



**Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
МЕТАЛЛУРГИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Направление подготовки **22.03.02 Металлургия**

Профиль подготовки **Металлургия цветных металлов**

Уровень высшего образования **Прикладной бакалавриат**

Рассмотрено на заседании кафедры Metallургии
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Задания и методические указания к выполнению практических работ составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Металлургия благородных металлов».

Код направления и уровня подготовки	Название направления	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
22.03.02	Металлургия	04.12.2015	1427

Автор – разработчик /Дата создания/	Лобанов Владимир Геннадьевич, к.т.н., профессор	
Эксперт	Скопов Геннадий Вениаминович, главный специалист Управления стратегического планирования ООО «УГМК-Холдинг», д-р техн. наук, ст.науч.сотр.	
Заведующий кафедрой «Металлургия» /Дата утверждения/	Мастюгин Сергей Аркадьевич, д-р техн. наук, доцент	
Продолжительность модуля/дисциплины	72 часа (2 ЗЕ)	
Место проведения	Учебные аудитории Технического университета УГМК	
Цель модуля/дисциплины	По окончании обучения бакалавры будут способны: - сочетать теорию и практику для решения инженерных задач; - применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды; - использовать процессный подход; - осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке; - выявлять объекты для улучшения в технике и технологии	

Лабораторные занятия по дисциплине предусмотрены в объеме 32 часа (очная форма обучения) и в объеме 4 часа (заочная форма обучения). Они имеют целью под руководством преподавателя на практике закрепить обучающимся, полученных на лекциях теоретических знаний.

Лабораторные работы для очной формы обучения

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
T3	1	Гравитационные способы извлечения золота	8
T4	2	Выделение благородных металлов из растворов цианирования цементацией	8
T5	3	Химия золота	8
T7	4	Химия селена и теллура	8
Всего:			32

Лабораторные работы для заочной формы обучения

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
T4	2	Выделение благородных металлов из растворов цианирования цементацией	2
T5	3	Химия золота	2
Всего:			4

Методика выполнения работ

Лабораторная работа № 1. Тема: Гравитационные способы извлечения золота

Тип практического занятия - лабораторная работа в составе группы

Устные вопросы по теме лабораторной работы:

- перечислить наиболее важные месторождения золотосодержащих руд;
- каких форм и размеров может быть золото в рудах;
- какова зависимость методов извлечения золота от форм нахождения и размеров;
- назовите типы покровных образований;
- приведите характеристику проб самородного золота;
- назовите минералы золота и серебра

Лабораторная работа:

- выбор основного и вспомогательного оборудования, составление схемы рабочей установки;
- выбор и подготовка золотосодержащей руды крупностью 70-80 % класса минус 0,2-0,15 мм, подготовка воды;
- выполнение опытов: измельчение пробы руды до класса минус 0,2-0,15 мм, массой 100 г, размешивание с водой до получения пульпы, концентрирование из руды тяжелой фракции (круговые движения, периодическое встряхивание для осаждения на дно тяжелой фракции), слив легких материалов; обезвоживание тяжелой фракции, содержащей частицы самородного золота, сульфиды и другие тяжелые металлы декантацией, сушка при температуре не более 100 °С и взвешивание, обнаружение золотины; изучение под микроскопом характеристик, геометрических форм, состояния поверхности, наличие деформации и покровов, цвет и блеск частиц самородного золота.

- обработка и обобщение полученных результатов лабораторной работы;
- подготовка вывода по работе;
- оформление индивидуального отчета;
- защита отчета.

Результатом успешного выполнения лабораторной работы студентом считается:

- умение экспериментально подтвердить теоретические положения;
- умение выбирать и готовить исходные материалы, выбирать оборудование и составлять схему рабочей установки;
- умение выполнять работу по изучению гравитационных способов извлечения золота в различных условиях;
- умение обрабатывать и обобщать полученные результаты лабораторной работы, оформлять индивидуальный отчет;
- умение готовить предложения для принятия обоснованного решения.

