



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

В.В. Кружаев

03

2014г.

ПРОГРАММА

вступительных испытаний в аспирантуру по направлению подготовки

18.06.01 – Химические технологии

Екатеринбург

2014

	Содержание	Стр.
1. Назначение и область применения.....		3
2. Содержание программы		3
3. Вопросы для вступительного испытания		14
4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру		19
5. Список рекомендуемой литературы		19
6. Рекомендуемые Интернет-ресурсы		21
Лист согласования		23

1. Назначение и область применения

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по направлению 18.06.01 – Химические технологии.

Предназначена для подготовки к вступительному экзамену в аспирантуру по направлению 18.06.01 – Химические технологии».

2. Содержание программы

Введение

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы химической технологии, ее теоретические основы (строение вещества, термодинамика и кинетика), химию элементов, свойства и методы синтеза основных классов соединений, а также методы их исследования.

Теоретические основы технологии неорганических веществ

Термодинамика

Термодинамические свойства неорганических веществ - энергия Гиббса, энтропия и энтальпия образования. Тепловой эффект химической реакции. Химический потенциал и фазовые равновесия в однокомпонентных и многокомпонентных системах. Константа равновесия гомогенных и гетерогенных реакций.

Кинетика химических реакций.

Кинетика гомогенных и гетерогенных процессов, способы ускорения химических превращений. Кинетика реакций катализа.

Физико-химический анализ

Фазовые диаграммы многокомпонентных систем. Использование фазовых диаграмм для выбора и расчета рациональных способов переработки неорганических продуктов.

Основные процессы в технологии неорганических веществ

Термохимические процессы

Высокотемпературные гетерогенные процессы разложения и синтеза, окислительно-восстановительные процессы. Плазмохимические процессы.

Каталитические процессы

Виды катализа, стадии протекания и пути интенсификации процессов катализа. Особенности процессов в неподвижном и взвешенном слоях катализатора.

Методы разделения многокомпонентных смесей

Кристаллизация из растворов, расплавов и газовой фазы, фракционная конденсация, ректификация, абсорбция, адсорбция, ионный обмен, экстракция, электрохимические методы. Особенности процессов разделения и технические способы их реализации.

Подготовка сырья

Сырьевые ресурсы и основные направления их переработки. Способы подготовки сырья: измельчение, флотация, обжиг, растворение, сепарация.

Технология важнейших неорганических веществ.

Промышленные газы.

Свойства, применение и способы получения инертных газов, азота, кислорода, водорода, синтез-газа.

Связанный азот.

Технология аммиака и азотной кислоты. Их свойства и применение.

Серная и другие минеральные кислоты.

Свойства и применение серной, фосфорной, соляной и фтористоводородной кислот.

Способы их производства из различного сырья.

Минеральные удобрения

Азот-, фосфор- и калийсодержащие удобрения, комплексные удобрения, микроудобрения.
Свойства и применение. Способы получения.

Сода и щелочные продукты.

Сода, поташ, гидроксиды натрия и калия. Свойства и применение. Способы получения.

Продукты высокотемпературного синтеза.

Основные способы получения, свойства и применение карбида кальция, термического фосфора, термической фосфорной кислоты, продуктов плазмохимической технологии.

Соли и неорганические реактивы.

Классификация, свойства и применение. Основные способы получения солей и реактивов минеральных и органических кислот.

Особо чистые вещества.

Классификация, природа примесей. Методы анализа и глубокой очистки веществ.
Требования к конструкционным материалам и чистоте технологической среды.

Изотопы.

Свойства и применение. Основные способы получения: ректификация, изотопный обмен.
Получение изотопов водорода, углерода, азота, кислорода и других легких элементов.

Защита окружающей среды при производстве неорганических веществ.

Источники загрязнения: газообразные, жидкие и твердые отходы, тепловые выбросы, их свойства и характеристики.

Способы уменьшения, обезвреживания и очистки отходов от примесей соединений серы, азота, углерода, галогенов, кислот и растворителей. Утилизация отходов.

Физико-химические основы технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов

Теоретические основы процессов вскрытия.

Выщелачивание

Термодинамика простого растворения. Связь между растворимостью солей и свойствами ионов. Выщелачивание, сопровождающееся химическими реакциями. Кинетика выщелачивания. Общее уравнение потока выщелачивания. Закономерности внешней диффузии. Закономерности процесса в кинетической области. Особенности кинетики реакции на поверхности твёрдого вещества.

Реакции в смесях твёрдых веществ

Особенности реакций в смесях твёрдых веществ. Термодинамика реакций с участием твёрдых веществ. Кинетика и механизм спекания. Элементарные стадии процесса. Образование и распад. Рекристаллизация. Уравнение Томсона. Зависимость температуры плавления от размера зерна. Кристаллизация из жидкой фазы. Возникновение и рост зародышевой новой фазы. Роль двумерных зародышей.

Хлорирование

Термодинамика реакций хлорирования металлов, оксидов и сульфидов газообразным хлором и хлористыми соединениями. Кинетика и механизм реакций с участием хлора в жидкой и твёрдой фазах. Роль присадок углерода.

Теоретические основы получения чистых веществ

Ионный обмен

Термодинамика ионного обмена (константа равновесия, коэффициент распределения и разделения, изотопного ионного обмена). Влияние температуры на ионообменное

равновесие. Ионный обмен как мембранное равновесие. Закономерности внешнедиффузионной и гелевой кинетики.

Экстракция

Термодинамика процесса экстракции (коэффициенты распределения, разделения, извлечения). Особенности экстракции по законам физического распределения. Роль высаливания. Катионообменная экстракция. Экстракция нейтральными экстрагентами. Синергетный эффект. Кинетика процесса экстракции. Понятие о ступенях экстракционных процессов, расчёт количества ступеней экстракции и реэкстракции.

Теоретические основы процессов диссоциации и восстановления оксидов

Диссоциация оксидов урана

Термодинамика реакции. Кинетика и механизм диссоциации. Элементарные стадии.

Восстановление оксидов урана

Восстановление оксидов урана газами (H_2 , CO , CH_4) и твёрдым углеродом. Термодинамика восстановления. Кинетика и механизм восстановления оксидов газами. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления. Термодинамика прямого восстановления. Кинетика и механизм прямого восстановления.

Металлотермия

Термодинамика металлотермических процессов.

Теоретические основы порошковой металлургии

Закономерности процесса прессования порошков. Зависимость плотности брикета от давления прессования 1 и 2 уравнения Бальшина.

