный купорос. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ от pH воды при расходе 300 г/т, Т:Ж=1:1. $K_{Cu^{2+}, CuOH^+} = 4,57 \cdot 10^{-8}$ и $pK_1 = 7,34$; $K_{CuOH^+, Cu(OH)_2} = 1,51 \cdot 10^{-7}$ и $pK_2 = 6,82$; $K_{Cu(OH)_2, [Cu(OH)_3]^-} = 1,91 \cdot 10^{-13}$ и $pK_3 = 12,72$. Построить диаграмму состояния соединений меди от pH.

8) Оцените флотореагент сода. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ в количестве 0,5 кг/т; Т:Ж=1:1. $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ и $pK_1 = 6,35$; $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$ и $pK_2 = 10,32$. Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния угольной кислоты.

9) Оцените флотореагент гидросульфид натрия. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении 50 г/т NaHS; содержание твердого 30%. $K_1 = 1,05 \cdot 10^{-7}$ и $pK_1 = 6,98$; $K_2 = 1,23 \cdot 10^{-13}$ и $pK_2 = 12,91$ Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния сероводородной кислоты.

10) Оцените флотореагент бикарбонат натрия. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав жидкой фазы, образующийся при введении $NaHCO_3$ в количестве 1,0 кг/т; Т:Ж=1:2. $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ и $pK_1 = 6,35$; $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$ и $pK_2 = 10,32$. Рассчитать степень гидролиза. Построить диаграмму состояния угольной кислоты.

11) Оцените флотореагент известковое молоко. Назначение. Механизм действия. Рассчитать ионный состав пульпы, образующийся при введении $Ca(OH)_2$ в количестве 2,5 кг/т; Т:Ж=1:1,5. $PP_{Ca^{2+}, 2OH^-} = 6,5 \cdot 10^{-6}$; $PP_{CaOH^+, OH^-} = 9,1 \cdot 10^{-5}$. Построить диаграмму состояния $Ca(OH)_2$.

Домашняя работа №2

При оформлении домашней работы необходимо обосновать выбор технологической схемы обогащения и реагентного режима, исходя из элементов вещественного состава. При необходимости следует задаться недостающими элементами вещественного состава.

В тексте приводится обоснование выбора схемы и режима. Приводятся - технологическая схема с указанием реагентного режима; результаты расчета баланса металлов по конечным продуктам.

Рекомендуемый список литературы

- 1) Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. Учебник. - М.: МГГУ. – 2008. - 710 С.
- 2) Сорокин М.М. Флотационные методы обогащения. Химические основы флотации. Учебное пособие. – М.: МИСиС. -411 С.

Дополнительная литература

- 1) Бочаров В.А., Игнаткина В.А. Технология полезных ископаемых. Т. 1 и Т.2 – М.: Руда и металлы. – 2007.
- 2) Теория и технология флотации руд/под. редакцией О.С.Богданова.- М.: Недра. – 1990. – 364 С.
- 3) Митрофанов С.И. Селективная флотация. -. М.: Недра. – 1967. – С. 3-371.

Пример задания Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-цинковой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 1,5% из которой 90 % в виде халькопирита, 5% в виде вторичных сульфидов меди, остальное силикатная медь и цинка 6,1% из которого более 95% в виде сфалерита; сульфидной серы 36%. Рудные минералы равномерно тонкокрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 5 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 84%; цинка в цинковый концентрат 83%.
Решение. Анализ вещественного состава показывает, основная минеральная форма меди – халькопирит, а цинка – сфалерит. Содержание цинка в 4,1 раза больше меди. Предполагаем, что сфалерит в основном природно неактивированный. Руда массивная. Вкрапленность равномерная, тонкая. Принимаю схему прямую селективную схему флотации. Измельчение до 90-95% класса -74 мкм. Приводится схема измельчения и флотации.