Лабораторная работа № 2. Тема: Выделение благородных металлов из растворов цианирования цементацией

Тип практического занятия - лабораторная работа в составе группы

Устные вопросы по теме лабораторной работы:

- состав цианистых растворов, поступающих на цементацию;
- химизм цементации золота и серебра цинком, алюминием;
- обоснование термодинамической вероятности цементации золота и серебра цинком и алюминием;
- основные факторы, влияющие на показатели цементации;
- роль катодной поверхности при реализации процесса. Какова цель введения растворимых солей свинца;
- влияние кислорода на показатели цементации. Почему необходимо предварительное обескислороживание растворов;
- показатели цементации благородных металлов цинком и алюминием, охарактеризуйте преимущества и недостатки обоих методов.

- сущность методики определения концентрации серебра в цианистых растворах

Лабораторная работа:

- выбор основного и вспомогательного оборудования, составление схемы рабочей установки;
- выбор и подготовка цианистого раствора, с концентрацией серебра 150 мг/л, свободного цианида 0,05% и щелочи (NaOH) 0,015 %, порошка цинка, порошка алюминия, 0,1N раствора роданистого аммония, свинца уксуснокислого, концентрированной азотной кислоты, 6 N раствора азотной кислоты, дистиллированной воды, 0,5 N, 1 N, 2 N, 3 N растворов щелочи (NaOH), насыщенного раствора железосинеродных квасцов;
- выполнение опытов:

1) цементация серебра цинком. Изучение влияния растворенного кислорода и расхода восстановителя - цинковой пыли: в два стакана емкостью 100 мл каждый, ввод по 20 мл исходного серебрясодержащего цианистого раствора. барботирование одного раствора сжатым воздухом, в течение заданного преподавателем времени (10-30 мин); цементация цинковой пылью с одновременным введением уксуснокислого свинца азрированного и не обработанного сжатым воздухом раствора; расчет необходимого (для цементации серебра в соответствии с реакцией) количества цинка (. практический расход цинка (в 50-100 раз больше стехиометрически необходимого) задается преподавателем, расход уксуснокислого свинца принимают равным (10-20) % от массы цинковой пыли); . контроль за ходом процесса цементации 30-40 мин; отделение; осадка от раствора фильтрацией; промывка на фильтре дистиллированной водой до нейтральной реакции промывных вод; анализ раствора на остаточное содержание серебра; изучение влияния расхода восстановителя: ввод в четыре стакана по 10 мл исходного цианистого раствора

серебра и в каждый добавление цинковой пыли и уксуснокислого свинца из расчета создания в них различных значений практического расхода цинка (избыток в 10-100 раз выше теоретически необходимого, заданных преподавателем); расход уксуснокислого свинца принимается равным 10 % от массы вводимого в каждый стакан цинка; цементация перемешиванием в течение 30-40 мин; фильтрация осадков; анализ фильтрата на содержание серебра.

2) Цементация серебра алюминием:

залит в пять стаканов (объемом 100 мл) по 10 мл исходного серебросодержащего цианистого раствора и создание в них различных значений pH путем введения в четыре стакана определенного объема (1-2 мл), заданного преподавателем, 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0 N раствора щелочи; ввод в пятый стакан такое же количество дистиллированной воды; замер pH растворов; установка стаканов на магнитные мешалки, ввод алюминиевой пыли в количестве в 200 раз больше стехиометрически необходимой по реакции; цементация течение 40-90 минут; фильтрация осадков и промывка водой до нейтральной реакции; анализ фильтрата на содержание серебра;

- обработка и обобщение полученных результатов лабораторной работы;
- подготовка вывода по работе;
- оформление индивидуального отчета;
- защита отчета.

Результатом успешного выполнения лабораторной работы студентом считается:

- умение экспериментально подтвердить теоретические положения;
- умение выбирать и готовить исходные материалы, выбирать оборудование и составлять схему рабочей установки;
- умение выполнять работу по изучению влияния различных факторов на процесс цементации серебра цинком и алюминием;
- умение обрабатывать и обобщать полученные результаты лабораторной работы, оформлять индивидуальный отчет;
- умение готовить предложения для принятия обоснованного решения.

