

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

**Руководитель ОПОП ВО
В.Н. Бричкин**

**Проректор по образовательной
деятельности доцент Д.Г. Петраков**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

МЕТАЛЛУРГИЯ ТЯЖЕЛЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Уровень высшего образования:	Магистратура
Направление подготовки:	22.04.02 Metallurgy
Направленность (профиль):	Metallurgy of non-ferrous metals
Квалификация выпускника:	магистр
Форма обучения:	очная
Составитель:	профессор Г.В. Петров

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Металлургия тяжелых и благородных металлов» разработана:

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО магистратура по направлению подготовки «22.04.02 Metallургия», утвержденного приказом Минобрнауки России №308 от 24 апреля 2018 г.;

– на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «22.04.02 Metallургия» направленность (профиль) «Metallургия цветных металлов».

Составитель _____ профессор Г.В. Петров

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Metallургия» от 04.02.2021г., протокол № 16.

Заведующий кафедрой металлургии _____ д.т.н., проф. В.Н. Бричкин

Рабочая программа согласована:

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования _____ Дубровская Ю.А.

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса к.т.н. _____ Романчиков А.Ю.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

– получение всесторонних и глубоких знаний по современному состоянию и перспективам развития тяжелых и благородных металлов в нашей стране и за рубежом; изучение теории и технологии промышленных способов производства тяжелых цветных и благородных металлов из различных видов рудного сырья с применением современных процессов, определяющих научно-технический прогресс.

Основные задачи дисциплины:

– подготовка будущего магистра к самостоятельному решению профессиональных задач в научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Металлургия тяжелых и благородных металлов» относится к дисциплинам обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «22.04.02 Metallургия» и изучается в 4 семестре.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Металлургия тяжелых и благородных металлов» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя знания в области моделирования, математики, естественных и прикладных наук	ПКС-4.	ПКС-4.1. Знать моделирование процессов и объектов в металлургии компьютеризированными методами ПКС-4.2. Уметь связывать технологические процессы и объекты металлургического производства со свойствами металлов, сырья и расходных материалов ПКС-4.3. Владеть решением задач, связанных с моделированием состава структуры и свойств металла и процессов их формирования
Способен разрабатывать и обосновывать предложения по совершенствованию технологических процессов и оборудования	ПКС-5.	ПКС-5.1. Знать возможные нарушения технологии и неисправности оборудования металлургического производства. Статистическую обработку данных ПКС-5.2. Уметь устанавливать основные требования к технологическому оборудованию. Анализировать нормативные требования, к процессам и объектам металлургического производства. Оценивать вероятность отказа работы и сокращения срока службы оборудования ПКС-5.3. Владеть выявлением возможных направлений модернизации техники и возможностей модернизации оборудования, применением методов математической статистики для анализа

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
		работоспособности технологического оборудования и устойчивости технологических процессов
Способен проводить расчеты и делать выводы при решении задач, относящихся к профессиональной деятельности	ПКС-6.	<p>ПКС-6.1. Знать методики расчётов технических и технологических параметров требуемых режимов работы оборудования. Расчеты термодинамических параметров металлургических процессов</p> <p>ПКС-6.2. Уметь выполнять расчёты на основе методических указаний, анализировать результаты и делать выводы</p> <p>ПКС-6.3. Владеть проведением расчетов технологических и физических процессов в металлургии и металлообработке, оборудования, энерго- и ресурсопотребления, обеспеченности сырьём и расходными материалами</p>

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		4
Аудиторные занятия, в том числе:	63	63
Лекции	14	14
Практические занятия (ПЗ)	21	21
Лабораторные работы (ЛР)	28	28
Самостоятельная работа (всего)	117	117
Подготовка к лекциям	14	14
Подготовка к практическим занятиям	30	28
Подготовка к лабораторным работам	36	36
Аналитический информационный поиск	19	18
Работа в библиотеке	18	18
Вид промежуточной аттестации – экзамен	36	36
Общая трудоемкость дисциплины	ак. час зач. ед.	216 6
		216 6

4.2 Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование раздела дисциплины	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовой проект
Раздел 1. «Введение. Современное состояние сырьевой базы тяжелых и благородных металлов»	32	2	4	4	22
Раздел 2. «Пирометаллургические методы переработки рудного сырья тяжелых и благородных металлов»	39	4	4	6	25
Раздел 3. «Гидрометаллургические способы переработки рудного, техногенного и вторичного сырья»	39	4	4	6	25
Раздел 4. «Извлечение золота и серебра из россыпей, рудного и техногенного сырья»	35	2	4	6	23
Раздел 5. «Производство платиновых металлов»	35	2	5	6	22
Итого:	180	14	21	28	117

