

**Приложение 2 к РПД Флотационные методы обогащения**  
**Специальность- 21.05.04 Горное дело**  
**специализация: №6 Обогащение полезных ископаемых**  
**Форма обучения – заочная**  
**Год набора - 2020**

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ**  
**АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**1. Общие сведения**

|    |                     |                                                         |
|----|---------------------|---------------------------------------------------------|
| 1. | Кафедра             | <b>Горного дела, наук о Земле и природообустройства</b> |
| 2. | Специальность       | <b>21.05.04 Горное дело</b>                             |
| 3. | Специализация       | <b>№ 6 «Обогащение полезных ископаемых»</b>             |
| 4. | Дисциплина (модуль) | <b>Флотационные методы обогащения</b>                   |
| 5. | Форма обучения      | <b>заочная</b>                                          |
| 6. | Год набора          | <b>2020</b>                                             |

**1. Перечень компетенций**

- способностью анализировать горно-геологическую информацию о свойствах и характеристиках минерального сырья и вмещающих пород (ПСК-6.1)
- способностью выбирать технологию производства работ по обогащению полезных ископаемых, составлять необходимую документацию (ПСК-6.2);
- способностью выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке и обогащению минерального сырья на основе знаний принципов проектирования технологических схем обогатительного производства и выбора основного и вспомогательного обогатительного оборудования (ПСК-6.3);
- способностью анализировать и оптимизировать структуру, взаимосвязи, функциональное назначение комплексов по добыче, переработке и обогащению полезных ископаемых и соответствующих производственных объектов при строительстве и реконструкции с учетом требований промышленной и экологической безопасности (ПСК-6.6).

**2. Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования**

| Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)              | Формируемая компетенция                  | Критерии и показатели оценивания компетенций                                             |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                               | Формы контроля сформированности компетенций                            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                                                                       |                                          | Знать:                                                                                   | Уметь:                                                                                                                                                                  | Владеть:                                                                                                                      |                                                                        |
| 1. Введение. Теоретические основы флотации, элементарный акт флотации | ПСК-6.1<br>ПСК-6.2<br>ПСК-6.3<br>ПСК-6.6 | роль и место флотационных методов обогащения                                             |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                               | Устный опрос, реферат                                                  |
| 2. Флотационные реагенты                                              | ПСК-6.1<br>ПСК-6.2<br>ПСК-6.3<br>ПСК-6.6 | роль и классификацию флотационных реагентов; характеристику реагентов и принцип действия | выбирать и обосновывать применение конкретного вида реагентов; рассчитывать концентрацию реагентов                                                                      | методикой определения концентрации реагентов                                                                                  | Реферат, решение задач, лабораторная работа, презентация, устный опрос |
| 3. Технология флотационного процесса                                  | ПСК-6.1<br>ПСК-6.2<br>ПСК-6.3<br>ПСК-6.6 | особенности флотационного процесса                                                       | выбирать и определять оптимальные режимы ведения технологического процесса с учетом особенностей вещественного состава сырья; разрабатывать комплексные технологические | методикой грамотного выбора технологии с учетом особенностей вещественного состава и необходимости комплексного использования | Устный опрос, решение задач, лабораторная работа, презентация          |

|                                                              |                                                    |                                                                                                                          |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                |                                                   |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                                              |                                                    |                                                                                                                          | <p>процессы, обеспечивающие малоотходные и экологически чистые технологии; проводить сравнительный анализ технологических решений</p> |                                                                                                                                                                                                                |                                                   |
| <p>4. Флотационные машины и вспомогательное оборудование</p> | <p>ПСК-6.1<br/>ПСК-6.2<br/>ПСК-6.3<br/>ПСК-6.6</p> | <p>классификацию и назначение машин; конструктивные особенности, области применения и расчетные характеристики машин</p> | <p>выбирать и обосновывать применение конкретного типа машин; рассчитывать характеристики различного типа машин</p>                   | <p>методикой определения основных конструктивных и режимных параметров машин их производительности и эффективности в горно-обогатительном производстве; методикой оценки технического состояния машин и их</p> | <p>Устный опрос, лабораторная работа, реферат</p> |

|                                                                            |                                          |                                                                                                                 |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                      |                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                                                            |                                          |                                                                                                                 |                                                                                                                                             | надежности в процессе эксплуатации                                                                                                                                   |                                                              |
| 5. Организация работы флотационного отделения.                             | ПСК-6.1<br>ПСК-6.2<br>ПСК-6.3<br>ПСК-6.6 | организацию производства, контроля и управления процессами и показателями обогащения на обогатительных фабриках | разрабатывать мероприятия, обеспечивающие повышение эффективности переработки минерального сырья на обогатительных фабриках и производствах | методикой грамотного выбора технологии с учетом особенностей вещественного состава и необходимости комплексного использования при минимальных затратах на обогащение | Устный опрос, реферат                                        |
| 6. Проектирование мельнично-флотационного отделения обогатительной фабрики | ПСК-6.1<br>ПСК-6.2<br>ПСК-6.3<br>ПСК-6.6 | все вышеизложенное                                                                                              | все вышеизложенное                                                                                                                          | навыками всего вышеизложенного                                                                                                                                       | Курсовой проект, презентация, устный опрос, опорный конспект |

### 3. Критерии и шкалы оценивания

#### Критерии и шкалы оценивания

##### 1. Устный опрос

|                             |       |       |        |
|-----------------------------|-------|-------|--------|
| Процент правильных ответов  | До 60 | 61-80 | 81-100 |
| Количество баллов за ответы | 0,5   | 1     | 2      |

##### 2. Решение задач

5 балла выставляется, если студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

3 балла выставляется, если студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

2 балла выставляется, если студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

0 баллов - если студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

##### 3. Критерии оценки выступления студентов с рефератом

| Баллы | Характеристики ответа студента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2     | <ul style="list-style-type: none"><li>- студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;</li><li>- уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li><li>- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;</li><li>- умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li><li>- делает выводы и обобщения;</li><li>- свободно владеет понятиями</li></ul>                         |
| 1,5   | <ul style="list-style-type: none"><li>- студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;</li><li>- не допускает существенных неточностей;</li><li>- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;</li><li>- аргументирует научные положения;</li><li>- делает выводы и обобщения;</li><li>- владеет системой основных понятий</li></ul>                                                                                 |
| 1     | <ul style="list-style-type: none"><li>- тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент освоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;</li><li>- допускает несущественные ошибки и неточности;</li><li>- испытывает затруднения в практическом применении знаний;</li><li>- слабо аргументирует научные положения;</li><li>- затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li><li>- частично владеет системой понятий</li></ul> |
| 0     | <ul style="list-style-type: none"><li>- студент не усвоил значительной части проблемы;</li><li>- допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;</li><li>- испытывает трудности в практическом применении знаний;</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                               |

|  |                                                                                                                                                                                           |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- не может аргументировать научные положения;</li> <li>- не формулирует выводов и обобщений;</li> <li>- не владеет понятийным аппаратом</li> </ul> |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. Курсовой проект

| Баллы | Критерии оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 25    | проект выполнен в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса, студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме проекта. Оформление проекта соответствует предъявляемым требованиям. При защите проекта студент свободно владеет материалом и отвечает на вопросы. |
| 20    | проект выполнен в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Незначительные замечания к оформлению проекта. При защите проекта студент владеет материалом, но отвечает не на все вопросы.                                                                                             |
| 8     | проект выполнен в соответствии с утвержденным планом, но не полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Студентом не сделаны собственные выводы по теме проекта. Грубые недостатки в оформлении проекта. При защите проекта студент слабо владеет материалом, отвечает не на все вопросы.                                  |
| 4     | проект выполнен не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса. Студентом не сделаны выводы по теме проекта. Грубые недостатки в оформлении проекта. При защите проекта студент не владеет материалом, не отвечает на вопросы.                                                               |

#### 6. Презентация (критерии оценки презентации)

| Структура презентации                                                                         | Максимальное количество баллов |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Содержание</b>                                                                             |                                |
| Сформулирована цель работы                                                                    | 0,5                            |
| Понятны задачи и ход работы                                                                   | 0,5                            |
| Информация изложена полно и четко                                                             | 0,5                            |
| Иллюстрации усиливают эффект восприятия текстовой части информации                            | 0,5                            |
| Сделаны выводы                                                                                | 0,5                            |
| <b>Оформление презентации</b>                                                                 |                                |
| Единый стиль оформления                                                                       | 0,5                            |
| Текст легко читается, фон сочетается с текстом и графикой                                     | 0,5                            |
| Все параметры шрифта хорошо подобраны, размер шрифта оптимальный и одинаковый на всех слайдах | 0,5                            |
| Ключевые слова в тексте выделены                                                              | 0,5                            |
| <b>Эффект презентации</b>                                                                     |                                |
| Общее впечатление от просмотра презентации                                                    | 0,5                            |
| <b>Итого количество баллов</b>                                                                | <b>5</b>                       |

## 7. Подготовка опорного конспекта

**Опорный конспект** - это сокращенная запись крупного блока изучаемого материала, которая поможет студентам структурировать знания, грамотно и точно воспроизвести изученный материал при подготовке к зачету.

| Баллы | Содержание конспекта                                                                                             |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8     | записаны все темы; выделены главные (ключевые слова); использованы системы условных обозначений, символов и т.д. |
| 5     | записаны все темы; выделены главные (ключевые слова)                                                             |
| 2     | записаны все темы                                                                                                |

**Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### 1) Типовые вопросы к устному опросу

1. Как называется процесс слипания частиц под действием сил Ван-дер-Ваальса?
2. Что происходит с гидрофобными минеральными частицами в процессе флотации?
3. Что происходит с гидрофильными минеральными частицами в процессе флотации?
4. Какой величиной характеризуется Смачиваемость поверхности твердого при соприкосновении трех фаз (т,ж,г)?
5. Что является основной причиной низкой вероятности удержания частиц в слое пены?