Лабораторная работа № 3. Тема: Химия золота

Тип практического занятия - лабораторная работа в составе группы

Устные вопросы по теме лабораторной работы:

- прописи химических реакций, протекающих в хлоридных золотосодержащих растворах;
- технологии аффинажа золота;
- особенности восстановления золота

Лабораторная работа:

- выбор основного и вспомогательного оборудования, составление схемы рабочей установки;
- выбор и подготовка основных и вспомогательных материалов;
- выполнение опытов в соответствии с определенной методикой:

Опыт 1. Получение чистой золотохлористоводородной кислоты

В фарфоровую чашечку (диаметр 50-60 мм) налить 2-3 мл крепкого (3-5 %) раствора хлорного золота и осторожно выпарить на водяной бане. Когда раствор будет выпарен, снять чашечку с бани, досушить на руках и дать закристаллизоваться. Экстрагировать спиртом или эфиром (отделение от образовавшегося AuCl).

Опыт 2. Получение хлорного, хлористого и металлического золота

В фарфоровую чашку большого (диаметр 100 мм) налить около 10 мл раствора хлорного золота (1%), упарить на песчаной бане почти досуха и, взяв чашечку щипцами, распределить соль равномерным слоем по стенкам чашки. Нагрев чашки - постепенная и ступенчатая диссоциация хлоридов золота. Контроль четырех зон: в центре - металлическое золото, затем кольцо хлорида одновалентного золота, кольцо хлорида трёхвалентного золота и наружное кольцо золотохлористоводородной кислоты.

Опыт 3. Восстановление золота солями двухвалентного железа

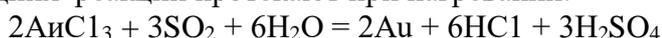
К раствору хлорного золота в небольшом стакане прилив нескольких миллилитров 1% раствора сульфата железа (II) и несколько миллилитров разбавленной серной кислоты. Контроль за выпадением осадка, который при нагреве коагулирует:



Контроль осаждения золота..

Опыт 4. Восстановлением золота сернистым газом

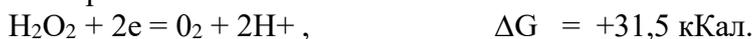
Через раствор хлорного золота пропустить сернистый газ (получение в колбе, закрытой пробкой с двумя отверстиями, в одно из которой вставлена капельная воронка, а в другое - газоотводная трубка); засыпание в колбу сульфита или бисульфита натрия и из капельной воронки прилив серной кислоты (в таком же приборе можно получить SO₂ из металлической меди и серной кислоты или из серной кислоты и элементарной серы); две последних реакции протекают при нагревании.



Контроль восстановления сернистым газом, образования на стенках иногда золотого зеркала.

Опыт 5. Восстановление золота перекисью водорода

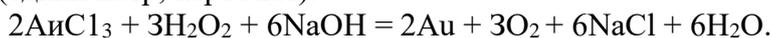
Перекись водорода в обычных условиях является окислителем. Однако в присутствии более сильного окислителя, (например перманганата) это соединение выступает в роли восстановителя и окисляется до кислорода. Окислить перекись могут ионы золота, которые при этом восстанавливаются до металлического состояния. Это наглядно иллюстрирует благородство золота. Потенциал восстановления перекиси водорода очень сильно зависит от pH среды. В кислой среде реакция протекает с большой затратой энергии



Из уравнения реакции следует, что понижение кислотности раствора способствует её протеканию, а в щелочной среде перекись водорода может проявить и восстановительные свойства.