Процессы, протекающие при спекании. Движущая сила процесса. Теория Френкеля и Пинеса для описания процесса спекания.

Растворимость газов в металлах: А) двухатомные газы; Б) сложные газы.

Основы электрохимии, металловедения

Термодинамическая возможность химических реакций. Основные закономерности гомогенных и гетерогенных химических реакций. Адсорбция на однородных и неоднородных поверхностях, основные типы изотерм. Электрохимические системы и их термодинамическая особенность. Равновесные и неравновесные электродные потенциалы. Различные типы равновесных потенциалов. Электроды сравнения, ряд стандартных потенциалов. Водородный и кислородный электроды. Термодинамическая оценка возможности электрохимических реакций, включая анодное растворение и катодное осаждение металлов.

Двойной слой на границе электрод – раствор. Процессы заряжения и разряда двойного слоя, фарадеевы процессы. Принцип независимости электрохимических реакций. Ток обмена. Замедленная стадия электродного процесса, различные виды замедленных стадий. Перенапряжение. Кинетика процессов с замедленной стадией переноса заряда. Уравнение Таффеля. Массоперенос в электродных процессах. Диффузионный слой. Скорость реакций с замедленной диффузионной стадией. Учет миграции и конвекции. Основные особенности кинетики и механизма катодного восстановления кислорода и влияние на них природы металла. Совместное протекание и косвенное взаимовлияние катодных процессов: выделения водорода и осаждения металла, выделения водорода и восстановления кислорода. Определение скорости электродного процесса по току поляризации. Электродная поляризация и перенапряжение. Гальванические и потенциостатические методы получения поляризационных кривых. Истинные зависимости скорости процесса от потенциала и поляризационные кривые.

Металлическая связь. Понятие о зонной теории металлов. Кристаллическая структура и дефекты решетки металлов. Диаграммы состояния и свойства сплавов. Твердые растворы, фазы внедрения, интерметаллические соединения. Объемная и граничная диффузия в металлах и сплавах. Сегрегация и выделение фаз по границам зерен. Основные виды термической обработки сплавов. Прочность и деформируемость металлов и сплавов. Долговечность металлов под нагрузкой. Усталость металлов.

Строение и классификация органических соединений. Типы реакций с участием органических соединений. Азотсодержащие и кремнийорганические соединения. Реактопласты, фтор- и хлорсодержащие полимеры, синтетические каучуки. Органические растворители, комплексоны, гетероциклические соединения. Органические пигменты, поверхностно-активные вещества.

Электрохимическое и химическое осаждение различных материалов

Виды гальванических покрытий и их назначение. Требования, предъявляемые к покрываемой поверхности и к покрытиям в гальванопластике. Неэлектрохимические методы нанесения металлических покрытий и сравнительная их характеристика. Контроль качества покрытий. Основные виды производственного оборудования. Механизм электрокристаллизации. Влияние на структуру и свойства гальванических осадков состава электролита (природы и концентрации ионов основного металла, ионов других металлов, pH, поверхностно-активных веществ), режима электролиза (плотности тока, температуры перемешивания, нестационарных условий), состояния поверхности катода. Причины образования губчатых осадков и методы их устранения. Условия и механизм образования блестящих осадков. Условия совместного электроосаждения металлов.

Распределение тока и металла при электроосаждении металлов. Критерий равномерности распределения тока и металла по поверхности катода. Влияние различных факторов на равномерность электрохимических осадков. Микрорассеивающая и выравнивающая способность электролитов. Экспериментальные методы изучения распределения тока и металла.

Подготовка поверхности изделий перед покрытием. Механическая подготовка поверхности. Химическая и электрохимическая полировка металлов.

Электрохимическое нанесение покрытий: цинкование, кадмирование, меднение, никелирование, хромирование, оловянирование, свинцевание, железнение, покрытие благородными металлами, покрытие сплавами (латунью, бронзой и др.). Специальные добавки к электролитам и их роль, вредные примеси, пути интенсификации процессов. Покрытие легких металлов и их сплавов (титан, алюминий, магний, цинковые сплавы), многослойные и композиционные электрохимические покрытия.

Химическое и электрохимическое оксидирование и фосфатирование металлов. Назначение и сущность процессов.

Требования к гальванопластическим осадкам и отличительные особенности технологического процесса. Матрицы и их изготовление. Металлизация диэлектриков. Электролитическое наращивание металла и отделение осадков.

Электрохимический синтез, электролиз и размерная обработка материалов

Характерные особенности процессов электрохимического синтеза, связанные с многостадийностью процессов окисления и восстановления при образовании сложных неорганических и органических соединений. Роль состояния поверхности электрода. Электродный потенциал и селективность процессов электрохимического окисления и восстановления. Электролиз при контролируемом потенциале. Принципы выбора состава подвергаемого электролизу раствора: электролиз с катализаторами-переносчиками.

Примеры процессов электросинтеза неорганических веществ: кислородные соединения хлора, надсерная кислота и ее соли, пербораты, кислородные соединения марганца. Примеры процессов электросинтеза органических соединений: реакции присоединения и замещения, димеризации и конденсации, окисления и восстановления, кривые разряда и заряда, емкость, отдача, самозаряд, мощность, коэффициент полезного использования активных веществ, технический ресурс.

Электролитическое производство хлора и щелочей. Общие сведения. Механизм катодных и анодных процессов при электролизе хлоридов. Процессы, происходящие в объеме раствора, и их влияние на направление электронных реакций.

Принципы электролиза растворов хлоридов с фильтрующей диафрагмой и твердым катодом. Оптимальные условия электролиза. Электродные материалы и диафрагмы. Конструкции электролизеров с твердым катодом. Анализ составляющих баланса напряжения и пути снижения напряжения на электролизере. Конструкции электролизеров с ртутным катодом и разлагателем амальгам.

Электролиз соляной кислоты. Получение хлора из попутной соляной кислоты. Прямой и косвенный методы электролиза соляной кислоты.

Основные характеристики электрохимических аппаратов. Схема электрохимического аппарата: корпус, электроды, диафрагма. Классификация электрохимических аппаратов по характеру работы: электрохимические реакторы, электролитические ванны, источники электрической энергии, электрохимические приборы.

Электрокинетические процессы. Электроосмос и электрофорез. Области технического применения. Электродиализ. Электрохимическое обессоливание воды и электрохимическая деминерализация органических соединений.

Теоретические основы органической химии и технологии органических веществ

Классификация и основные принципы номенклатуры органических соединений. Типы изомерии.

