

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Крюков Вадим Николаевич

Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике

Дата подписания: 25.06.2026 10:51:25

Уникальный программный ключ:

1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования**

**«Заполярье государственный университет им. Н. М. Федоровского»
ЗГУ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ¹
по дисциплине**

«Элементы химической технологии»

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.Г.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Черемисин А.А.

(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

¹ 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 Элементы химической технологии 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 Элементы химической технологии, 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-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: основы химико-технологических систем (ХТС), критерии эффективности химических процессов, принципы водоподготовки и очистки сточных вод, основы химической кинетики и теории реакторов.

Уметь: рассчитывать материальные балансы, степени превращения, селективность и расходные коэффициенты; выбирать оптимальные схемы водоподготовки и очистки газовых выбросов; анализировать кинетику гетерогенных металлургических процессов.

Владеть: методами расчета основных технологических показателей, навыками оценки экологической и экономической эффективности малоотходных производств в цветной металлургии.

2. Паспорт фонда оценочных средств

Раздел 1. Химическое производство как химико-технологическая система (ХТС).

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

Раздел 2. Критерии эффективности химико-технологических процессов. Сырье и малоотходные технологии.

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

Раздел 3. Вода и воздух в химической технологии. Энергия в ХТП.

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

Раздел 4. Химическая кинетика и реакторы для гомогенных и гетерогенных процессов.

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

Промежуточная аттестация (Зачет).

- Формируемая компетенция: ПК-3
- 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).

Пороговый уровень: Для аттестации в форме зачета необходимо набрать не менее 75 % от максимально возможной суммы баллов.

4. Типовые контрольные задания (Тестовые задания)

Ниже приведен восстановленный и очищенный Вариант 1 (25 вопросов).

1. Целью изучения химической технологии является: А) создание рациональных способов производства продукции. Б) изучение свойств различных веществ и материалов. В) синтез вещества в лабораторных масштабах.
2. То, насколько полно используется исходное сырье в химико-технологическом процессе, показывает: А) степень превращения. Б) выход продукта. В) селективность продукта. Г) расходный коэффициент.

3. Отношение количества затраченного сырья, материалов или энергии на производство единицы продукта называется: А) выход продукта. Б) расходный коэффициент. В) селективность. Г) степень превращения.
4. Чему равна степень обогащения сырья, если содержание полезного компонента в исходном сырье составляет 3,5 %, а в полученном концентрате 38,5 %? А) 11. Б) 12,6. В) 9,5. Г) 14.
5. Степень превращения реагента, равная 1 (или 100 %), может быть достигнута только при протекании: А) обратимой химической реакции. Б) необратимой химической реакции. В) каталитической реакции.
6. Чему равна молярная масса серной кислоты (H_2SO_4)? А) 90 г/моль. Б) 55 г/моль. В) 98 г/моль. Г) 104 г/моль.
7. Временная жесткость воды обусловлена: А) наличием в воде гидрокарбонатов Са и Mg. Б) присутствием сульфатов и хлоридов кальция и магния. В) наличием в воде силикатов и фосфатов этих металлов.
8. Чему равна общая жесткость воды, если содержание ионов кальция составляет 12,5 мг/л, а ионов магния – 11,25 мг/л? (Эквивалентные массы: Са=20, Mg=12). А) 8,5 мг-экв/л. Б) 1,55 мг-экв/л. В) 3,5 мг-экв/л. Г) 12 мг-экв/л.
9. Селективность продукта является одной из характеристик: А) обратимой химической реакции. Б) необратимой химической реакции. В) параллельных химических реакций.
10. Определить количество железного колчедана (FeS_2) в кмоль в 5 т руды, если его содержание в руде составляет 8,5 % по массе. А) 3,54 кмоль. Б) 2,61 кмоль. В) 5,25 кмоль. Г) 4,50 кмоль.
11. Чему равен объем 1 кмоль идеального газа при нормальных условиях? А) 12,5 м³/кмоль. Б) 36 м³/кмоль. В) 18 м³/кмоль. Г) 22,4 м³/кмоль.
12. Если значение общей жесткости воды равно 2,5 мг-экв/л, то вода: А) очень мягкая. Б) мягкая. В) умеренно жесткая. Г) жесткая.
13. Какой из показателей качества воды относится к группе бактериологических: А) плотность. Б) жесткость. В) коли-титр. Г) цвет.
14. Дробилки, формователи, смесители, транспортеры обеспечивают в химико-технологическом процессе: А) теплообменные процессы. Б) механические процессы. В) массообменные процессы. Г) химические процессы.
15. Эксплуатационные показатели характеризуют: А) изменения, возникающие в ХТП при появлении отклонений от регламентированных условий. Б) комфортность работы на данном производстве и его влияние на окружающую среду. В) экономическую эффективность производства.
16. Теоретический расходный коэффициент учитывает: А) стехиометрические соотношения, по которым происходит превращение исходных веществ в целевой

