

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ПРОГРАММА**  
подготовки к вступительному испытанию по дисциплине  
**«Технологии производства тяжелых цветных  
и благородных металлов»**  
поступающих на образовательную программу магистратуры  
**22.04.02.09 «Технологии производства тяжелых цветных  
и благородных металлов»**

Руководитель программы, Н.В. Олейникова



**Красноярск.**

## **Содержание программы**

(по дисциплине «Технологии производства тяжелых цветных и благородных металлов»)

### **Тема 1. Основы металлургического производства**

Классификация металлов. Применение металлов. Объемы производства и потребления металлов. Сырье для производства металлов. Металлургическое топливо. Металлургические флюсы. Металлургические огнеупоры. Классификация металлургических процессов. Требования к металлургическому процессу и его структура. Принципиальная схема пирометаллургических технологий производства металлов. Принципиальная схема гидрометаллургических технологий производства металлов. Характеристика продуктов и промпродуктов металлургического производства. Основные операции подготовки сырья к металлургической переработке, их технико-экономические показатели, используемое оборудование. Назначение пылеулавливания, способы пылеулавливания, используемое оборудование.

### **Тема 2. Металлургические технологии производства меди из минерального и вторичного сырья**

Характеристика сырья для производства меди (минеральное, вторичное и техногенное сырье). Окисленные медные руды. Сульфидные медные и полиметаллические медьсодержащие руды. Обоганительные приемы, используемые для получения медных концентратов. Характеристика сульфидных медных и полиметаллических медьсодержащих концентратов. Принципиальная технология переработки окисленного медьсодержащего сырья. Принципиальная технология переработки сульфидного медьсодержащего сырья. Плавка на штейн сульфидных медных руд и концентратов. Разновидности плавки на штейн. Сравнительные характеристики технологий плавки на штейн. Плавка во взвешенном состоянии медных концентратов (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели). Плавка медных руд и концентратов в расплавах (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели). Конвертирование медных штейнов (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели). Огневое рафинирование черновой меди (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели). Электролитическое рафинирование анодной меди (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели).

### **Тема 3. Металлургические технологии производства никеля из минерального и вторичного сырья.**

Характеристика сырья для производства никеля (минеральное, вторичное и техногенное сырье). Окисленные никелевые руды. Сульфидные никелевые и медно-никелевые руды. Обоганительные приемы, используемые для получения никелевых и медно-никелевых концентратов. Принципиальные технологии переработки окисленных никелевых руд (плавка на штейн, плавка на ферроникель, гидрометаллургические технологии). Принципиальная технология переработки сульфидного никельсодержащего сырья. Плавка на штейн сульфидных медно-никелевых руд и концентратов. Разновидности плавки на штейн. Сравнительные характеристики технологий плавки на штейн. Руднотермическая электроплавка сульфидных никелевых руд и концентратов (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели). Плавка во взвешенном состоянии никелевых концентратов (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели). Конвертирование никелевых и медно-никелевых штейнов (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели). Переработка никелевых фанштейнов и никелевых концентратов разделения фанштейна на огневой (или анодный) никель (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели). Электролитическое рафинирование анодного никеля (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели).

#### **Тема 4. Metallургические технологии производства свинца и цинка из минерального и вторичного сырья.**

Характеристика сырья для производства свинца и цинка (минеральное, вторичное и техногенное сырье). Свинцово-цинковые руды, полиметаллические руды. Обоганительные приемы, используемые для переработки свинцово-цинковых руд. Характеристика свинцовых концентратов. Характеристика цинковых концентратов. Принципиальная технологическая схема переработки свинцовых концентратов пирометаллургическим способом и ее описание. Принципиальная технологическая схема переработки цинковых концентратов пирометаллургическим способом и ее описание. Принципиальная технологическая схема переработки цинковых концентратов комбинированным пиро- гидрометаллургическим способом и ее описание. Переработка отработанных аккумуляторных свинцовых батарей (основные этапы переработки и их описание).

#### **Тема 5. Metallургические технологии производства золота и серебра из минерального и вторичного сырья.**

Классификация золото- (серебро-) содержащих руд по составу и формам присутствия целевых металлов. Рекомендуемые приемы переработки

рядовых и упорных руд. Характеристика флотационных и гравитационных золотосодержащих концентратов. Основные способы переработки золотосодержащих концентратов в зависимости от состава и формы присутствующего золота. Переработка упорных золотосодержащих концентратов. Способы подготовки упорных концентратов к извлечению золота (окислительный обжиг, гидрохимическое и бактериальное выщелачивание). Цианистые процессы и опыт их применения. Характеристика растворяющей системы. Кинетика растворения металлов. Взаимодействие растворителя с компонентами руды. Практика цианирования. Сорбционное выщелачивание золота и серебра из руд и концентратов.