Понятия о конформации и конфигурации. Методы установления конфигурации и основы конформационного анализа. Асимметрический атом углерода и понятие оптической активности. Электронные эффекты.

Классификация органических реакций по типам и механизмам. Основные представления о механизмах радикального и нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода и электрофильного замещения в ароматическом ядре. Механизмы реакций элиминирования, электрофильного и нуклеофильного присоединения по кратным связям. Реакции присоединения-отщепления.

Методы получения органических соединений

Галогенирование. Прямое галогенирование, основные методы и их сравнительная оценка. Использование галогенводородов, механизм и региоспецифичность реакции.

Сульфирование. Введение сульфогруппы в алифатические и ароматические соединения. Сульфохлорирование. Сульфонамиды, их получение и свойства. Сульфаниламидные препараты. Замена сульфогруппы на другие атомы и группы.

Нитрование. Введение нитрогруппы в алифатические и ароматические соединения. Реагенты, условия проведения реакции. Превращения нитрогруппы. Примеры использования реакции нитрования в синтезе биологически активных соединений.

Диазотирование. Механизм реакции и условия проведения. Свойства диазосоединений, их анализ. Реакции азосочетания. Использование реакций азосочетания. Превращения диазогруппы. Синтез пиразолонов. Дезаминирование, способ Грисса и новые модификации.

Реакция Зандмейера. Замена диазогруппы на другие заместители.

Окисление. Общие закономерности. Реакции окисления по атому углерода. Окисление металлных и метиленовых групп до первичных и вторичных спиртов, альдегидов и кетонов, карбоновых кислот. Наиболее распространенные реагенты, условия проведения реакций.

Реакции окисления и каталитического дегидрирования. Окисление кратных связей углерод–углерод. Реагенты для окисления двойных и тройных связей. Расщепление гликолей. Окислительное расщепление вторичных спиртов и кетонов.

Восстановление. Типы реакций восстановления. Гидрирование. Катализаторы, их получение и свойства. Гидрогенолиз. Образование новых связей при гидрировании.

Реакции восстановления в результате передачи гидрид-иона.

Нуклеофильные гидриды. Комплексные гидриды. Примеры восстановления. Восстановление с помощью металлорганических соединений. Реактивы Гриньяра. Восстановление под действием металлов (Na, Mg, Zn). Условия проведения реакций, механизм, стереохимия.

Окислительно-восстановительные реакции. Реакции Оппенгауэра—Мейервейна—Пондорфа. Условия проведения и механизм. Реакция Канницаро—Тищенко.

Реакции элементоорганических соединений (ЭОС). Классификация ЭОС. Методы синтеза и свойства. Особенности магний-, цинк-, кадмий-, алюминий-, литийорганических соединений. Использование ЭОС в тонком органическом синтезе. Способы получения ртуть-, мышьяк- и фосфорорганических соединений. Их применение в химии биологически активных соединений. Соединения бора. Способы получения и реакции.

Ацилирование. Реакция Фриделя—Крафтса, условия проведения. Примеры использования в химии биологически активных соединений. Формилирование ароматических соединений. Реакция Вильсмейера. Условия проведения, реагенты.

Реакции конденсации. Типы реакций. Взаимодействие карбонильных соединений с С–Н-кислотами. Получение аминокислот по Штреккеру Альдольно-кетоновая конденсация. Условия проведения. Реакции Кневенагеля, Перкина и др. Синтез глицидных эфиров по Дарзану. Сложноэфирная кляйзеновская конденсация. Реакция Михаэля, использование в химии природных соединений. Реакция Манниха. Реакция Виттига, реагенты, условия проведения, регио- и стереоспецифичность. Реакция Дильса—Альдера. Конденсация Дэкина—Веста, Арндта—Эйстерта. Реакция Кнорра. Конденсация Бишлера—Напиральского.

Перегруппировки. Классификация перегруппировок. Реакции, протекающие при образовании заряда, не сопряженного с кратными связями. Миграция углеродного остатка от атома углерода к другому атому углерода.

Нуклеофильные и электрофильные перегруппировки. Образование положительного заряда на атоме углерода за счет поляризации двойной связи, отщепления галогена, гидроксила, диазогруппы. Положительный заряд на атоме азота, способы образования. Перегруппировки при образовании заряда на кислороде. Перегруппировки аллильного типа. Радикальные, нуклеофильные и электрофильные перегруппировки. Перенос остатка с углерод на углерод, с гетероатома на углерод.

Использование новых реагентов в тонком органическом синтезе. Реагенты на полимерных носителях, их применение и преимущества. Межфазный катализ с использованием гетерофазных реагентов. Краун-эфиры. Примеры использования новых реагентов в химии природных соединений.

Системный анализ процессов химической технологии

Основные принципы системного анализа; взаимосвязь явлений в отдельных процессах и аппаратах; иерархия явлений и их соподчиненность в изучении процессов и аппаратов;

иерархическая структура химического производства; взаимовлияние аппаратов. Математическое моделирование как современный метод анализа и синтеза химико-технологических процессов и химико-технологических систем. Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии, формы представления информации о процессе (управления, регрессии, дифференциальные уравнения, интегральные уравнения, конечные и конечно-разностные уравнения). Постановка задачи математического описания процесса. Два подхода к составлению математической модели процесса: детерминированный и стохастический. Их возможности и сферы использования. Теория подобия и анализ размерностей. Подобные преобразования, физическое моделирование, метода характеристических масштабов. Основы теории переноса количества движения, энергии, массы; гидродинамика и гидродинамические процессы: основные уравнения движения жидкостей, гидродинамическая структура потоков, сжатие и перемешивание газов, разделения неоднородных жидких и газовых систем, перемешивание в жидких средах.

Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия

Модель идеального смешения. Вывод дифференциального уравнения модели. Вид функции отклика модели на стандартные возмущения. Частотные характеристики модели. Условия реализуемости принятых допущений в приложении к аппаратам химической технологии. Модель идеального вытеснения. Вывод дифференциального уравнения модели. Передаточная функция. Вид функции отклика и частотные характеристики модели. Сравнительная оценка идеальных моделей. Энтропийная оценка меры упорядоченности движения частиц. Каноническое и микроканоническое распределение Гиббса. Фактор распределения как выражение второго закона термодинамики. Учет рассеяния по времени пребывания. Ячеечная модель. Свойство детектируемости. Частотные характеристики и вид функции отклика. Вывод уравнения предельного перехода к модели идеального вытеснения. Диффузионная модель. Комбинированные (многопараметрические) модели. Байпасирование. Последовательное и параллельное включение ячеек идеального смешения и вытеснения. Модель с застойной зоной.