### 2) Примеры задач

Во флотационном процессе используют рабочие растворы с низким содержанием вещества, как правило - 1-3%. Концентрация вещества в растворе ( $\omega$  - массовая доля, %) рассчитывается по формуле:

$$\omega(\%) = \frac{m_{в-ва}}{m_{р-ра}} * 100\%$$

где  $m_{в-ва}$  – масса реагента в граммах (или килограммах),  $m_{р-ра}$  – масса раствора в граммах (или килограммах).

Массовая доля (в процентах по массе) показывает, сколько граммов данного вещества растворено в 100 граммах раствора.

Следует учесть, что при растворении в воде кристаллогидрата соли (например,  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) необходимо учитывать, что активным компонентом (по которому рассчитывается концентрация раствора) является безводная соль.

Необходимо знать, что для подсчета массы вещества, взятого в молях, следует определить молярную массу данного вещества, т.е. массу одного моля, выраженную в граммах (М, г/моль).

Плотность воды во всех задачах принимается равной  $\rho=1$  г/мл.

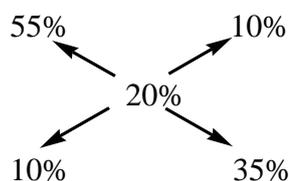
1. Рассчитайте, какое количество едкого натра необходимо для приготовления 5 л 1%-ного раствора, имеющего плотность 1.01 г/мл.

2. Какой объем концентрированной серной кислоты ( $\rho=1.83$  г/мл) необходим для приготовления 0.2 л 2%-ного раствора ( $\rho=1.012$  г/мл)?

3. При выпаривании 2 кг раствора хлорида кальция получили 30 г кристаллогидрата  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Какова была концентрация соли в исходном растворе?
4. Какое количество каустической соды, содержащей 2% примесей, необходимо взять для приготовления 350 г 25%-ного раствора  $\text{NaOH}$ ?
5. При выпаривании 2 л раствора реагента ( $\rho=1,001$  г/мл) получили 18 г сухого остатка. Какова исходная концентрация раствора реагента (%)?
6. Сколько миллилитров олеиновой кислоты ( $\rho=0.9$  г/мл) необходимо взять для приготовления 100 г 1%-ного раствора?
7. Раствор какой концентрации (%) получится при растворении 0.01 моля  $\text{CuSO}_4$  в 100 г воды?
8. Какой будет концентрация раствора сульфата меди, полученного при растворении 10 г медного купороса ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ) в 300 мл воды?
9. Какую массу технического сульфата железа (II), содержащего 1.5% примесей следует взять для приготовления 300 г 1.5%-ного раствора  $\text{FeSO}_4$ ?
10. Сколько необходимо взять соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , чтобы при растворении ее в 150 мл воды получить 1%-ный раствор?

Для определения необходимых масс растворов при разбавлении приготовленного раствора до требуемой концентрации или при получении раствора требуемой концентрации (в % по массе) смешением двух растворов или смешением чистого (100%-ного) вещества и воды (0% вещества) можно воспользоваться правилом креста. В этом случае требуемая концентрация раствора записывается в месте пересечения двух диагональных линий, а концентрации имеющихся растворов - у концов линий слева, причем большая концентрация пишется сверху, а меньшая - внизу (в случае разбавления водой внизу пишут 0). На каждой диагональной линии вычитают из большего числа меньшее, и разность записывают на той же линии справа. Полученные числа показывают, сколько массовых частей каждого компонента следует взять для приготовления раствора требуемой концентрации.

Например, для приготовления раствора 20%-ной концентрации надо взять 10 массовых частей 55%-ного раствора и 35 весовых частей 10%-ного раствора.



Рассчитайте по правилу креста:

1. Какие массы растворов с концентрацией реагента 80% и 20% необходимо смешать для приготовления 20 г 50%-ного раствора.
2. Сколько твердой соли надо добавить к 10 г ее 10%-ного раствора, чтобы приготовить 25%-ный раствор.
3. Сколько воды (г) требуется добавить к 10 г 50%-ного раствора для приготовления 10%-ного раствора.

4. Сколько граммов концентрированной серной кислоты (100%) следует добавить к 12 г 15%-ного раствора, чтобы получить 2%-ный раствор.

5. Какие количества (г) 40%-ного раствора и воды следует смешать для приготовления 15 г 5%-ного раствора.

6. Сколько грамм воды надо взять, чтобы из 8 г 3.6%-ного раствора приготовить 1%-ный раствор.

7. Какие массы растворов с концентрациями 5% и 1% следует взять для приготовления 45 г 2%-ного раствора.

8. Какое количество воды (г) следует добавить к 10 г 15%-ного раствора для приготовления 1%-ного раствора.

9. Какие количества (г) 15%-ного и 1%-ного раствора следует смешать для получения 10 г 2%-ного раствора.

10. Сколько воды (г) необходимо взять, чтобы приготовить 3.5%-ный раствор из 7 г 10%-ного раствора.

1. Схемы флотации, их построение. Приведите пример схемы флотации полезного ископаемого согласно табл.1.

Под схемой флотации понимают определенную последовательность операций флотации и их сочетание с операциями измельчения и классификации. Первая операция флотационного извлечения ценного компонента называется основной флотацией. Операция повторной флотации концентрата основной флотации называется перечисткой, операция повторной флотации хвостов – контрольной. Число перечисток концентрата и контрольных флотаций зависит от содержания флотируемых компонентов в исходном материале, их флотируемости и требований, предъявляемых к концентрату и хвостам. Все пенные продукты в схеме флотации всегда изображаются слева, а камерные – справа от наименования операции флотации. Конечными продуктами флотации являются концентраты и хвосты. Все остальные продукты, циркулирующие внутри схемы, называются промежуточными или промпродуктами. Они обычно возвращаются в предыдущую операцию.