#### **Тема 6. Metallургические технологии производства металлов платиновой группы из минерального сырья и промпродуктов металлургического производства**

Характеристика сырья для производства металлов платиновой группы. Характеристика сульфидных медно-никелевых платиносодержащих руд и продуктов их переработки. Формы нахождения платиновых металлов в шламах электролитического рафинирования меди и никеля. Принципиальная схема переработки шламов. Описание основных операций. Технико-экономические показатели процессов. Характеристика получаемых концентратов платиновых металлов. Принципиальная технология переработки концентратов платиновых металлов на аффинажном производстве. Описание основных операций. Технико-экономические показатели процессов.

При составлении ответов на вопросы тем 2–6, абитуриенты должны показать умение ориентироваться в специальной литературе для нахождения и предоставления в краткой форме информации, необходимой для ответов на экзаменационные вопросы по указанным темам. В связи с этим, абитуриенты могут пользоваться специальной литературой, предоставляемой на экзамен экзаменационной комиссией (в списке основной литературы позиция 1; в списке дополнительной литературы позиции 2, 3, 6, 7).

#### **Основная литература**

1. Процессы и аппараты цветной металлургии [Текст] : учебник для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов "Металлургия" : рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию в области металлургии / С. С. Набойченко, Н. Г. Агеев [и др.] ; под ред. С. С. Набойченко. - Екатеринбург : Уральский технический университет - УПИ, 2012. - 699 с.
2. Металлургия тяжелых цветных металлов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины / Н. В. Марченко [и др.]. - Красноярск : ИПК СФУ, 2009. - on-line.

3. Марченко, Наталья Владимировна. Подготовка и обжиг сульфидных цинковых концентратов [Текст] : учебное пособие для вузов по направлению 150100 "Металлургия" / Н. В. Марченко, Е. П. Вершинина, Э. М. Гильдебрандт. - Красноярск : Сибирский федеральный университет [СФУ], 2011. - 118 с.
4. Оборудование металлургических заводов [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие для практич. работы [для студентов спец. «Металлургия цветных металлов»] / Сиб. федерал. ун-т. - Красноярск : СФУ, 2012. - on-line.

#### Дополнительная литература

1. Тарасов А. В. Комбинированные технологии цветной металлургии [Текст] : учеб. пособие для вузов по спец. 110200- Металлургия цветных металлов, 090300 - Обогащение полезных ископаемых / А. В. Тарасов, В. А. Бочаров. - М. : Металлургия, 2001. - 304 с.
2. Тарасов, А.В. Производство цветных металлов и сплавов: Справочник в 3-х т. Т.2 Кн. 1 Производство тяжелых цветных металлов. [Текст] – М.: Металлургия, 2001. – 408 с.
3. Производство металлов за полярным кругом [Текст] : технологическое пособие для инженерно-технических работников, специалистов, рабочих структурных подразделений Заполярного филиала ОАО "ГМК "Норильский никель" и широкого круга читателей / "ГМК "Норильский никель" Заполярный филиал. - Норильск : Антей лимитед, 2007. - 296 с.
4. Резник, И. Д. Никель (в 3-х томах) [Текст] / И. Д. Резник, Г. П. Ермаков, Я. М. Шнеерсон – М.: ООО Наука и технология, 2003. – 608 с .
5. Мечев, В.В. Автогенные процессы в цветной металлургии [Текст] / В. В. Мечев, В. П. Быстров, А. В. Тарасов [и др.]. – М.: Металлургия, 1991. – 413 с.
6. Котляр, Ю. А. Металлургия благородных металлов [Текст] : в 2 кн. : учебник для вузов. - Москва : МИСиС, 2005 - . Кн. 1. - 2005. - 431 с.
7. Котляр, Ю. А. Металлургия благородных металлов [Текст] : в 2 кн. : учебник для вузов. - Москва : МИСиС, 2005 - . Кн. 2. - 2005. - 391 с.
8. Зайцев, В. Я. Металлургия свинца и цинка [Текст] : учебное пособие для вузов по специальности "Металлургия цветных металлов" : допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР / В. Я. Зайцев, Е. В. Маргулис. - М. : Металлургия, 1985. - 262 с.
9. Металлургия меди, никеля и кобальта [Текст] : [в 2-х ч.] : учеб. пособие для вузов по спец. "Металлургия цветных металлов" / И. Ф. Худяков [и др.]. - М. : Металлургия, 1977 - . Ч. 1 : Металлургия меди. - 1977. - 294 с.
10. Металлургия меди, никеля и кобальта [Текст] : [в 2-х ч.] : учеб. пособие для вузов по спец. "Металлургия цветных металлов" / И. Ф. Худяков [и др.]. - М. : Металлургия, 1977 - . Ч. 2 : Металлургия никеля и кобальта. - 1977. - 263 с.