Течение жидкости в пленках, трубах, струях и пограничных слоях

Уравнения и граничные условия гидродинамики. Течение, вызванное вращением диска. Гидродинамика тонких стекающих пленок. Струйные течения. Ламинарное течение в трубах различной формы. Продольное обтекание плоской пластины. Пограничный слой. Движение частиц, капель, пузырей в жидкости. Общее решение уравнений Стокса в осесимметричном случае. Обтекание сферической частицы, капли и пузыря поступательным стоксовым потоком. Сферические частицы в поступательном потоке при умеренных и больших числах Рейнольдса. Сферические капли и пузыри в поступательном потоке при умеренных и больших числах Рейнольдса. Обтекание сферической частицы, капли и пузыря сдвиговым потоком. Обтекание несферических твердых частиц. Обтекание цилиндра (плоская задача). Обтекание деформированных капель и пузырей. Стесненное движение частиц.

Химическая термодинамика

Система. Состояние системы. Уравнения состояния. Энергия. Работа. Теплота. Нулевой и первый законы термодинамики. Основные законы термохимии. О равновесных и обратимых процессах. Второй и третий законы термодинамики. Линейная термодинамика в задачах химии и химической технологии. Уравнения сохранения. Диссипативная функция многофазной гетерогенной среды. Соотношение взаимности Онсагера. Потоки массы и тепла в сплошной фазе. Массоперенос в химико-технологических системах с учетом наличия межфазных поверхностей. Вариационный принцип минимума производства энтропии.

Принцип минимума приведенных термодинамических потоков. Определение средней толщины пленки в дисперсно-кольцевых режимах течения. Неравновесная термодинамика необратимых процессов в химической технологии. Термодинамическая функция Ляпунова вдали от равновесия. Метод термодинамических функций Ляпунова для выявления химических осцилляторов. Современное состояние проблемы колебательных реакций в химии. Эксергия, эксергетический метод анализа химико-технологических систем; информационно-термодинамический принцип; использование методов оптимизации при создании энерго- и ресурсосберегающих производств (прямые, декомпозиционные, структурно-декомпозиционные методы).

Массо- и теплоперенос в пленках жидкости, трубах и плоских каналах
Уравнение и граничные условия теории конвективного тепло- и массопереноса. Диффузия к вращающемуся диску. Теплоперенос к плоской пластине. Массоперенос в пленках жидкости. Тепло- и массоперенос при ламинарном течении в круглой трубе. Тепло- и массоперенос при ламинарном течении в плоской трубе. Предельные числа Нуссельта при ламинарном течении жидкостей по трубам различной формы. Массо- и теплообмен частиц, капель и пузырей с потоком. Метод асимптотических аналогий в теории массо- и теплопереноса. Внутренние задачи о теплообмене тел различной формы. Массо- и теплообмен частиц различной формы с неподвижной средой. Массоперенос в поступательном потоке при малых числах Пекле. Массоперенос в линейном сдвиговом потоке при малых числах Пекле. Массообмен частиц и капель с потоком при больших числах Пекле (теория диффузионного пограничного слоя). Диффузия к сферической частице, капле и пузырю в поступательном потоке при различных числах Пекле и Рейнольдса. Диффузия к сферической частице, капле и пузырю в линейном сдвиговом потоке при малых числах Рейнольдса и любых числах Пекле. Диффузия к сфере в поступательно-сдвиговом потоке и потоке с параболическим профилем.

Химическая технология нефти, газа и угля

Современное состояние и перспективы развития нефтяной, газовой и нефтеперерабатывающей промышленности России и других стран.

Вклад отечественных ученых в общее развитие научных и технологических основ переработки нефти.

Роль отдельных источников энергии в топливно-энергетическом балансе России и зарубежных стран. Характеристика основных месторождений нефти, газа и газоконденсата. Углеводородные дисперсные системы. Роль межмолекулярных взаимодействий в их добыче, транспорте, переработке и применении.

Современные методы исследования углеводородного сырья (нефти, газа и газоконденсата). Значение характеристик, установленных ГОСТ и связь их с химическими, физико-химическими и эксплуатационными свойствами топлив, смазочных материалов, пластичных масс, нефтехимического сырья и нефтяного углерода.

Общие научные основы и закономерности процессов переработки нефти и газа и газоконденсата

Классификация процессов получения жидких компонентов топлив, смазочных материалов, нефтяных вязущих материалов (пластичных смазок, битумов, восков, пеков и др.) и твердых углеводородов (нефтяных коксов, битумов, пеков, парафинов и т.п.). Растворы низкомолекулярных и высокомолекулярных соединений нефти. Способность углеводородных и неуглеводородных соединений к межмолекулярным взаимодействиям. Образование дисперсных систем из молекулярных растворов. Классификация дисперсных систем по размерам частиц (коллоидно-дисперсные, промежуточные, грубодисперсные), концентрации частиц (разбавленные, концентрированные, высококонцентрированные),

степени обратимости фаз (обратимые и необратимые), степени анизотропии надмолекулярной структуры (изотропная и анизотропная).

Термодинамика фазовых превращений. Сложные структурные единицы и их строение. Структурно-механическая прочность и устойчивость нефтяных дисперсных систем. Методы регулирования структуры и толщины сольватной оболочки сложной структурной единицы. Теоретические основы технологических процессов переработки нефти. Методы интенсификации процессов, протекающих в жидкофазных гомогенных и гетерогенных системах.

Основные закономерности физико-химических процессов переработки нефти и газа. Химические, гидродинамические и массообменные процессы, основные принципы моделирования и оптимизации нефтетехнологических процессов.

Физико-химические основы технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Правило фаз и его значение. Методы построения диаграмм состояния. Основные типы одно-, двух- и трехкомпонентных диаграмм состояния. Правила определения последовательности фазовых преобразований при изменении температуры по диаграмме состояния. Графические и аналитические методы расчета количественных соотношений фаз в гетерогенных системах. Особенности силикатных систем с точки зрения достижения равновесных состояний. Общие понятия о геометрических основах диаграмм состояния четырехкомпонентных систем. Диаграммы состояния важнейших силикатных, алюминатных, фосфатных и других систем; характеристика фаз, образующихся в этих системах.

Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений, взаимодействия, плавления и кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений в системах силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (СиТНМ). Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в системах СиТНМ. Компьютерные базы термодинамических данных. Энергия кристаллической решетки СиТНМ.