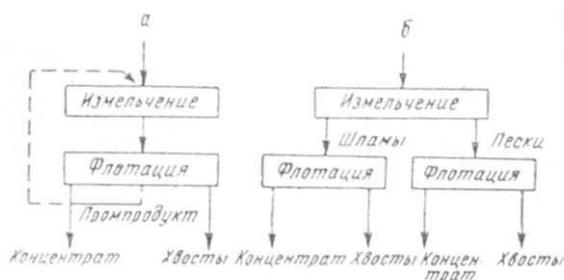


Рис. 1. Варианты принципиальных одностадийных схем флотации

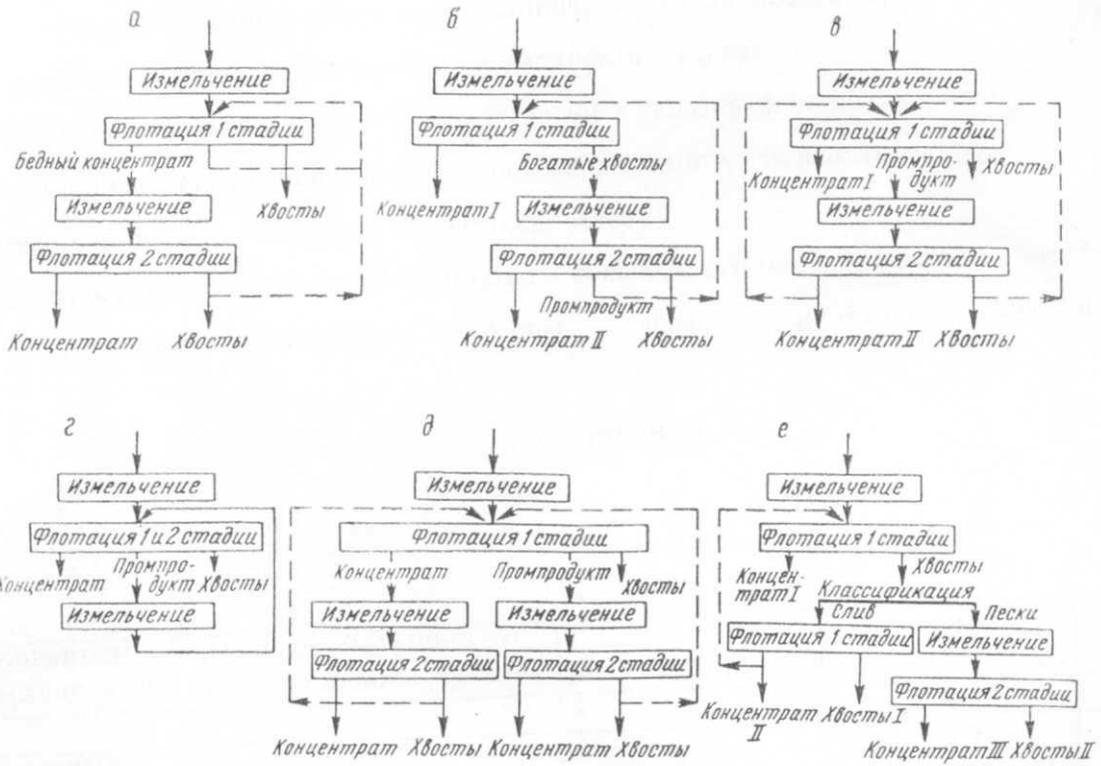


Рис.2. Варианты принципиальных двухстадиальных схем флотации

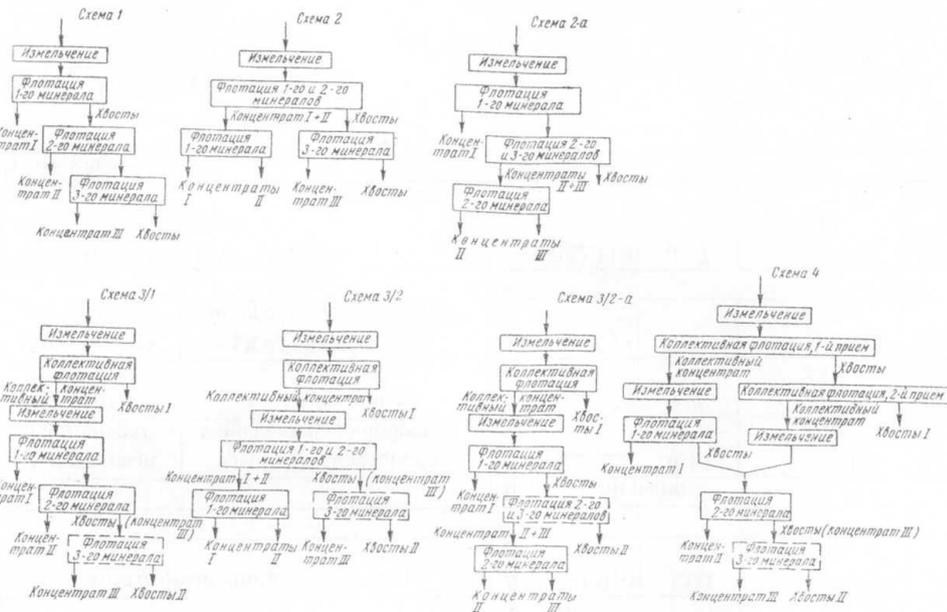


Рис.3. Принципиальные схемы флотации полиметаллических руд, содержащих три полезных компонента

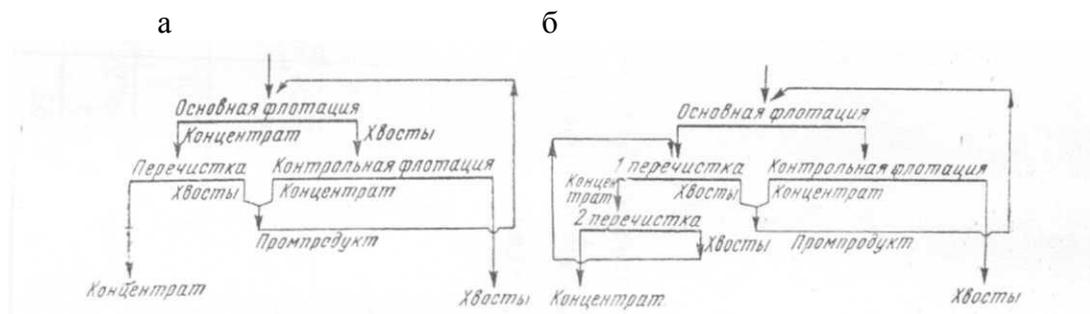


Рис.4. Схемы флотации с одной контрольной флотацией:  
а - с одной перечисткой концентрата; б - с двумя перечистками концентрата

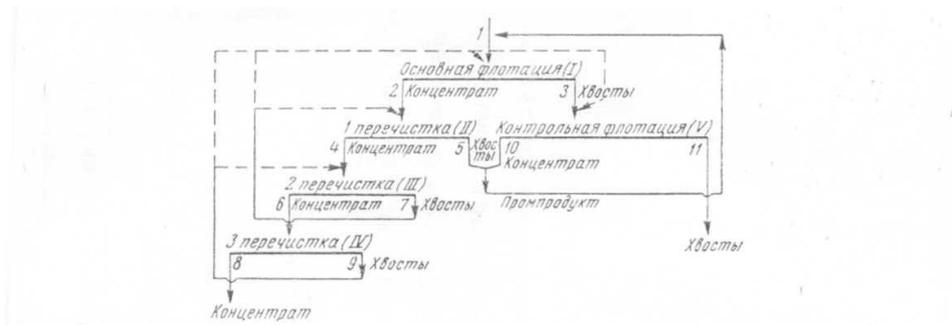


Рис.5. Возможные точки возврата промпродуктов

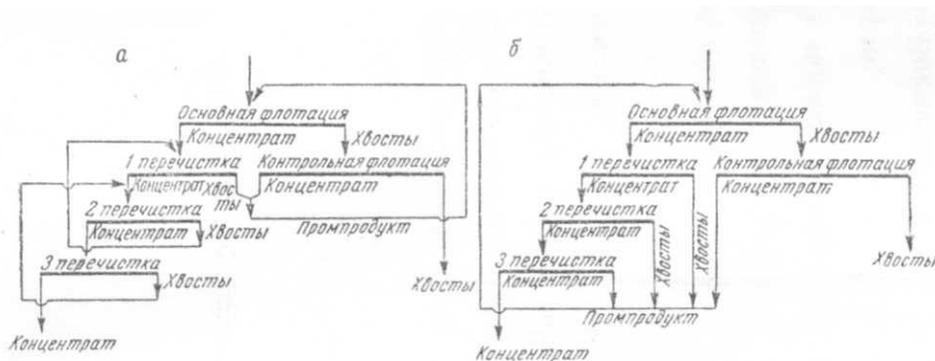


Рис.6. Схемы флотации с тремя перечистками концентрата  
и одной контрольной флотацией:  
а – промпродукты возвращаются из последующей операции в предыдущую;  
б – промпродукты объединяются и возвращаются в основную флотацию

Флотации подвергают шламы гравитационного обогащения всех коксующихся углей и значительной части газовых углей и антрацитов (рис.7). При этом обеспечивается не только их обогащение, но и своевременный вывод тонких илистых частиц из водно-шламовых схем переработки углей.

На большинстве фабрик применяют «прямые» схемы флотации, по которым пенный продукт всех камер объединяют в общий концентрат, а хвосты удаляют из последней камеры. При флотации угольных шламов повышенной зольности (более 18-20 %) наиболее распространенной является схема с перечисткой концентрата последних камер. Гораздо реже используют схему с перечисткой всего концентрата основной флотации.

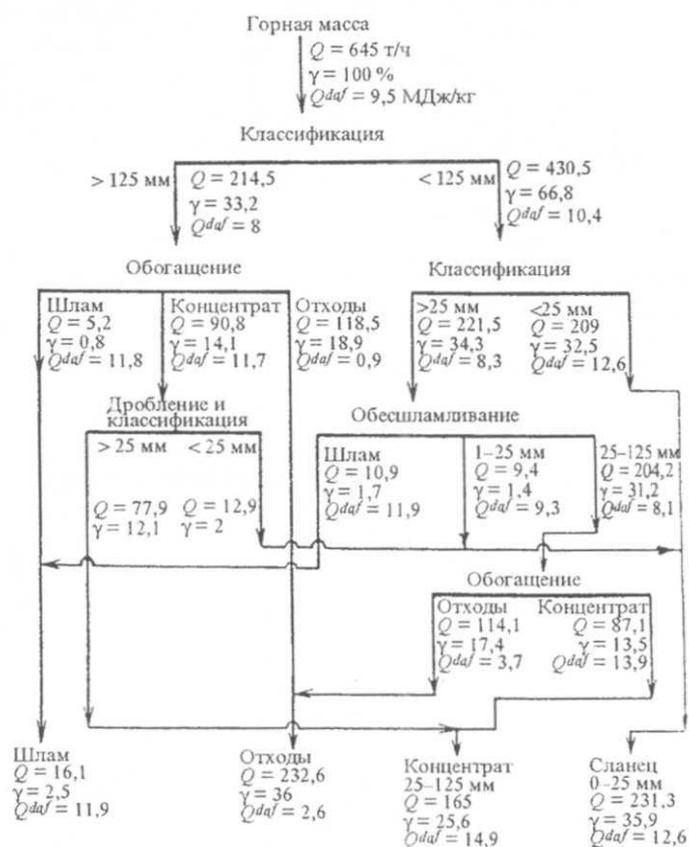


Рис.7. Схема флотационного обогащения угольных шламов

Таблица 1

| Полезные ископаемые |                                    |
|---------------------|------------------------------------|
| Вариант             | Наименование полезного ископаемого |
| 1                   | Угольные шламы                     |
| 2                   | Медная руда                        |
| 3                   | Свинцово-цинковая руда             |
| 4                   | Вольфрамо-молибденовая руда        |
| 5                   | Графитовая руда                    |

2. Технологические показатели флотации. Формулы, применяемые при расчете. Сделайте расчет показателей обогащения флотоцеха; результаты сведите в таблицу. Данные для расчета взять из табл.2.

Исходные данные: содержание Си в руде – 0,9 %, в концентрате – 20 %, в хвостах – 0,1 %.

