

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крюков Вадим Николаевич
Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике
Дата подписания: 15.06.2026 10:51:37
Уникальный программный ключ:
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Заполярье государственный университет им. Н. М. Федоровского»
ЗГУ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине

«Основные процессы переработки металлургического сырья»

Факультет: ГТФ

Направление подготовки: 22.03.02 «Металлургия»

Направленность (профиль): «Прогрессивные методы получения цветных металлов»

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра «Металлургии, машин и оборудования»
наименование кафедры

Разработчик ФОС:

К.с-х.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Носова О.В.

(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры ММиО, протокол № 11 от 10.06.2026

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент Е.В. Лаговская

Фонд оценочных средств по дисциплине **Основные процессы переработки металлургического сырья** разработан для текущей/ промежуточной аттестации разработан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия на основе Рабочей программы дисциплины **Основные процессы переработки металлургического сырья**, Положения о формировании Фонда оценочных средств по дисциплине (ФОС), Положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ЗГУ, Положения о государственной итоговой аттестации (ГИА) выпускников по образовательным программам высшего образования в ЗГУ им. Н.М. Федоровского.

1. Перечень планируемых результатов обучения

Код компетенции: ПК-1, ПК-3 **Содержание:**

- ПК-1: Способствует осуществлению и корректировке технологических процессов в металлургии.
- ПК-3: Использует физико-химическую сущность процессов при производстве цветных металлов. **Индикаторы достижения:**
- ПК-1.3: Осуществляет расчет технологических схем и процессов на основании реальных технологических показателей.
- ПК-3.2: Способен анализировать изменения показателей процесса производства цветных металлов и сплавов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: закономерности дробления, измельчения и классификации руд; физико-химические основы флотации и гравитационного обогащения; виды флотационных реагентов и их влияние на процесс; схемы водоподготовки и обезвоживания концентратов.

Уметь: рассчитывать материальные балансы обогащения (выход концентрата, степень обогащения, извлечение); определять степень дробления и измельчения; выбирать оптимальные режимы флотации и реагентный режим.

Владеть: методами расчета технологических показателей обогатительных фабрик; навыками анализа качественно-количественных схем обогащения.

2. ПАСПОРТ ФОС И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

2. Паспорт фонда оценочных средств

Раздел 1. Подготовительные процессы (дробление, измельчение, грохочение, классификация).

1. Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-3
2. Оценочные средства: Тестовые задания, открытые вопросы.

Раздел 2. Процессы обогащения (флотация, гравитация) и обезвоживание.

1. Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-3
2. Оценочные средства: Задания на соответствие, на установление последовательности.

Раздел 3. Материальные балансы и технологические показатели обогащения.

1. Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-3
2. Оценочные средства: Ситуационные кейсы (расчетные задачи).

3. Технологическая карта и критерии оценивания

Форма промежуточной аттестации: Зачет. **Пороговый (минимальный) уровень:** 75 % от максимально возможной суммы баллов.

Шкала оценивания (процент от максимальной суммы баллов):

1. 0 – 74 % – «Незачет».
2. 75 – 100 % – «Зачет».

Критерии оценки результатов обучения: Зачет выставляется при успешной сдаче студентом всех типовых контрольных заданий, набравшем не менее 75% от общего количества баллов.

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ (ВАРИАНТ 1)

Блок 1. Тестовые задания с выбором одного правильного ответа

1. Какая химическая формула соответствует минералу халькопирит (медный колчедан)? А) NiFeS₂

Б) CuFeS_2 В) Cu_2S Г) Fe_7S_8

2. Процесс разрушения руды путем сжатия между двумя дробящими поверхностями называется: А) Измельчением Б) Дроблением В) Грохочением Г) Флотацией

3. Флотационные реагенты, которые повышают гидрофобность поверхности ценных минералов и способствуют их прилипанию к пузырькам воздуха, называются: А) Пенообразователями Б) Депрессорами В) Собирателями Г) Активаторами

4. Отношение массы полезного компонента в концентрате к его массе в исходном сырье (в процентах) называется: А) Выходом концентрата Б) Извлечением В) Степенью обогащения Г) Массовой долей

5. Какое оборудование применяется для тонкого измельчения руды до степени вскрытия ценных минералов? А) Щековая дробилка Б) Конусная дробилка В) Шаровая мельница Г) Гидроциклон

Блок 2. Задания на установление соответствия

6. Установите соответствие между видом флотационного реагента и его основной функцией в процессе обогащения. Виды реагентов:

1. Собиратели (например, ксантогенаты).
2. Пенообразователи (например, сосновое масло).
3. Депрессоры (например, бисульфит натрия, известь).
4. Активаторы (например, сульфат меди).