Основные закономерности формирования фазового состава СиТНМ. Установление термодинамической вероятности протекания процессов и последовательности фазовых преобразований в системах СиТНМ. Механизмы и кинетика твердофазных реакций. Термодинамические условия достижения равновесия при твердофазных реакциях. Общие понятия о термодинамике необратимых процессов при диффузионном массопереносе. Поведение сырьевых материалов при нагревании. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов. Гидратированные силикаты, алюминаты и ферриты кальция. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие. Влияние химического и фазового состава и эксплуатационные характеристики СиТНМ.

Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов. Физико-механическая подготовка сырьевых материалов. Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов. Закономерности классификации порошков, их технологическая характеристика. Новые методы измельчения. Особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.

Методики расчетов составов сырьевых смесей. Составление и контроль однородности сырьевых смесей. Технологические свойства и характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий, шликеров, шламов, паст). Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формования. Основные способы формования изделий в

технологии СиТНМ. Важнейшие технологические характеристики процессов формования и способы управления ими.

Процессы сушки в технологии СиТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке. Параметры и режимы сушки, основы расчета оптимальных режимов, способы управления процессом сушки. Современные методы сушки. Сушильные агрегаты: типы, методы расчета. Разновидности и сущность процессов термообработки материалов и изделий. Обжиг, параметры и режимы. Условия и способы теплопередачи при обжиге. Влияние условий обжига на качество изделий. Основные типы тепловых агрегатов различного назначения, особенности теплообмена в них. Расчет основных параметров и тепловых балансов печей.

Процессы спекания, их классификация, стадии спекания. Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и рекристаллизации. Активированное спекание, физические основы. Режимы и условия получения гомогенных расплавов в технологии стекла и ситаллов; условия теплообмена на различных стадиях получения стекломассы. Способы и процессы получения оксидных расплавов. Кристаллизация расплавов. Кинетика и механизмы образования центров кристаллизации и роста кристаллов. Особенности процессов роста кристаллов из слабо и сильно пересыщенных расплавов. Формирование текстуры отливок в процессе кристаллизации. Термические напряжения в отливках. Термообработка отливок. Новые процессы получения СиТНМ. Выращивание нитевидных кристаллов, плазмохимическое получение порошков и покрытий, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, импульсное высокоэнергетическое воздействие.

Физико-химические основы технологии редких элементов.

Технология урана

Использование урана в качестве ядерного топлива (ЯТ) и материала для получения плутония в ядерных реакторах.

Реакция деления U-235 и U-233.

Реакция конверсии U-238 в Pu-239.

Изотопный и химический состав различных видов ЯТ в тепловыделяющих элементах (ТВЭЛ).

Кислотные и щелочные методы вскрытия урановых руд и концентратов.

Способы первичной и тонкой очистки урана с получением концентратов и соединений урана.

Технология получения соединений урана: диоксида, закиси-окиси, тетрафторида и гексафторида.

Металлотермические и электролитические методы получения металлического урана и его сплавов из его оксидов и тетрафторида.

Гидрометаллургия тория

Радиоактивные свойства тория. Торий как ядерное топливо.

Нахождение тория в природе. Минералы тория. Обогащение монацитовых руд.

Сульфатный метод переработки монацитовых концентратов:

фосфатно-оксалатная схема;

фторидно-оксалатная схема;

схема с двойными сульфатами.

Щелочной метод переработки монацитовых концентратов.

Хлорирование монацитовых концентратов.

Оксалатный метод очистки тория от лантаноидов. Очистка тория методом фракционной кристаллизации сульфатов. Экстракционная очистка тория. Ионообменная очистка тория.

Производство хлорида тория. Производство фторида тория.

Гидрометаллургия циркония

Цирконий и гафний в природе. Промышленные минералы циркония и гафния.

Очистка бадделитовых концентратов без разложения. Вскрытие цирконовых концентратов спеканием с известью. Вскрытие цирконовых концентратов спеканием с содой. Вскрытие цирконовых концентратов спеканием (сплавлением) с кремнефторидом калия.

Хлорирование циркона. Хлорирование оксикарбонитрида циркония (получение оксикарбонитрида циркония).

Выщелачивание известковых спеков. Выщелачивание содовых плавов. Выщелачивание продуктов фторидного разложения циркона.

Выделение циркония из растворов в виде оксихлорида. Выделение циркония из растворов в виде основного сульфата. Выделение циркония из растворов выщелачивания в виде кристаллов фторцирконата.

Экстракционное разделение циркония и гафния в азотнокислых растворах. Экстракционное разделение циркония и гафния в роданидных растворах. Разделение циркония и гафния методом фракционной кристаллизации двойных фторидов.

Получение металлических тория, циркония, гафния

Получение металлических тория, циркония, гафния.

Получение металлического тория восстановлением оксида.

Получение металлического циркония восстановлением оксида.

Получение металлического тория восстановлением фторида.

Получение металлического циркония восстановлением фторида.

Получение металлического тория восстановлением хлорида.

Получение металлического циркония восстановлением хлорида.

Получение тория электролизом хлоридных расплавов.

Получение тория электролизом хлоридно-фторидных расплавов.

Получение циркония электролизом хлоридно-фторидных расплавов.

Иодидное рафинирование циркония.

Иодидное рафинирование тория.

Получение слитков циркония электродуговой плавкой.

Получение слитков тория электродуговой плавкой.

Получение слитков циркония электроннолучевой плавкой.

Технология регенерации отработавшего ядерного топлива (ОЯТ).

Характеристика отработавшего ядерного топлива. Факторы, определяющие состав ОЯТ.

Водные методы переработки ОЯТ

Методы удаления оболочки ТВЭЛ (вскрытие топлива) и процессы растворения топлива в водных растворах.

Поведение плутония в водных растворах: валентное состояние, диспропорционирование Pu(IV) и Pu(V), гидролиз, комплексообразование, стабилизация валентных форм плутония.

Обеспечение мер ядерной безопасности при работе с водными растворами, содержащими плутоний и обогатённый уран. Понятие о критических и минимальных критических параметрах водных растворов.

Экстракционная технология регенерации ОЯТ.

Характеристика экстрагентов, используемых в радиохимической промышленности. Физико-химические основы их применения для решения конкретных технологических задач.

Применение трибутилфосфата (ТБФ) для регенерации ОЯТ (выбор разбавителя, экстракция урана, плутония, продуктов деления, разделение компонентов ОЯТ, радиолит ТБФ и влияние

его последствий на технологические показатели).