К технологическим показателям обогащения относятся:

- содержание ценного компонента в исходной руде ( $\alpha$ ), а также продуктах обогащения – концентрате ( $\beta$ ) и хвостах ( $\theta$ );
- выхода продуктов обогащения ( $\gamma$ );
- извлечение ценного компонента в продукты обогащения ( $\epsilon$ ).

Формулы для расчета:  $\gamma_K + \gamma_{XB} = \gamma_{ИСХ} = 100\%$ ;  $\epsilon_K + \epsilon_{XB} = \epsilon_{ИСХ} = 100\%$ ;

$$\epsilon_K = \gamma_K \beta / \alpha; \quad \epsilon_{XB} = \gamma_{XB} \theta / \alpha; \quad 100\alpha = \gamma_K \beta + \gamma_{XB} \theta;$$

$$\gamma_{XB} = (\beta - \alpha) / (\beta - \theta) * 100\%; \quad \gamma_K = (\alpha - \theta) / (\beta - \theta) * 100\%;$$

$$\epsilon_{XB} = ((\beta - \alpha) \theta / (\beta - \theta) \alpha) * 100\%; \quad \epsilon_K = (\beta(\alpha - \theta) / (\beta - \theta) \alpha) * 100\%$$

Результаты расчета

| Продукт    | Содержание, % | Выход, % | Извлечение, % |
|------------|---------------|----------|---------------|
| Концентрат | 20            | 4,02     | 89,33         |
| Хвосты     | 0,1           | 95,98    | 10,67         |
| Руда       | 0,9           | 100      | 100           |

Таблица 2

Качественные показатели обогащения руды

| Продукты   | Вариант       |                 |     |     |       |
|------------|---------------|-----------------|-----|-----|-------|
|            | 1             | 2               | 3   | 4   | 5     |
|            | Содержание, % |                 |     |     |       |
|            | Cu            | WO <sub>3</sub> | Pb  | Zn  | Mo    |
| Концентрат | 20            | 65              | 70  | 50  | 51    |
| Хвосты     | 0,1           | 0,03            | 0,4 | 0,5 | 0,005 |
| Руда       | 0,9           | 0,4             | 2,5 | 3,0 | 0,05  |

3. Выбрать и обосновать схему обогащения руды. Сделать расчет качественно-количественной и водошламовой схем, а также основного оборудования (флотомашины, контактные чаны). Крупность измельченной руды взять по табл.3, содержание полезных компонентов в руде – по табл.4, производительность по табл.5.

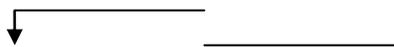
Исходные данные: содержание в измельченной руде класса -0,074 мм – 60 %; содержание Cu в руде – 1,0 %; рудный минерал – халькопирит (CuFeS<sub>2</sub>), борнит (Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>); производительность флотофабрики – 5 млн.т/год.

Медь в рудах, в основном, представлена халькопиритом (CuFeS<sub>2</sub>), борнитом (Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>), халькозином (Cu<sub>2</sub>S) и небольшим количеством (5-15 %) окисленных медных минералов. Неизменными спутниками являются сульфиды железа (пирит FeS<sub>2</sub>, пирротин FeS).

Основной задачей при обогащении медных руд является отделение сульфидов меди от сульфидов железа. Сульфидные минералы меди обладают высокой флотационной активностью в широком диапазоне pH (от 6 до 13-14). Причем вторичные сульфиды меди флотируются лучше первичных и депрессируются при более высоких значениях pH пульпы. Это объясняется тем, что минимально необходимая для полной флотации вторичных сульфидов концентрация собирателя значительно меньше, чем для халькопирита. Когда концентрация ксантогената в пульпе равна минимально необходимой для пирита – для вторичных сульфидов меди она в несколько раз превышена. Для депрессии сульфидов железа (пирита) применяют известь, с небольшими добавками цианида, не вызывающими депрессии флотации медных минералов.

На основе результатов испытаний обогатимости руды и по данным работы фабрик, перерабатывающих аналогичное сырье, принимаем схему флотации (рис.8).





## ХВОСТ

Рис.8. Схема медной флотации

Расчет производим в следующем порядке:

1. Определяем необходимое и достаточное число исходных показателей:

$$N = c(n_p - a_p + 1) - 1, \quad (1)$$

где  $N$  - число исходных показателей;  $c$  - число расчетных компонентов. Обычно надо рассчитать массы (выход) продуктов и показатели по каждому расчетному металлу, т. е.  $c = 1 + e$ , где  $e$  - число компонентов, на которое рассчитывается схема;  $n_p$  - число продуктов разделения;  $a_p$  - число операций разделения. При расчете по выходам и по одному ценному компоненту  $C = 2$  и число исходных показателей

$$N = c(n_p - a_p + 1) - 1 = 2(12 - 6 + 1) - 1 = 13.$$

2. Определяем число исходных показателей, относящихся к продуктам обработки:

$$N_{\Pi} = c(n_p - a_p), \quad (2)$$

$N_{\Pi} = 2(12 - 6) = 12$ , т. е. для исходного нужно задать один показатель содержания  $\beta_1$ .

3. Определяем максимально возможное число исходных показателей извлечения:

$$N_{e \max} = n_p - a_p = 12 - 6 = 6.$$

4. Показатели выходов не задаем, так как они менее устойчивы и зависят от содержания в руде, тогда можно определить число показателей содержания, которые можно задать:

$$N_{\Pi} = N_{\gamma} + N_{e \max} + N_{\beta} = 0 + 6 + N_{\beta};$$

$$N_{\beta} = 12 - 6 = 6.$$

5. На основании результатов испытаний назначаем численные значения показателей извлечения и содержания только по концентратным продуктам. Для схемы следует назначить следующие показатели:  $\beta_1$ ;  $\beta_6$ ;  $\beta_7$ ;  $\beta_{19}$ ;  $\beta_{11}$ ;  $\beta_{20}$ ;  $\beta_{18}$  и  $\varepsilon_6$ ;  $\varepsilon_7$ ;  $\varepsilon_{11}$ ;  $\varepsilon_{18}$ ;  $\varepsilon_{19}$ ;  $\varepsilon_{20}$ .

6. Рассчитываем по уравнениям баланса все извлечения по схеме, например:  $\varepsilon_{21} = \varepsilon_1 - \varepsilon_6$ ;  $\varepsilon_{17} = \varepsilon_{19} + \varepsilon_{20}$ ;  $\varepsilon_{15} = \varepsilon_{17} + \varepsilon_{18}$ ;  $\varepsilon_{12} = \varepsilon_{15} + \varepsilon_{16}$  и т.д.

7. Рассчитываем выходы тех продуктов, для которых известны содержания:  $\gamma_n = \beta_1 \varepsilon_n / \beta_n$ .

Остальные значения выходов определяем по уравнениям баланса.

8. Рассчитываем все недостающие содержания:  $\beta_n = \varepsilon_n \beta_1 / \gamma_n$ .

9. Для расчета схемы в абсолютных показателях нужно дополнительно знать массу хотя бы одного продукта  $Q_n$ . Тогда можно определить все остальные массы:  $Q_1 = Q_i / \gamma_i$ ;  $Q_n = Q_1 \gamma_n$ . Масса ценного компонента  $P_n = Q_n \beta_n$ .

10. Результаты расчета схемы сводим в табл.1.

Таблица 1

| № | Наименование операции(продукта) | Q, т/ч | $\beta$ , % | $\gamma$ , % | $\varepsilon$ , % | $P_n$ , т/ч |
|---|---------------------------------|--------|-------------|--------------|-------------------|-------------|
| I | Основная флотация               |        |             |              |                   |             |
|   | Поступает:                      |        |             |              |                   |             |
| 1 | Измельченная руда               | 685,32 | 1,0         | 100,00       | 100,00            | 6,85        |
| 7 | Камерный пр-т первой            | 228,41 | 0,9         | 33,33        | 30,00             | 6,17        |