Поэтому для достижения полноты осаждения золота реакцию проводят в щелочной среде (едкий натр, карбонат):



Для получения чистого осадка золота, надо соблюдать некоторые условия:

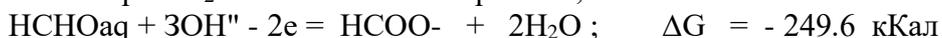
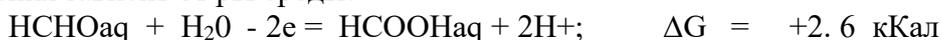
- во-первых, в растворе должно отсутствовать серебро, так как перекись водорода восстанавливает его ионы до металла;

- во-вторых, поскольку щёлочи осаждают многие тяжёлые металлы, осадок золота тщательно промывают подкисленной водой для удаления этих примесей;

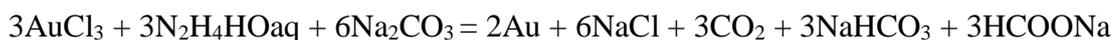
прилив к раствору хлорного золота несколько мл раствора едкого натра, а затем - перекиси водорода. Контроль образования коллоидного раствора золота, который затем при нагревании коагулирует; контроль образования светло-жёлтого осадка металлического золота; фильтрация и промывка.

Опыт 6. Восстановление золота формальдегидом (формалином)

Формальдегид является первым продуктом окисления метилового спирта, в свою очередь он может быть окислен (ступенчато) до муравьиной кислоты, а последняя до CO₂. Как и в случае перекиси водорода, термодинамическая вероятность процесса окисления зависит от pH среды:



Из этих уравнений следует, что подщелачивание среды увеличивает восстановительные свойства формальдегида, поэтому реакцию восстановления золота проводят в содовой среде. Так как в щелочной среде окисление иона формиата протекает менее интенсивно, чем в кислой, а восстановитель добавляют в избытке, окисление формальдегида протекает только до формиата:



Условия проведения данного опыта аналогичны 3 и 4 опытам, поэтому в руководстве приведены только уравнения реакций и обоснование выбора оптимальных условий восстановления.

- обработка и обобщение полученных результатов лабораторной работы;
- подготовка вывода по работе;
- оформление индивидуального отчета;
- защита отчета.

Результатом успешного выполнения лабораторной работы студентом считается:

- умение экспериментально подтвердить теоретические положения;
- умение выбирать и готовить исходные материалы, выбирать оборудование и составлять схему рабочей установки;
- умение выполнять работу по изучению технологии аффинажа золота в различных условиях;
- умение обрабатывать и обобщать полученные результаты лабораторной работы, оформлять индивидуальный отчет;
- умение готовить предложения для принятия обоснованного решения.

Лабораторная работа № 4. Тема: Химия селена и теллура

Тип практического занятия - лабораторная работа в составе группы

Устные вопросы по теме лабораторной работы:

- возможные формы нахождения селена и теллура в минеральном сырье;
- химизм взаимодействия селена и теллура с технологическими растворами медьэлектролитного производства, со щелочными и кислыми растворами ХМЦ;
- поведение селена и теллура в обогатительных и металлургических процессах;
- типовые количественные характеристики селенга и теллура в промпродуктах предприятий УГМК;

Лабораторная работа:

- выбор основного и вспомогательного оборудования, составление схемы рабочей установки;
- выбор и подготовка материалов пробы концентрата или шлама;
- выполнение опытов в соответствии с определенными условиями (задаются преподавателем - отношение Ж:Т, концентрация щелочи (кислоты), продолжительность опыта 0,1- 1 ч, изменение температуры 25 - 90⁰С): взвешивание навесок исследуемого продукта; приготовление выщелачивающего раствора; смешивание в реакционном стакане навески продукта и раствора; контроль за ходом процесса выщелачивания; отбор проб для анализа результатов выщелачивания; анализ проб раствора на содержание селена и теллура, расчет количественных характеристик процесса (степень извлечения селена и теллура)
- обработка и обобщение полученных результатов лабораторной работы;
- подготовка вывода по работе;
- оформление индивидуального отчета;
- защита отчета.

Результатом успешного выполнения лабораторной работы студентом считается:

- умение экспериментально подтвердить теоретические положения;
- умение выбирать и готовить исходные материалы, выбирать оборудование и составлять схему рабочей установки;
- умение выполнять работу по изучению извлечения селена и теллура из концентрата или медьэлектролитного шлама в различных условиях;
- умение обрабатывать и обобщать полученные результаты лабораторной работы, оформлять индивидуальный отчет;
- умение готовить предложения для принятия обоснованного решения.