11. Ванюков, Андрей Владимирович. Комплексная переработка медного и никелевого сырья [Текст] : учебник для вузов / А. В. Ванюков, Н. И. Уткин . - Челябинск : Металлургия. Челябинское отделение, 1988. - 432 с.

### Экзаменационные вопросы

1. Классификация металлов. Применение металлов. Объемы производства и потребления металлов.
2. Сырье для производства металлов. Metallургическое топливо. Metallургические флюсы. Metallургические огнеупоры.
3. Классификация metallургических процессов. Требования к metallургическому процессу и его структура. Принципиальная схема пиромetallургических технологий производства металлов. Принципиальная схема гидrometallургических технологий производства металлов. Характеристика продуктов и промпродуктов metallургического производства.
4. Основные операции подготовки сырья к metallургической переработке, их технико-экономические показатели, используемое оборудование.
5. Назначение пылеулавливания, способы пылеулавливания, используемое оборудование.
6. Характеристика сырья для производства меди (минеральное, вторичное и техногенное сырье). Обогащительные приемы, используемые для получения медных концентратов. Характеристика сульфидных медных и полиметаллических медьсодержащих концентратов.
7. Принципиальные технологии переработки окисленного и сульфидного медьсодержащего сырья.
8. Плавка на штейн сульфидных медных руд и концентратов. Разновидности плавки на штейн. Сравнительные характеристики технологий плавки на штейн. Характеристика продуктов и промпродуктов технологий.
9. Конвертирование медных штейнов (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели).
10. Огневое рафинирование черновой меди (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели).
11. Электролитическое рафинирование анодной меди (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели).
12. Характеристика сырья для производства никеля (минеральное, вторичное и техногенное сырье). Обогащительные приемы, используемые для получения никелевых и медно-никелевых концентратов.

13. Принципиальные технологии переработки окисленных никелевых руд (плавка на штейн, плавка на ферроникель, гидрометаллургические технологии).
14. Принципиальная технология переработки сульфидного никельсодержащего сырья. Плавка на штейн сульфидных медно-никелевых руд и концентратов.
15. Разновидности плавки на штейн. Сравнительные характеристики технологий плавки на штейн (физико-химические процессы, технологические и аппаратурно-транспортные схемы, технико-экономические показатели).
16. Конвертирование никелевых и медно-никелевых штейнов (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели).
17. Переработка никелевых фاینштейнов и никелевых концентратов разделения фاینштейна на огневой (или анодный) никель (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели).
18. Электролитическое рафинирование анодного никеля (физико-химические процессы, технологическая и аппаратурно-транспортная схемы, технико-экономические показатели).
19. Характеристика сырья для производства свинца и цинка (минеральное, вторичное и техногенное сырье). Свинцово-цинковые руды, полиметаллические руды. Обогащительные приемы, используемые для переработки свинцово-цинковых руд. Характеристика продуктов обогащения.
20. Принципиальная технологическая схема переработки свинцовых концентратов пирометаллургическим способом и ее описание.
21. Принципиальная технологическая схема переработки цинковых концентратов пирометаллургическим способом и ее описание.
22. Принципиальная технологическая схема переработки цинковых концентратов комбинированным пиро- гидрометаллургическим способом и ее описание.
23. Переработка отработанных аккумуляторных свинцовых батарей (основные этапы переработки и их описание).
24. Классификация золото- (серебро-) содержащих руд по составу и формам присутствия целевых металлов. Рекомендуемые приемы переработки рядовых и упорных руд.
25. Характеристика флотационных и гравитационных золотосодержащих концентратов. Основные способы переработки золотосодержащих концентратов в зависимости от состава и формы присутствующего золота.
26. Переработка упорных золотосодержащих концентратов. Способы подготовки упорных концентратов к извлечению золота (окислительный обжиг, гидрохимическое и бактериальное выщелачивание).

