

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  
«Заплярный государственный университет им. Н. М. Федоровского»  
ЗГУ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине

**«Металлургия свинца и цинка»**

**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 *Металлургия свинца и цинка* 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 *Металлургия свинца и цинка*, 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

**Код компетенции:** ПК-1 **Содержание:** Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии. **Индикаторы достижения:**

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

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:** **Знать:** минералогический состав свинцовых и цинковых руд; физико-химические основы пирометаллургии свинца (агломерация, шахтная плавка) и гидрометаллургии цинка (обжиг, выщелачивание, электролиз); методы рафинирования черновых металлов. **Уметь:** рассчитывать материальные балансы плавки и выщелачивания; определять минералогический состав продуктов передела; выбирать оптимальные режимы обжига и электролиза. **Владеть:** навыками анализа технологических схем переработки полиметаллических концентратов; методами контроля качества катодного цинка и товарного свинца.

---

## 2. Паспорт фонда оценочных средств

**Раздел 1. Общие вопросы металлургии свинца и цинка. Сырьевая база.**

- Формируемая компетенция: ПК-1
- Оценочные средства: Тестовые задания.

**Раздел 2. Металлургия свинца. Агломерационная плавка и рафинирование.**

- Формируемая компетенция: ПК-1
- Оценочные средства: Тестовые задания, расчетные задачи.

**Раздел 3. Металлургия цинка. Обжиг, выщелачивание, электролиз.**

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

**Промежуточная аттестация (Экзамен).**

- Оценочные средства: Комплексный экзаменационный билет (тест + расчет).

---

## 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания (Технологическая карта)

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

**Шкала оценивания (процент от максимальной суммы баллов):**

- **0 – 64 %** – «неудовлетворительно».
- **65 – 74 %** – «удовлетворительно» (пороговый уровень).
- **75 – 84 %** – «хорошо» (средний уровень).
- **85 – 100 %** – «отлично» (высокий уровень).

---

## 4. Типовые контрольные задания (Тестовые задания)

Ниже приведен восстановленный и дополненный *Вариант 1 (25 вопросов)*.

### Блок 1. Минералогия и общие свойства

1. Какая химическая формула соответствует минералу **галенит** (основная руда свинца)?

- А) ZnS
  - Б) PbS
  - В) PbCO<sub>3</sub>
  - Г) PbSO<sub>4</sub>
2. Какая химическая формула соответствует минералу **сфалерит** (основная руда цинка)?
- А) ZnCO<sub>3</sub>
  - Б) ZnSiO<sub>3</sub>
  - В) ZnS
  - Г) ZnO
3. Какой минерал является карбонатной рудой свинца?
- А) Англезит
  - Б) Церуссит
  - В) Вюрцит
  - Г) Смитсонит
4. Каково примерное процентное содержание свинца (Pb) в чистом галените (PbS)?
- А) 50,5 %
  - Б) 76,3 %
  - В) 86,6 %
  - Г) 93,2 %
5. Каково примерное процентное содержание цинка (Zn) в чистом сфалерите (ZnS)?
- А) 33,0 %
  - Б) 52,1 %
  - В) 67,1 %
  - Г) 80,5 %

## **Блок 2. Металлургия свинца (Пирометаллургия)**

6. Какой процесс является подготовительной стадией перед шахтной плавкой свинцовых концентратов?
- А) Выщелачивание
  - Б) Агломерирующий обжиг
  - В) Электролиз
  - Г) Цементация
7. Какой основной плавильный агрегат используется для восстановления свинца из агломерата?
- А) Конвертер
  - Б) Шахтная печь
  - В) Отражательная печь
  - Г) Автогенный агрегат
8. Какой газ является основным восстановителем в шахтной плавке свинца?
- А) H<sub>2</sub>
  - Б) CO
  - В) CH<sub>4</sub>
  - Г) SO<sub>2</sub>
9. Какой метод термического рафинирования используется для удаления меди из чернового свинца?
- А) Ликвация
  - Б) Беттертонирование
  - В) Ректификация
  - Г) Окислительное рафинирование
10. Какой метод позволяет получить свинец высокой чистоты (99,99 %) за счет разницы температур плавления примесей?
- А) Ликвация
  - Б) Ректификация
  - В) Электролитическое рафинирование
  - Г) Дистилляция

