

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 легких металлов»**

**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:**

Старший преподаватель

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Рогова Л.И.

(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 легких металлов* 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 легких металлов*, 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. **Индикатор:** ПК-1.2. Использует основные принципы разработки технических решений и технологий в области металлургии.

**Код компетенции:** ПК-2 **Содержание:** Выявляет объекты для улучшения в технике и технологии. **Индикатор:** ПК-2.2. Определяет объекты металлургии с учетом фактора территориальной расположенности.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**Знать:** физико-химические основы производства глинозема (способ Байера); теорию электролиза криолит-глиноземных расплавов; металлургию магния, титана, бериллия и щелочноземельных металлов.

**Уметь:** рассчитывать технологические параметры автоклавного выщелачивания и электролиза; составлять материальные балансы производства легких металлов; анализировать влияние примесей на качество катодных металлов.

**Владеть:** методами контроля качества глинозема, титановой губки и магния; навыками расчета удельного расхода электроэнергии и флюсов.

---

## 2. ПАСПОРТ ФОС И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

### 2. Паспорт фонда оценочных средств

#### Раздел 1. Производство глинозема и теоретические основы электролиза алюминия.

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

#### Раздел 2. Технология электролитического производства алюминия и магния.

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

#### Раздел 3. Металлургия титана, бериллия и щелочноземельных металлов.

1. Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-2
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 горная порода является основным сырьем для промышленного получения алюминия? А) Корунд Б) Боксит В) Нефелин Г) Глинозем
2. Каким способом можно оперативно прекратить анодный эффект, возникший при электролизе алюминия? А) Увеличить силу тока Б) Добавить новые порции глинозема В) Слить из

электролизера часть катодного металла Г) Добавить новые порции криолита

3. Какова химическая формула карналлита, используемого в металлургии магния? А)  $MgCO_3$  Б)  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  В)  $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$  Г)  $MgCO_3 \cdot CaCO_3$

4. Какой хлорид примеси является наиболее летучим и легко отгоняется при ректификации технического тетрахлорида титана ( $TiCl_4$ )? А)  $FeCl_3$  Б)  $VCl_4$  В)  $SiCl_4$  Г)  $TiCl_3$

5. Что такое каустический модуль алюминатного раствора? А) Массовое отношение  $Na_2O$  к  $SiO_2$  Б) Молярное отношение  $Al_2O_3$  к  $SiO_2$  В) Массовое отношение  $Na_2O$  к  $Fe_2O_3$  Г) Молярное отношение  $Na_2O$  к  $Al_2O_3$

### Блок 2. Задания на установление соответствия

6. Установите соответствие между легким металлом и основным промышленным способом его получения. Металлы:

1. Алюминий
2. Магний
3. Титан
4. Бериллий

Способы получения: А) Магнийтермическое восстановление фторида в вакууме. Б) Электролиз расплава хлоридов (или карналлита). В) Электролиз криолит-глиноземного расплава. Г) Магнийтермическое восстановление тетрахлорида в атмосфере аргона.

### Блок 3. Задания на установление правильной последовательности

7. Установите правильную технологическую последовательность стадий производства глинозема из бокситов по способу Байера. Запишите ответ в виде последовательности букв. А) Разложение очищенного алюминатного раствора (декомпозиция) с выделением гидроксида алюминия. Б) Выщелачивание измельченного боксита горячим раствором едкого натра в автоклавах. В) Кальцинация гидроксида алюминия во вращающихся печах для получения глинозема. Г) Очистка пульпы от нерастворимого остатка (красного шлама) путем сгущения и фильтрации.

### Блок 4. Открытые вопросы

8. (*Краткий ответ*) Что такое «анодный эффект» при электролизе алюминия и какова его основная причина (снижение концентрации какого компонента в расплаве)? 9. (*Развернутый ответ*) В чем заключается основная сложность получения безводного хлорида магния и почему нельзя просто выпарить водный раствор  $MgCl_2$  для получения сырья для электролиза?

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

10. **Часть А (Контроль качества сырья):** Рассчитать кремневый модуль боксита, если в выщелоченном алюминатном растворе содержится 35 г/л  $Al_2O_3$  и 25 г/л  $SiO_2$ . **Часть Б**

(**Электролиз алюминия**): Рассчитать теоретическую и фактическую массу алюминия, выделившегося на катодах электролизера за 24 часа непрерывной работы. *Параметры процесса:* Сила тока  $I = 150$  кА; Выход по току  $\eta = 90$  %. Электрохимический эквивалент алюминия ( $Al^{3+}$ )  $k = 0,3356$  г/(А·ч).