- продукт. Б) производственные потери на всех стадиях процесса. В) производительность аппарата при оптимальных условиях.
17. Что такое «экстракция»? А) процесс поглощения газов жидкими поглотителями. Б) процесс поглощения газов твердыми поглотителями. В) процесс разделения жидких смесей путем взаимодействия паровой и жидкой фаз. Г) процесс извлечения вещества из одной жидкой фазы другой, практически несмешивающейся с первой.
18. Подготовка твердого сырья НЕ включает процесс: А) измельчение. Б) циклонирование. В) классификация. Г) дробление.
19. Для периодических процессов характерно: А) единство места протекания всех стадий процесса. Б) единство времени протекания всех стадий процесса. В) единство времени и места протекания всех стадий процесса.
20. К переменным компонентам химического производства НЕ относятся: А) вспомогательные материалы. Б) здания и сооружения. В) сырье, поступающее на переработку. Г) основной продукт.
21. К какой группе критериев химико-технологического процесса относится «интенсивность процесса»? А) технологические. Б) технические. В) экономические. Г) эксплуатационные.
22. Выход концентрата – это: А) отношение массы полученного концентрата к массе обогащаемого сырья. Б) отношение содержания полезного компонента в концентрате к его содержанию в сырье. В) отношение массы полезного компонента в концентрате к его массе в сырье.
23. Основной количественной характеристикой ионитов (ионообменных смол) является: А) время работы фильтра в межрегенерационный период. Б) отношение рабочего объема ионита к объему аппарата. В) обменная емкость.
24. Найдите правильную последовательность стадий глубокой водоподготовки: А) обессоливание катионированием, осветление коагулированием, анионирование, дегазация. Б) осветление воды коагулированием, обессоливание катионированием, дегазация, анионирование. В) обессоливание катионированием, анионирование, осветление коагулированием, дегазация.
25. Какой метод умягчения воды применяется только как дополнительный из-за высокой стоимости реагентов? А) содо-натровый. Б) фосфатный. В) известково-содовый. Г) ионообменный.

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

Блок А. Задания на установление соответствия

Задание 1. Установите соответствие между аппаратом/процессом и его назначением в технологии цветных металлов:

1. Автоклав.
2. Гидроциклон.
3. Электрофильтр.
4. Флотационная машина.

А) Разделение суспензий (пульп) на слив и пески под действием центробежной силы. Б) Разделение минералов на основе разницы в смачиваемости их поверхностей с использованием реагентов. В) Очистка металлургических газов от мелкодисперсной пыли под действием высокого напряжения. Г) Проведение гидрометаллургических процессов (выщелачивание) при высоких температурах и давлениях.

Блок Б. Ситуационные задачи (Кейсы для металлургов)

Кейс 1. Замкнутые водооборотные циклы и очистка сточных вод Медно-никелевый комбинат переходит на систему оборотного водоснабжения с нулевым сбросом (Zero Liquid Discharge). В оборотную воду попадают ионы тяжелых металлов (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+}), взвешенные твердые частицы и остатки флотореагентов. *Вопросы:*

1. Какую последовательность физико-химических методов очистки (нейтрализация, коагуляция, мембранное разделение, ионный обмен) вы предложите для возврата воды в производство? Обоснуйте выбор.
2. Как можно утилизировать осадок, образующийся на стадии нейтрализации и коагуляции, с учетом принципов малоотходной технологии?

Кейс 2. Химическая кинетика и автоклавное выщелачивание На

гидрометаллургическом заводе осуществляется автоклавное выщелачивание никеля из латеритных руд серной кислотой при температуре 250 °С. Инженеры заметили, что при дальнейшем повышении температуры с 250 °С до 270 °С скорость извлечения никеля практически не увеличивается, хотя константа скорости химической реакции по уравнению Аррениуса должна была вырасти. При этом скорость резко возрастает при увеличении скорости перемешивания пульпы и уменьшении размера частиц руды.

Вопросы:

1. Какая стадия гетерогенного процесса (химическая реакция на поверхности или диффузия через пограничный слой/слой продукта) является лимитирующей в данных условиях? Обоснуйте ответ.
2. Какие технологические мероприятия необходимо провести для интенсификации процесса, не повышая температуру и давление в автоклаве?

6. Ключи и критерии оценивания

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

Ответы к заданию на соответствие:

- **Задание 1:** 1-Г, 2-А, 3-В, 4-Б. (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 химической технологии. В Кейсе 1 верно выстраивает цепочку: нейтрализация (осаждение металлов) -> коагуляция/флокуляция (удаление взвесей) -> мембранные методы (обратный осмос) или ионный обмен для глубокой доочистки. Предлагает цементировать осадок или возвращать его в пирометаллургию. В Кейсе 2 верно определяет, что процесс перешел в диффузионную область (лимитирующая стадия — внутренняя или внешняя диффузия), поэтому нагрев не помогает. Предлагает интенсифицировать массоперенос: увеличить обороты мешалки, тоньше измельчать руду, повысить давление для удержания воды в жидкой фазе.
- **8-11 баллов (Хорошо):** Студент понимает суть проблемы, предлагает верные пути решения, но допускает неточности в терминологии (путает коагуляцию и флокуляцию) или не может четко обосновать переход процесса в диффузионную область.
- **5-7 баллов (Удовлетворительно):** Понимание проблемы поверхностное. Решения носят общий характер («нужно поставить фильтры», «нужно лучше мешать») без опоры на законы физической химии и химической технологии.
- **0-4 баллов (Неудовлетворительно):** Неверное понимание сути кейса, предложение решений, которые приведут к нарушению технологического регламента или авариям.