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Введение. Современное состояние сырьевой базы тяжелых и благородных металлов	Проблемы отечественной минерально-сырьевой базы и необходимость ее расширения и реструктуризации. Роль техногенных и вторичных источников в сырьевом промышленном балансе. Актуальность рециклинга металлов. Полиметальность рудного сырья и целесообразность его комплексной переработки. Влияние современных металлургических технологий на схемы и методы обогащения.	2
2	Пирометаллургические методы переработки рудного сырья тяжелых и благородных металлов	Теория и практика окислительных и агломерирующих обжигов в металлургии тяжелых металлов. Взвешенные виды автогенных плавок (ПВП, КФП). QSL и TSL-технологии. Теория и практика конвертирования медных, никелевых, медно-никелевых и полиметаллических штейнов в	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		горизонтальных и вертикальных конвертерах. Рафинирование черного ферроникеля. Особенности проведения штейновых плавов медных и медно-никелевых шихт в печи Ванюкова (ПЖВ). Электроплавка сульфидных медно-никелевых шихт на штейн; прокаленных окисленных никелевых руд на ферроникель; обеднение шлаков. Шахтная плавка агломерата окисленных никелевых руд на штейн; плавка свинцового агломерата на черновой свинец и процесс Imperial Smelting. Пирометаллургическое рафинирование металлов.	
3	Гидрометаллургические способы переработки рудного, техногенного и вторичного сырья	Целевая подготовка руды, концентратов, полупродуктов к выщелачиванию. Оценка кинетики выщелачивания. Современная аппаратура для непрерывного и периодического выщелачивания. Автоклавные процессы. Геотехнологии: кучное, подземное и бактериальное выщелачивание. Применение органических реагентов для выщелачивания металлов. Разделение фаз. Выделение металлов из растворов: цементация, экстракция, гидролиз, электролиз, ионный обмен. Электрохимическое рафинирование меди и никеля. Электроэкстракция.	4
4	Извлечение золота и серебра из россыпей, рудного и техногенного сырья.	Гравитационные аппараты для извлечения свободного золота. Амальгамирование и переработка амальгам. Цианирование. Гидролиз цианистых растворов и защитная щелочь. Выделение золота из растворов: цементация, сорбция. Особенности аппаратного оформления процессов выделения. Современные методы переработки электролитных медных шламов. Вторичная металлургия золота и серебра. Основные способы аффинажа золота и серебра: кислотные, хлорный, электролитическое рафинирование. Современные тенденции развития аффинажных технологий.	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
5	Производство платиновых металлов	Отечественные медно-никелевые руды - основной сырьевой источник платиновых металлов. Поведение платиновых металлов при обогащении. Причины и основные каналы потерь платиноидов в процессах металлургической переработки сульфидных концентратов. Переработка платиносодержащих шламов. Химический и вещественный состав шламов. Химическое обогащение шламов методов двойной сульфатизации и методом сульфатизирующего обжига с последующим электролитическим растворением вторичных анодов. Перспективы автоклавной переработки платинометаллических шламов.	2
Итого:			14

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Качественно-количественный анализ сырьевых запасов металлов и оценка перспективности развития их минерально-сырьевой базы	4
2	Раздел 2	Расчет материального баланса операции конвертирования медно-никелевого штейна	4
3	Раздел 3	Расчет материального и теплового балансов автоклавного выщелачивания пирротинового концентрата	4
4	Раздел 4	Расчет материального баланса и оборудования электролитического рафинирования серебра	4
5	Раздел 5	Расчет материального баланса в производстве платиновых металлов	5
Итого:			21

4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Изучение процесса сульфидообразования тяжелых цветных металлов в водных растворах	4
2	Раздел 2	Определение кинетических характеристик гетерогенного процесса окислительного обжига полиметаллических концентратов	6

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
3	Раздел 3	Экспериментальное определение оптимальных технологических параметров выщелачивания рудных концентратов тяжелых и благородных металлов	6
4	Раздел 4	Экспериментальное определение параметров сорбционной установки при катионообменном извлечении металлов	6
5	Раздел 5	Исследование влияния параметров хлорного аффинирования на показатели процесса	6
Итого:			28

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В курсе дисциплины «Металлургия тяжелых и благородных металлов» широко используются следующие образовательные технологии:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Лабораторные занятия. Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

- главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Введение. Современное состояние сырьевой базы тяжелых и благородных металлов

1. Проблемы отечественной минерально-сырьевой базы и необходимость ее расширения и реструктуризации.
2. Роль техногенных и вторичных источников в сырьевом промышленном балансе.
3. Актуальность рециклинга металлов.
4. Полиметальность рудного сырья и целесообразность его комплексной переработки.
5. Влияние современных металлургических технологий на схемы и методы обогащения.