Получение и свойства важнейших соединений плутония.

Диоксид плутония: получение и свойства.

Галогенидные соединения плутония (PuF_3 , PuF_4 , PuF_6 , PuCl_3): получение и свойства.

Металлический плутоний: физические и химические свойства; способы получения.

Неводные методы регенерации ОЯТ.

Газофторидная технология переработки ОЯТ (физико-химические основы; разделение компонентов ОЯТ).

Пироэлектрoхимические методы регенерации ОЯТ.

Солевые и жидкометаллические растворители ОЯТ; процессы растворения оксидного и металлического топлива.

Пироэлектрoхимическая регенерация облучённого оксидного смешанного (уран-плутониевого) топлива реакторов БН в солевых расплавах.

Пироэлектрoхимическая переработка облучённого металлического смешанного топлива в солевых расплавах с использованием жидкометаллических электродов.

3. Вопросы для вступительного испытания

Кислотно-основное равновесие.

Окислительно-восстановительное равновесие

Электрохимические методы. Теоретические основы

Газо-жидкостная хроматография.

Метрологические основы химического анализа

Современные представления о природе химической связи

Общие принципы реакционной способности

Нуклеофильное замещение при кратной углерод-углеродной связи и в ароматическом ядре.

Присоединение по кратным углерод-углеродным связям.

Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе

Согласованные реакции

Алканы и галогенпроизводные алканов

Алкены и диены

Алкины

Спирты и простые эфиры

Альдегиды и кетоны

Карбоновые кислоты и их производные

Гетероциклические соединений

Теория ароматичности и гетероароматичности.

Основы термодинамики химических процессов и фазовых равновесий

Кинетика, механизм и катализ реакций.

Основы электрохимии

Электрохимический синтез, электролиз и размерная обработка материалов

Химические источники электрической энергии

Классификация процессов получения жидких компонентов топлив, смазочных материалов, нефтяных вязущих материалов и твердых углеводородов

Современные методы исследования углеводородного сырья
Общие принципы приготовления и классификация товарных нефтепродуктов
Физико-химико-механические и эксплуатационные свойства бензинов, дизельных, реактивных, газотурбинных и котельных топлив, масел, пластичных смазок и технических жидкостей
Основные направления технического процесса в области переработки нефтяного сырья.
Физические и физико-химические методы исследования строения углей.
Физические свойства углей: теплотворная способность, плотность, прочность, электропроводность, теплоемкость, теплопроводность и их изменения в зависимости от степени углефикации
Процессы, протекающие при коксовании спекающихся углей и угольных шихт.
Ассортимент углеродных сорбентов (пористых углеродных материалов), получаемых на основе ископаемых углей, и требования к качеству сорбентов
Графитированные электроды для выплавки чугуна и стали, катодные блоки для футеровки электролизеров при выплавке алюминия, угольные электроды для выплавки кремния
Коксы: нефтяные, пековый, сланцевый и др.
Роль связующих в производстве углеродных материалов. Виды используемых связующих. Характеристика связующих.
Модель идеального смешения. Вывод дифференциального уравнения модели
Уравнения и граничные условия гидродинамики.
Гидродинамика тонких стекающих пленок. Струйные течения
Диффузия к сферической частице, капле и пузырю в линейном сдвиговом потоке при малых числах Рейнольдса и любых числах Пекле
Структура и структурные связи твердых дисперсных сред.
Кинетика сушки. Контактные сушилки. Сушилки со стационарным слоем. Сушилки с псевдооживленным и движущимся слоем.
Гетерогенные каталитические реакторы, классификация каталитических реакторов по конструктивному и гидродинамическим признакам
Массоперенос в поступательном потоке при малых числах Пекле.
Правило фаз, методы построения и основные типы диаграмм состояния.
Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.
Основные закономерности формирования фазового состава СиТНМ.
Механизмы и кинетика твердофазных реакций.
Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов.
Влияние химического и фазового состава и эксплуатационные характеристики СиТНМ.
Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов.
Физико-механическая подготовка сырьевых материалов и особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.
Свойства, применение и способы получения инертных газов, азота, кислорода, водорода, синтез-газа.

Технология аммиака и азотной кислоты. Их свойства и применение
Азот-, фосфор- и калийсодержащие удобрения, комплексные удобрения, микроудобрения.
Свойства и применение. Способы получения.
Классификация, свойства и применение. Основные способы получения солей и реактивов
минеральных и органических кислот
Основные способы получения, свойства и применение карбида кальция, термического
фосфора, термической фосфорной кислоты, продуктов плазмохимической технологии.
Классификация, природа примесей. Методы анализа и глубокой очистки веществ.
Требования к конструкционным материалам и чистоте технологической среды
Технологические свойства и характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий,
шликеров, шламов, паст).
Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формования.
Основные способы и технологические характеристики процессов формования изделий в
технологии СИТНМ.
Процессы тепло- и массообмена при сушки СИТНМ., основные типы сушильных агрегатов.
Условия и способы теплопередачи при обжиге, основные типы тепловых агрегатов.
Процессы спекания, их классификация, стадии спекания.
Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и
рекристаллизации.
Режимы и условия получения гомогенных расплавов в технологии стекла и ситаллов.
Способы и процессы получения оксидных расплавов.
Кристаллизация расплавов.
Новые процессы получения СИТНМ: выращивание нитевидных кристаллов,
плазмохимическое получение порошков и покрытий, самораспространяющийся
высокотемпературный синтез, импульсное высокоэнергетическое воздействие.
Химические принципы создания малостадийных химических производств. Разработка
методов получения продуктов из доступного и дешевого сырья.
Ядерно-физические свойства циркония и гафния. Применение соединений циркония и
гафния в ядерной энергетике.
Нахождение циркония и гафния в природе. Промышленные минералы циркония и гафния.
Обогащение руд, содержащих цирконий..
Взаимодействие циркония и гафния с растворами кислот и оснований.
Разделение циркония и гафния в промышленной технологии.
Получение порошков циркония электролизом солевых расплавов.
Получение галогенидов циркония и гафния.
Получение порошков гафния электролизом солевых расплавов.
Получение металлического циркония методом Кролля.
Получение металлического гафния методом Кролля.
Рафинирование металлических циркония и гафния.
Получение циркония ядерной чистоты.
Получение сплавов циркония и гафния, используемых в ядерной энергетике.