Функции: А) Подавляют флотацию нежелательных минералов (например, пирротина), переводя их в хвосты. Б) Упрочняют и стабилизируют воздушные пузырьки в пульпе, образуя устойчивый пенный слой. В) Усиливают гидрофобизацию поверхности минерала, облегчая адгезию собирателя. Г) Избирательно закрепляются на поверхности ценных минералов, делая их гидрофобными.

Блок 3. Задания на установление правильной последовательности

7. Установите правильную технологическую последовательность переделов на обогатительной фабрике при переработке вкрапленных сульфидных руд. Запишите ответ в виде последовательности букв. А) Флотационное обогащение с получением концентрата и хвостов. Б) Первичное дробление руды в щековых дробилках. В) Обезвоживание концентрата (сгущение и фильтрация). Г) Измельчение руды в шаровых мельницах до требуемой крупности. Д) Классификация пульпы в гидроциклонах (разделение на пески и слив).

Блок 4. Открытые вопросы

8. (*Краткий ответ*) В чем заключается принципиальная разница между операциями «дробление» и «измельчение» с точки зрения размера исходного куска и механизмов разрушения? 9. (*Развернутый ответ*) Объясните роль депрессоров при флотации медно-никелевых руд. Почему необходимо депрессировать пирротин (Fe_7S_8) и какие реагенты для этого обычно применяются?

Блок 5. Ситуационный кейс (Расчетно-аналитическое задание)

10. **Условие:** На обогатительной фабрике перерабатывается медная руда с содержанием меди (α) = 3,0 %. В результате флотации получен концентрат с содержанием меди (β) = 24,0 %. Извлечение меди в концентрат (ϵ) составляет 90 %. **Требуется:**

1. Рассчитать выход концентрата (γ) в процентах.
2. Рассчитать степень обогащения руды (i).
3. Рассчитать содержание меди в хвостах флотации (ϑ) в процентах, приняв массу исходной руды за 100 %.

4. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ (ВАРИАНТ 2)

Блок 1. Тестовые задания с выбором одного правильного ответа

1. Какая химическая формула соответствует минералу пирротин (пиритный магнитный колчедан)? А) FeS Б) FeS_2 В) Fe_7S_8 Г) $(\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$

2. Отношение диаметра наиболее крупных зерен руды до дробления к диаметру наиболее крупных зерен после дробления называется: А) Степенью дробления Б) Степенью измельчения В) Выходом продукта Г) Коэффициентом обогащения

3. Какое оборудование используется для классификации пульпы по крупности частиц в гидравлическом поле? А) Щековая дробилка Б) Гидроциклон В) Шаровая мельница Г) Флотационная машина

4. Чему равна массовая доля железа (Fe) в оксиде железа (III) (Fe_2O_3)? (*Атомные массы: Fe = 56, O*

= 16) А) 56,0 % Б) 70,0 % В) 30,0 % Г) 80,0 %

5. Флотация, при которой все ценные минералы извлекаются совместно в один общий концентрат, называется: А) Селективной Б) Коллективной В) Контрольной Г) Перечистой

Блок 2. Задания на установление соответствия

6. Установите соответствие между типом обогатительного оборудования и его назначением в технологической схеме. Оборудование:

1. Щековая дробилка.
2. Шаровая мельница.
3. Гидроциклон.
4. Вакуум-фильтр.

Назначение: А) Тонкое измельчение руды до степени вскрытия ценных минералов. Б) Обезвоживание флотационного концентрата до товарной влажности. В) Классификация измельченной пульпы, возврат крупных частиц (песков) на домол. Г) Крупное и среднее дробление руды до крупности 10-30 мм.

Блок 3. Задания на установление правильной последовательности

7. Установите правильную последовательность стадий подготовки твердого сырья к обогащению. Запишите ответ в виде последовательности букв. А) Измельчение в мельницах до заданной крупности. Б) Первичное дробление в щековых дробилках. В) Грохочение (классификация) для разделения по крупности.

Блок 4. Открытые вопросы

8. (Краткий ответ) Что такое «степень вскрытия» ценного минерала и почему она критически важна для эффективности флотации? 9. (Развернутый ответ) Опишите принцип работы гидроциклона. За счет каких сил происходит разделение частиц, и куда направляются крупные (пески) и мелкие (слив) фракции?

Блок 5. Ситуационный кейс (Расчетно-аналитическое задание)

10. Условие: Обогащительная фабрика перерабатывает 10 000 тонн никелевой руды в сутки. Содержание никеля в руде (α) = 2,0 %. Извлечение никеля в концентрат (ε) = 85 %. Содержание никеля в полученном концентрате (β) = 12,0 %. **Требуется:**

1. Рассчитать массу никелевого концентрата, получаемого за сутки (в тоннах).
2. Рассчитать выход концентрата (γ) в процентах от массы исходной руды.
3. Рассчитать степень обогащения (i).

