

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 16:00:29  
Уникальный программный ключ:  
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682500c51272582

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ<sup>1</sup>**  
**по дисциплине**

*«Методы физико-химических исследований металлургических процессов»*

**Факультет:** *Горно-технологический (ГТФ)*

**Направление подготовки:** *22.04.02 «Металлургия»*

**Направленность (профиль):** *Металлургия цветных металлов*

**Уровень образования:** *магистратура*

Кафедра *«Металлургии, машин и оборудования»*

наименование кафедры

Разработчик ФОС:

к.с.-х.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

О.В. Носова

(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

<sup>1</sup> В данном документе представлены типовые оценочные средства. Полный комплект оценочных средств, включающий все варианты заданий (тестов, контрольных работ и др.), предлагаемых обучающемуся, хранится на кафедре в бумажном и электронном виде.

Фонд оценочных средств по дисциплине **«Методы физико-химических исследований металлургических процессов»** для текущей/ промежуточной аттестации разработан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 22.04.02 Металлургия на основе Рабочей программы дисциплины **«Методы физико-химических исследований металлургических процессов»**, 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 по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы**

### **Профессиональные компетенции**

#### **ПК-3. Способен учитывать физико-химическую сущность материалов для рационального производства цветных металлов**

- **ПК-3.1. (Знать)** теоретические основы термодинамического, статистического и квантово-механического методов исследования; принципы физико-химических методов анализа (спектральные, фотометрические, атомно-абсорбционные).
- **ПК-3.2. (Уметь)** осуществлять отбор и подготовку проб металлургического сырья и промежуточных продуктов; проводить статистическую обработку результатов анализа; выбирать оптимальный метод физико-химического исследования для решения конкретных производственных задач.
- **ПК-3.3. (Владеть)** методикой проведения фотометрического, атомно-абсорбционного и эмиссионного спектрального анализа; навыками работы с аналитической аппаратурой и интерпретации полученных спектров и аналитических сигналов.

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

### **Тема 1. Введение. Методы физико-химических исследований: термодинамический, статистический и квантово-механический. Физико-химические методы анализа.**

- Формируемая компетенция: ПК-3
- Оценочное средство: Собеседование
- Форма оценивания: Устно

### **Тема 2. Отбор и подготовка проб**

- Формируемая компетенция: ПК-3
- Оценочное средство: Конспект
- Форма оценивания: Письменно

### **Тема 3. Статистическая обработка результатов**

- Формируемая компетенция: ПК-3
- Оценочное средство: Конспект, Тест
- Форма оценивания: Письменно

### **Тема 4. Спектральные методы исследования веществ: Фотометрия**

- Формируемая компетенция: ПК-3
- Оценочное средство: Конспект, Практическое занятие
- Форма оценивания: Письменно

### **Тема 5. Спектральные методы исследования веществ: Атомно-абсорбционная спектроскопия**

- Формируемая компетенция: ПК-3
- Оценочное средство: Конспект, Практическое занятие
- Форма оценивания: Письменно

### **Тема 6. Эмиссионный спектральный анализ**

- Формируемая компетенция: ПК-3
- Оценочное средство: Конспект
- Форма оценивания: Письменно

### 3. Перечень контрольно-оценочных средств (КОС)

#### Перечень и шкалы оценивания

##### 1. Текущий контроль качества

- **Конспекты и практические работы:** Шкала оценивания — «Зачтено / не зачтено». Критерии: полнота раскрытия темы, правильность решения расчетных задач, корректность построения графиков.
- **Тестовые задания по темам:** Шкала оценивания — «Зачтено / не зачтено». Пороговый уровень — 75%.

##### 2. Промежуточная аттестация (Зачет)

- **Итоговое собеседование и защита практических работ:** Шкала оценивания — «Зачтено / не зачтено».
- **Критерии выставления оценки:**
  - «Зачтено» выставляется обучающемуся, если он продемонстрировал глубокое понимание физико-химической сущности методов анализа, безупречно выполнил все практические работы, успешно прошел итоговое собеседование и набрал не менее 75% баллов за итоговое тестирование.
  - «Не зачтено» выставляется обучающемуся, если он допустил принципиальные ошибки в выборе методов анализа, не смог обосновать результаты статистической обработки, не выполнил практические работы или набрал менее 75% баллов за тестирование.

### 4. Типовые контрольные задания и материалы для оценки знаний

#### 4.1 Задания для текущего контроля успеваемости

##### Вопросы для конспектирования и устного опроса:

*По теме «Отбор и подготовка проб»:*

1. Какую пробу называют представительной, и какие требования к ней предъявляются?
2. Что такое средняя проба, как получают среднюю пробу твердого и металлического образцов?
3. Какие необходимы основные способы переведения анализируемой пробы в раствор? Всегда ли необходимо растворение пробы при проведении анализа?
4. Какими методами разрушают органическую часть пробы при проведении неорганического анализа?
5. В каких случаях проводят сплавление пробы? Какие плавни обычно используют в аналитической лаборатории?
6. Почему отбор пробы для анализа иногда более важен, чем выполнение самого анализа?