27. Цианистые процессы и опыт их применения. Характеристика растворяющей системы. Кинетика растворения металлов. Взаимодействие растворителя с компонентами руды. Практика цианирования. Сорбционное выщелачивание золота и серебра из руд и концентратов.
28. Характеристика сульфидных медно-никелевых платиносодержащих руд и продуктов их переработки.
29. Формы нахождения платиновых металлов в шламах электролитического рафинирования меди и никеля. Принципиальная схема переработки шламов. Описание основных операций. Техно-экономические показатели процессов. Характеристика получаемых концентратов платиновых металлов.
30. Принципиальная технология переработки концентратов платиновых металлов на аффинажном производстве. Описание основных операций. Техно-экономические показатели процессов.

Руководитель магистерской программы



Олейникова Н.В.



Критерии и параметры оценки ответов на вступительном испытании  
в форме устного экзамена при поступлении в магистратуру СФУ.

Направление 22.04.02 Metallургия

Программа 22.04.02.09

Технологии производства тяжелых цветных и благородных металлов

Во время устного экзамена абитуриент должен дать ответы не менее чем на три вопроса по основам металлургического производства, а также по технологическим процессам, входящим в производственный цикл получения металлов из минерального и вторичного сырья.

Отвечая на вопросы, абитуриент должен:

- показать знание специальной терминологии и уметь раскрыть ее назначение и смысл;
- показать знание и понимание основных металлургических процессов;
- показать знание технологий производства тяжелых цветных и благородных металлов из минерального и вторичного сырья;
- показать знание типов основного и вспомогательного оборудования, используемого при реализации пирометаллургических процессов.

<b>0 – 40 баллов</b>	
Содержание и структура ответа	Содержание ответа не соответствует существу поставленного вопроса или соответствует ему в очень малой степени. В ответе отражено менее 10 % материала, предусмотренного заданием. Продемонстрировано крайне низкое (отрывочное) знание фактического материала, допущено много фактических ошибок, практически все факты (данные) либо искажены, либо неверны. Ответ не структурирован.
Понимание	Продемонстрировано крайне слабое владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины (неуместность употреблений терминов, неверные аббревиатуры). Многочисленные ошибки в толковании терминов и использовании формул.
Исполнение	Большое количество стилистических и грамматических ошибок.
<b>41 – 60 баллов</b>	
Содержание и структура ответа	Содержание ответа соответствует заданному вопросу. В ответе отражено 60-70 % материала, предусмотренного заданием.

		<p>Продемонстрировано удовлетворительное знание фактического материала, есть фактические ошибки (25–30 %).</p> <p>Ответ плохо структурирован, нарушена логика.</p>
Понимание		<p>Есть ошибки в употреблении и трактовке терминов, формул, расшифровке аббревиатур.</p> <p>Примеры, и расчеты в малой степени соответствуют изложенному теоретическому материалу.</p>
Исполнение		<p>Значительное количество стилистических и грамматических ошибок.</p>
<b>61- 80 баллов</b>		
Содержание и структура ответа		<p>В ответе отражено 70–80 % материала, предусмотренного заданием. Содержание ответа в целом соответствует существу вопроса.</p> <p>Демонстрируется знание фактического материала.</p> <p>Встречаются несущественные фактические ошибки.</p> <p>Ответ в достаточной степени структурирован, логически выстроен.</p>
Понимание		<p>Ошибки в употреблении терминов отсутствуют.</p> <p>Продемонстрирована уместность употребления аббревиатур, толкований и др.</p> <p>В ответе отчасти использованы адекватные примеры, расчеты, справочные формулы и материалы.</p>
Исполнение		<p>Допустимо небольшое количество стилистических и грамматических ошибок, без искажения смысла.</p>
<b>81- 100 баллов</b>		
Содержание и структура ответа		<p>В ответе отражен весь материал, предусмотренный заданием.</p> <p>Ответ полностью соответствует существу вопроса. В ответе отсутствуют фактические ошибки.</p> <p>Части ответа четко структурированы и логически взаимосвязаны.</p>
Понимание		<p>В ответе продемонстрировано уверенное владение понятийно-терминологическим аппаратом.</p> <p>Ошибки в употреблении терминов отсутствуют. В ответе представлено умелое использование категорий, терминов, формул, аргументированное изложение материала дисциплины.</p> <p>Ответ дополнен необходимым количеством адекватных примеров, расчетов.</p>
Исполнение		<p>В изложении материала прослеживается высокая степень самостоятельности с элементами оригинальности в представлении: манера изложения, использование стилистических оборотов и другое.</p>

Примечание:

1. Критерии и параметры оценки применяются при рассмотрении каждого вопроса, заданного на устном экзамене, вне зависимости от количества заданных вопросов. Итоговый балл считается, как среднее арифметическое.