|     |                                       |         |      |        |        |       |
|-----|---------------------------------------|---------|------|--------|--------|-------|
|     | перечистки                            |         |      |        |        |       |
| 11  | Пенный пр-т первой контрольной фл-ции | 202,37  | 0,85 | 29,53  | 25,10  | 5,82  |
| 2   | Итого                                 | 1116,10 | 0,95 | 162,86 | 155,10 | 6,51  |
|     | Выходит:                              |         |      |        |        |       |
| 3   | Пенный пр-т                           | 278,58  | 2,58 | 40,65  | 105,00 | 17,68 |
| 4   | Камерный пр-т                         | 837,52  | 0,41 | 122,21 | 50,10  | 2,81  |
| 2   | Итого                                 | 1116,10 | 0,95 | 162,86 | 155,10 | 6,51  |
| II  | Первая перечистка                     |         |      |        |        |       |
|     | Поступает:                            |         |      |        |        |       |
| 3   | Пенный пр-т                           | 278,58  | 2,58 | 40,65  | 105,00 | 17,68 |
| 19  | Пенный пр-т третьей перечистки        | 20,49   | 2,51 | 2,99   | 7,50   | 17,20 |
| 5   | Итого                                 | 299,07  | 2,58 | 43,64  | 112,50 | 17,68 |
|     | Выходит:                              |         |      |        |        |       |
| 6   | Пенный пр-т                           | 70,66   | 8,0  | 10,31  | 82,50  | 54,82 |
| 7   | Камерный пр-т                         | 228,41  | 0,9  | 33,33  | 30,00  | 6,17  |
| 5   | Итого                                 | 299,07  | 2,58 | 43,64  | 112,50 | 17,68 |
| III | Первая контрольная флотация           |         |      |        |        |       |
|     | Поступает:                            |         |      |        |        |       |
| 9   | Продукт классификации                 | 837,51  | 0,41 | 122,21 | 50,10  | 2,81  |
| 9   | Итого                                 | 837,51  | 0,41 | 122,21 | 50,10  | 2,81  |
|     | Выходит:                              |         |      |        |        |       |
| 11  | Пенный пр-т                           | 202,37  | 0,85 | 29,53  | 25,10  | 5,82  |
| 12  | Камерный пр-т                         | 635,14  | 0,27 | 92,68  | 25,00  | 1,85  |
| 9   | итого                                 | 837,51  | 0,41 | 122,21 | 50,10  | 2,81  |
| IV  | Вторая контрольная флотация           |         |      |        |        |       |
|     | Поступает:                            |         |      |        |        |       |
| 12  | Камерный пр-т первой контр.фл-ции     | 635,14  | 0,27 | 92,68  | 25,00  | 1,85  |
| 12  | Итого                                 | 635,14  | 0,27 | 92,68  | 25,00  | 1,85  |
|     | Выходит:                              |         |      |        |        |       |
| 15  | Пенный пр-т                           | 188,80  | 0,6  | 27,55  | 16,40  | 4,11  |
| 16  | Камерный пр-т                         | 446,34  | 0,13 | 65,13  | 8,60   | 0,89  |
| 12  | Итого                                 | 635,14  | 0,27 | 92,68  | 25,00  | 1,85  |
| V   | Вторая перечистка                     |         |      |        |        |       |
|     | Поступает:                            |         |      |        |        |       |
| 15  | Пенный пр-т второй контрольной фл-ции | 188,80  | 0,6  | 27,55  | 16,40  | 4,11  |
| 15  | Итого                                 | 188,80  | 0,6  | 27,55  | 16,40  | 4,11  |
|     | Выходит:                              |         |      |        |        |       |
| 17  | Пенный пр-т                           | 59,62   | 1,32 | 8,7    | 11,50  | 9,05  |

|    |                               |        |      |       |       |       |
|----|-------------------------------|--------|------|-------|-------|-------|
| 18 | Хвосты                        | 129,18 | 0,26 | 18,85 | 4,90  | 1,78  |
| 15 | Итого                         | 188,80 | 0,6  | 27,55 | 16,40 | 4,11  |
| VI | Третья перечистка             |        |      |       |       |       |
|    | Поступает:                    |        |      |       |       |       |
| 17 | Пенный пр-т второй перечистки | 59,62  | 1,32 | 8,7   | 11,50 | 9,05  |
| 17 | Итого                         | 59,62  | 1,32 | 8,7   | 11,50 | 9,05  |
|    | Выходит:                      |        |      |       |       |       |
| 19 | Концентрат                    | 20,49  | 2,51 | 2,99  | 7,50  | 17,20 |
| 20 | Камерный пр-т                 | 39,13  | 0,7  | 5,71  | 4,00  | 4,80  |
| 17 | Итого                         | 59,62  | 1,32 | 8,7   | 11,50 | 9,05  |

Для расчета водно-шламовой схемы (рис.9) принимаем следующие обозначения:  $R_n$ - отношение жидкого к твердому по массе, численно равно  $1 \text{ м}^3$  воды на  $1 \text{ т}$  твердого;  $W_n$ - количество воды в операции или продукте,  $\text{м}^3$  в единицу времени;  $L_n$ - количество добавляемой воды в операцию или к продукту,  $\text{м}^3$  в единицу времени;  $S_n$ - влажность продукта, доли ед.;  $\delta_n$ - плотность твердого в продукте,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $V_n$ - объем пульпы в продукте,  $\text{м}^3$  в единицу времени;  $L_n$ - удельный расход воды, добавляемой в отдельные операции,  $\text{м}^3/\text{т}$ .

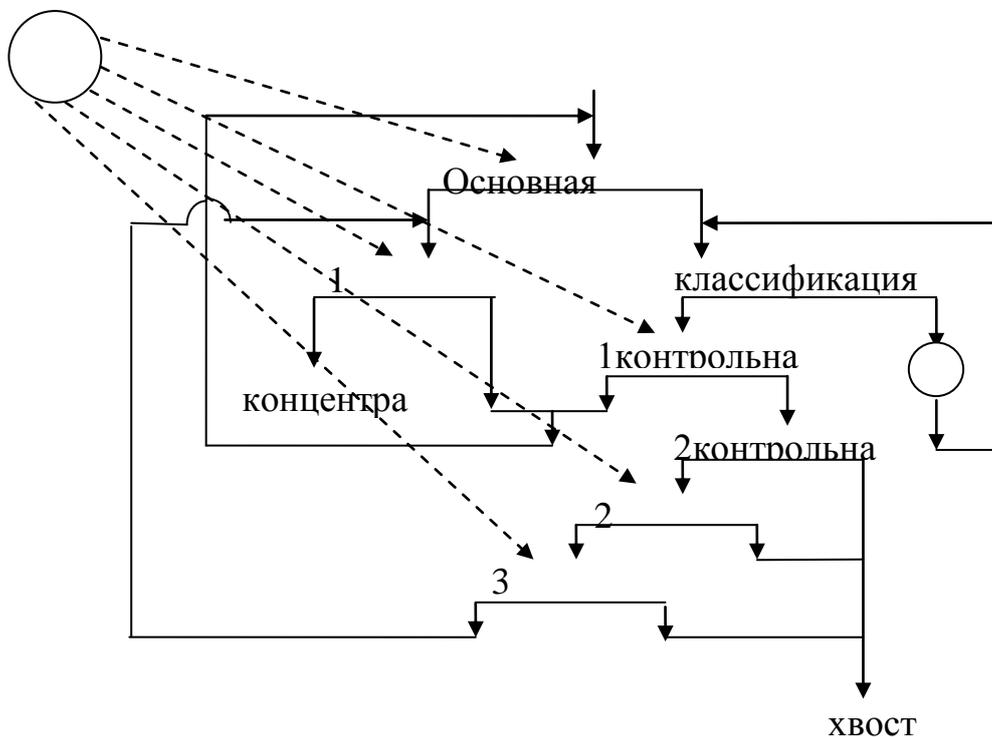


Рис.9. Водно-шламовая схема

Основные соотношения:

$$W_n = R_n Q_n; \quad R_n = W_n / Q_n; \quad (3)$$

$$R_n = S_n / (1 - S_n); \quad (4)$$

$$S_n = R_n / (1 + R_n) = W_n / (Q_n + W_n); \quad (5)$$

$$V_n = W_n + Q_n / \delta_n = R_n Q_n + Q_n / \delta_n;$$

$$V_n = Q_n (R_n + 1/\delta). \quad (6)$$

А. Исходные показатели для расчета шламовой схемы.

Первая группа: показатели, которые можно регулировать (оптимальные значения R в отдельных операциях и продуктах обогащения).

Вторая группа: показатели, которые нельзя регулировать в процессе обогащения (влажность исходной руды, песков механических классификаторов, влажность флотационных концентратов, концентратов со столов, отсадки, промывки, магнитной сепарации).

Третья группа: нормы расхода дополнительной воды на 1 т обрабатываемого продукта, которая подается в некоторые операции при ведении процесса (например, для смыва флотационных концентратов и т. д.).

Исходные показатели должны устанавливаться на основании результатов исследовательских работ и с учетом опыта действующих обогатительных фабрик. Для ориентировочных расчетов можно пользоваться данными табл.2 и нормами добавки воды в операциях обработки (дополнительно к воде, поступающей с питанием).

Расход воды на 1 т твердого следующий, м<sup>3</sup>:

|                                             |         |
|---------------------------------------------|---------|
| Смывка флотационных концентратов по желобам | 0,5-1,5 |
| Общий расход воды на флотационных фабриках  | 3-6     |

Таблица 2

Ориентировочные содержания твердого по массе в некоторых операциях и продуктах обогащения

| Наименование операций и продуктов                                                      | Содержание твердого, % |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|
|                                                                                        | В питании операции     | В продуктах    |
| Измельчение в стержневых и шаровых мельницах                                           | 65-80                  | -              |
| Слив классификаторов при измельчении до:                                               |                        |                |
| 0,3 мм                                                                                 | -                      | 28-50          |
| 0,2 мм                                                                                 | -                      | 25-45          |
| 0,15 мм                                                                                | -                      | 20-35          |
| 0,10 мм                                                                                |                        | 15-30          |
| Пески:                                                                                 |                        |                |
| спиральных классификаторов                                                             | -                      | 80-85          |
| гидроциклонов                                                                          | -                      | 60-80          |
| Основная флотация первой стадии при двухстадиальных схемах                             | 30-50                  | -              |
| Основная флотация для руд при одностадиальных схемах и основной флотации второй стадии | 20-35<br>15-30         | -<br>-         |
| Перечистка концентратов флотации                                                       |                        |                |
| Концентраты флотации:                                                                  |                        |                |
| основной                                                                               | -                      | 25-45          |
| контрольной                                                                            | -                      | 25-35          |
| перечистных операций                                                                   | -                      | 30-50          |
| Сгущенные продукты сгустителей перед флотированием рудных концентратов                 | -                      | 50-70          |
| угольных шламов                                                                        | -                      | 25-35          |
| Фильтрация флотационных угольных концентратов без предварительного сгущения            | 30-40<br>25-35         | 82-76<br>80-76 |
| Фильтрация угольных шламов после сгущения                                              |                        |                |
| Фильтрация сгущенных рудных флотационных концентратов                                  | 50-70                  | 90-85          |

При этом следует учитывать, что для материалов высокой плотности, для крупных и зернистых материалов содержание твердого в питании и продуктах операций должно быть выше, чем для материалов низкой плотности, мелких и шламистых. При флотации богатых продуктов с легкофлотирующимися минералами содержание твердого в пенных продуктах будет выше, чем при обратных условиях.