*По теме «Статистическая обработка результатов»:*

1. Какие причины вызывают систематические и случайные ошибки анализа, грубые ошибки?
2. Как вычислить наиболее вероятную величину  $x$ , если при  $n$  измерениях получены значения:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ?
3. Чем характеризуется случайная ошибка анализа?
4. Какие величины используют для оценки точности результата анализа?
5. Как вычислить стандартное отклонение среднего результата?
6. Что характеризует коэффициент Стьюдента  $t_{P,f}$ ? От каких факторов он зависит?
7. Чему равна статистическая надежность  $\alpha$  для серийных анализов?
8. Что такое точность измерений?
9. Чему равен доверительный интервал и что он характеризует?
10. Какие методы обнаружения грубых ошибок (промахов) используют в математической статистике?

*По теме «Спектральные методы анализа: Фотометрия»:*

1. Что называют коэффициентом пропускания и оптической плотностью? В каких пределах изменяются эти величины?
2. Какими уравнениями выражается основной закон светопоглощения Бугера–Ламберта–Бера?
3. Действие каких факторов может привести к нарушению линейной зависимости оптической плотности от концентрации раствора?
4. Каков физический смысл молярного коэффициента поглощения?
5. Что называют спектром поглощения вещества, и в каких координатах его можно представить?
6. В чем сущность метода градуировочного графика и каковы его особенности?
7. Какова сущность метода добавок?
8. На чем основано фотометрическое определение смеси окрашенных веществ без их предварительного разделения?
9. Назовите фотометрические приборы, предназначенные для работы в видимом, ультрафиолетовом и инфракрасном участках спектра.

*По теме «Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС)»:*

1. В чем сущность атомно-абсорбционного анализа? Что является аналитическим сигналом в этом методе?
2. Какие достоинства и недостатки характерны для метода ААС?
3. Почему величина аналитического сигнала в методе ААС меньше подвержена влиянию случайных колебаний в работе прибора, чем в эмиссионной спектроскопии?
4. Какие особенности имеют источники излучения в методе ААС?
5. Что ограничивает применение метода ААС в целях качественного анализа?
6. Почему метод ААС практически не используют для определения щелочных металлов?
7. Можно ли методом ААС определить одновременно 2–3 элемента в их смеси?
8. Приведите принципиальную схему атомно-абсорбционного спектрофотометра.

*По теме «Эмиссионный спектральный анализ»:*

1. Почему атомные спектры имеют линейчатый характер?
2. Каковы достоинства и недостатки средств возбуждения: пламени, электрической дуги, конденсированной искры, индуктивно-связанной плазмы?
3. Какие приемники спектра (рецепторы) используют в эмиссионной спектроскопии?
4. Каковы достоинства и недостатки фотопластинки как рецептора?
5. Как выполняется качественный спектральный анализ?
6. На чем основаны методы количественного спектрального анализа?
7. Как зависит интенсивность спектральных линий от условий возбуждения?

#### **4.2 Задания для промежуточной аттестации (Итоговый тест)**

##### **Спецификация комплекта оценочных материалов**

- Общее количество заданий: 15.
- Распределение по типам и уровням сложности:
  - Задания с выбором одного верного ответа (Базовый уровень): 3 шт.
  - Задания с выбором нескольких верных ответов (Продвинутый уровень): 3 шт.
  - Задания на установление соответствия (Продвинутый уровень): 3 шт.
  - Задания на установление последовательности (Экспертный уровень): 2 шт.
  - Задания открытого типа / Расчетные (Экспертный уровень): 4 шт.

##### **Тестовые задания**

*Блок А. Задания с выбором одного верного ответа (Базовый уровень)*

1. Что такое представительная проба? а) Проба, отобранная из самой доступной части материала б) Проба, которая полностью отражает средний химический и гранулометрический состав всей партии материала в) Проба, полученная путем

случайного отбора трех кусков руды г) Проба, прошедшая стадию сплавления с флюсами

2. Какой закон является теоретической основой фотометрического анализа? а) Закон Гесса б) Закон Фарадея в) Закон Бугера–Ламберта–Бера г) Закон Рауля
3. Что является аналитическим сигналом в методе атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС)? а) Интенсивность свечения возбужденных атомов в пламени б) Поглощение характеристического резонансного излучения свободными невозбужденными атомами в газовой фазе в) Масс-спектр ионов, образованных в плазме г) Оптическая плотность молекулярных комплексов в растворе