Раздел 2. Пирометаллургические методы переработки рудного сырья тяжелых и благородных металлов

1. Теория и практика окислительных и агломерирующих обжигов в металлургии тяжелых металлов.
2. Особенности проведения штейновых плавков медных и медно-никелевых шихт в шахтной печи и в печи Ванюкова (ПЖВ).
3. Взвешенные виды автогенных плавков (ПВП, КФП, ФБП и TSL).
4. Электроплавка сульфидных медно-никелевых шихт на штейн; плавка на ферроникель; обеднение шлаков.
5. Применение шахтной плавки в металлургии свинца, никеля и цинка. Дистилляция цинка в электропечах.
6. Теория и практика конвертирования медных, никелевых, медно-никелевых и полиметаллических штейнов.
7. Пирометаллургическое рафинирование металлов.

Раздел 3. Гидрометаллургические способы переработки рудного, техногенного и вторичного сырья

1. Подготовка руды, концентратов, полупродуктов к выщелачиванию.
2. Современные технологии и аппаратура для атмосферного и автоклавного выщелачивания руд и продуктов их переработки.
3. Геотехнологии: кучное, подземное и бактериальное выщелачивание низкокачественного минерального сырья.
4. Выделение металлов из растворов: цементация, ионный обмен, экстракция.
5. Электрохимическое рафинирование тяжелых цветных металлов.

Раздел 4. Извлечение золота и серебра из россыпей, рудного и техногенного сырья

1. Амальгамирование и переработка амальгам для извлечения свободного золота.
2. Цианирование и выделение золота из растворов. Переработка «упорных» руд.
3. Современные методы переработки электролитных медных шламов.
4. Вторичная металлургия золота и серебра.
5. Современное состояние аффинажных технологий и тенденции их развития.

Раздел 5. Производство платиновых металлов

1. Сульфидные медно-никелевые руды - основной отечественный сырьевой источник платиновых металлов.
2. Поведение платиновых металлов при обогащении и в процессах металлургической переработки сульфидных концентратов.

3. Переработка платиносодержащих шламов.
4. Перспективы автоклавной переработки платинометаллических шламов и концентратов.
5. Основы аффинажа платиновых металлов.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену

1. Какая страна обладает наибольшими запасами никеля?
2. Какая страна производит наибольшее количество рафинированной меди?
3. Назовите основное отличие в структуре потребления золота и серебра.
4. Назовите принципиальные отличия отечественного платинометаллического комплекса от других ведущих продуцентов МПГ.
5. Какие технологические принципы положены в основу плавки медь- и никельсодержащего сырья на штейн?
6. Как необходимо вести процесс конвертирования для сохранения кобальта в файнштейне?
7. Назовите основное отличие процесса TSL от КИВЦЕТ-процесса.
8. В какой форме в возгонах, получаемых при переработке цинковистых шлаков свинцового производства фьюминг-процессом, находятся цинк и свинец?
9. В какой продукт извлекается основная часть цинка при комплексной переработке шлаков свинцовой плавки вельцеванием?
10. Назовите основные недостатки электротермического обеднения свинцовых шлаков.
11. Сформулируйте характеристику фазового состояния в ректификационном процессе.
12. Опишите основные реакции, протекающие при плавке свинцово-цинкового агломерата в шахтной печи.
13. Чем определяется поведение примесей при электролитическом рафинировании меди?
14. Какое основное назначение диафрагмы при электролитическом рафинировании никеля?
15. Укажите анодный электрохимический процесс, который преимущественно протекает на аноде при промышленном электролизе раствора сульфата цинка.
16. На каких принципах основана гидрометаллургическая переработка файнштейнов по технологии завода «Харьявалта»?
17. Какие растворы используются при гидрометаллургической переработке файнштейнов по технологии «Фалконбридж»?
18. Назовите основные особенности применения технологии Сумитомо для переработки медно-никелевых файнштейнов.
19. Почему при электролизе цинка на катоде в первую очередь не разряжаются катионы водорода, учитывая его редокс-потенциал?
20. Какие добавки используются при электролизе меди и для чего?
21. Чем определяются закономерности комплексообразования благородных металлов в гидрометаллургических процессах?
22. Опишите основные закономерности выделения золота из цианистых растворов.
23. Охарактеризуйте состав медеэлектролитных шламов медно-никелевого производства.
24. Какие проблемы связаны с финальной операцией технологии переработки шламов электролиза меди?