Ядерно-физические свойства урана. Применение урана в ядерной энергетике.
Кислотное вскрытие урансодержащих руд.
Подземное выщелачивание урана.
Очистка урановых концентратов с получением товарного АУТК.
Мокрые способы получения ТФУ.
Сухие способы получения ТФУ.
Получение закиси-оксида урана.
Получение диоксида урана.
Получение ГФУ.
Кальциетермический способ получения металлического урана.
Получение металлического урана и его сплавов электролизом расплавов.
Рафинирование металлического урана.
Ядерно-физические свойства тория. Перспективы применения тория в ядерной энергетике.
Нахождение тория в природе. Промышленные минералы тория. Обогащение торийсодержащих руд.
Фосфатно-оксалатная схема переработки монацитовых концентратов.
Фторидно-оксалатная схема переработки монацитовых концентратов.
Сульфатная схема переработки монацитовых концентратов. Схема с двойными сульфатами.
Переработка монацитовых концентратов сухим хлорированием.
Оксалатный метод очистки тория от лантаноидов.
Очистка тория методом фракционной кристаллизации сульфатов.
Экстракционная очистка тория.
Ионообменная очистка тория.
Получение фторида тория.
Получение хлорида тория.
Характеристика и изотопный состав ОЯТ.
Удаление оболочки ТВЭЛ (вскрытие топлива) при переработке ОЯТ.
Растворение компонентов ОЯТ в водных растворах.
Поведение плутония в водных растворах: степень окисления, диспропорционирование Pu(IV) и Pu(V), гидролиз, комплексообразование, стабилизация валентных форм плутония.
Характеристики экстрагентов, используемых в радиохимической промышленности при переработке ОЯТ.
Физико-химические основы применения экстрагентов при переработке ОЯТ.
Применение трибутилфосфата (ТБФ) для регенерации ОЯТ (выбор разбавителя, экстракция урана, плутония, продуктов деления, разделение компонентов ОЯТ, радиолит ТБФ и влияние его последствий на технологические показатели).
Получение и свойства диоксида плутония.
Получение и свойства галогенидов плутония (PuF₃, PuF₄, PuF₆, PuCl₃).
Металлический плутоний: физические и химические свойства.
Получение металлического плутония.

Газофторидная технология переработки ОЯТ (физико-химические основы; разделение компонентов ОЯТ).

Пироэлектрохимические методы регенерации ОЯТ.

Солевые и жидкометаллические растворители ОЯТ; процессы растворения оксидного и металлического топлива.

Пироэлектрохимическая регенерация облучённого оксидного смешанного (уран-плутониевого) топлива реакторов БН в солевых расплавах.

Пироэлектрохимическая переработка облучённого металлического смешанного топлива в солевых расплавах с использованием жидкометаллических расплавов.

Основные электрохимические явления при электролизе. Законы Фарадея.

Природа и механизм возникновения электродного потенциала. Термодинамическая формула для равновесного электродного потенциала.

Строение двойного электрического слоя на границе электрод-электролит.

Кинетика электрохимических процессов. Диффузионное перенапряжение.

Электрохимическое перенапряжение. Основные положения теории замедленного разряда.

Основные закономерности смешанной кинетики.

Перенапряжение кристаллизации.

Влияние поверхностно-активных веществ на кинетику процесса электроосаждения и структуру осадков

Характеристика основных процессов электролитического получения металлов в компактной и порошкообразной форме.

Основные закономерности анодного растворения металлов.

Теория совместного разряда ионов. Электроосаждение сплавов. Электrokристаллизация и структура сплавов.

Теоретические основы работы и конструкции основных химических источников тока.

Характеристики ХИТ.

Пассивность металлов. Пленочная, адсорбционная теория пассивности. Солевая пассивность.

Электрохимическая коррозия металлов.

Методы исследования коррозионных процессов. Метод поляризационных диаграмм.

Электрохимические методы защиты от коррозии.

4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру по направлению подготовки 18.06.01 – Химические технологии

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данному направлению производится по пяти балльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Оценка	Критерии
Отлично	1. Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. 2. Демонстрируются глубокие знания по дисциплине. 3. Делаются обоснованные выводы. 4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.
Хорошо	1. Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. 2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. 3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия. 4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.
Удовлетворительно	1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе. 2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплины. 3. Имеются затруднения с выводами. 4. Определения и понятия даны не чётко.
Неудовлетворительно	1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по дисциплине. 2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии. 3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.

5. Список рекомендуемой литературы

Основная

1. Васин Б.Д., Волкович В.А. Неводные методы переработки облучённого ядерного топлива – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 79 с.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: Учебник для вузов.-М.: Химия, 2010. 624 с.
3. Окулов В.В. «Цинкование. Техника и технология». – М.: Глобус, 2008. – 252 с.
4. Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург. Физико-химические основы электрохимии: Учебник. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. – 424 с.
5. Электроаналитические методы: теория и практика./ Под ред. Ф.Шольца. М.: БИНОМ ЛЗ, 2009. – 326с.
6. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии / М.: издательский дом «Интеллект», 2013. – 448 с.

7. Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А., Тимонов А.М. Теоретическая электрохимия. М.: ООО «ТИД «Студент»», 2013. – 494 с.

