

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**

**«Переработка серосодержащих газов»**

**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.х.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

Николаева  
Ю.А.

(подпись)

(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 **Переработка серосодержащих газов** разработан для текущей/ промежуточной аттестации разработан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия на основе Рабочей программы дисциплины **Переработка серосодержащих газов**, 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. **Индикатор достижения:** ПК-1.3. Осуществляет расчет технологических схем и процессов на основании реальных технологических показателей.

**Код компетенции:** ПК-3 **Содержание:** Использует физико-химическую сущность процессов при производстве цветных металлов. **Индикатор достижения:** ПК-3.1. Применяет знания о термодинамических и кинетических факторах, влияющих на протекание металлургического процесса.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**Знать:** физико-химические свойства серы и ее соединений; технологию производства серной кислоты контактным методом; методы утилизации сернистого газа из отходящих газов металлургических печей.

**Уметь:** рассчитывать материальные балансы процессов обжига и абсорбции; выбирать оптимальные режимы работы контактного аппарата и абсорбционных башен; оценивать экологическую и экономическую эффективность улавливания серы.

**Владеть:** навыками анализа технологических схем сернокислотных цехов; методами предотвращения образования сернокислотного тумана; приемами переработки хвостовых газов.

---

## 2. Паспорт фонда оценочных средств

**Раздел 1. Сера. Положение в таблице, строение атома, аллотропия. Нахождение в природе.**

- Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-3
- Оценочные средства: Конспект, тестовые задания.

**Раздел 2. Химические и термодинамические свойства серы и ее бинарных соединений.**

- Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-3
- Оценочные средства: Тестовые задания, расчетные задачи.

**Раздел 3. Технология производства серной кислоты контактным методом.**

- Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-3
- Оценочные средства: Собеседование, тестовые задания, ситуационные кейсы.

**Раздел 4. Важнейшие серные кислоты, их соли и товарные виды серы.**

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

**Раздел 5. Проблемы экологии и утилизации серосодержащих газов металлургии.**

- Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-3
- Оценочные средства: Реферат, ситуационные кейсы.

**Промежуточная аттестация (Зачет).**

- Оценочные средства: Решение всех тестовых заданий по темам.

---

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

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет. **Сроки выполнения:** В течение обучения по дисциплине.

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

- **0 – 64 %** – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень).

- 65 – 74 % – «удовлетворительно» (пороговый минимальный уровень).
- 75 – 84 % – «хорошо» (средний уровень).
- 85 – 100 % – «отлично» (высокий максимальный уровень).

#### Критерии оценки текущих заданий:

- **Тест:** 1 балл за каждый верный ответ.
- **Кейс:** до 15 баллов за глубокое понимание физико-химической сути технологической проблемы.

#### 4. Типовые контрольные задания (Тестовые задания)

Ниже приведен Вариант 1 (25 вопросов). Полный банк тестов (Варианты 2-5) хранится на кафедре.

