

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
по дисциплине**

**«Производство меди»**

**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 *Производство меди* 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 *Производство меди*, 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 **Содержание:** Способствует осуществлению и корректировке технологических процессов в металлургии. **Индикаторы достижения:**

1. ПК-1.1. Применяет знания основных закономерностей протекания металлургических процессов для повышения эффективности производства цветных металлов.
2. ПК-1.2. Использует основные принципы разработки технических решений и технологий в области металлургии.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**Знать:** минералогию медных руд; физико-химические основы плавки на штейн, конвертирования, огневого и электролитического рафинирования; основы гидрометаллургии меди.

**Уметь:** рассчитывать материальные балансы плавки и конвертирования; определять степень десульфуризации; анализировать технологические схемы переделов.

**Владеть:** методами контроля качества штейна, черновой и катодной меди; навыками расчета удельного проплава и расхода флюсов.

---

## **2. ПАСПОРТ ФОС И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

### **2. Паспорт фонда оценочных средств**

**Раздел 1. Сырьевая база и подготовка к плавке.**

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

**Раздел 2. Пирометаллургия меди (плавка на штейн, конвертирование).**

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

**Раздел 3. Рафинирование меди (огневое, электролитическое, гидрометаллургия).**

1. Формируемая компетенция: ПК-1
2. Оценочные средства: Тестовые задания, ситуационные кейсы.

### **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. Какому минералу соответствует химическая формула  $\text{CuFeS}_2$ ? А) Халькозин Б) Пентландит В) Халькопирит Г) Ковеллин

2. Для чего в медный электролит при электролитическом рафинировании добавляют серную кислоту? А) Для уменьшения дендритообразования Б) Для подавления питтингообразования В) Для повышения электропроводности электролита Г) Для снижения содержания примесей в катодном металле

3. В какой печи производят плавку на штейн на Медном заводе ПАО «ГМК «Норильский Никель»? А) В отражательной печи Б) В рудно-термической печи В) В печи взвешенной плавки (ПВП) Г) В печи Ванюкова

**Блок 2. Задания на установление соответствия**

4. Установите соответствие между добавкой в медный электролит и ее основной технологической функцией. Добавки:

1. Тиомочевина
2. Столярный клей
3. Хлорид натрия (NaCl)
4. Серная кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Функции: А) Повышает электропроводность раствора и предотвращает гидролиз солей. Б) Осаждает серебро в хлоридную форму для предотвращения его загрязнения катода. В) Измельчает структуру осадка и предотвращает образование дендритов. Г) Выравнивает микронеровности катода, делая осадок гладким и плотным.

**Блок 3. Задания на установление правильной последовательности**

5. Установите правильную технологическую последовательность переделов при производстве катодной меди из сульфидного концентрата. Запишите ответ в виде последовательности букв. А) Электролитическое рафинирование с получением катодной меди. Б) Флотационное обогащение руды с получением медного концентрата. В) Огневое рафинирование черновой меди с получением анодных плит. Г) Конвертирование медного штейна с получением черновой меди. Д) Плавка концентрата на штейн в агрегатах взвешенной плавки.

**Блок 4. Открытые вопросы**

6. (*Краткий ответ*) Что такое «десульфуризация» в процессе плавки на штейн и в какую фазу переходит основная масса удаленной серы? 7. (*Развернутый ответ*) Объясните физико-химическую суть процесса огневого рафинирования черновой меди. Какие примеси удаляются на стадии окисления (продувки воздухом), а какие на стадии восстановления (цементации природным газом)?

**Блок 5. Ситуационный кейс (Расчетно-аналитическое задание)**

8. **Условие:** При плавке на штейн медного концентрата в шихте содержалось 26,72 т серы. В результате плавки было получено:

1. Медный штейн, содержащий 8,05 т серы.
2. Шлак, содержащий 0,23 т серы.
3. Подовые газы (в виде SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub>).

**Требуется:** Рассчитать степень десульфуризации (в процентах) при данной плавке.

**4. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ (ВАРИАНТ 2)**

**Блок 1. Тестовые задания с выбором одного правильного ответа**

1. Какому минералу соответствует химическая формула Cu<sub>2</sub>S? А) Халькопирит Б) Халькозин В) Ковеллин Г) Борнит

2. Для чего в медный электролит добавляют тиомочевину? А) Для уменьшения дендритообразования и питтингообразования Б) Для повышения электропроводности электролита В) Для исключения загирачивания катода Г) Для осаждения золота и серебра

3. Какой продукт получают в результате конвертирования медного штейна? А) Файнштейн Б) Черновую медь В) Анодную медь Г) Отвальный шлак

**Блок 2. Задания на установление соответствия**

4. Установите соответствие между названием медного минерала и его классом/составом.