### Блок 3. Metallургия цинка (Гидрометаллургия)

11. В каком типе печи осуществляют обжиг цинковых концентратов перед выщелачиванием?
- А) В шахтной печи
  - Б) В печи кипящего слоя (КС)
  - В) В отражательной печи
  - Г) В конвертере
12. Какой растворитель используется для выщелачивания огарка обжига цинкового концентрата?
- А) Соляная кислота (HCl)
  - Б) Серная кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
  - В) Раствор аммиака (NH<sub>4</sub>OH)
  - Г) Раствор едкого натра (NaOH)
13. Какой метод используется для очистки сульфатного раствора цинка от примесей цветных металлов (Cu, Cd, Co)?
- А) Цементация цинковой пылью
  - Б) Осаждение гидроксидов
  - В) Экстракция
  - Г) Дистилляция
14. Из какого материала изготовлены катоды при электролизе цинка?
- А) Медь
  - Б) Алюминий
  - В) Свинец
  - Г) Титан
15. Из какого материала изготовлены аноды при электролизе цинка?
- А) Свинец (сплав Pb-Ag)
  - Б) Графит
  - В) Платина
  - Г) Нержавеющая сталь
16. Какой газ выделяется на аноде при электролитическом получении цинка?
- А) Водород
  - Б) Кислород
  - В) Хлор
  - Г) Сернистый газ
17. Какой метод рафинирования цинка позволяет удалить свинец и кадмий за счет разницы температур кипения?
- А) Ликвация
  - Б) Ректификация
  - В) Электролиз
  - Г) Цементация

### Блок 4. Расчетные задачи и химизм процессов

18. По какому уравнению протекает процесс обжига сфалерита (ZnS) в печи кипящего слоя?
- А)  $ZnS + 1,5O_2 = ZnO + SO_2$
  - Б)  $2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$
  - В)  $ZnS + O_2 = Zn + SO_2$
  - Г)  $ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$
19. Рассчитайте процентное содержание элементов в соединении **оксид цинка (ZnO)**.
- А) Zn = 19,75 %; O = 80,25 %
  - Б) Zn = 80,25 %; O = 19,75 %
  - В) Zn = 50,0 %; O = 50,0 %
  - Г) Zn = 67,0 %; O = 33,0 %
20. Рассчитайте процентное содержание элементов в соединении **сульфат цинка (ZnSO<sub>4</sub>)**.
- А) Zn = 40,37 %; S = 19,88 %; O = 39,75 %
  - Б) Zn = 19,88 %; S = 40,37 %; O = 39,75 %
  - В) Zn = 39,75 %; S = 19,88 %; O = 40,37 %

- Г)  $Zn = 33,3 \%$ ;  $S = 33,3 \%$ ;  $O = 33,3 \%$
21. Рассчитайте процентное содержание элементов в соединении **карбонат свинца ( $PbCO_3$ )**.
- А)  $Pb = 77,53 \%$ ;  $C = 4,49 \%$ ;  $O = 17,98 \%$
  - Б)  $Pb = 50,0 \%$ ;  $C = 25,0 \%$ ;  $O = 25,0 \%$
  - В)  $Pb = 60,0 \%$ ;  $C = 10,0 \%$ ;  $O = 30,0 \%$
  - Г)  $Pb = 86,6 \%$ ;  $C = 6,7 \%$ ;  $O = 6,7 \%$
22. Какой способ относится к глубокому рафинированию цинка от свинца?
- А) Окисление
  - Б) Сульфидирование
  - В) Раскисление
  - Г) Ректификация
23. Что при гидрометаллургии цинка выделяется на катоде?
- А) Водород
  - Б) Вода
  - В) Кислород
  - Г) Цинк
24. Какая характеристика **НЕ** соответствует способу обжига цинкового концентрата в печи кипящего слоя (КС)?
- А) Высокая производительность
  - Б) Стабильный режим обжига
  - В) Высокое качество получаемого огарка
  - Г) Небольшая длительность кампании печей КС
25. С какой целью в химический метод рафинирования свинца добавляют натрий (или цинк)?
- А) Более полная очистка от железа
  - Б) Более полная очистка от всех примесей
  - В) Более полная очистка от свинца (при рафинировании цинка) или удаление висмута/серебра
  - Г) Более полная очистка от оксидов

### 5. Задания повышенного уровня сложности (Ситуационные кейсы)

Данные задания предназначены для оценки умения анализировать минералогический состав и материальные балансы.

#### Кейс 1. Минералогический расчет состава агломерата

**Условие:** Химический состав свинцового агломерата, поступающего в шахтную плавку, составляет (в % по массе):

- $Pb$  — 42,0 %
- $Zn$  — 7,0 %
- $Cu$  — 3,0 %
- $Fe$  — 15,0 %
- $S$  (общая) — 2,2 %
- $SiO_2$  — 9,5 %
- $CaO$  — 4,5 %
- $Al_2O_3$  — 4,3 %
- Прочие — 12,5 %

**Минералогический анализ показал следующее распределение серы:**

1. Отношение сульфидной серы ( $S^{2-}$ ) к сульфатной ( $S^{6+}$ ) равно 4:1.
2. **Сульфидная сера** связана в агломерате:
  - С цинком (50 % от массы сульфидной серы) — в виде  $ZnS$ .
  - Со свинцом (25 % от массы сульфидной серы) — в виде  $PbS$ .
  - С медью (25 % от массы сульфидной серы) — в виде  $Cu_2S$ .
3. **Сульфатная сера** связана:
  - С кальцием (50 %) — в виде  $CaSO_4$ .
  - Со свинцом (25 %) — в виде  $PbSO_4$ .
  - С цинком (25 %) — в виде  $ZnSO_4$ .