##### Вариант 1

1. Какое сырье чаще всего используется на заводах цветной металлургии для производства серной кислоты? А) Самородная сера Б) Серный колчедан (пирит) и газы обжига сульфидных руд В) Гипс Г) Сульфат натрия
2. Сколько основных стадий включает в себя производство серной кислоты контактным методом? А) Одну Б) Две В) Три Г) Четыре
3. Как называется первая стадия производства серной кислоты из пирита? А) Окисление оксида серы в «кипящем слое» Б) Обжиг пирита в «кипящем слое» В) Абсорбция триоксида серы Г) Конденсация серы
4. В каком аппарате протекает каталитическое окисление SO<sub>2</sub> до SO<sub>3</sub>? А) Сушильная башня Б) Печь кипящего слоя В) Контактный аппарат Г) Поглотительная башня
5. Какой катализатор используется в контактном аппарате для окисления SO<sub>2</sub>? А) Платина Б) Оксид ванадия (V) В) Оксид железа (III) Г) Никель
6. Почему для гидратации (поглощения) триоксида серы (SO<sub>3</sub>) на третьей стадии нельзя использовать обычную воду? А) Происходит слишком медленная реакция Б) Образуется «сернокислотный туман», который не улавливается В) Выделяется слишком мало тепла Г) Образуется сернистая кислота
7. Что используют для поглощения оксида серы (VI) в поглотительной башне? А) Воду Б) Разбавленный раствор серной кислоты В) Концентрированную серную кислоту (98%) Г) Раствор каустической соды
8. В каком аппарате происходит очистка печного газа от крупных частиц пыли перед поступлением в контактный аппарат? А) Электрофильтр Б) Циклон В) Скруббер Вентури Г) Сушильная башня
9. Какое уравнение химической реакции отражает процесс обжига пирита? А)  $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2 + \text{Q}$  Б)  $4\text{FeS}_2 + 12\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_3 + \text{Q}$  В)  $2\text{FeS}_2 + 5\text{O}_2 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2 + \text{Q}$  Г)  $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 = \text{FeS} + \text{SO}_2$
10. Слишком мелкое дробление сырья (пирита) перед обжигом может привести к: А) Улучшению качества кислоты Б) Спеканию частиц и нарушению режима «кипящего слоя» В) Взрыву в печи Г) Разжижению пульпы
11. При какой температуре оптимально протекает процесс каталитического окисления SO<sub>2</sub> в SO<sub>3</sub>? А) 100–200 °С Б) 400–600 °С В) 800–1000 °С Г) Выше 1200 °С
12. В каких цистернах можно безопасно перевозить концентрированную холодную серную кислоту? А) В алюминиевых Б) В медных В) В стальных (железных), так как происходит пассивация Г) В свинцовых
13. Сульфат меди невозможно получить прямым взаимодействием: А) Серной кислоты (разб.) и меди Б) Серной кислоты (конц.) и меди при нагревании В) Серной кислоты и оксида меди (II) Г) Серной кислоты и гидроксида меди (II)
14. Малиновый раствор щёлочи с фенолфталеином при добавлении серной кислоты: А) Обесцвечивается Б) Краснеет В) Розовеет Г) Становится оранжевым
15. Окислителем в уравнении взаимодействия цинка с разбавленной серной кислотой является: А) Водород из кислоты (ион H<sup>+</sup>) Б) Цинк В) Кислород из кислоты Г) Катион серы из кислоты
16. При взаимодействии разбавленной серной кислоты с сульфитом натрия получается газ: А) Водород Б) Сероводород В) Сернистый газ (SO<sub>2</sub>) Г) Триоксид серы

17. Приливать серную кислоту в воду при приготовлении электролита: А) Очень опасно, может произойти взрыв Б) Это обязательное правило техники безопасности, чтобы избежать разбрызгивания В) Не рекомендуется Г) Приведет к выплеску капель кислоты
18. Серную кислоту в металлургии НЕ используют как: А) Реагент для гидрометаллургического выщелачивания руд Б) Электролит в производстве цветных металлов (электролиз) В) Осушитель газов Г) Основной флюс для плавки в печах
19. Какая из характеристик серной кислоты неверная? А) Двухосновная Б) Нестойкая, легко разлагается при нагревании В) Сильная Г) Кислородсодержащая
20. Сколько требуется серной кислоты ( $H_2SO_4$ ) в граммах на полное растворение алюминия массой 2,7 г? А) 9,8 г Б) 14,7 г В) 4,9 г Г) 19,6 г
21. Как называется аллотропная модификация серы, представляющая собой коричневую резиноподобную массу? А) Ромбическая Б) Моноклинная В) Пластическая Г) Кубическая
22. Какое свойство концентрированной серной кислоты позволяет использовать ее для осушки газов в сушильной башне? А) Высокая вязкость Б) Сильная гигроскопичность В) Низкая температура замерзания Г) Окислительная способность
23. Какой газ обладает запахом тухлых яиц и является сильным ядом? А) Сернистый ( $SO_2$ ) Б) Угарный (CO) В) Сероводород ( $H_2S$ ) Г) Триоксид серы ( $SO_3$ )
24. Качественная реакция на сульфат-ион ( $SO_4^{2-}$ ) осуществляется взаимодействием с: А) Нитратом серебра Б) Хлоридом бария В) Гидроксидом натрия Г) Карбонатом калия
25. Сера в природе НЕ встречается в виде: А) Самородков Б) Пирита ( $FeS_2$ ) В) Галита ( $NaCl$ ) Г) Гипса ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ )

## 5. Задания повышенного уровня сложности (Аналитический и эвристический уровень)

Данные задания предназначены для оценки сформированности компетенций ПК-1 и ПК-3 на высшем уровне, с учетом реальной практики сернокислотных цехов металлургических комбинатов.

### Блок А. Задания на установление соответствия

**Задание 1. Установите соответствие между стадией/аппаратом производства серной кислоты и его технологическим назначением:**

1. Печь кипящего слоя (ПКС).
2. Сушильная башня.
3. Контактный аппарат.
4. Поглодительная башня.

