

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 10:51:14

Уникальный программный ключ:

1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

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

**высшего образования**

**«Заполярный государственный университет им. Н. М. Федоровского»**

**ЗГУ**

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ<sup>1</sup>**

**по дисциплине**

***«Обогащение руд цветных 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:**

Ст. преподаватель

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Л.И. Рогова

(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

<sup>1</sup> 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 *Обогащение руд цветных 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 Обогащение руд цветных 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 по дисциплине

**Код компетенции:** ПК-1 **Содержание:** Способен осуществлять и корректировать технологические процессы обогащения полезных ископаемых. **Индикатор достижения:** ПК-1.1 Применяет знания основных закономерностей процессов дробления, измельчения и флотации для повышения эффективности извлечения ценных компонентов.

**Код компетенции:** ПК-2 **Содержание:** Выявляет объекты для улучшения в технике и технологии горного производства. **Индикатор достижения:** ПК-2.1 Анализирует качество технологического процесса и продукции по результатам аналитического контроля и технологического опробования.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

- **Знать:** физические и физико-химические свойства минералов; принципы работы дробильного, измельчительного и классифицирующего оборудования; основы флотации и реагентные режимы; схемы хвостового хозяйства.
- **Уметь:** рассчитывать основные технологические показатели обогащения (выход, содержание, извлечение); составлять качественно-количественные схемы; подбирать флотореагенты для конкретных типов руд.
- **Владеть:** навыками анализа работы обогатительной фабрики; методами оценки степени дробления и измельчения; приемами оптимизации реагентного режима.

---

## 2. Паспорт фонда оценочных средств

### Раздел 1. Введение. Общие понятия и схемы обогащения.

- Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-2
- Оценочные средства: Список литературных источников, тестовые задания.
- Показатели оценки: Составление систематизированного списка, успешное решение теста.

## **Раздел 2. Дробление и измельчение.**

- Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-2
- Оценочные средства: Конспект, тестовые задания, расчетная задача.
- Показатели оценки: Наличие конспекта, решение теста, корректность расчета степени дробления/измельчения.

## **Раздел 3. Гравитационные и магнитные методы обогащения.**

- Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-2
- Оценочные средства: Собеседование, тестовые задания.
- Показатели оценки: Объем знаний по теме, понимание принципов сепарации.

## **Раздел 4. Флотация и флотационные реагенты.**

- Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-2
- Оценочные средства: Тестовые задания, ситуационный кейс.
- Показатели оценки: Успешное решение теста, грамотный подбор реагентов в кейсе.

## **Раздел 5. Обезвоживание продуктов обогащения и хвостовое хозяйство.**

- Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-2
- Оценочные средства: Реферат, тестовые задания.
- Показатели оценки: Качество проработки источников, понимание экологических аспектов.

## **Промежуточная аттестация (Экзамен).**

- Формируемая компетенция: ПК-1, ПК-2
- Оценочные средства: Комплексный экзаменационный билет (тест + расчетная задача).

---

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

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен. **Сроки выполнения:** В соответствии с учебным графиком.

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

- **0 – 64 %** – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень, дисциплина не освоена).

- **65 – 74 %** – «удовлетворительно» (пороговый минимальный уровень, есть неточности в расчетах или терминах).
- **75 – 84 %** – «хорошо» (средний уровень, уверенное владение материалом, незначительные ошибки).
- **85 – 100 %** – «отлично» (высокий уровень, глубокое понимание процессов, безошибочные расчеты).

#### **Критерии оценки текущих заданий:**

- **Расчетная задача:** 5 баллов (2 балла за правильную формулу, 2 балла за ход решения, 1 балл за верный ответ с единицами измерения).
- **Реферат/Эссе:** 10 баллов (структура, актуальность, использование профильной литературы, грамотность).