*Блок Б. Задания с выбором нескольких верных ответов (Продвинутый уровень)*

4. Какие методы применяются для разрушения органической части пробы при проведении неорганического анализа? (Выберите 2 верных варианта) а) Мокрое озоление с использованием смеси кислот ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HClO}_4$ ) б) Сплавление с содой или бурой в) Сухое озоление в муфельной печи г) Растворение в органических растворителях
5. Какие факторы могут привести к отклонению от линейной зависимости оптической плотности от концентрации в фотометрии? (Выберите 3 верных варианта) а) Химическое взаимодействие между компонентами раствора (ассоциация, диссоциация, комплексообразование) б) Использование монохроматического излучения в) Рассеяние света на взвешенных частицах (мутность раствора) г) Высокая концентрация определяемого вещества (более 0.01 М)
6. Какие преимущества характерны для метода атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС)? (Выберите 3 верных варианта) а) Высокая селективность (возможность определения элемента в присутствии других) б) Возможность одновременного определения 20-30 элементов в одной пробе в) Низкие пределы обнаружения для большинства металлов г) Отсутствие необходимости в источнике света с полым катодом

*Блок В. Задания на установление соответствия (Продвинутый уровень)*

7. Установите соответствие между видом ошибки измерения и ее характеристикой: А. Систематическая ошибка Б. Случайная ошибка В. Грубая ошибка (промах)
  1. Возникает из-за непредсказуемых флуктуаций условий измерения (температура, шум прибора), подчиняется законам статистики.
  2. Обусловлена неисправностью прибора, ошибкой в методике или неправильной калибровкой, смещает результат в одну сторону.
  3. Является следствием неверных действий аналитика (например, потеря части пробы, ошибка в расчетах), резко искажает результат.
8. Установите соответствие между спектральным методом и физическим явлением, на котором он основан: А. Фотометрия (UV-Vis) Б. Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) В. Эмиссионный спектральный анализ
  1. Излучение фотонов возбужденными атомами при их переходе в основное состояние.
  2. Поглощение света молекулами или комплексными ионами в растворе.
  3. Поглощение характеристического резонансного излучения свободными атомами в атомизаторе.
9. Установите соответствие между методом пробоподготовки и его типичным применением: А. Растворение в кислотах Б. Сплавление с флюсами В. Сухое озоление
  1. Разложение тугоплавких оксидов, силикатов и руд, не растворимых в кислотах.
  2. Удаление органической матрицы перед определением следовых количеств металлов.
  3. Перевод в раствор металлов, сплавов и легко растворимых солей.

*Блок Г. Задания на установление последовательности (Экспертный уровень)*

10. Установите правильную последовательность стадий фотометрического определения с использованием метода калибровочного графика: А. Измерение оптической плотности исследуемого раствора. Б. Приготовление серии стандартных растворов с известной концентрацией. В. Расчет концентрации вещества в пробе по калибровочному графику. Г. Добавление хромогенного реагента для окрашивания растворов. Д. Измерение оптической плотности стандартных растворов и построение графика зависимости  $A = f(C)$ .
11. Установите логическую последовательность этапов статистической обработки результатов серии измерений для нахождения доверительного интервала: А. Вычисление стандартного отклонения ( $s$ ). Б. Вычисление среднего арифметического значения ( $\bar{x}$ ). В. Выбор коэффициента Стьюдента ( $t$ ) для заданной доверительной вероятности и числа степеней свободы. Г. Расчет доверительного интервала по формуле:  $\bar{x} \pm (t * s / \sqrt{n})$ .

*Блок Д. Задания открытого типа / Расчетные (Экспертный уровень)*

12. (Расчетная задача). При определении хрома фотоколориметрическим хроматным методом навеску сплава массой 1,0500 г растворили и перевели в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup>. 5,00 см<sup>3</sup> полученного раствора подготовили для фотоколориметрирования. Оптическая плотность полученного раствора соответствовала по калибровочному графику 6,2 мг хрома. Вычислить процентное содержание хрома в образце.
13. (Расчетная задача). Вычислите молярный коэффициент поглощения меди, если оптическая плотность раствора, содержащего 0,24 мг меди в 250 мл (примечание: в исходном тексте опечатка "250 мг", принимается объем 250 мл), при толщине слоя кюветы 2 см равна 0,14. Молярная масса меди  $M(\text{Cu}) = 63,5$  г/моль.
14. (Теоретический вопрос). Что характеризует коэффициент Стьюдента ( $t_{P,f}$ )? От каких факторов зависит его величина и как он используется для оценки точности анализа?
15. (Теоретический вопрос). Объясните, почему метод атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) практически не используется для определения щелочных металлов и почему он непригоден для целей качественного анализа?