**Задание:** Рассчитать, сколько килограммов каждого минерала (ZnS, PbS, Cu<sub>2</sub>S, CaSO<sub>4</sub>, PbSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>) содержится в 100 кг данного агломерата. (Атомные массы: Pb=207, Zn=65, Cu=64, Fe=56, S=32, Ca=40, O=16).

**Алгоритм решения (для преподавателя/самопроверки):**

1. Находим массу общей серы в 100 кг: 2,2 кг.
2. Разбиваем серу на сульфидную и сульфатную (соотношение 4:1).
  - S\_сульф = 2,2 \* (4/5) = 1,76 кг.
  - S\_сульфат = 2,2 \* (1/5) = 0,44 кг.
3. Считаем массу минералов по массе серы в них:
  - **ZnS:** S\_сульф \* 50% = 0,88 кг серы. M(ZnS)=97. M(S)=32. m(ZnS) = 0,88 \* (97/32) = **2,67 кг.**
  - **PbS:** S\_сульф \* 25% = 0,44 кг серы. M(PbS)=239. m(PbS) = 0,44 \* (239/32) = **3,29 кг.**
  - **Cu<sub>2</sub>S:** S\_сульф \* 25% = 0,44 кг серы. M(Cu<sub>2</sub>S)=160. m(Cu<sub>2</sub>S) = 0,44 \* (160/32) = **2,20 кг.**
  - **CaSO<sub>4</sub>:** S\_сульфат \* 50% = 0,22 кг серы. M(CaSO<sub>4</sub>)=136. m(CaSO<sub>4</sub>) = 0,22 \* (136/32) = **0,94 кг.**
  - **PbSO<sub>4</sub>:** S\_сульфат \* 25% = 0,11 кг серы. M(PbSO<sub>4</sub>)=303. m(PbSO<sub>4</sub>) = 0,11 \* (303/32) = **1,04 кг.**
  - **ZnSO<sub>4</sub>:** S\_сульфат \* 25% = 0,11 кг серы. M(ZnSO<sub>4</sub>)=161. m(ZnSO<sub>4</sub>) = 0,11 \* (161/32) = **0,55 кг.**

---

## Кейс 2. Выбор технологии переработки упорного цинкового концентрата

**Условие:** На обогатительной фабрике получен цинковый концентрат с высоким содержанием железа (12% Fe) и мышьяка (0,5% As). Традиционный обжиг в печи кипящего слоя (КС) приводит к тому, что значительная часть цинка переходит в трудноизвлекаемую ферритную форму (ZnO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), а мышьяк загрязняет электролит. **Вопросы:**

1. Как изменение температуры обжига влияет на образование феррита цинка?
2. Какие технологические приемы (двухстадийное выщелачивание, нейтральный/кислый режим) позволяют минимизировать переход цинка в ферриты и осадить мышьяк?
3. Почему для переработки таких концентратов иногда предпочитают не гидрометаллургию, а дистилляционную плавку (IMPERIAL SMELTING PROCESS)?

---

## 6. Ключи к тестовым заданиям и критерии оценивания

**Ответы к тестовым заданиям (Вариант 1):** 1-Б; 2-В; 3-Б; 4-В; 5-В; 6-Б; 7-Б; 8-Б; 9-А; 10-Б; 11-Б; 12-Б; 13-А; 14-Б; 15-А; 16-Б; 17-Б; 18-Б; 19-Б; 20-А; 21-А; 22-Г; 23-Г; 24-Г; 25-В. (Оценивание: 1 балл за каждый верный ответ. Максимум 25 баллов).

**Критерии оценивания Кейсов:**

- **Кейс 1 (Расчетный):** Максимум 10 баллов. Оценивается правильность составления пропорций, знание молярных масс и арифметических действий.
- **Кейс 2 (Аналитический):** Максимум 15 баллов.
  - *Отлично:* Студент указывает на необходимость двухстадийного выщелачивания (нейтральное для осаждения As и Fe, кислое для растворения ферритов). Упоминает контроль окислительно-восстановительного потенциала.
  - *Хорошо:* Верно описана проблема ферритов, предложено повышение температуры или изменение кислотности, но упущены детали по мышьяку.
  - *Удовлетворительно:* Общее описание процесса без привязки к конкретным примесям (Fe, As).