Минералы:

1. Халькопирит
2. Ковеллин
3. Пирротин
4. Малахит

Классы/состав: А) Сульфид меди (CuS) Б) Гидрокарбонат меди (основная окисленная руда) В) Медный колчедан (CuFeS<sub>2</sub>) Г) Пиритный магнитный колчедан (Fe<sub>7</sub>S<sub>8</sub>)

**Блок 3. Задания на установление правильной последовательности**

5. Установите правильную последовательность стадий процесса конвертирования медного штейна в черновую медь. Запишите ответ в виде последовательности букв. А) Окисление сульфида меди ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) с выделением  $\text{SO}_2$  и получением черновой меди. Б) Окисление сульфида железа ( $\text{FeS}$ ) с образованием закиси железа ( $\text{FeO}$ ). В) Продувка жидкого штейна сжатым воздухом через фурмы. Г) Ошлакование: взаимодействие  $\text{FeO}$  с флюсом ( $\text{SiO}_2$ ) и сдувание железистого шлака.

#### Блок 4. Открытые вопросы

6. (Краткий ответ) Что такое «белый матт» (белый штейн) и почему его образование в конвертере является аварийной ситуацией? 7. (Развернутый ответ) Опишите механизм образования «дендритов» и «наростов» на катоде при электролитическом рафинировании меди. Какие технологические нарушения (плотность тока, состав электролита, температура) приводят к этому дефекту?

#### Блок 5. Ситуационный кейс (Расчетно-аналитическое задание)

8. Условие: При плавке на штейн шихты, содержащей 28,98 т серы, степень десульфуризации составила 70 %. В полученном медном штейне содержится 8,35 т серы. Требуется: Рассчитать, сколько тонн серы перешло в шлак (химические и механические потери серы со шлаком).

---

### 5. КЛЮЧИ (ОТВЕТЫ) И АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ

#### Ключи к тестовым заданиям, соответствию и последовательности

##### Вариант 1:

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

##### Вариант 2:

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

#### Алгоритмы решения Кейсов

##### Вариант 1, Кейс 8 (Десульфуризация):

1. Находим массу серы, перешедшей в газовую фазу (удаленной из системы):  $S_{\text{газ}} = S_{\text{шихты}} - (S_{\text{штейна}} + S_{\text{шлака}})$   $S_{\text{газ}} = 26,72 - (8,05 + 0,23) = 26,72 - 8,28 = 18,44$  т.
2. Рассчитываем степень десульфуризации (отношение удаленной серы к начальной):  
Десульфуризация =  $(S_{\text{газ}} / S_{\text{шихты}}) \cdot 100\%$  Десульфуризация =  $(18,44 / 26,72) \cdot 100\% \approx 69,01\%$  (или округленно 69 %).

##### Вариант 2, Кейс 8 (Потери серы со шлаком):

1. Находим массу серы, которая перешла в газовую фазу (исходя из степени десульфуризации):  $S_{\text{газ}} = S_{\text{шихты}} \cdot (\text{Десульфуризация} / 100)$   $S_{\text{газ}} = 28,98 \cdot 0,70 = 20,286$  т.
2. Находим остаток серы, распределенный между штейном и шлаком:  $S_{\text{остаток}} = S_{\text{шихты}} - S_{\text{газ}} = 28,98 - 20,286 = 8,694$  т.
3. Рассчитываем массу серы, перешедшей в шлак:  $S_{\text{шлака}} = S_{\text{остаток}} - S_{\text{штейна}}$   $S_{\text{шлака}} = 8,694 - 8,35 = 0,344$  т (в исходном тесте этот ответ округлен до 0,32 т из-за погрешностей входных данных, но математический алгоритм верен именно такой).

---

### 6. ДЕТАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ (Дескрипторы)

1. Тестовые задания (Блок 1): 1 балл за каждый верный ответ. Максимум 3 балла.

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 огневое рафинирование четко разделены стадии окисления (удаление Fe, Zn, Pb, S) и восстановления (удаление избыточного  $\text{O}_2$ ).

- **1 балл (Хорошо/Удовлетворительно):** Ответ верен по смыслу, но неполон или дан без использования строгих металлургических терминов.

- **0 баллов:** Ответ неверен или отсутствует.

**4. Ситуационный кейс (Блок 5):** Максимум 4 балла.

- **4 балла (Отлично):** Верно записан закон материального баланса по сере (2 балла). Правильно выполнены арифметические расчеты, получен верный численный ответ с указанием единиц измерения (тонны) (2 балла).
- **3 балла (Хорошо):** Верно записаны формулы, но допущена одна арифметическая ошибка в вычислениях.
- **2 балла (Удовлетворительно):** Студент понимает физический смысл десульфуризации, но не может составить полный баланс (забывает учесть серу в шлаке или газах).
- **0-1 балл (Неудовлетворительно):** Расчеты отсутствуют или выполнены принципиально неверно.