

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 10:51:27
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 СРЕДСТВ
по дисциплине

«Переработка техногенных ресурсов»

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 Переработка техногенных ресурсов 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 техногенных ресурсов, 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, ПК-3 **Содержание:**

- ПК-1: Способствует осуществлению и корректировке технологических процессов в металлургии.
- ПК-3: Использует физико-химическую сущность процессов при производстве цветных металлов. **Индикаторы достижения:**
- ПК-1.3: Осуществляет расчет технологических схем и процессов на основании реальных технологических показателей.
- ПК-3.2: Способен анализировать изменения показателей процесса производства цветных металлов и сплавов (включая экологические аспекты и переработку вторичного сырья).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: классификацию техногенного сырья и отходов; методы пирометаллургической и гидрометаллургической переработки вторичных ресурсов; принципы очистки сточных вод и газообразных выбросов; основы экологического мониторинга.

Уметь: выбирать оптимальные схемы извлечения ценных компонентов из шлаков, шламов и пыли; рассчитывать эффективность очистных сооружений; применять методы обезвреживания опасных отходов.

Владеть: методами оценки экологической безопасности металлургических производств; навыками проектирования замкнутых водооборотных циклов и систем утилизации техногенного сырья.

2. ПАСПОРТ ФОС И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

2. Паспорт фонда оценочных средств

Раздел 1. Классификация техногенного сырья и первичная обработка.

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

Раздел 2. Пирометаллургические и гидрометаллургические методы переработки.

1. Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-3
2. Оценочные средства: Задания на соответствие, на установление последовательности.

Раздел 3. Очистка сточных вод, газоочистка и экологический мониторинг.

1. Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-3
2. Оценочные средства: Ситуационные кейсы (аналитические и 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. Комплексная научно-практическая дисциплина об экологической безопасности

производственных процессов, методах защиты биосферы от техногенных воздействий, называется:
А) Безопасность жизнедеятельности Б) Экологическая безопасность В) Инженерная экология Г) Промышленная санитария

2. Сточные воды от санитарных узлов производственных и непромышленных корпусов, а также от душевых установок, называются: А) Производственные Б) Бытовые В) Атмосферные Г) Комбинированные

3. Извлечение одного или нескольких компонентов из растворов или твердых тел с помощью избирательных растворителей, называется: А) Электродиализом Б) Флокуляцией В) Экстракцией Г) Коагуляцией

4. Искусственно созданный технический мир, который находится в явном противоречии с законами жизни на земле и требует постоянного контроля, называется: А) Техносфера Б) Ноосфера В) Экосфера Г) Биосфера

5. К физико-химическим методам очистки сточных вод **не** относятся: А) Нейтрализация Б) Коагуляция В) Сорбция Г) Центрифугирование (отстаивание)

Блок 2. Задания на установление соответствия

6. Установите соответствие между видом сточных вод и их основным источником образования на металлургическом предприятии. Виды сточных вод:

1. Производственные
2. Бытовые
3. Атмосферные
4. Условно чистые (охлаждающие)

Источники: А) Душевые и санитарные узлы цехов. Б) Воды, прошедшие через аппараты охлаждения без контакта с реагентами. В) Воды, использованные в технологическом процессе (выщелачивание, мокрая газоочистка). Г) Дождевые воды и талые снега с промплощадки.

Блок 3. Задания на установление правильной последовательности

7. Установите правильную технологическую последовательность стадий механической и физико-химической очистки металлургических сточных вод перед сбросом в водоем. Запишите ответ в виде последовательности букв. А) Фильтрация через зернистый слой для удаления тонких взвесей. Б) Нейтрализация и осаждение тяжелых металлов реагентами. В) Прохождение через решетки и сита для удаления крупных мусора и предметов. Г) Отстаивание в песколовках и первичных отстойниках.

Блок 4. Открытые вопросы

8. (*Краткий ответ*) Что такое «техносфера» и назовите два основных фактора, отличающих её от естественной биосферы. 9. (*Развернутый ответ*) В чем заключается суть метода «ферритизации» при очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов (меди, цинка, никеля)? Почему этот метод считается высокоэффективным для обезвреживания токсичных шламов?

