

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 10:51:25
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**

«Химия серы»

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 Химия серы 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 Химия серы, 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: электронное строение атома серы, аллотропные модификации, химические свойства серы и ее бинарных соединений; строение и свойства кислородсодержащих кислот серы (сернистой, тиосерной, надсерных, полисерных); химию тиосульфатов и их роль в гидрометаллургии. Уметь: прогнозировать химическое поведение серосодержащих соединений в металлургических переделах; рассчитывать окислительно-восстановительные процессы с участием серы; оценивать влияние серы на коррозию оборудования. Владеть: навыками составления уравнений реакций с участием серы и ее соединений; методами анализа серосодержащих руд и растворов; приемами предотвращения сернокислотной и полиотионовой коррозии.

2. Паспорт фонда оценочных средств

Раздел 1. Сера. Положение в таблице, строение атома, валентные возможности.

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

Раздел 2. Попутная сера. Физические свойства. Аллотропные модификации.

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

Раздел 3. Химические свойства серы. Термохимические и термодинамические свойства.

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

Раздел 4. Свойства наиболее важных бинарных соединений серы (H_2S , сульфиды).

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

Раздел 5. Важнейшие серные кислоты и их соли (H_2SO_3 , $H_2S_2O_3$, $H_2S_2O_8$).

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

Раздел 6. Товарные виды серы. Проблемы экологии и утилизации.

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

Промежуточная аттестация (Зачет).

- Оценочные средства: Решение всех тестовых заданий по темам.

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

Форма промежуточной аттестации: Зачет. Шкала оценивания и критерии (процент от максимальной

суммы баллов):

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

4. Типовые контрольные задания (Тестовые задания)

Инструкция: Выберите один правильный ответ.

1. Электронная конфигурация внешнего энергетического уровня атома серы в основном состоянии: А) $3s^2 3p^2$; Б) $3s^2 3p^4$; В) $3s^2 3p^6$; Г) $3s^1 3p^5$.
2. Какие степени окисления наиболее характерны для серы в ее соединениях? А) -1, +1, +3; Б) -2, +4, +6; В) -3, +3, +5; Г) -2, +2, +4.
3. Какая аллотропная модификация серы является наиболее устойчивой при комнатной температуре? А) Моноклинная; Б) Ромбическая; В) Пластическая; Г) Аморфная.
4. В каком растворителе элементарная сера хорошо растворяется при обычных условиях? А) В воде; Б) В этиловом спирте; В) В сероуглероде (CS_2); Г) В соляной кислоте.
5. Какое вещество является качественным реагентом на сульфат-ион (SO_4^{2-})? А) Нитрат серебра; Б) Хлорид бария; В) Гидроксид натрия; Г) Карбонат калия.
6. Какой газ обладает запахом тухлых яиц и является сильным восстановителем? А) Диоксид серы (SO_2); Б) Триоксид серы (SO_3); В) Сероводород (H_2S); Г) Гексафторид серы (SF_6).
7. Как изменяются окислительные свойства серы при переходе от ромбической к пластической модификации? А) Увеличиваются; Б) Уменьшаются; В) Не изменяются; Г) Сначала растут, потом падают.
8. Какая кислота является надсерной (пероксосерной)? А) H_2SO_3 ; Б) $H_2S_2O_3$; В) $H_2S_2O_8$; Г) $H_2S_4O_6$.
9. Тиосульфат натрия ($Na_2S_2O_3$) в гидрометаллургии цветных металлов применяется для: А) Оседания тяжелых металлов; Б) Выщелачивания золота и серебра (альтернатива цианированию); В) Флотации сульфидов; Г) Нейтрализации кислот.
10. При взаимодействии концентрированной серной кислоты с медью при нагревании выделяется газ: А) Водород; Б) Сероводород; В) Диоксид серы; Г) Кислород.
11. Какие металлы пассивируются холодной концентрированной серной кислотой? А) Цинк и магний; Б) Железо, алюминий и хром; В) Медь и серебро; Г) Золото и платина.
12. Продуктом реакции тиосульфата натрия с разбавленной серной кислотой является: А) Только сульфат натрия; Б) Осадок серы и газ SO_2 ; В) Газ H_2S и осадок SO_3 ; Г) Полисерная кислота.
13. Степень окисления серы в тиосульфат-ионе ($S_2O_3^{2-}$) формально равна: А) +2; Б) +4; В) +6; Г) 0.
14. Какое соединение серы используется в производстве спичек и пороха? А) Пирит (FeS_2); Б) Элементарная сера (S); В) Гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$); Г) Сульфат натрия (Na_2SO_4).
15. В молекуле гексафторида серы (SF_6) степень окисления серы равна: А) +4; Б) +6; В) -2; Г) 0.
16. Какой процесс происходит при обжиге пирита ($4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2$)? А) Восстановление серы; Б) Окисление серы и железа; В) Диспропорционирование; Г) Комплексообразование.
17. Какое свойство концентрированной серной кислоты позволяет использовать ее для осушки газов? А) Высокая вязкость; Б) Сильная гигроскопичность; В) Низкая температура замерзания; Г) Окислительная способность.
18. Полисерные кислоты ($H_2S_xO_6$, где $x > 2$) образуются при: А) Нагревании серной кислоты; Б) Неполном окислении сероводорода или взаимодействии сульфитов с серой; В) Электролизе сульфатов; Г) Растворении серы в щелочах.
19. Какое вещество является главным загрязнителем атмосферы, вызывающим кислотные дожди? А) Угарный газ (CO); Б) Диоксид серы (SO_2); В) Метан (CH_4); Г) Азот (N_2).
20. При взаимодействии сероводорода (H_2S) с диоксидом серы (SO_2) происходит реакция: А) Замещения; Б) Обмена; В) Диспропорционирования; Г) Синпропорционирования (с образованием элементарной серы).