Дополнительная

8. Реутов О.А. Органическая химия: в 4 ч/ О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. М.: Бином, 2004.
9. Ли Дж. Именные реакции. Механизмы органических реакций /Пер. с англ. В.М. Демьянович. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 456 с.
10. Органическая химия: учеб. для вузов: в 2 кн./В.Л. Белобородов, С.Э. Зурабян, А.П. Лузин, Н.А. Тюкавкина. 3-е изд.; под. ред. Н.А. Тюкавкиной. М: Дрофа, 2004. Кн. 1: Основной курс. 640 с.
11. Carey F.A. Advanced Organic Chemistry. Part A: Structure and Mechanisms. 5th edition / F.A. Carey, R.J. Sundberg. New York: Springer Science. 2008. – 1199 p.
12. Writing Reaction Mechanisms in Organic Chemistry (Advanced Organic Chemistry), ed. Miller A., Solomon P. H. New York: Academic Press, 2003. - 460 p.
13. Advanced Organic Chemistry: Reactions and Mechanisms 2nd edition. Ed. Miller A., Bernard H. New York: Academic Press, 2003. - 432 p.
14. Grossman R.B. The Art of Writing Reasonable Organic Reaction Mechanisms / R.B. Grossman. New York: Elsevier, 2005. - 367 p.
15. Горшков, В.С. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений / В.С. Горшков, В.Г. Савельев, Н.Ф. Федоров. М.: Высшая школа, 1988.
16. Урьев, Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов / Н.Б. Урьев. М.: Химия, 1988.
17. Сулименко, Л.М. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов / Л.М. Сулименко, И.А. Тихомирова. М.: РХТУ, 2000.
18. Кащеев, И.Д. Фазовые равновесия в оксидных системах / И.Д. Кащеев, А.В. Иванова. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 157 с.
19. Торий в ядерном топливном цикле / В.Н. Власов, И.И. Жерин и др. – М.: Издательский дом «Руда и Металлы», 2006. – 360с.
20. Тураев Н.С., Жерин И.И., Химия и технология урана. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006.
21. Лебедев В.М. Ядерный топливный цикл. М.: Энергоатомиздат, 2005.
22. Жиганов А.М., Гузеев В.В., Андреев Г.Г. Технология диоксида урана для керамического ядерного горючего. Томск: SST, 2002.
23. Власов В.Г. Конспект лекций по курсу «Физико-химические основы технологии редких и радиоактивных металлов». Свердловск: УПИ, 1974. - Ч. 1, 2, 3.
24. Зеликман А.Н., Вольцман Г.М., Беляевская Л.Б. Теория гидрометаллургических процессов. М.: Metallurgia, 1975.
25. Казанцев Е.И., Пахолков В.С., Кокоско Э.Ю., Чупахин О.Н. Ионообменные материалы, их синтез и свойства. Свердловск: УПИ, 1969.
26. Власов В.Г., Жуковский В.М., Ткаченко Е.В., Бекетов А.Р. Кислородные соединения урана. М.: Атомиздат, 1972.
27. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. М.: Metallurgia, 1972.
28. Коршунов Б.Г. Введение в хлорную металлургию редких элементов. М.: Metallurgia, 1970.
29. Будников П.П., Гинстлинг А.М. Реакция в смесях твердых веществ. М.: Стройиздат, 1965.
30. Пазухин Н.А., Фишер А.Я. Вакуум в металлургии. М.: Metallurgizdat, 1956.

31. Делимарский А.К., Марков Б.Ф. Электрохимия расплавленных солей. М.: Metallurgizdat, 1961.
32. Груссбах Р. Теория и практика ионного обмена. М.: И.Л., 1963.
33. Трейбл Р. Жидкостная экстракция. М.: Химия, 1966.
34. Котельников Р.Б. и др. Высокотемпературное ядерное топливо. М.: Атомиздат, 1969.
35. Гогужин Я.Е. Физика спекания. М.: Наука, 1967.
36. Фурман А.А., Рабовская Б.Г. Основы химии и технологии безводных хлоридов. М.: Химия, 1970.
37. Вольский А.Н., Стерлин Я.М. Metallургия плутония. М.: Наука, 1967. - 251 с.
38. Химическая технология облучённого ядерного горючего. Под ред. В.Б. Шевченко. М.: Атомиздат, 1971. - 448 с.
39. Громов Б.В. и др. Химическая технология облучённого ядерного топлива. М.: Энергоатомиздат, 1983. - 352 с.
40. Васин Б.Д. и др. Неводные методы переработки облучённого ядерного топлива. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004.
41. Радиохимическая переработка облучённого ядерного топлива АЭС. Землянхин В.И., Ильенко Е.И. и др. М.: Энергоатомиздат, 1989. - 280 с.
42. Зеликман А.Н., Меерсон Г.А. Metallургия редкоземельных металлов, тория, урана. М.: Metallurgizdat, 1973.
43. Каплан Г.Е. и др. Торий, его сырьевые ресурсы, химия и технология. М.: Атомиздат, 1964.
44. Барышников Н.В. и др. Metallургия циркония и гафния. М.: Metallургия, 1979.
45. Ягодин Г.А. и др. Технология редких металлов в атомной технике. М.: Атомиздат, 1974.
46. Емельянов В.С., Евстюхин А.Н. Metallургия ядерного горючего. М.: Атомиздат, 1964.
47. Раков Э.Г., Хаустов С.В. Процессы и аппараты производств радиоактивных и редких металлов. М.: Metallургия, 1993.
48. Громов Б.В. Ведение в химическую технологию урана. М.: Атомиздат, 1978.
49. Стерлин Я.М. Metallургия урана. М.: Госатомиздат, 1962.
50. Галкин Н.П., Судариков Б.Н. и др. Технология урана. М.: Атомиздат, 1964.
51. Галкин Н.П., Майоров А.А. и др. Химия и технология фтористых соединений урана. М.: Госатомиздат, 1961.

6. Рекомендуемые Интернет-ресурсы

1. Инженерный справочник - <http://www.dpva.info/>.
2. Физический справочник - http://www.all-fizika.com/article/index.php?id_article=3.
3. Официальный сайт ГК «Росатом» - <http://www.rosatom.ru/>.
4. Официальный сайт ОАО «Чепецкий механический завод» - <http://www.chmz.net/>.
5. XuMuK.ru - САЙТ О ХИМИИ - <http://www.xumuk.ru/>.
6. Каталог химических ресурсов - http://www.chemport.ru/catalog_tree.php.
7. WebElements Онлайн - <http://www.webelements.narod.ru/>.

Программу вступительного испытания в аспирантуру по направлению подготовки 18.06.01 –
Химические технологии разработали:

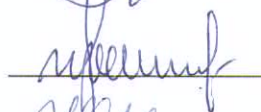
Доцент кафедры редких металлов
и наноматериалов, к.х.н., доцент

 В.А. Волкович

Зав.кафедрой строительного
материаловедения, д.т.н., профессор

 Ф.Л. Капустин

Зав.кафедрой химической технологии
керамики и огнеупоров, д.т.н., профессор

 И.Д. Кащеев

Гл. научн. сотр-к кафедры технологии
органического синтеза, д.х.н., профессор

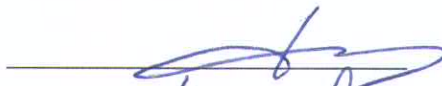
 Ю.Ю. Моржерин

Профессор кафедры редких металлов
и наноматериалов, д.х.н., профессор

 Д.Ф. Ямщиков

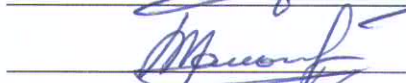
Лист согласования

Директор ХТИ



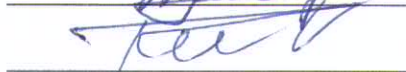
(Русинов В.Л.)

Директор ИММт



(Мальцев В.А.)

Директор ФТИ



(Рычков В.Н.)