## **5. Ключ верных вариантов ответов и критерии оценивания**

### **Ключ к заданиям закрытого типа (Блоки А, Б, В, Г)**

*Блок А (по 1 баллу за правильный ответ)*

1. б (Проба, которая полностью отражает средний химический...)
2. в (Закон Бугера–Ламберта–Бера)
3. б (Поглощение характеристического резонансного излучения...)

*Блок Б (по 1 баллу за полный правильный набор, 0 баллов при любой ошибке)* 4. а, в (Мокрое озоление, Сухое озоление) 5. а, в, г (Химическое взаимодействие, Мутность, Высокая концентрация) 6. а, в (Высокая селективность, Низкие пределы обнаружения) *Примечание: б - неверно, так как ААС определяет по одному элементу за раз; г - неверно, так как лампа с полым катодом обязательна.*

*Блок В (по 1 баллу за полное правильное соответствие)* 7. А-2, Б-1, В-3 8. А-2, Б-3, В-1 9. А-3, Б-1, В-2

*Блок Г (по 1 баллу за правильную последовательность)* 10. Б -> Г -> Д -> А -> В 11. Б -> А -> В -> Г

**Ключ и критерии оценивания заданий открытого типа (Блок Д) Оценивание: до 2 баллов за каждый корректно решенный вопрос или названный аспект (максимум 8 баллов за блок).**

*Вопрос 12 (Расчет содержания хрома):* Эталонное решение:

1. В 5 мл пробы содержится 6,2 мг Cr.
2. В общем объеме 100 мл содержится:  $6,2 \text{ мг} * (100 / 5) = 124 \text{ мг} = 0,124 \text{ г Cr}$ .

3. Массовая доля Cr в навеске:  $(0,124 \text{ г} / 1,0500 \text{ г}) * 100\% = 11,81\%$ . *Критерии:* 1 балл за верное масштабирование массы на общий объем, 1 балл за правильный расчет массовой доли.

*Вопрос 13 (Расчет молярного коэффициента поглощения):* Эталонное решение:

1. Концентрация  $C_{\text{и}}$  в г/л:  $(0,24 * 10^{-3} \text{ г}) / 0,250 \text{ л} = 9,6 * 10^{-4} \text{ г/л}$ .
2. Молярная концентрация (C):  $(9,6 * 10^{-4} \text{ г/л}) / 63,5 \text{ г/моль} = 1,51 * 10^{-5} \text{ моль/л}$ .
3. По закону Бугера-Ламберта-Бера:  $A = \epsilon * l * C \Rightarrow 0,14 = \epsilon * 2 * 1,51 * 10^{-5}$ .
4.  $\epsilon = 0,14 / (3,02 * 10^{-5}) \approx 4636 \text{ л/(моль*см)}$ . *Критерии:* 1 балл за верный перевод в молярную концентрацию, 1 балл за применение закона Бугера-Ламберта-Бера и правильный ответ.

*Вопрос 14 (Коэффициент Стьюдента):* Эталонные аспекты:

1. Коэффициент Стьюдента характеризует разброс средних значений вокруг истинного значения и используется для расчета доверительного интервала.
2. Зависит от двух факторов: выбранной доверительной вероятности (P, обычно 0.95) и числа степеней свободы ( $f = n - 1$ , где n - число параллельных определений).
3. Позволяет оценить случайную погрешность метода и понять, в каких пределах находится истинное значение величины. *Критерии:* 1 балл за определение роли коэффициента, 1 балл за указание факторов зависимости.

*Вопрос 15 (Ограничения метода ААС):* Эталонные аспекты:

1. Щелочные металлы: легко ионизируются в пламени (особенно воздушно-ацетиленовом), что приводит к резкому снижению концентрации нейтральных атомов, способных поглощать резонансное излучение. Это вызывает нелинейность калибровочных графиков и требует использования ионизирующих буферов или более низкотемпературных пламен.
2. Качественный анализ: В ААС в качестве источника излучения используется лампа с полым катодом, изготовленная строго из того элемента, который нужно определить. Метод не дает спектра "отпечатка пальца" всех элементов одновременно (в отличие от эмиссии), поэтому он пригоден только для количественного определения заранее известных элементов. *Критерии:* 1 балл за объяснение проблемы ионизации щелочных металлов, 1 балл за объяснение неприменимости для качественного анализа из-за специфики источника света.

**Итоговый подсчет баллов и перевод в шкалу оценивания:**

- Максимальный балл за итоговый тест: 3 (Блок А) + 3 (Блок Б) + 3 (Блок В) + 2 (Блок Г) + 8 (Блок Д) = 19 баллов.
- Перевод в бинарную шкалу (Зачтено / Не зачтено) для допуска к итоговому собеседованию:
  - **15–19 баллов (75–100%)** — «Зачтено» (допуск к итоговому собеседованию).
  - **Менее 15 баллов (<75%)** — «Не зачтено» (требуется отработка задолженностей).