МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и неорганической химии

УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета, доц.
_____ А.И. Вильмс
“10” июня 2026 г.

Рабочая программа дисциплины Б1.О.27

Наименование дисциплины **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Направление подготовки **04.03.01 - Химия**

Направленность подготовки: **Химия**

Квалификация выпускника – **БАКАЛАВР**

Форма обучения ***очная***

Согласовано с УМК химического факультета

Протокол № 4 от «10» июня 2026 г.

Председатель _____ *Вильмс А.И.*

Рекомендовано кафедрой общей и неорганической химии:

Протокол № 6 от «09» июня 2026 г.

Зав. кафедрой _____ *Сафронов А.Ю.*

Иркутск 2026 г.

Содержание

стр.

I. Цели и задачи дисциплины 3

II. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО 3

III. Требования к результатам освоения дисциплины. 4

IV. Содержание и структура дисциплины 6

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов 6

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине 8

4.3 Содержание учебного материала 14

4.3.1 Перечень семинарских занятий и лабораторных работ 19

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение (самостоятельная работа студентов) 21

4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов 21

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) 21

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины 23

VII. Образовательные технологии 24

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации 24

I. Цели и задачи дисциплины:

Общеобразовательная цель: изучение основных принципов разработки химико-технологических процессов и их инженерного оформления. На основе изучения закономерностей протекания процессов рассматриваются методики расчета основных характеристик химического процесса, методов выбора рациональных схем производства заданного продукта, методы выбора технологических режимов, обеспечивающих оптимальные значения показателей химических процессов, анализа и оценки эффективности производства.

Развивающая цель: развитие у обучающихся стремления к саморазвитию, повышению кругозора по вопросам изучаемой дисциплины.

Воспитательная цель: воспитание осознания социальной значимости своей профессии и необходимости осуществления профессиональной деятельности на основе моральных и правовых норм.

Задача дисциплины состоит в том, чтобы научить студента обоснованному подходу к выбору метода получения химического продукта с учетом мероприятий по охране окружающей среды на базе знаний, полученных ранее при изучении естественнонаучных дисциплин и знаний, полученных после усвоения дисциплины.

II. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина относится к базовым дисциплинам обязательной части (Б1.О.27). Современная химическая технология базируется на основных положениях химии, усвоенных студентами в процессе изучения этого предмета в школе. Курс Химическая технология имеет фундаментальное значение в становлении специалиста широкого профиля и опирается на следующие предшествующие дисциплины:

неорганическая химия,

органическая химия,

аналитическая химия,

физическая химия,

химия ВМС.

III. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному *направлению подготовки 04.03.01 «Химия», профиль: Химия*.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	ИДК $_{ОПК-1.2}$ Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	**Знать**: методы составления и решения уравнений материального и теплового балансов основных процессов, определения движущей силы, расчета скорости процессов, а также назначение, принцип устройства и работы, основные характеристики и оптимальные условия работы типовых аппаратов и вспомогательного оборудования; основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные химические производства. **Уметь:** подготавливать объекты исследования, проводить экспериментальные исследования по заданной методике, работать на аппаратуре, применяемой в химических исследованиях, рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства, пользоваться справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины, осуществлять типовые гидродинамические, тепловые, массообменные расчёты. **Владеть:** навыками применения

		теоретических основ при синтезе и исследовании неорганических и органических объектов и работе с растворёнными в воде и органических растворителях веществами по готовым методикам, методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; методами анализа эффективности работы химических производств; определения технологических показателей процесса.
ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ИДК $_{ОПК-2.1}$ Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности ИДК $_{ОПК-2.2}$ Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик	**Знать:** правила и нормы техники безопасности при работе с химическими реактивами и физическими приборами. **Уметь:** подготавливать объекты для синтеза, проводить экспериментальный синтез по заданной методике, работать на аппаратуре, применяемой в химических исследованиях. **Владеть:** навыками проведения химических экспериментов при синтезе веществ по готовым методикам.
ОПК-6 Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ИДК$_{ОПК6.1}$ Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке ИДК$_{ОПК-6.4}$ Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках	**Знать:** правила составления протоколов отчетов химических опытов, применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, подготовить отчет о выполненной работе. **Уметь:** представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области химии. **Владеть**: навыками представления результатов собственных научных изысканий в компьютерных сетях и информационной научно-образовательной среде.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов, в том числе 1,25 зачетных единиц, 45 часов на экзамен.

Форма промежуточной аттестации: ***экзамен.***

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа преподавателя с обучающимися				Самостоятельная работа	
			Лекции	Лабораторные и практические занятия		КСР / консультации		
				Всего часов	Из них практическая подготовка			
1	Общие вопросы химической технологии	7	2	24	24		4	Проверка отчетов по ЛР, практические задания, семинары
2	Теоретические основы химической технологии	7	6	18	18		3	Проверка отчетов по ЛР, практические задания, семинары
3	Структура и технологические схемы химических производств	7	2	6	6		3	Проверка отчетов по ЛР, практические задания, семинары
4	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. *Технология азота*	7	4				3	Проверка отчетов по ЛР, практические задания, семинары