Реагентный режим – измельчение – смесь бисульфита натрия, цинкового купороса в соотношении (2:1) для подавления сфалерита, известь до pH=8-8,5. В основную медную флотацию в качестве собирателя смесь Z 200 и бутилового ксантогената; МИБК в качестве пенообразователя, затем по всем операциям медного цикла флотации. Цинковый цикл – основная цинковая флотация: медный купорос, известковое молоко до pH > 12,5; бутиловый ксантогенат и МИБК; по операциям указать флотореагенты.
Баланс металлов по конечным продуктам в табличной форме.

Домашняя работа 2. Варианты

Раздел 4 Технология флотации (ОК-1; ОК-4; ОПК-7; ПК-2; ПК-3; ПК-5)

- 1) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-цинковой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 1,5% из которой 90% в виде халькопирита и цинка 0,7% из которого 80% в виде сфалерита; сульфидной серы 35%. Рудные минералы равномерно, тонкокрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 6 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 82%; цинка в цинковый концентрат 47%.
- 2) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-цинковой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 1,4% из которой 85% в виде халькопирита, 25% в виде вторичных сульфидов меди и цинка 4,5% из которого более 92% в виде сфалерита; сульфидной серы 45%. Рудные минералы неравномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 5 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 80%; цинка в цинковый концентрат 82%.
- 3) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-цинковой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 1,1% из которой 85% в виде халькопирита, 25% в виде вторичных сульфидов меди и цинка 5,2% из которого более 92% в виде сфалерита; сульфидной серы 20%. Рудные минералы неравномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 5 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 81%; цинка в цинковый концентрат 83%.
- 4) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации полиметаллической руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную

схему. Исходные массовые доли - меди 0,9% из которой 85% в виде халькопирита, 15% в виде вторичных сульфидов меди, остальной окисленные формы; свинца – 1,2% из которого 87% в виде галенита; цинка 4,7% из которого более 85% в виде сфалерита остальная часть окисленные минеральные формы цинка; сульфидной серы 18%. Рудные минералы равномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 5; КС 6 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 81%; свинца в свинцовый концентрат не менее 70%; цинка в цинковый концентрат 83%.

5) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-порфировой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 0,6% из которой 95% в виде халькопирита, 5% в виде вторичных сульфидов меди; сульфидной серы 6%. Рудные минералы равномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 6; извлечение меди в медный концентрат – 85%.

6) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации малосульфидной свинцово-цинковой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - свинца 2,6% из которой 95% в виде галенита; 4,5% цинка из которых 96% в виде сфалерита. Рудные минералы равномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КС 2 и КЦ 3; извлечение свинца в свинцовый концентрат – 92%; цинка в цинковый концентрат 83%.

7) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-цинковой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 1,8 % из которой 95% в виде халькопирита, 5% в виде вторичных сульфидов меди и цинка 4,5% из которого более 82% в виде сфалерита; сульфидной серы 45%. Рудные минералы неравномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 6 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 84%; цинка в цинковый концентрат 76%.

8) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации полиметаллической руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 1,9% из которой 85% в виде халькопирита, 19% в виде вторичных сульфидов меди, остальное - окисленные формы; свинца – 1,2% из которого 87% в виде галенита; цинка 4,7% из которого более 85% в виде сфалерита остальная часть окисленные минеральные формы цинка; сульфидной серы 18%. Рудные минералы равномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 5; КС 6 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 81%; свинца в свинцовый концентрат не менее 70%; цинка в цинковый концентрат 83%.

7) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-цинковой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 1,1% из которой 90% в виде халькопирита, 10 % в виде вторичных сульфидов меди и цинка 0,7 % из которого более 92% в виде сфалерита; сульфидной серы 28 %. Рудные минералы неравномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 5 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 84%; цинка в цинковый концентрат 50 %.

8) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации полиметаллической руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 1,9% из которой 85% в виде халькопирита, 15% в виде вторичных сульфидов меди, остальной окисленные формы; свинца – 0,9% из которого 87% в виде галенита; цинка 2,7% из которого более 85% в виде сфалерита остальная часть окисленные минеральные формы цинка; сульфидной серы 18%. Рудные минералы тонковкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 5; КС 6 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 81%; свинца в свинцовый концентрат 70%; цинка в цинковый концентрат 80%.

9) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации колчеданной медной руды. Рассчитать баланс металла и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 1,1% из которой 85% в виде халькопирита, 25% в виде вторичных сульфидов меди. Рудные минералы неравномерно вкрапленные. Товарный концентрат соответствует КМ 5. Извлечение меди в медный концентрат – 84%.

10) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-порфировой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 0,4% из которой 45% в виде халькопирита, 55% в виде вторичных сульфидов меди; сульфидной серы 4%. Рудные минералы равномерно вкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 3; извлечение меди в медный концентрат – 82%.

11) Разработать принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации медно-цинковой руды. Рассчитать баланс металлов и качественно-количественную схему. Исходные массовые доли - меди 1,1% из которой 90% в виде халькопирита и цинка 1,1% из которого 90% в виде сфалерита; сульфидной серы 36%. Рудные минералы равномерно, тонковкрапленные. Товарные концентраты соответствуют КМ 6 и КЦ 3. Извлечение меди в медный концентрат – 82%; цинка в цинковый концентрат 77%.

Самостоятельные работы по теме модуля: «Технология и техника обогащения медных и медно-цинковых руд»

Самостоятельная работа № 1

Тема: «Анализ современного состояния переработки колчеданных медных и медно-цинковых руд»

Код раздела, темы	Номер занятия	Запланировано
1	1.1	Подготовка к лекциям, практическим занятиям
	1.2	Подготовка к контрольной работе

Самостоятельная работа № 2

Тема: «Проблемы повышения качества медных и цинковых концентратов из колчеданных медных и медно-цинковых руд»»

	Номер занятия	Запланировано

Код раздела, темы		
2	2.1	Подготовка к лекциям, практическим занятиям
	2.2	Подготовка к контрольной работе

Самостоятельная работа № 3

Тема: «Вещественный состав медно-цинковых руд и современные методы анализа вещественного состава руд цветных металлов»

Код раздела, темы	Номер занятия	Запланировано
3	3.1	Домашнее задание
	3.2	Подготовка к лекциям, практическим занятиям
	3.3	Подготовка к контрольной работе

Домашнее задание:

1) Разработать принципиальную схему обогащения медно-цинковых руд, в которых медные минералы представлены в основном халькопиритом (вторичных медных минералов до 10%), характерной чертой для данных руд является взаимное прораствание медных минералов с пиритом, и цинковых минералов с пиритом, и менее взаимным прорастванием медных и цинковых минералов друг с другом;

2) Разработать принципиальную схему обогащения медно-цинковых руд, в которых медные минералы представлены в основном халькопиритом (вторичных медных минералов до 10%), характерной чертой для данных руд является взаимное прораствание медных минералов с пиритом, и цинковых минералов с пиритом, и менее взаимным прорастванием медных и цинковых минералов друг с другом, в том числе для руды с преобладанием цинковых минералов над медными с соотношением содержаний в руде 1 : 2,5(5,0).;

3) Разработать принципиальную схему обогащения медно-цинковых руд, в которых медные минералы представлены в основном халькопиритом (вторичных медных минералов до 10%), характерной чертой для данных руд является взаимное прораствание медных минералов с пиритом, и цинковых минералов с пиритом, и менее взаимным прорастванием медных и цинковых минералов друг с другом, в том числе для руды с преобладанием медных минералов над цинковыми, с соотношением содержаний в руде 2,5(3) : 1;

4

) Разработать принципиальную схему обогащения для медно-цинковых тенантитсодержащих руд, характерной чертой для данных руд является взаимное прораствание медных минералов с пиритом, и цинковых минералов с пиритом, и менее взаимным прорастванием медных и цинковых минералов друг с другом, в том числе для руды с преобладанием медных минералов над цинковыми, с соотношением содержаний в руде 2,5(3) : 1;

6) Разработать принципиальную схему обогащения медно-цинковых руд с присутствием не только пирита, но и пирротина более 30%.