25. Что является основной причиной потерь Ag в плавке огарков медьэлектролитных шламов?
26. С чем связан гидролиз цианистых растворов?
27. Какой реакции отвечает катодный участок в электрохимическом процессе цианирования золота?
28. Какой состав имеет белый осадок, образующейся при цианировании при недостатке щелочи?
29. Какой реагент необходим для растворения золота в цианистом растворе?
30. Что препятствует интенсификации процесса электроэкстракции золота из тиомочевинных растворов повышением температуры электролита?
31. Как в настоящее время перерабатываются лежалые пирротиновые концентраты в ОАО ГМК «Норильский никель»?
32. Какое из месторождений России можно отнести к тому же промышленно-генетическому типу, что и месторождение «Стиллуотер» (США)?
33. Чем объясняется отсутствие перехода осмия в газовую фазу при штейновой плавке сульфидного Cu-Ni концентрата?
34. На чем основана технология переработки электролитных шламов медно-никелевого производства комбината НГМК?
35. Что имеет доминирующее значение на поведение сульфато- и хлориδοкомплексов МПГ в процессах сорбции и экстракции?
36. Какой осадитель применяется при автоклавном выделении из сульфатных растворов концентрата спутников платины?
37. Какие отличительные черты отечественного платинометалльного комплекса?
38. Повышенное содержание каких благородных металлов характерно для медьэлектролитных шламов медно-никелевого производства?
39. С какой целью из технологических аффинажных растворов выделяют хлоропалладозамин?
40. Как осуществляется вскрытие шлиховой платины в традиционной технологии ее аффинажа?

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Предварительное обезмеживание черного свинца в периодическом режиме проводят	1. зейгерованием; 2. вмешиванием в свинце PbS; 3. вмешиванием в свинец цинка; 4. ликвацией.
2.	Основой для выбора режима предварительного рафинирования свинца от меди методом ликвации является диаграмма состояния системы	1. Cu-S; 2. Pb-Cu; 3. Cu-Zn; 4. Cu ₂ S-PbS.
3.	При непрерывном предварительном обезмеживании черного свинца в качестве сульфидизатора для перевода отликвированной меди в форму сульфида обычно служит	1. Na ₂ S; 2. FeS; 3. ZnS; 4. Sb ₂ S ₃ .
4.	В качестве цементатора для выделения меди из растворов с низкой концентрацией этого металла эффективнее всего использовать	1. цинк; 2. железо; 3. алюминий; 4. платину .

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
5.	Поведение примесей при электролитическом рафинировании меди в основном определяется	1. составом электролита; 2. различием растворимости в воде сульфата меди и сульфатов металлов-примесей; 3. величиной катодной плотности тока; 4. различием величин стандартных электродных потенциалов меди и примесей.
6.	При шахтной плавке окисленных Ni руд как сульфидизатор применяется	1. пирит; 2. сера; 3. диоксид серы; 4. пирротин.
7.	Активные угли применяют для сорбции из растворов	1. кислых; 2. щелочных; 3. нейтральных; 4. богатых по примесям.
8.	К какой аффинажной операции относится данная реакция: $\text{Na}_2\text{S}-\text{Ag}_2\text{S} + \text{Fe} = \text{FeS} - \text{Na}_2\text{S} + 2\text{Ag}$	1. твердофазное восстановление серебра; 2. плавка сернистого серебра; 3. металлотермия хлорида серебра; 4. восстановление сульфата серебра в жидкой фазе.
9.	Страна - крупнейший производитель золота в мире	1. ЮАР; 2. РФ; 3. Узбекистан; 4. Китай.
10.	Как изменяется окислительный потенциал золота в водной среде в присутствии цианид-ионов	1. резко увеличивается; 2. сильно уменьшается; 3. остается неизменным; 4. становится нестабильным.
11.	Снижение элюирующей способности оборотных тиомочевинных растворов обусловлено	1. накоплением сульфата натрия; 2. снижением концентрации щелочи; 3. увеличением pH раствора; 4. накоплением серебра в растворе.
12.	Полное восстановление тиомочевины в ходе электроэкстракции золота невозможно по причине	1. прохождения катионов через анионит; 2. высокой концентрации серной кислоты; 3. проницаемости катионитных мембран для анионов; 4. замены электролита в ходе процесса.
13.	Из катодного осадка для удаления углерода применяют	1. плавку; 2. кислое выщелачивание; 3. щелочную обработку; 4. прокалку.
14.	Какой газ выделяется при пассивации золотистых анодов?	1. Cl_2 ; 2. O_2 ; 3. H_2 ; 4. N_2O_4 .
15.	Какая композиция растворов является универсальной для вскрытия сульфатов, арсенатов, антимонатов, оксидов и гидроксидов свинца?	1. насыщенный раствор NaCl и HCl ; 2. насыщенный раствор Na_2SO_4 и HCl ; 3. насыщенный раствор Na_2S и HCl ; 4. насыщенный раствор Na_2SiO_3 и HCl .