## 4. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ (ВАРИАНТ 2)

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

1. Назовите основные промышленные руды алюминия. А) Галенит, церуссит, англезит Б) Бокситы, нефелины, алуниты В) Сфалерит, смитсонит, пентландит Г) Шеелит, вольфрамит, касситерит

2. Способом Байера нецелесообразно перерабатывать бокситы с повышенным содержанием: А) Глинозема Б) Кремнезема В) Гематита Г) Сульфатов

3. В каком аппарате проводят операцию «выкручивания» (декомпозиции) алюминатных растворов? А) В цементаторе Б) В автоклаве В) В декомпозиере Г) В пачуке

4. Какой из легких цветных металлов является самым тугоплавким? А) Na Б) Ca В) Ti Г) Al

5. Назовите основной недостаток натриетермии титана по сравнению с магнийтермией. А) Легкость транспортировки натрия по трубам Б) Высокая скорость восстановления  $TiCl_4$  В) Титан получается в виде мелкого порошка, требующего переплавки Г) Большая емкость аппаратуры

### Блок 2. Задания на установление соответствия

6. Установите соответствие между названием минерала/соединения и его химической формулой. Названия:

1. Гиббсит

2. Карналлит
3. Бишофит
4. Рутил

Формулы: А)  $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$  Б)  $TiO_2$  В)  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  Г)  $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$

### Блок 3. Задания на установление правильной последовательности

7. Установите правильную технологическую последовательность получения титановой губки по методу Кролля. Запишите ответ в виде последовательности букв. А) Хлорирование титанового шлака или рутила в присутствии кокса с получением  $TiCl_4$ . Б) Ректификация  $TiCl_4$  для глубокой очистки от примесей ( $SiCl_4$ ,  $FeCl_3$  и др.). В) Восстановление  $TiCl_4$  жидким магнием в реакторе в атмосфере аргона. Г) Вакуумная отгонка избыточного магния и хлорида магния из пористой титановой губки.

### Блок 4. Открытые вопросы

8. (Краткий ответ) Что такое «красный шлам» при производстве глинозема и каков его основной химический компонент? 9. (Развернутый ответ) Почему при электролизе магния необходимо тщательно оберегать расплав от попадания влаги? Опишите химизм побочного процесса и его влияние на выход по току и качество металла.

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

10. Часть А (Контроль качества растворов): Рассчитать каустический модуль оборотного щелочного раствора, полученного при выщелачивании нефелиновой руды, если его состав составляет: 22 % (мас.)  $Al_2O_3$  и 9,5 % (мас.)  $Na_2O$ . (Атомные массы:  $Na=23$ ,  $O=16$ ,  $Al=27$ )

Часть Б (Электролиз магния): Определить фактическую производительность одного электролизера за сутки (24 часа) по магнию. Параметры процесса: Сила тока  $I = 130$  кА; Выход по току  $\eta = 78$  %. Электрохимический эквивалент магния ( $Mg^{2+}$ )  $k = 0,453$  г/(А·ч).

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

#### Вариант 2:

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

### Алгоритмы решения Кейсов

#### Вариант 1, Кейс 10:

- **Часть А:** Кремневый модуль — это массовое отношение глинозема к кремнезему в растворе.  $K.M. = C(Al_2O_3) / C(SiO_2) = 35 / 25 = 1,4$ .
- **Часть Б:**
  1. Теоретическая масса по закону Фарадея:  $m_{теор} = k \cdot I \cdot t = 0,3356 \cdot 150\,000 \cdot 24 = 1\,208\,160$  г = 1208,16 кг.
  2. Фактическая масса с учетом выхода по току:  $m_{факт} = m_{теор} \cdot \eta = 1208,16 \cdot 0,90 = 1087,3$  кг.

#### Вариант 2, Кейс 10:

- **Часть А:** Каустический модуль — это молярное отношение  $Na_2O$  к  $Al_2O_3$ .
  1. Молярная масса  $Na_2O = 2 \cdot 23 + 16 = 62$  г/моль.
  2. Молярная масса  $Al_2O_3 = 2 \cdot 27 + 3 \cdot 16 = 102$  г/моль.
  3. Количество молей в 100 г раствора:  $n(Na_2O) = 9,5 / 62 \approx 0,1532$  моль;  $n(Al_2O_3) = 22 / 102 \approx 0,2157$  моль.
  4. Каустический модуль =  $0,1532 / 0,2157 = 0,71$ .
- **Часть Б:**
  1. Фактическая масса магния:  $m = k \cdot I \cdot t \cdot \eta = 0,453 \cdot 130\,000 \cdot 24 \cdot 0,78 = 1\,102\,171$  г = 1102,2 кг.

## 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 электролиз магния студент указывает на реакцию  $Mg + 2H_2O \rightarrow MgO + H_2$  (или  $MgCl_2 + H_2O \rightarrow MgO + 2HCl$ ), которая приводит к потере металла, загрязнению электролита оксидами и снижению выхода по току.
- **1 балл (Хорошо/Удовлетворительно):** Ответ верен по смыслу, но неполон или дан без использования строгих химических терминов.
- **0 баллов:** Ответ неверен или отсутствует.

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

- **6 баллов (Отлично):**
  - Верно записана формула кремневого/каустического модуля или закона Фарадея (2 балла).
  - Правильно выполнены арифметические расчеты (включая перевод массовых долей в молярные для каустического модуля) (2 балла).
  - Получен верный численный ответ с правильными единицами измерения (кг, безразмерная величина) (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 (например, посчитан массовый модуль вместо молярного).
- **0-2 балла (Неудовлетворительно):** Не записаны базовые формулы, расчеты отсутствуют.