Самостоятельная работа № 4

Тема: «Применяемые в настоящее время схемы дробления, измельчения и флотации при переработке рудного сырья»

Код раздела, темы	Номер занятия	Запланировано
4	4.1	Подготовка к расчетно-графической работе

	4.2	Подготовка к контрольной работе
	4.3	Подготовка к лекциям и практическим занятиям

Перечень тем расчетно-графических работ:

1. Расчет качественно-количественной и водно-шламовой схемы измельчения с установкой в 1-ой стадии мельницы ПСИ;
2. Расчет качественно-количественной и водно-шламовой схемы измельчения с установкой в 1-ой стадии стержневой мельницы;
3. Расчет качественно-количественной и водно-шламовой схемы коллективно-селективной схемы флотации при переработке медной руды;
4. Расчет качественно-количественной и водно-шламовой схемы коллективно-селективной схемы флотации при переработке медно-цинковой руды;
5. Расчет качественно-количественной и водно-шламовой схемы прямой селективной схемы флотации при переработке медно-цинковой руды;

Самостоятельная работа № 5

Тема: «Опробование, контроль и автоматизация технологического процесса, проведение технологических опробований»

Код раздела, темы	Номер занятия	Запланировано
5	5.1	Подготовка к расчетно-графической работе
	5.2	Подготовка к контрольной работе
	5.3	Подготовка к лекциям и практическим занятиям

Перечень тем расчетно-графических работ:

1. Расчет технологического баланса и качественно-количественной и водно-шламовой схем опробования медной руды;
2. Расчет технологического баланса и качественно-количественной и водно-шламовой схем опробования медно-цинковой руды.

Самостоятельная работа № 6

Тема: «Типы применяемого основного технологического оборудования»

Код раздела, темы	Номер занятия	Запланировано
6	6.1	Домашнее задание.
	6.3	Подготовка к контрольной
	6.4	Подготовка к лекциям и практическим занятиям

Домашнее задание:

- 1) Рассчитать производительность щековой дробилки для следующих исходных данных:

Коэффициент крепости руды $f = 16$; насыпная плотность руды $\rho_n = 1,6 \text{ т/м}^3$; номинальная крупность руды $D_n = 700 \text{ мм}$; влажность руды – 6%, ширина приемного отверстия $B = 0,9 \text{ м}$; длина

загрузочного отверстия $L = 1,2\text{ м}$; ширина разгрузочной щели $b = 0,13\text{ м}$; ход подвижной щеки $S = 0,05\text{ м}$.

2) Рассчитать число мельниц с установочной мощностью 50 кВт для измельчения в одну стадию для следующих исходных данных:

$Q_{\text{исх}} = 500,0\text{ т/ч}$; массовая доля расчетного класса минус $0,071\text{ мм}$ в исходном питании $\beta_{\text{и}} = 5\%$, в конечном продукте $\beta_{\text{к}} = 60\%$;

3) Рассчитать производительность гидроциклона и количество гидроциклонов с углом конусности 20° , обеспечивающих объемную производительность $900\text{ м}^3/\text{ч}$ и номинальную крупность слива $d_{\text{н}} = 50\text{ мкм}$. Давление пульпы на входе в гидроциклон задано $P_0 = 0.1\text{ Мпа}$.