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
16.	Белый осадок при цианировании, образующейся при недостатке щелочи	1. гидроксид цинка; 2. гидроксид железа; 3. гидроксид меди; 4. смесь гидроксида и цианида цинка.
17.	Какое гравитационное оборудование наиболее широко применяется при промышленной добыче золота	1. отсадочные машины; 2. шлюзы; 3. концентрационные столы; 4. классификаторы.
18.	К какому процессу относится реакция $Ni + 4 CO = Ni (CO)_4$:	1. ректификация; 2. плавка; 3. карбонилирование; 4. конвертирование.
19.	Крупнейший минерально-сырьевой источник платиновых металлов в мире	1. Бушвельдский комплекс (ЮАР); 2. Норильские расслоенные месторождения; 3. месторождение Стиллиутер (США); 4. массив Садбери (Канада).
20.	Крупнейший поставщик палладия на мировой рынок	1. ЮАР; 2. Россия; 3. Канада; 4. Мексика.

Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Отметьте реагент, который используют при тонком рафинировании свинца от меди пирометаллургическим методом	1. PbS; 2. FeS; 3. ZnS; 4. S.
2.	Для каких руд применяется метод автоклавного серноокислотного вскрытия	1. серпентитовые; 2. лимонитовые; 3. сидеритовые; 4. сапролитовые.
3.	Операция предшествующая аммиачному выщелачиванию окисленных никелевых руд	1. окислительный обжиг; 2. восстановительный обжиг; 3. сульфидизирующая плавка; 4. конвертирование.
4.	При кристаллизации хлорида свинца из насыщенных солевых растворов совершенство структуры кристаллов зависит от	1. концентрации; 2. плотности; 3. скорости кристаллизации; 4. потенциала.
5.	Массоперенос на границе серноокислый раствор – сульфидный концентрат осуществляется за счет сочетания	1. конвекции и адсорбции; 2. адсорбции и молекулярной диффузии; 3. молекулярной диффузии и конвекции; 4. конвекции и адсорбции.
6.	Для ускорения процесса атмосферного аммиачного вскрытия руды с участием газовой фазы, если процесс лимитирует диффузия на границе жидкость-газ,	1. диспергацию; 2. поверхностное натяжение; 3. давление; 4. плотность.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	необходимо увеличить	
7.	Какой прием используется для повышения емкости сорбента при выделении золота из пульпы на активированном угле	1. предварительный нагрев пульпы; 2. обжиг угля; 3. повышение концентрации цианида; 4. предварительное цианирование пульпы.
8.	Почему происходит разбрызгивание при плавке и застывании высокопробного серебра	1. выделение кислорода; 2. выделение водорода; 3. выделение углекислого газа; 4. выделение золота и примесей.
9.	Назовите отечественный завод – крупнейший по аффинажу золота	1. Красцветмет; 2. Колымский; 3. Приокский; 4. Новосибирский.
10.	Какой реагент в настоящее время используется для выделения селена из технологических растворов на комбинате «Уралэлектромедь»	1. пиросульфит натрия; 2. сульфит натрия; 3. алюминий; 4. воздух.
11.	Доминирующая реакция на катоде при электролитическом выделении золота из тиомочевинных растворов	1. выделение кислорода; 2. выделение водорода; 3. осаждение золота; 4. восстановление тиомочевины.
12.	Интенсификация процесса электроэкстракции золота из тиомочевинных растворов с помощью повышения температуры электролита невозможно из-за	1. низкого катодного выхода по току водорода; 2. низкой стойкости мембран; 3. низкой скорости циркуляции электролита; 4. парения раствора.
13.	Какой метод предлагается использовать для удаления железа из платиносодержащих концентратов	1. гидрохлорирование; 2. солянокислое выщелачивание; 3. плавку; 4. восстановительное сернокислотное выщелачивание.
14.	Платину и палладий, перешедшие в растворы электрорафинирования золота, выделяют реагентом:	1. NaCl; 2. KCl; 3. NH ₄ Cl; 4. (NH ₄)SO ₄ .
15.	Скорость просачивания цианида при перколяции, л/кв.м час	1. 20; 2. 10; 3. 50; 4. 100.
16.	Обязательное условие для полного выделения золота при цементации	1. аэрация цианистого раствора; 2. повышение температуры процесса; 3. снижение концентрации цианида; 4. освинцовывание цинка.
17.	Существенной особенностью электролитического рафинирования золота является	1. высокая катодная плотность тока; 2. применение платинового анода; 3. анодный выход по току более 100%; 4. гидролиз раствора золотохлористоводородной кислоты.
18.	К какому процессу относится реакция $Pb(Au+Ag) + 0,5 O_2 = PbO + (Au+Ag)$	1. цементация; 2. купелирование;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		3. экстракция; 4. конвертирование.
19.	Для растворения золота в цианистом растворе необходим дополнительный реагент	1. известь; 2. едкий натр; 3. кислород; 4. водород.
20.	Рациональный способ рафинирования от цветных металлов платиносодержащего сплава	1. низкотемпературная сульфатизация; 2. высокотемпературная сульфатизация; 3. хлорирование; 4. солянокислое выщелачивание.

Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	При рафинировании свинца от золота и серебра (обессеребривание) в качестве реагента используют	1. Zn; 2. Ca; 3. Mg; 4. Sb.
2.	Процесс купелирования, используемый для переработки обогащенного благородными металлами свинца основан	1. на различии плотности свинца и сплава золота с серебром; 2. на различии сродства свинца, золота и серебра с серой; 3. на различии температур плавления свинца, золота и серебра; 4. на различии сродства свинца, золота и серебра с кислородом.
3.	Укажите примесь, для удаления которой из свинца при его рафинировании используют в качестве реагентов Ca, Mg и Sb	1. Cu; 2. Zn; 3. Te; 4. Bi.
4.	Скорость всплытия воздушных пузырьков при флотационном разделении файнштейна зависит от (формула Стокса)	1. поверхностному натяжению; 2. диффузионному потенциалу; 3. плотности; 4. кинематической вязкости.
5.	Какое сочетание процессов характеризует механохимическая активация в технологии переработки сульфидных концентратов «Якобиндс»?	1. измельчение + выщелачивание; 2. измельчение + прокатка; 3. измельчение + окислительный обжиг; 4. измельчение + сульфатизирующий обжиг.
6.	С чем связан переход золота в растворы флотационного обогащения свинцово-цинковых руд	1. с высоким содержанием золота в рудах; 2. с использованием цианида для депрессии сульфидов; 3. с введением цианида для растворения золота; 4. с предварительным измельчением рудных концентратов.
7.	Какой способ используется для выделения благородных металлов из	1. щелочной; 2. кислотный;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	элюата, полученного при регенерации угля в технологии сорбционного выщелачивания?	3. дистилляция; 4. электролиз.
8.	Какой металл превосходит медь по электропроводности?	1. железо; 2. никель; 3. серебро; 4. титан.
9.	Золото из цианистых растворов осаждают методом цементации с использованием в качестве реагента чаще всего	1. Fe; 2. Cu; 3. Zn; 4. Ni.
10.	Как осуществляется обезмеживание высококипящих хлоридов, образующихся при хлорировании драгметаллов	1. обработкой хлоратом натрия; 2. обработкой щелочью натрия; 3. выщелачиванием в азотной кислоте; 4. сульфатизацией.
11.	Какой реагент необходим для эффективного растворения золота в тиосульфатных растворах	1. каустическая щелочь; 2. тиомочевина; 3. кислород; 4. серная кислота.
12.	При содержании золота более 20% в серебряном аноде, подвергающемся электролитическому рафинированию, происходит	1. выделение кислорода на аноде; 2. подкисление электролита; 3. разложение воды; 4. пассивирование анода.
13.	Какой технологический прием используют для минимизации окисления тиомочевины при электролизе	1. повышение температуры электролита; 2. введение ПАВ; 3. разделение электродного пространства; 4. применение платинового анода.
14.	Вместо платинового анода при электроэкстракции золота используется	1. титан; 2. сталь; 3. графит; 4. латунь.
15.	Оставшееся в отработанном электролите серебро осаждают	1. Na ₂ SO ₄ ; 2. K ₂ SO ₄ ; 3. NaCl; 4. NaOH.
16.	Необходимость применения асимметрического тока при электрорафинировании золота вызвана образованием	1. CuCl ₂ . 2. AgCl; 3. H ₂ AuCl ₄ ; 4. H ₂ AuCl ₂ .
17.	Порядок ионообменной сорбции комплексных цианидов	1. Au>Ni>Zn>Ag>Cu>Fe; 2. Au>Zn>Ni>Ag>Cu>Fe; 3. Cu>Au>Zn>Ni>Ag>Fe; 4. Cu>Fe>Au>Zn>Ni>Ag.
18.	Функциональная группа (-COOH) входит в состав	1. сильноосновного анионита; 2. слабоосновного анионита; 3. слабоосновного катионита; 4. сильноосновного катионита.
19.	Для исключения пассивирования анода при аффинаже золота электролизом применяется	1. введение коагулянтов; 2. повышение концентрации HCl в электролите; 3. повышение катодной плотности постоянного тока; 4. переменный асимметричный ток.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
20.	Какой метод предлагается использовать для удаления железа из платиносодержащих концентратов	1. гидрохлорирование; 2. солянокислое выщелачивание; 3. плавку; 4. восстановительное сернохлорное выщелачивание.