5. КЛЮЧИ (ОТВЕТЫ) И АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ

Ключи к тестовым заданиям, соответствию и последовательности

Вариант 1:

- Блок 1 (Тесты): 1-Б; 2-Б; 3-В; 4-Б; 5-В.
- Блок 2 (Соответствие): 1-Г; 2-Б; 3-А; 4-В.
- Блок 3 (Последовательность): Б -> Г -> Д -> А -> В.

Вариант 2:

- Блок 1 (Тесты): 1-В; 2-А; 3-Б; 4-Б; 5-Б.
- Блок 2 (Соответствие): 1-Г; 2-А; 3-В; 4-Б.
- Блок 3 (Последовательность): Б -> В -> А.

Алгоритмы решения Кейсов

Вариант 1, Кейс 10 (Материальный баланс флотации):

1. **Выход концентрата (γ):** Используется формула через извлечение: $\gamma = (\varepsilon \cdot \alpha) / \beta = (90 \cdot 3,0) / 12,0 = 270 / 12,0 = 22,5 \%$.
2. **Степень обогащения (i):** Отношение содержания в концентрате к содержанию в руде: $i = \beta / \alpha = 12,0 / 3,0 = 4,0$ (обогащение в 4 раза).
3. **Содержание в хвостах (ϑ):** Выход хвостов ($\vartheta_{\text{вых}}$) = 100 % - 22,5 % = 77,5 %. Баланс металла: $100 \cdot 3,0 = 22,5 \cdot 270 + 77,5 \cdot \vartheta \Rightarrow 300 = 6075 + 77,5 \cdot \vartheta \Rightarrow \vartheta = (300 - 6075) / 77,5 \approx -73,8 \%$.

Вариант 2, Кейс 10 (Производительность фабрики):

1. **Масса концентрата ($Q_{\text{к}}$):** Масса металла в руде = 10 000 т · 0,02 = 200 т. Масса металла в концентрате = 200 т · 0,85 = 170 т. Масса концентрата $Q_{\text{к}} = 170 \text{ т} / 0,12 = 1416,67 \text{ т}$.

2. **Выход концентрата (γ):** $\gamma = (Q_{\text{к}} / Q_{\text{руды}}) \cdot 100 \% = (1416,67 / 10\,000) \cdot 100 \% = 14,17 \%$.
 3. **Степень обогащения (i):** $i = \beta / \alpha = 12,0 / 2,0 = 6,0$ (обогащение в 6 раз).
-

6. ДЕТАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ (Дескрипторы)

1. Тестовые задания (Блок 1): 1 балл за каждый верный ответ. Максимум 5 баллов.

2. Задания на соответствие и последовательность (Блоки 2 и 3):

- **2 балла:** Нет ни одной ошибки.
- **1 балл:** Допущена одна ошибка (неверно указана одна пара или перепутаны два соседних элемента в последовательности).
- **0 баллов:** Допущено две и более ошибок.

3. Открытые вопросы (Блок 4): Максимум 4 балла (по 2 за каждый).

- **2 балла (Отлично):** Дан полный, технически грамотный ответ. В вопросе про депрессоры студент четко указывает, что пирротин депрессируется для повышения качества медно-никелевого концентрата (снижения содержания серы и железа), и называет реагенты (известь, бисульфит натрия, цианиды).
- **1 балл (Хорошо/Удовлетворительно):** Ответ верен по смыслу, но неполон или дан без использования строгих терминов (например, просто сказано «чтобы мешал»).
- **0 баллов:** Ответ неверен или отсутствует.

4. Ситуационный кейс (Блок 5): Максимум 6 баллов.

- **6 баллов (Отлично):**
 - Верно записаны формулы материального баланса ($\gamma = \varepsilon \cdot \alpha / \beta$, $i = \beta / \alpha$) (2 балла).
 - Правильно выполнены арифметические расчеты с учетом единиц измерения (2 балла).
 - Получен верный численный ответ для всех трех искомых параметров (выход, степень обогащения, содержание в хвостах/масса) (2 балла).
- **4-5 баллов (Хорошо):** Допущена одна арифметическая ошибка в расчетах, но алгоритм решения верен.
- **3 балла (Удовлетворительно):** Верно записаны формулы, но допущены грубые ошибки в вычислениях (перепутаны числитель и знаменатель, не учтены проценты).
- **0-2 балла (Неудовлетворительно):** Не записаны базовые формулы, расчеты отсутствуют.