4) Рассчитать количество камер флотационной машины с учётом убыли расхода пульпы по формуле для исходных данных: объемный расход пульпы в операцию флотации $Q_{\text{об}} = 200\text{ м}^3/\text{ч}$; объемный расход пульпы в концентрат флотации $Q_{\text{обп}} = 80\text{ м}^3/\text{ч}$; продолжительность флотации $t = 5\text{ мин}$; геометрический объем камер флотомашин $V_{\text{к}} = 3,6\text{ м}^3$, коэффициент использования объема камер флотомашин $k = 0.7$;

5) Рассчитать необходимый объем контактного чана для кондиционирования пульпы в течение $t = 5\text{ мин}$ при объемном расходе $2000\text{ м}^3/\text{сут}$.

Самостоятельные работы по теме модуля: «Гидрохимические методы обогащения руд»

Самостоятельная работа № 1

Тема: Выщелачивание

Самостоятельная работа включает выполнение самостоятельных внеаудиторных работ по конспектированию основной и дополнительной литературы, подготовка к практическим занятиям, подготовка к контрольной работе (для ЗФО). В результате выполнения работы запланировано самостоятельное изучение обучающимися следующих вопросов темы:

- Теоретические основы процесса выщелачивания.
- Факторы, влияющие на процесс выщелачивания. Взаимосвязь факторов с показателями выщелачивания.
- Технологии кучного, подземного и агитационного выщелачивания.
- Оборудование технологии чанового и автоклавного выщелачивания.
- Технологические схемы процесса выщелачивания.

Самостоятельная работа № 2

Тема: Цементация

Самостоятельная работа включает выполнение самостоятельных внеаудиторных работ по конспектированию основной и дополнительной литературы, подготовка к практическим занятиям, подготовка к контрольной работе (для ЗФО). В результате выполнения работы запланировано самостоятельное изучение обучающимися следующих вопросов темы:

- Теоретические основы процесса цементации.
- Факторы, влияющие на процесс цементации. Взаимосвязь факторов с показателями цементации.
- Практика цементации меди и золота.
- Оборудование для цементации меди и золота.
- Технологические схемы процесса цементации меди и золота.

Самостоятельная работа № 3

Тема: Жидкостная экстракция

Самостоятельная работа включает выполнение самостоятельных внеаудиторных работ по конспектированию основной и дополнительной литературы, подготовка к практическим занятиям. В результате выполнения работы запланировано самостоятельное изучение обучающимися следующих вопросов темы:

- Теоретические основы процесса жидкостной экстракции.
- Факторы, влияющие на процесс жидкостной экстракции.
- Свойства экстрагентов.
- Практика жидкостной экстракции меди.
- Оборудование процесса жидкостной экстракции.
- Технологические схемы процесса жидкостной экстракции.

Самостоятельная работа № 4

Тема: Ионный обмен

Самостоятельная работа включает выполнение самостоятельных внеаудиторных работ по конспектированию основной и дополнительной литературы, подготовка к практическим занятиям. В результате выполнения работы запланировано самостоятельное изучение обучающимися следующих вопросов темы:

- Теоретические основы ионного обмена.
- Факторы, влияющие на процесс ионного обмена.
- Свойства ионообменных смол и активных углей.
- Угольно- и смолосорбционные технологии.
- Технологические схемы процесса ионного обмена.

Самостоятельная работа № 5

Тема: Электроэкстракция

Самостоятельная работа включает выполнение самостоятельных внеаудиторных работ по конспектированию основной и дополнительной литературы, подготовка к практическим занятиям. В результате выполнения работы запланировано самостоятельное изучение обучающимися следующих вопросов темы:

- Теоретические основы электроэкстракции.
- Факторы, влияющие на процесс электроэкстракции.
- Практика электроэкстракции меди и золота.
- Оборудование процесса электроэкстракции.
- Технологические схемы процесса электроэкстракции.

Расчётно-графическая работа

Тема:

- Расчет количественных показателей в операциях обогащения
- Гидрохимическое выщелачивание благородных металлов из руд и концентратов
- Отделение продуктивных растворов при гидрохимическом обогащении.
- Промывка осадков
- Осаждение металлов из растворов гидрохимического обогащения
- Расчет электрохимических процессов в металлургии цветных металлов.