Б. Порядок расчета шламовой схемы.

1. Выбираем численные значения исходных показателей (табл.2).

2. По формуле  $W_n = R_n Q_n$  рассчитываем и записываем в табл.3 количество воды для тех продуктов и операций, для которых согласно исходным показателям известны значения R.

Таблица 3

| №   | Наименование операции(продукта)       | Q, т/ч  | R    | W, м <sup>3</sup> /ч | V, м <sup>3</sup> /ч |
|-----|---------------------------------------|---------|------|----------------------|----------------------|
| I   | Основная флотация                     |         |      |                      |                      |
|     | Поступает:                            |         |      |                      |                      |
|     | Свежая вода L <sub>I</sub>            |         |      | 665,99               | 665,99               |
| 1   | Измельченная руда                     | 685,32  | 2,45 | 1679,03              | 1905,19              |
| 7   | Камерный пр-т первой перерешетки      | 228,41  | 6,6  | 1512,27              | 1582,88              |
| 11  | Пенный пр-т первой контрольной фл-ции | 202,37  | 3    | 607,11               | 673,89               |
| 2   | Итого                                 | 1116,10 | 4    | 4464,40              | 4827,95              |
|     | Выходит:                              |         |      |                      |                      |
| 3   | Пенный пр-т                           | 278,58  | 3    | 835,74               | 927,67               |
| 4   | Камерный пр-т                         | 837,52  | 4,33 | 3628,66              | 3900,28              |
| 2   | Итого                                 | 1116,10 | 4    | 4464,40              | 4827,95              |
| II  | Первая перерешетка                    |         |      |                      |                      |
|     | Поступает:                            |         |      |                      |                      |
|     | Свежая вода L <sub>II</sub>           |         |      | 808,31               | 808,31               |
| 3   | Пенный пр-т                           | 278,58  | 3    | 835,74               | 927,67               |
| 19  | Пенный пр-т третьей перерешетки       | 20,49   | 1,5  | 30,74                | 37,50                |
| 5   | Итого                                 | 299,07  | 5,6  | 1674,79              | 1773,48              |
|     | Выходит:                              |         |      |                      |                      |
| 6   | Пенный пр-т                           | 70,66   | 2,3  | 162,52               | 185,84               |
| 7   | Камерный пр-т                         | 228,41  | 6,6  | 1512,27              | 1587,64              |
| 5   | Итого                                 | 299,07  | 5,6  | 1674,79              | 1773,48              |
| III | Первая контрольная флотация           |         |      |                      |                      |
|     | Поступает:                            |         |      |                      |                      |
|     | Свежая вода L <sub>III</sub>          |         |      | 393,63               | 393,63               |
| 9   | Продукт классификации                 | 837,51  | 4,33 | 3626,42              | 3902,80              |
| 9   | Итого                                 | 837,51  | 4,8  | 4020,05              | 4296,43              |
|     | Выходит:                              |         |      |                      |                      |
| 11  | Пенный пр-т                           | 202,37  | 3    | 607,11               | 673,89               |
| 12  | Камерный пр-т                         | 635,14  | 5,4  | 3412,94              | 3622,54              |
| 9   | Итого                                 | 837,51  | 4,8  | 4020,05              | 4296,43              |
| IV  | Вторая контрольная флотация           |         |      |                      |                      |
|     | Поступает:                            |         |      |                      |                      |

|    |                                       |        |     |         |         |
|----|---------------------------------------|--------|-----|---------|---------|
| 12 | Камерный пр-т первой контр.фл-ции     | 635,14 | 5,4 | 3412,94 | 3622,54 |
| 12 | Итого                                 | 635,14 | 5,4 | 3412,94 | 3622,54 |
|    | Выходит:                              |        |     |         |         |
| 15 | Пенный пр-т                           | 188,80 | 2,3 | 434,24  | 496,54  |
| 16 | Камерный пр-т                         | 446,34 | 6,7 | 2978,70 | 3126,00 |
| 12 | Итого                                 | 635,14 | 5,4 | 3412,94 | 3622,54 |
| V  | Вторая перечистка                     |        |     |         |         |
|    | Поступает:                            |        |     |         |         |
|    | Свежая вода $L_V$                     |        |     | 320,96  | 320,96  |
| 15 | Пенный пр-т второй контрольной фл-ции | 188,80 | 2,3 | 434,24  | 496,54  |
| 15 | Итого                                 | 188,80 | 4   | 755,20  | 817,40  |
|    | Выходит:                              |        |     |         |         |
| 17 | Пенный пр-т                           | 59,62  | 1,9 | 113,28  | 132,95  |
| 18 | Хвосты                                | 129,18 | 5,0 | 641,92  | 684,45  |
| 15 | Итого                                 | 188,80 | 4,0 | 755,20  | 817,40  |
| VI | Третья перечистка                     |        |     |         |         |
|    | Поступает:                            |        |     |         |         |
|    | Свежая вода $L_{VI}$                  |        |     | 65,58   | 65,58   |
| 17 | Пенный пр-т второй перечистки         | 59,62  | 1,9 | 113,28  | 132,95  |
| 17 | Итого                                 | 59,62  | 3,0 | 178,86  | 198,53  |
|    | Выходит:                              |        |     |         |         |
| 19 | Концентрат                            | 20,49  | 1,5 | 30,74   | 37,50   |
| 20 | Камерный пр-т                         | 39,13  | 3,8 | 148,12  | 161,03  |
| 17 | Итого                                 | 59,62  | 3   | 178,86  | 198,53  |

1. По уравнениям баланса определяем количество воды, которое необходимо добавить в отдельные операции или в отдельные продукты, и одновременно подсчитываем количество воды во всех продуктах схемы. Например,

$$W_1 + W_7 + W_{14} + L_1 = W_1; W_2 = W_3 + W_4;$$

$$L_{II} = W_{II} - W_{14} - W_3; L_{III} = W_{III} - W_{11} - W_{12} \text{ и т.д.}$$

2. По формуле (3) подсчитываем значение  $R_n$  для всех продуктов и операций.

3. По формуле (6) подсчитываем объем пульпы для всех продуктов и операций. При расчете объема пульпы принимаем плотность твердого одинаковой для всех продуктов и равной  $3 \text{ г/см}^3$ .

4. Результаты расчета шламовой схемы оформляем в виде таблицы (табл.3)

5. Составляем баланс воды по обогатительной фабрике (табл.4).

Таблица 4

| Поступает в процесс, $\text{м}^3/\text{ч}$ |         | Уходит из процесса, $\text{м}^3/\text{ч}$ |         |
|--------------------------------------------|---------|-------------------------------------------|---------|
| С измельченной рудой $W_1$                 | 1679,03 | С концентратом $W_6$                      | 162,52  |
| В основную флотацию $L_I$                  | 665,99  | С хвостами $W_{16}$                       | 2978,70 |
| В 1 перечистку $L_{II}$                    | 808,31  | С хвостами $W_{18}$                       | 641,92  |
| В 1 контрольную флотацию $L_{III}$         | 393,63  | С хвостами $W_{20}$                       | 148,12  |
| Во 2 перечистку $L_V$                      | 320,96  |                                           |         |
| В 3 перечистку $L_{VI}$                    | 65,58   |                                           |         |

|                 |                |         |              |         |
|-----------------|----------------|---------|--------------|---------|
| Всего поступает | $W_1 + \sum L$ | 3931,26 | Всего уходит | 3931,26 |
|-----------------|----------------|---------|--------------|---------|

Баланс общей воды выражается равенством:

$$W_1 + \sum L = \sum W_k,$$

где  $W_1$  - количество воды, поступающее с исходным сырьем;

$\sum L$  - суммарное количество воды, добавляемой в процесс;

$\sum W_k$  - суммарное количество воды, уходящее из процесса с конечными продуктами.

$$\sum L = \sum W_k - W_1 \quad \sum L = 3931,26 - 1679,03 = 2252,23 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Рассчитываем удельный расход воды на 1 тонну руды:

$$q = \sum W / Q_1 = 3931,26 / 1116,10 = 3,52 \text{ м}^3/\text{т руды}$$

Современный этап в развитии флотационных машин характеризуется увеличением объема камеры.

Основные преимущества флотационных машин с камерами большого объема:

- уменьшается число камер (аэраторов) при тех же технологических показателях;
- уменьшаются затраты на приобретение и монтаж флотационных машин, электрооборудования, средств автоматизации;
- сокращаются площади и объемы цехов флотации и капитальные затраты на строительство;
- сокращаются штаты обслуживающего персонала, и возрастает производительность труда.