6.2.3. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)

Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий экзамена:

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных, практических и лабораторных занятий	Посещение не менее 60 % лекционных, практических и лабораторных занятий	Посещение не менее 70 % лекционных, практических и лабораторных занятий	Посещение не менее 85 % лекционных, практических и лабораторных занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1. Основная литература

1. Стрижко Л.С. Металлургия золота и серебра: Учеб. пособие. М.: МИСИС, 2001. 336 с.

2. Металлургия цветных металлов: учебник / В.М. Сизяков и др. СПб.: Горн. ун-т, 2015. 392 с.

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402

3. Петров Г.В. *Металлургия тяжелых и благородных металлов: учеб. пособие* / Г.В. Петров, А.Я. Бодуэн, С.Б. Фокина. Санкт-Петербург: Лема, 2017. 184 с.
http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=static_req&string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=6%D0%9F3%2E2%2F%D0%9F%2030%2D786621671<.>
4. Уткин Н.И. *Производство цветных металлов*. М.: Интермет Инжиниринг, 2002. 442 с.
5. Петров Г.В. *Современное состояние и технологические перспективы производства платиновых металлов из хромитовых руд*. СПб.: Недра, 2001. 200 с.
6. *Платиновые металлы в гипергенных никелевых месторождениях и перспективы их промышленного извлечения* / В.Г. Лазаренков и др. СПб.: Недра, 2006. 188 с.
7. *Металлургия благородных металлов: Учебник для вузов* / Под общ. ред. Л.В. Чугаева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Metallurgy, 1987. 432 с.
8. *Платинометалльные месторождения мира. Т.2: Платиносодержащие хромитовые и титаномагнетитовые месторождения* / Д.А.Додин. М.: ООО "Геоинформцентр", 2003. 409 с.