А) Окисление  $SO_2$  до  $SO_3$  на ванадиевом катализаторе при 400-600°C. Б) Абсорбция триоксида серы ( $SO_3$ ) концентрированной серной кислотой с образованием олеума. В) Обжиг серосодержащего сырья (пирита, дефектного концентрата) с получением печного газа, богатого  $SO_2$ . Г) Осушка печного газа от паров воды во избежание коррозии оборудования и образования тумана.

### Блок Б. Задания на установление правильной последовательности

**Задание 2. Установите правильную технологическую последовательность стадий очистки и переработки печного газа при производстве серной кислоты контактным методом:**

1. Окисление  $SO_2$  до  $SO_3$  в контактном аппарате.
2. Очистка газа от пыли в циклонах и электрофильтрах.
3. Обжиг серосодержащего сырья в печи кипящего слоя.
4. Абсорбция  $SO_3$  в поглодительной башне.
5. Осушка газа в сушильной башне.

### Блок В. Ситуационные задачи (Кейсы для металлургов)

**Кейс 1. Проблема «сернокислотного тумана»** На сернокислотном цехе медно-плавильного комбината операторы заметили, что из трубы абсорбционного отделения валит густой белый дым. Анализ показал, что температура газа на входе в поглодительную башню резко упала, а концентрация орошающей серной кислоты снизилась до 92% вместо регламентных 98%. *Вопросы:*

1. Объясните физико-химическую природу образования «сернокислотного тумана» при контакте  $SO_3$  с разбавленной кислотой или водой.
2. К каким негативным последствиям (экологическим и технологическим) приводит это явление?

3. Какие экстренные действия должен предпринять оператор для стабилизации процесса и прекращения выброса?

**Кейс 2. Утилизация хвостовых газов** После реконструкции плавильного цеха концентрация SO<sub>2</sub> в хвостовых газах, уходящих в атмосферу, составляет 0,15% (1500 ppm). Санитарные нормы требуют снижения выбросов. Руководство рассматривает два варианта доочистки: *Вариант А:* Аммиачный метод (абсорбция SO<sub>2</sub> водным раствором аммиака с получением сульфита/бисульфита аммония). *Вариант Б:* Метод известняка (абсорбция суспензией известняка с получением гипса).  
*Вопросы:*

1. Какой из методов позволяет получить продукт, который можно вернуть в технологический цикл обогатительной фабрики или продать как товарный продукт? Обоснуйте с точки зрения химии процессов.
2. В чем заключается главный экономический недостаток аммиачного метода для данного предприятия?
3. Как влияет наличие в газах пыли и паров воды на эффективность абсорбции в обоих методах?

---

## 6. Ключи и критерии оценивания

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

**Ответы к заданиям на соответствие и последовательность:**

- **Задание 1:** 1-В, 2-Г, 3-А, 4-Б. (*2 балла за полное соответствие, 1 балл за одну ошибку.*)
- **Задание 2:** Правильная последовательность: 3, 2, 5, 1, 4. (*2 балла за безупречную последовательность, 1 балл при сдвиге на один шаг.*)

**Критерии оценивания Ситуационных задач (Кейсов):** Максимум — 15 баллов за каждый кейс.

- **12-15 баллов (Отлично):** Студент демонстрирует глубокое понимание технологии. В Кейсе 1 верно объясняет, что при низкой концентрации H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и низкой температуре SO<sub>3</sub> реагирует с парами воды с образованием мелкодисперсного аэрозоля (тумана), который не улавливается. Указывает на коррозию и экологический штраф. Предлагает меры: повысить температуру газа, отрегулировать концентрацию орошающей кислоты до 98%. В Кейсе 2 верно указывает, что аммиачный метод дает сульфит аммония (удобрение), а известняковый — гипс. Отмечает, что аммиак дорогой и требует герметичности (риск выбросов NH<sub>3</sub>).
- **8-11 баллов (Хорошо):** Студент понимает суть проблемы, предлагает верные пути решения, но допускает неточности в названиях аппаратов или не учитывает экономические аспекты (например, стоимость реагентов).
- **5-7 баллов (Удовлетворительно):** Понимание проблемы поверхностное. Решения носят общий характер («нужно поставить фильтр», «нужно поменять кислоту») без физико-химического обоснования.
- **0-4 баллов (Неудовлетворительно):** Неверное понимание сути кейса, игнорирование вопросов технологии сернокислотного производства и промышленной экологии.