Проектируем к установке флотационные машины типа «ОК», предназначенные для обогащения руд методом пенной флотации. Лучшее диспергирование воздуха и вертикальная циркуляция пульпы обеспечивают получение высоких технологических показателей при больших производительностях по потоку пульпы.

Определим необходимое число камер и размер флотационной машины.

$$n = \frac{V \cdot t}{v_k \cdot k} = \frac{Q / 60 \cdot (R + 1 / \delta) \cdot t}{v_k \cdot k}$$

где  $n$  – требуемое для операций число камер;

$V$  – объемная производительность по пульпе, м<sup>3</sup>/мин;

$t$  – продолжительность флотации в рассматриваемой операции, мин;

$v_k$  – геометрический объем камеры, м<sup>3</sup>;

$k$  – отношение объема пульпы в камере при работе флотационной машины к геометрическому объему камеры,  $k = 0,7-0,8$ ;  $Q$  – часовая производительность машины по твердому, т/ч;

$\delta$  - плотность твердой фазы, т/м<sup>3</sup>;

$R$  - отношение жидкого к твердому (по массе) в пульпе.

Принимаем к установке для основной, контрольной флотаций и перечисток машины с объемом камеры 100, 50 и 38 м<sup>3</sup>.

для основной флотации

$$n = \frac{4827,95 \cdot 9,5}{100 \cdot 0,8 \cdot 60} = 10$$

для I контрольной флотации

$$n = \frac{4296,43 \cdot 6,4}{100 \cdot 0,8 \cdot 60} = 6$$

для II контрольной флотации

$$n = \frac{3622,54 \cdot 6,4}{100 \cdot 0,8 \cdot 60} = 5$$

для I перечистки

$$n = \frac{1773,48 \cdot 8,2}{50 \cdot 0,8 \cdot 60} = 6$$

для II перечистки

$$n = \frac{817,40 \cdot 16,6}{38 \cdot 0,8 \cdot 60} = 8$$

для III перечистки

$$n = \frac{198,53 \cdot 44}{38 \cdot 0,8 \cdot 60} = 5$$

Выбранный объем камер удовлетворяет условию: для получения бедных хвостов суммарное число камер для основной и контрольных флотаций должно быть не менее 10 и не более 40.

Таблица 3

Тонкость измельчения руды

| Вариант | Содержание класса -0,074 мм, % |
|---------|--------------------------------|
| 1       | 60                             |
| 2       | 70                             |
| 3       | 80                             |
| 4       | 85                             |
| 5       | 90                             |

Таблица 4

Содержание полезных компонентов в руде

| Вариант | Содержание в руде, % |     |     |     |                 | Рудные минералы     |
|---------|----------------------|-----|-----|-----|-----------------|---------------------|
|         | Cu                   | Mo  | Pb  | Sn  | WO <sub>3</sub> |                     |
| 1       | 1,0                  | -   | -   | -   | -               | Халькопирит, борнит |
| 2       | -                    | 0,8 | -   | -   | -               | Молибденит          |
| 3       | -                    | -   | 2,0 | -   | -               | Галенит, церуссит   |
| 4       | -                    | -   | -   | 0,5 | -               | Касситерит          |
| 5       | -                    | -   | -   | -   | 0,4             | Шеелит              |

Таблица 5

Производительность флотафабрики

| Вариант                       | 1   | 2   | 3   | 4    | 5   |
|-------------------------------|-----|-----|-----|------|-----|
| Производительность, млн.т/год | 5,0 | 7,0 | 8,0 | 10,0 | 9,0 |

Примечание. При выполнении контрольной работы необходимо знать показатели обогащения, схемы флотации и их построение.

Выбор схемы обогащения обосновать: 1) вещественным составом руды; 2) содержанием полезного компонента в руде; 3) требованиям, предъявляемым к качеству концентрата (марки, технические условия) и т.д.

### 3) Примерные темы рефератов

1. Что такое критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) поверхностно-активных соединений. Зависимость ККМ от температуры раствора, присутствия электролитов. ККМ смесей ПАВ.

2. Влияние на значение критической концентрации мицеллообразования (ККМ) величины и строения углеводородного радикала и положения ионогенных групп, наличия полярных заместителей в цепи.

3. Опишите 2-3 известных Вам метода определения критической концентрации мицеллообразования (ККМ).

4. Охарактеризуйте известные Вам типы адсорбции реагента на минерале.

5. Классификация флотационных реагентов. Приведите примеры.

6. Классификация реагентов-собирателей. Приведите примеры.

7. Оксигидрильные собиратели, представители.

8. Свойства жирнокислотных собирателей.

9. Механизм действия при флотации жирнокислотных собирателей.

10. Меры предосторожности при работе с флотационными реагентами.

### 4) Пример плана типового задания на лабораторную работу

1. Цель

2. Теоретическая часть

3. Методика расчета

4. Пример решения

5. Задание студентам

6. Выводы

### Примерные темы лабораторных работ

| № п/п | Лабораторная работа                                                                              | Номер темы | Кол-во часов |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|
| 1.    | Изучение характеристики реагентов и механизмов их действия при переработке полезного ископаемого | 2          | 8            |
| 2.    | Флотация полиметаллической руды                                                                  | 3          | 16           |
| 3.    | Обогащение пегматитовых пироклоровых руд                                                         | 3          | 10           |
| 4.    | Обогащение апатит-нефелиновой руды                                                               | 3          | 12           |
| 5.    | Изучение конструкции флотомашин                                                                  | 4          | 2            |
|       | <b>Итого</b>                                                                                     |            | 48 час.      |

**5) Для выполнения курсового проекта студентам предлагаются следующие темы:**

1. Руда сплошная колчеданная с содержанием меди 6%. Полезный компонент представлен халькопиритом. Измельчения руды 70% - 0,074 мм. Производительность фабрики - 2 млн.т/год.
2. Руда свинцово-цинковая с содержанием свинца 2%, цинка 3%. Рудные минералы: галенит, сфалерит и небольшое количество церуссита, англезита, смитсонита. Крупность измельчения 85%- 0,074 мм. Производительность фабрики 7 млн.т/год.
3. Золотосодержащая руда с содержанием золота 10 г/т. Самородков золото тонковкрапленное. Измельчение руды в две стадии до 90% - 0,074 мм. Производительность фабрики 5 млн.т/год.
4. Медная руда с содержанием меди 2%. Извлекаемые минерала: халькозин, борнит, халькопирит в небольших количествах. Измельчение руды до 60% - 0,074 мм. Производительность фабрики 3 млн.т/год.
5. Руда медно-молибденовая с содержанием меди 1%. молибдена - 0,08%. Полезные компоненты: ховеллин, халькопирит, молибденит ; вкрапленность неравномерная. Предусмотреть измельчение в две стадии до 90% - 0,074 мм. Производительность фабрики 10 млн.т/год.
6. Руда фосфоритная с содержанием  $P_2O_5$  – 10%. Крупность измельченной руды 0,3 мм. Производительность фабрики 5 млн,т/год
7. Руда вольфрамовая с содержанием трехоксида вольфрама 0,5% Полезный компонент представлен шеелитом. Крупность измельчения руды 70% - 0,074 мм. Производительность фабрики/ 6 млн,т/год,
8. Угольные шламы крупностью 0,5 мм с содержанием зольности 20%. Концентрат - для целей коксования. Производительность фабрики 8 млн.т/год.
9. Руда медно-никелевая с содержанием меди 0,5%, никеля -0,2%. Рудные минералы: халькопирит, пентландит. Измельчение руды 75%- 0,074 мм. Производительность фабрики 4 млн.т/год.
10. Руда оловянная с содержанием олова 0,6%. Полезный компонент предоставлен касситеритом, Крупность измельчения руды 750 - 0,074 мм. Производительность фабрики 6 млн.т/год.

**6) Презентация: алгоритм и рекомендации по созданию презентации**

Алгоритм создания презентации

- 1 этап – определение цели презентации
- 2 этап – подробное раскрытие информации,
- 3 этап - основные тезисы, выводы.

Следует использовать 10-15 слайдов.

При этом:

- первый слайд – титульный. Предназначен для размещения названия презентации, имени докладчика и его контактной информации;
- на втором слайде необходимо разместить содержание презентации, а также краткое описание основных вопросов;
- все оставшиеся слайды имеют информативный характер.

Обычно подача информации осуществляется по плану: тезис – аргументация – вывод.

**Рекомендации по созданию презентации:**

1. Читательность (видимость из самых дальних уголков помещения и с различных устройств), текст должен быть набран 24-30-ым шрифтом.
2. Тщательно структурированная информация.
3. Наличие коротких и лаконичных заголовков, маркированных и нумерованных списков.
4. Каждому положению (идее) надо отвести отдельный абзац.
5. Главную идею надо выложить в первой строке абзаца.
6. Использовать табличные формы представления информации (диаграммы, схемы) для иллюстрации важнейших фактов, что даст возможность подать материал компактно и наглядно.
7. Графика должна органично дополнять текст.
8. Выступление с презентацией длится не более 10 минут.