7.2. Дополнительная литература

1. *Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов* / С.С. Набойченко, Л.П. Ни, Я.М. Шнейерсон и др.; Под ред. С.С. Набойченко. Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2002. 940 с.
2. *Современные проблемы металлургии и материаловедения благородных металлов: учеб. пособие* / С.И. Лолейт и др. Москва: МИСИС, 2012. 196 с.
<https://e.lanbook.com/book/47428>

7.3. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
2. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
3. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru>
4. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
5. Портал металлургической отрасли: <http://www.infogeo.ru>
6. Термодинамические базы данных: <http://www.factsage.com>,
<http://www.chem.msu.su/rus/handbook/ivtan>
7. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>
8. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):
9. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
10. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
11. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукопонт»»: <http://rucont.ru>
12. Электронно-библиотечная система «SciTecLibrary»: <http://www.sciteclibrary.ru>

7.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента

1. *Металлургия тяжелых и благородных металлов: Электролитическое рафинирование золота. Методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс]* / Сост. Г.В. Петров. СПб., 2018. 8 с.
http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs_1542927009.pdf
2. *Металлургия тяжелых и благородных металлов: Методические указания по выполнению курсового проекта* / Сост. Г.В. Петров, С.Б. Фокина. СПб: Лема, 2017. 23 с.
http://ior.spmi.ru/system/files/kr/kr_1542962468.pdf

3. Металлургия тяжелых и благородных металлов: Методические указания к лабораторным работам [Электронный ресурс] / Сост. Г.В. Петров. СПб., 2018. 62 с.

http://ior.spmi.ru/system/files/lp/lp_1542927009.pdf

4. Металлургия тяжелых и благородных металлов: Методические указания к практическим занятиям [Электронный ресурс] / Сост. Г.В. Петров. СПб., 2018. 49 с.

http://ior.spmi.ru/system/files/pr/pr_1542927009.pdf

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий

Специализированная аудитория, используемая при проведении лекционных и практических занятий, оснащена мобильным интерактивным комплексом, позволяющим демонстрировать текстовые и графические материалы.

Мебель: стол Canvaro ASSMANN – 16 шт., компьютерное кресло 7873 A2S – 1 шт., стул 7874 A2S – 30 шт., доска белая Magnetoplan C2000x1000 мм, эмал.покрыт, магн/марк, 12 409 CC – 1 шт., тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Vitaco ASSMANN – 1 шт.

Компьютерная техника: мобильный интерактивный комплекс – 1 шт.

Лаборатории оснащены химическим оборудованием, реактивами и лабораторными установками, необходимыми для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Металлургия тяжелых и благородных металлов».

Мебель лабораторная:

стол 160×80×72 – 1 шт., шкаф 90×40×199 – 1 шт., шкаф для книг – 1 шт., стол для весов большой – 1 шт., стол-мойка с сушилкой – 2 шт., тумба для документов – 2 шт., шкаф для хранения реактивов - 1 шт., стол приборный большой с полкой – 11 шт., табурет – 12 шт., шкаф – тумба – 2 шт., стул «ИСО» – 2 шт., стол компьютерный 90×85×72 – 1 шт., стол компьютерный – 1 шт., стол 150×60×75 – 1 шт.

Оборудование и приборы:

титровальная установка – 1 шт., печь муфельная МИМП-3У – 1 шт., печь открытая МИМП-0,1401 – 1 шт., перемешивающее устройство ПЭ-6410 многоместное с нагревом – 1 шт., перемешивающее устройство ПЭ-8310 со штативом – 1 шт., весы ВЛТ-510-П 1кг с калибровочной гирей сп 500 г. – 1 шт., весы лабораторные ВЛКТ-2К – 1 шт., рН-метр-673 – 1 шт., вакуум-насос – 1 шт., сушильный шкаф – 2 шт., плитка нагревательная – 1 шт., верхнеприводная мешалка – 4 шт., фильтровальная установка – 1 шт., дистиллятор GFL2012 – 1 шт., универсальная лабораторная муфельная печь МИМП 3П – 1 шт., иономер АНИОН 4110 – 3 шт., лабораторный рН-метр HI2215 – 1 шт.; магнитная мешалка с нагревом C-MAG HS4 – 1 шт., весы ВАР-200 – 1 шт., магнитная мешалка без нагрева Mini MR standard IKAMAG – 2 шт., измеритель влажности МОС-120Н – 1 шт., весы аналитические Аух 220 – 1 шт., плакат в рамке под стеклом – 4 шт., часы настенные – 1 шт., лабораторная посуда и химические реактивы, огнетушитель – 1 шт.

Компьютерная техника:

мультимедийный блок – 1 шт.,

монитор ЖК HP 21,5"Тип 1, LV916AA – 1 шт., системный блок HP P3400 MT G630 Тип 4 – 1 шт. (с возможностью подключения к сети «Интернет»), принтер HP Laser Jet P1102 – 1 шт.

8.2. Помещения для самостоятельной работы

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования»,

ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники», ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования», ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования», Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011,

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)