21. Химическая формула медного купороса: А) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; Б) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; В) $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; Г) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.
22. Какой ион является сильным восстановителем в кислой среде? А) SO_4^{2-} ; Б) S^{2-} ; В) SO_3^{2-} ; Г) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.
23. При нагревании серы выше 190°C ее вязкость резко возрастает из-за: А) Испарения; Б) Разложения на атомы; В) Полимеризации циклов S_8 в длинные цепи; Г) Перехода в моноклинную модификацию.
24. Сульфид-ион (S^{2-}) в водном растворе подвергается: А) Только гидролизу по катиону; Б) Гидролизу по аниону (гидролиз по первой ступени); В) Электролитической диссоциации без гидролиза; Г) Окислению водой.
25. Какой минерал является главным источником серы для металлургической промышленности? А) Галит (NaCl); Б) Пирит (FeS_2) и халькопирит (CuFeS_2); В) Магнетит (Fe_3O_4); Г) Боксит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

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

Блок А. Задания на установление соответствия

Задание 1. Установите соответствие между соединением серы и его химическими свойствами / применением:

1. Тиосульфат натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).
2. Олеум (раствор SO_3 в H_2SO_4).
3. Сероводород (H_2S).
4. Диоксид серы (SO_2).

А) Промежуточный продукт в производстве серной кислоты, обладает высокой реакционной способностью, используется для сульфирования. Б) Используется как комплексон для выщелачивания благородных металлов, сильный восстановитель. В) Кислотный оксид, обладает отбеливающими свойствами, применяется для сульфитной варки целлюлозы. Г) Ядовитый газ, сильный восстановитель, при сгорании образует оксид, являющийся причиной кислотных дождей.

Блок Б. Ситуационные задачи (Кейсы для металлургов)

Кейс 1. Полисерная (политионовая) коррозия оборудования На заводе по производству серной кислоты теплообменники, изготовленные из аустенитной нержавеющей стали (марки 12X18H10T), работающие в зоне контакта с газами, содержащими SO_2 и SO_3 , подверглись межкристаллитной коррозии после остановки агрегата на ремонт и попадания влаги из воздуха. *Вопросы:*

1. Объясните химизм образования полисерных (политионовых) кислот ($\text{H}_2\text{S}_x\text{O}_6$) на поверхности металла в присутствии оксидов серы, кислорода и влаги.
2. Почему именно аустенитные нержавеющие стали чувствительны к этому виду коррозии (механизм межкристаллитного разрушения)?
3. Какие технологические мероприятия необходимо провести при консервации оборудования на время ремонта для предотвращения этого процесса (например, щелочная промывка)?

Кейс 2. Тиосульфатное выщелачивание золота Традиционный метод извлечения золота из руд — цианирование — имеет высокую экологическую токсичность. Альтернативой является тиосульфатное выщелачивание с использованием аммиачного раствора тиосульфата натрия ($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ в качестве катализатора). *Вопросы:*

1. Напишите уравнение реакции растворения золота в тиосульфатном растворе с образованием комплексного аниона $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$. Какую роль здесь играет тиосульфат-ион?
2. В чем заключаются главные преимущества и недостатки тиосульфатного метода по сравнению с цианированием с точки зрения физической химии процессов и экологии?
3. Как влияет температура и концентрация аммиака на устойчивость тиосульфата в растворе (риск его разложения с образованием элементарной серы и сульфита)?

6. Ключи и критерии оценивания

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

Ответы к заданию на соответствие:

- Задание 1: 1-Б, 2-А, 3-Г, 4-В. (Оценивание: 2 балла за полностью верное соответствие, 1 балл за одну ошибку).

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

- 12-15 баллов (Отлично): Студент демонстрирует глубокое понимание химии серы. В Кейсе 1 верно описывает механизм образования полиотионовых кислот ($\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$, окисление до $\text{H}_2\text{S}_x\text{O}_6$), указывает на роль серы в стабилизации аустенитной решетки и межкристаллитном разрушении. Предлагает нейтрализацию щелочью. В Кейсе 2 верно записывает уравнение комплексообразования золота, указывает на экологичность тиосульфата, но отмечает его химическую нестабильность (разложение при высокой температуре и избытке меди).
- 8-11 баллов (Хорошо): Студент понимает суть проблемы, предлагает верные пути решения, но допускает неточности в уравнениях реакций (например, путает степени окисления в тиосульфате) или не учитывает специфику коррозии нержавеющих сталей.
- 5-7 баллов (Удовлетворительно): Понимание проблемы поверхностное. Решения носят общий характер («нужно промыть водой», «тиосульфат безопасен») без химического и термодинамического обоснования.
- 0-4 баллов (Неудовлетворительно): Неверное понимание сути кейса, игнорирование вопросов физической химии и коррозии.