## **Вопросы к зачету**

1. Определение понятия «флотационный процесс обогащения».
2. Главные особенности флотационного процесса.
3. Разновидности и классификация флотационных процессов.
4. Значение флотационного процесса.
5. Краткая история развития флотационного процесса.
6. Свойства поверхности раздела фаз, поверхностная энергия на границе двух фаз.
7. Обзор гипотез элементарного акта флотации.
8. Гипотеза смачивания или краевого угла (основные понятия).
9. Максимальный размер частицы, флотирующейся на поверхности пузырьков при пенной флотации.
10. Термодинамическое объяснение элементарного акта флотации.
11. Гистерезис смачивания и его значение при флотации.
12. Понятие о гидратных слоях.
13. Коалесцентный механизм элементарного акта флотации.
14. Назначение и классификация флотационных реагентов.
15. Свойства минералов, влияющие на процесс взаимодействия их с реагентами.
16. Двойной электрический слой.
17. Основные формы взаимодействия реагентов с минералами.
18. Строение и классификация коллекторов.
19. Сульфгидрильные коллекторы.
20. Взаимодействие сульфгидрильных коллекторов с флотируемыми минералами.
21. Оксигидрильные коллекторы.
22. Механизм закрепления оксигидрильных коллекторов на минералах.
23. Катионные коллекторы.
24. Механизм закрепления катионных коллекторов на минералах.
25. Аполярные коллекторы.
26. Основные механизмы действия депрессоров (основные четыре).
27. Неорганические депрессоры.
28. Низкомолекулярные органические депрессоры.
29. Активаторы, основные механизмы действия активаторов.
30. Регуляторы среды.
31. Требования, предъявляемые к размеру пузырьков и прочности пены.
32. Роль и механизм действия вспенивателей.
33. Физико-химические свойства вспенивателей.
34. Вспениватели, применяемые на практике.
35. Крупность измельчения руды перед флотацией.

36. Влияние плотности пульпы на результаты флотации.
37. Реагентный режим.
38. Аэрация и перемешивание пульпы.
39. Кинетика флотации.
40. Интенсивность съема пульпы.
41. Температура пульпы.
42. Оптимальный поток пульпы.
43. Схема флотации.
44. Классификация минералов по флотуемости.
45. Флотация минералов с высокой естественной гидрофобностью.
46. Флотация окисленных руд цветных металлов.
47. Флотация сульфидных руд.
48. Флотация апатитовых, фосфоритовых, флюоритовых и шеелитовых руд.
49. Флотация окислов металлов. Флотация силикатов.

### **Вопросы к экзамену**

1. Требования, предъявляемые к флотационным машинам. Классификация флотационных машин.
2. Механические флотационные машины.
3. Пневмомеханические флотационные машины.
4. Пневматические флотационные машины.
5. Вакуумные и компрессионные флотационные машины.
6. Вспомогательное оборудование.
7. Основные технико-экономические показатели работы флотационных обогатительных фабрик.
8. Перспективы развития флотационного процесса.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**  
**21.05.04 Горное дело**  
**специализация № 6 «Обогащение полезных ископаемых»**

(код, направление, профиль)

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

|                                                  |       |                                                  |                  |       |                              |                                               |                |                |
|--------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------|------------------|-------|------------------------------|-----------------------------------------------|----------------|----------------|
| Шифр дисциплины по РУП                           |       | Б1.Б.41.04                                       |                  |       |                              |                                               |                |                |
| Дисциплина                                       |       | Флотационные методы обогащения                   |                  |       |                              |                                               |                |                |
| Курс                                             | 4,5   | семестр                                          | 7,8,             |       |                              |                                               |                |                |
| Кафедра                                          |       | Горного дела, наук о Земле и природообустройства |                  |       |                              |                                               |                |                |
| Ф.И.О. преподавателя, звание, должность          |       | Скорыходов В.В., , д.т.н., профессор кафедры     |                  |       |                              |                                               |                |                |
| горного дела, наук о Земле и природообустройства |       |                                                  |                  |       |                              |                                               |                |                |
| Общ. трудоемкость <sub>час/ЗЕТ</sub>             |       | 252/7                                            | Кол-во семестров |       | 2                            | Интерактивные формы <sub>общ./тек. сем.</sub> |                | 10/10          |
| ЛК <sub>общ./тек. сем.</sub>                     | 10/10 | ПР/СМ <sub>общ./тек. сем.</sub>                  |                  | 14/14 | ЛБ <sub>общ./тек. сем.</sub> | -/-                                           | Форма контроля | Зачет, Экзамен |

- способностью анализировать горно-геологическую информацию о свойствах и характеристиках минерального сырья и вмещающих пород (ПСК-6.1)
- способностью выбирать технологию производства работ по обогащению полезных ископаемых, составлять необходимую документацию (ПСК-6.2);
- способностью выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке и обогащению минерального сырья на основе знаний принципов проектирования технологических схем обогатительного производства и выбора основного и вспомогательного обогатительного оборудования (ПСК-6.3);
- способностью анализировать и оптимизировать структуру, взаимосвязи, функциональное назначение комплексов по добыче, переработке и обогащению полезных ископаемых и соответствующих производственных объектов при строительстве и реконструкции с учетом требований промышленной и экологической безопасности (ПСК-6.6).

| Код формируемой компетенции        | Содержание задания            | Количество мероприятий | Максимальное количество баллов | Срок предоставления |
|------------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------|
| <b>Вводный блок</b>                |                               |                        |                                |                     |
| Не предусмотрен                    |                               |                        |                                |                     |
| <b>Основной блок</b>               |                               |                        |                                |                     |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Устный опрос                  | 2                      | 16                             | В течение семестра  |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Подготовка рефератов по теме  | 2                      | 16                             | В течение семестра  |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Решение задач                 | 2                      | 10                             |                     |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Презентация                   | 2                      | 10                             |                     |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Подготовка опорного конспекта | 1                      | 8                              |                     |
| <b>Всего:</b>                      |                               |                        | <b>60</b>                      |                     |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Зачет                         | Вопрос 1               | 20                             | По расписанию       |
|                                    |                               | Вопрос 2               | 20                             |                     |
| <b>Всего:</b>                      |                               |                        | <b>40</b>                      |                     |
| <b>Итого:</b>                      |                               |                        | <b>100</b>                     |                     |

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

|                                                         |                                                         |                                                   |              |                                               |                       |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|-----------------------|
| Шифр дисциплины по РУП                                  |                                                         | <b>Б1.Б.41.04</b>                                 |              |                                               |                       |
| Дисциплина                                              |                                                         | <b>Флотационные методы обогащения</b>             |              |                                               |                       |
| Курс                                                    | <b>4,5</b>                                              | семестр                                           | <b>7,8,9</b> |                                               |                       |
| Кафедра                                                 | <b>Горного дела, наук о Земле и природообустройства</b> |                                                   |              |                                               |                       |
| Ф.И.О. преподавателя, звание, должность                 |                                                         | <b>Скорыходов В.В., д.т.н., профессор кафедры</b> |              |                                               |                       |
| <b>горного дела, наук о Земле и природообустройства</b> |                                                         |                                                   |              |                                               |                       |
| Общ. трудоемкость <sub>час/ЗЕТ</sub>                    | <b>252/7</b>                                            | Кол-во семестров                                  | <b>3</b>     | Интерактивные формы <sub>общ./тек. сем.</sub> | <b>6/6</b>            |
| ЛК <sub>общ./тек. сем.</sub>                            | <b>6/6</b>                                              | ПР/СМ <sub>общ./тек. сем.</sub>                   | <b>14/14</b> | ЛБ <sub>общ./тек. сем.</sub>                  | <b>-/-</b>            |
|                                                         |                                                         |                                                   |              | Форма контроля                                | <b>Зачет, Экзамен</b> |

- способностью анализировать горно-геологическую информацию о свойствах и характеристиках минерального сырья и вмещающих пород (ПСК-6.1)
- способностью выбирать технологию производства работ по обогащению полезных ископаемых, составлять необходимую документацию (ПСК-6.2);
- способностью выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке и обогащению минерального сырья на основе знаний принципов проектирования технологических схем обогатительного производства и выбора основного и вспомогательного обогатительного оборудования (ПСК-6.3);
- способностью анализировать и оптимизировать структуру, взаимосвязи, функциональное назначение комплексов по добыче, переработке и обогащению полезных ископаемых и соответствующих производственных объектов при строительстве и реконструкции с учетом требований промышленной и экологической безопасности (ПСК-6.6).

| Код формируемой компетенции        | Содержание задания            | Количество мероприятий | Максимальное количество баллов | Срок предоставления |
|------------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------|
| <b>Вводный блок</b>                |                               |                        |                                |                     |
| Не предусмотрен                    |                               |                        |                                |                     |
| <b>Основной блок</b>               |                               |                        |                                |                     |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Устный опрос                  | 2                      | 16                             | В течение семестра  |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Подготовка рефератов по теме  | 2                      | 16                             | В течение семестра  |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Решение задач                 | 2                      | 10                             |                     |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Презентация                   | 2                      | 10                             |                     |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Подготовка опорного конспекта | 1                      | 8                              |                     |
|                                    |                               |                        | <b>Всего:</b>                  | <b>60</b>           |
| ПСК-6.1, ПСК-6.2, ПСК-6.3, ПСК-6.6 | Зачет                         | Вопрос 1               | 20                             | По расписанию       |
|                                    |                               | Вопрос 2               | 20                             |                     |
|                                    |                               |                        | <b>Всего:</b>                  | <b>40</b>           |
|                                    |                               |                        | <b>Итого:</b>                  | <b>100</b>          |

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.