## **4. Типовые контрольные задания**

### **4.1. Темы для рефератов и эссе**

1. Сравнительный анализ эффективности различных схем дробления (открытый, закрытый цикл) на горно-обогатительных комбинатах.
2. Проблемы и перспективы переработки упорных и бедных руд цветных металлов.
3. Экологические аспекты проектирования и эксплуатации хвостохранилищ в условиях Крайнего Севера.
4. Современные тенденции в создании экологически безопасных флотореагентов.
5. Автоматизация и цифровизация процессов флотации на современных обогатительных фабриках.

### **4.2. Тестовые задания (Вариант 1, базовый уровень)**

*Инструкция: Выберите один правильный ответ.*

1. Какому минералу соответствует формула  $(Ni,Fe)_9S_8$ ? А) Халькопирит; Б) Пентландит; В) Халькозин; Г) Кубанит.
2. Извлечение основного компонента в продукты обогащения указывают на схеме: А) Цепи аппаратов; Б) Водно-шламовой; В) Качественно-количественной; Г) Принципиальной технологической.
3. Грохочение материала, когда подрешетный продукт является конечным продуктом операции, называется: А) Предварительным; Б) Самостоятельным; В) Совмещенным; Г) Поверочным.
4. Угол захвата щековой дробилки – это угол: А) Между подвижной и неподвижной щекой; Б) Между ситами; В) Между колосниками; Г) Между валками.

5. Рудоразборка – это процесс обогащения, основанный на различии минералов: А) По крупности; Б) По массе; В) По цвету и блеску; Г) По объему.
6. Реагенты, применяемые для ускорения процессов сгущения продуктов обогащения: А) Сорбенты; Б) Флокулянты; В) Активаторы; Г) Стабилизаторы.
7. К подготовительным процессам обогащения относится: А) Дробление; Б) Сгущение; В) Фильтрация; Г) Флотация.
8. Крупная фракция исходного материала при гидравлической классификации концентрируется в: А) Песках; Б) Сливах; В) Кеке; Г) Хвостах.
9. Гравитационное обогащение в вертикальном пульсирующем потоке воды или воздуха называется: А) Классификацией; Б) Флотацией; В) Отсадкой; Г) Промывкой.
10. Если шары в мельнице поднимаются на большую высоту и падают как тела, брошенные под углом к горизонту, то режим работы называется: А) Каскадным; Б) Водопадным; В) Смешанным; Г) Вертикальным.
11. При обогащении медно-никелевых сульфидных руд в качестве депрессора флотации пирротина чаще всего используется: А) Аэрофлот; Б) Бисульфит натрия или сернистый газ; В) Ксантогенат; Г) Сосновое масло.
12. Реагенты, избирательно исключают флотиремость минералов, которые должны оставаться в донном продукте, называются: А) Регуляторами; Б) Депрессорами; В) Собирателями; Г) Вспенивателями.
13. Отношение стоимости извлеченных металлов к стоимости исходного сырья называется: А) Рентабельным максимумом; Б) Коэффициентом извлечения; В) Коэффициентом комплексности; Г) Технологической эффективностью.
14. Бутарами называются грохоты: А) Призматические барабанные; Б) Колосниковые; В) Вибрационные; Г) Дуговые.
15. Процесс, основанный на разделении смеси зерен по плотности в среде, плотность которой промежуточная между плотностями разделяемых частиц, называется: А) Обогащение в шлюзах; Б) Обогащение в винтовых сепараторах; В) Обогащение в тяжелых средах; Г) Магнитная сепарация.

#### 4.3. Расчетная задача (для экзамена или контрольной)

**Задача:** Определить выход концентрата ( $\gamma$ , %), если при обогащении медной руды с содержанием меди в исходной руде  $\alpha = 1,2\%$ , получены хвосты с содержанием меди  $\beta = 0,15\%$ , а концентрат имеет содержание меди  $\theta = 25,0\%$ . *Формула для справки:*  $\gamma = (\alpha - \beta) / (\theta - \beta) * 100\%$

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

*Данные задания предназначены для оценки сформированности компетенций ПК-1 и ПК-2 на высшем уровне, с учетом реальной практики горно-обогатительных комбинатов.*

### **Блок А. Задания на установление соответствия**

**Задание 1. Установите соответствие между технологическим процессом и основным аппаратом, используемым для его реализации:**

1. Стадия тонкого измельчения.
2. Гидравлическая классификация по крупности.
3. Флотация труднообогатимых мелковкрапленных руд.
4. Обезвоживание концентрата перед отгрузкой.