Блок 5. Ситуационный кейс (Расчетно-аналитическое задание)

10. **Условие:** На медеплавильном заводе накопился массивный отвал меде содержащих шлаков (техногенное месторождение). Анализ показал содержание: Cu – 1,5%; Zn – 3,0%; Au – 0,5 г/т; Ag – 5 г/т. **Требуется:**

1. Предложить краткую технологическую схему переработки этого отвала для извлечения благородных (Au, Ag) и цветных (Cu, Zn) металлов.
2. Обосновать, почему для извлечения золота и серебра из шлаков предпочтительнее использовать пирометаллургический метод (переплавка с получением чернового металла или штейна), а для меди и цинка — гидрометаллургический (выщелачивание).

4. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ (ВАРИАНТ 2)

Блок 1. Тестовые задания с выбором одного правильного ответа

1. К физико-химическим методам очистки сточных вод **не** относятся: А) Ультрафильтрация Б) Выпаривание В) Термическое обезвреживание Г) Отстаивание (механический метод)

2. Не является законным методом захоронения опасных токсичных отходов: А) Закачка жидких отходов в глубокие скважины ниже водонепроницаемых пород Б) Строительство специальных могильников В) Санкционированная открытая свалка на поверхности почвы Г) Хранение в специальных прудах-отстойниках с гидроизоляцией дна

3. Газ без цвета и запаха, сильный кровяной яд, связывающий гемоглобин, в основном поступающий от автотранспорта и печей: А) CO (Угарный газ) Б) CO₂ (Углекислый газ) В) SO₂ (Сернистый газ) Г) NO₂ (Диоксид азота)

4. Остатки сырья, материалов и полупродуктов, образующиеся при получении заданной продукции, которые утратили свои качества, но могут быть использованы после обработки, называются: А) Отходами производства Б) Отходами потребления В) Побочными продуктами Г) Вторичными энергетическими ресурсами

5. «Декларация о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов» была принята на совещании ООН в: А) Лондоне в 1972 г. Б) Монреале в 1987 г. В) Париже в 1992 г. Г) Женеве в ноябре 1979 г.

Блок 2. Задания на установление соответствия

6. Установите соответствие между типом оборудования и его назначением в системе газоочистки металлургического завода. Оборудование:

1. Циклоны
2. Скрубберы Вентури
3. Электрофильтры
4. Адсорберы

Назначение: А) Улавливание мелкой сухой пыли с помощью электрического поля. Б) Очистка газов от парообразных и газообразных токсичных примесей (например, органики). В) Сухая инерционная очистка газов от крупной и средней пыли. Г) Мокрая очистка газов от пыли и растворимых газов (например, SO₂) с помощью капель жидкости.

Блок 3. Задания на установление правильной последовательности

7. Установите правильную последовательность уровней экологического мониторинга (от локального к глобальному). Запишите ответ в виде последовательности букв. А) Глобальный мониторинг (биосфера в целом). Б) Локальный мониторинг (территория конкретного предприятия или города). В) Региональный мониторинг (охватывает крупные промышленные узлы и области).

Блок 4. Открытые вопросы

8. (*Краткий ответ*) Что такое «ксенобиотики» и почему они представляют особую опасность для окружающей среды по сравнению с обычными биогенными веществами? 9. (*Развернутый ответ*) Объясните принципиальную разницу между «малоотходным» и «безотходным» производством. Достижимо ли абсолютно безотходное производство в реальной металлургической практике и почему?

Блок 5. Ситуационный кейс (Расчетно-аналитическое задание)

10. **Условие:** Гальванический цех металлургического комбината осуществляет сброс сточных вод, содержащих ионы меди (Cu²⁺) в концентрации 50 мг/л и ионы цинка (Zn²⁺) в концентрации 80 мг/л. ПДК для сброса в городской коллектор: Cu²⁺ – 1,0 мг/л; Zn²⁺ – 1,0 мг/л. **Требуется:**

1. Предложить последовательность методов очистки (механические, химические/физико-химические) для достижения норм ПДК.
2. Указать конкретный реагент для осаждения тяжелых металлов и написать уравнение реакции перевода ионов меди в нерастворимый осадок.
3. Рассчитать, во сколько раз необходимо снизить концентрацию ионов цинка, чтобы сброс стал законным.