А) Гидроциклон. Б) Барабанно-вакуумный фильтр. В) Шаровая мельница с центральной разгрузкой (МШЦ). Г) Флотационная колонна или ячейка Джеймсона.

### **Блок Б. Ситуационные задачи (Кейсы для горняков)**

**Кейс 1. Проблема в дробильном отделении** На горно-обогатительном комбинате в цехе среднего дробления (конусная дробилка) наблюдается резкое снижение производительности и частые заклинивания камеры дробления. Анализ показал, что в руде повысилось содержание глинистых веществ и влажность руды после дождей превысила 6%. Кроме того, на контрольном грохоте увеличился выход «негабарита» (крупных кусков), который возвращается обратно в дробилку (циркулирующая нагрузка выросла на 40%).  
*Вопросы:*

1. Как влажность и глинистость влияют на процесс дробления и грохочения?
2. Какие технологические или конструктивные меры можно предложить для стабилизации работы дробильного отделения в этих условиях (например, изменение зазора разгрузочной щели, промывка руды, изменение угла наклона грохота)?

**Кейс 2. Оптимизация реагентного режима при флотации сульфидных руд** Обогащительная фабрика перерабатывает медно-никелевую руду. Технологическая схема предусматривает коллективную флотацию сульфидов с последующим разделением. В последнее время в медный концентрат стало попадать недопустимо много пирротина (содержание серы в концентрате выросло, что ухудшает его качество для металлургического передела). Текущий реагентный режим: собиратель – ксантогенат, вспениватель – Т-80. *Вопросы:*

1. Какой класс реагентов необходимо ввести в схему для решения этой проблемы?
2. Назовите конкретные реагенты-депрессоры, эффективные для подавления пирротина в щелочной среде.
3. Как изменение рН пульпы (например, добавление извести) повлияет на флотируемость пирротина и пирита?

## 6. Ключи и критерии оценивания

**Ответы к тестовым заданиям (Вариант 1):** 1-Б; 2-В; 3-Б; 4-А; 5-В; 6-Б; 7-А; 8-А; 9-В; 10-Б; 11-Б; 12-Б; 13-В; 14-А; 15-В. (Оценивание: 1 балл за каждый верный ответ. Максимум 15 баллов).

**Ответ к расчетной задаче:**  $\gamma = (1,2 - 0,15) / (25,0 - 0,15) * 100\% = 1,05 / 24,85 * 100\% \approx 4,23\%$ . (Оценивание: 5 баллов за полный верный расчет).

### Ответы к заданиям на соответствие:

- Задание 1: 1-В, 2-А, 3-Г, 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 точно определяет причину проблемы (в Кейсе 1: налипание на грохоте и в камере дробилки; в Кейсе 2: недостаточная депрессия пирротина). Предлагает конкретные, технически грамотные меры (в Кейсе 1: установка скруббера-грохота, регулировка разгрузочной щели; в Кейсе 2: введение сернистого натрия, бисульфита или SO<sub>2</sub>, повышение pH известью до 9-10). Использует профессиональную терминологию.
- **8-11 баллов (Хорошо):** Студент верно понимает суть проблемы, предлагает правильные пути решения, но допускает неточности в названиях реагентов или не учитывает все аспекты задачи (например, забывает про влияние циркулирующей нагрузки).
- **5-7 баллов (Удовлетворительно):** Понимание проблемы поверхностное. Решения носят общий характер («нужно поменять оборудование», «добавить реагент») без детализации технологических параметров.
- **0-4 баллов (Неудовлетворительно):** Неверное понимание сути кейса, предложение решений, которые усугубят технологический процесс.