5. КЛЮЧИ (ОТВЕТЫ) И АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ

Ключи к тестовым заданиям, соответствию и последовательности

Вариант 1:

- Блок 1 (Тесты): 1-В; 2-Б; 3-В; 4-А; 5-Г.
- Блок 2 (Соответствие): 1-В; 2-А; 3-Г; 4-Б.
- Блок 3 (Последовательность): В -> Г -> Б -> А (Решетки -> Отстойники -> Нейтрализация/Осаждение -> Фильтры).

Вариант 2:

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

Алгоритмы решения Кейсов

Вариант 1, Кейс 10 (Переработка шлаков):

1. Технологическая схема:

- *Этап 1 (Пирометаллургия):* Переплавка шлаков в печи (например, в печи Ванюкова или шахтной) с добавлением флюсов и коллектора (черновой меди или штейна). Золото и серебро переходят в черновую медь/штейн, откуда затем извлекаются при электролитическом рафинировании (в анодном шламе).
- *Этап 2 (Гидрометаллургия):* Охлажденный и измельченный шлак (или огарок) подвергают сернокислотному выщелачиванию. Медь и цинк переходят в раствор, откуда осаждаются цементацией или электролизом.

2. Обоснование:

- Благородные металлы (Au, Ag) имеют крайне низкие концентрации (г/т) и находятся в шлаках в виде микровключений или твердых растворов. Пирометаллургический коллектор (расплавленная медь) идеально «собирает» их, концентрируя в малом объеме. Выщелачивать золото из тысяч тонн дешевого шлака цианидом экономически и экологически бессмысленно.
- Цветные металлы (Cu, Zn) в шлаках часто находятся в виде оксидов или силикатов, которые хорошо растворяются в серной кислоте после измельчения. Гидрометаллургия позволяет селективно извлечь их без дорогостоящего высокотемпературного плава.

Вариант 2, Кейс 10 (Очистка сточных вод от ТМ):

1. Последовательность очистки:

- *Механическая стадия:* Прохождение через решетки и песколовки (удаление взвешенных веществ).
- *Физико-химическая/Химическая стадия:* Нейтрализация щелочными реагентами (известь, сода) и осаждение тяжелых металлов в виде нерастворимых гидроксидов.
- *Стадия доочистки:* Фильтрация и отстаивание осадка.

2. Реагент и уравнение:

- Реагент: Известковое молоко ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) или раствор едкого натра (NaOH).
- Уравнение для меди: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$ (или $\text{CuSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{CaSO}_4$).

3. Расчет снижения концентрации:

- Исходная концентрация $\text{Zn}^{2+} = 80$ мг/л. ПДК = 1,0 мг/л.
- Кратность снижения = $80 / 1,0 = \mathbf{в\ 80\ раз}$.

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 ферритизацию студент указывает на образование кристаллической решетки типа шпинели (MeFe_2O_4), которая надежно «запирает» ионы тяжелых металлов внутри структуры, предотвращая их миграцию в окружающую среду.
- **1 балл (Хорошо/Удовлетворительно):** Ответ верен по смыслу, но неполон или дан без использования строгих химических/экологических терминов.
- **0 баллов:** Ответ неверен или отсутствует.

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

- **6 баллов (Отлично):**
 - Верно предложена логичная схема переработки (разделение на пирометаллургию для Au/Ag и гидрометаллургию для Cu/Zn) (2 балла).

- Дано четкое обоснование (концентрация, физико-химическая форма нахождения металлов в шлаке) (2 балла).
- Верно рассчитана кратность снижения концентрации или приведены правильные уравнения реакций осаждения (2 балла).
- **4-5 баллов (Хорошо):** Предложена верная схема, но упущено обоснование выбора именно пирометаллургического коллектора для благородных металлов.
- **3 балла (Удовлетворительно):** Студент предлагает общую схему (просто «переплавить» или «выщелочить» всё вместе), не разделяя благородные и цветные металлы, но понимает суть переработки техногенных ресурсов.
- **0-2 балла (Неудовлетворительно):** Ответ отсутствует или не имеет отношения к металлургической переработке вторичного сырья.