5	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. *Переработка фосфорсодержащего сырья*	7	4				3	Проверка отчетов по ЛР, практические задания, семинары
6	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. *Переработка нефти*	7	4	6	6		3	Проверка отчетов по ЛР, практические задания, семинары
7	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. *Производство полиэтилена*	7	4	-	-		3	Проверка отчетов по ЛР, практические задания, семинары
8	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. *Электрохимические производства.*	7	4	18	18	-	3	Проверка отчетов по ЛР, практические задания, семинары
9	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. Производство металлического алюминия.	7	4			-	4	Проверка отчетов по ЛР, практические задания, семинары
10	***Составление и защита регламента***	7	-				11	Проверка регламента, защита регламента
11	**Экзамен**					**45**		Экзамен
Итого часов			**34**	**72**	**72**	**45**	**40**	

*В рабочей программе по дисциплине при выполнении лабораторных работ предусмотрена **практическая подготовка** в виде выполнения отдельных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.*

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
7	Общие вопросы химической технологии	Написание отчетов	Сентябрь - декабрь	4	Проверка отчетов УО	Крон, Валерий Александрович. Химическая технология [Текст] : учеб.-метод. пособие / В. А. Крон, Б. В. Тимохин ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2006. - 145 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 142.
	Теоретические основы химической технологии	Написание отчетов	Сентябрь - декабрь	3	Проверка отчетов УО	Неорганическая химия : Крон, Валерий Александрович. Химическая технология [Текст] : учеб.-метод. пособие / В. А. Крон, Б. В. Тимохин ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2006. - 145 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 142.
	Структура и технологические схемы химических производств	Написание отчетов	Сентябрь - декабрь	3	Проверка отчетов УО	Крон, Валерий Александрович. Химическая технология [Текст] : учеб.-метод. пособие / В. А. Крон, Б. В. Тимохин ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2006. - 145 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 142.

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. *Технология азота*	Составление регламента, участие в защите регламентов	Сентябрь - декабрь	3	Защита регламентов	Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса (№ 02-35/234 от 28 апреля 2000 г.) Рекомендации по написанию учебного технологического регламента: учебно-методическое пособие /И.А.Бабенко, А.С.Бобков, Б.Н.Баженов, А.В.Кашевский.- Иркутск : Изд-во ИГУ, 2020.- 80 с
	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. *Переработка фосфорсодержащего сырья*	Составление регламента, участие в защите регламентов	Сентябрь - декабрь	3	Защита регламентов	Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса (№ 02-35/234 от 28 апреля 2000 г.) Рекомендации по написанию учебного технологического регламента: учебно-методическое пособие /И.А.Бабенко, А.С.Бобков, Б.Н.Баженов, А.В.Кашевский.- Иркутск : Изд-во ИГУ, 2020.- 80 с

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. *Переработка нефти*	Составление регламента, участие в защите регламентов	Сентябрь - декабрь	3	Защита регламентов	Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса (№ 02-35/234 от 28 апреля 2000 г.) Рекомендации по написанию учебного технологического регламента: учебно-методическое пособие /И.А.Бабенко, А.С.Бобков, Б.Н.Баженов, А.В.Кашевский.- Иркутск : Изд-во ИГУ, 2020.- 80 с
	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. *Производство полиэтилена*	Составление регламента, участие в защите регламентов	Сентябрь - декабрь	3	Защита регламентов	Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса (№ 02-35/234 от 28 апреля 2000 г.) Рекомендации по написанию учебного технологического регламента: учебно-методическое пособие /И.А.Бабенко, А.С.Бобков, Б.Н.Баженов, А.В.Кашевский.- Иркутск : Изд-во ИГУ, 2020.- 80 с

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. *Электрохимические производства*	Написание отчетов	Сентябрь - декабрь	3	Проверка отчетов УО	Крон, Валерий Александрович. Химическая технология [Текст] : учеб.-метод. Пособие / В. А. Крон, Б. В. Тимохин ; Иркутский гос. Ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2006. - 145 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 142.
	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств. Производство металлического алюминия.	Составление регламента, участие в защите регламентов	Сентябрь - декабрь	4	Защита регламентов	Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса (№ 02-35/234 от 28 апреля 2000 г.) Рекомендации по написанию учебного технологического регламента: учебно-методическое пособие /И.А.Бабенко, А.С.Бобков, Б.Н.Баженов, А.В.Кашевский.- Иркутск : Изд-во ИГУ, 2020.- 80 с

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
	Составление и защита регламента	*Составление и защита регламента*	Ноябрь-декабрь	11	Защита регламентов	Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса (№ 02-35/234 от 28 апреля 2000 г.) Рекомендации по написанию учебного технологического регламента: учебно-методическое пособие /И.А.Бабенко, А.С.Бобков, Б.Н.Баженов, А.В.Кашевский.- Иркутск : Изд-во ИГУ, 2020.- 80 с
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				**40**		
Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)				**40**		

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине включает в себя:
занятия лекционного типа, лабораторные работы, групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

4.3 Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

1.1 Общие вопросы химической технологии

Роль и масштабы использования химических процессов в различных сферах материального производства. Сырьевая и энергетическая база химических производств. Тенденции развития техносферы и возрастающее значение проблем ресурсо- и энергосбережения, обеспечения безопасности химических производств, защиты окружающей среды.

Химическое производство как сложная система. Основные этапы создания химико-технологических систем (ХТС).

Фундаментальные критерии эффективности использования сырья и энергоресурсов в ХТП. Уравнения баланса материальных потоков в технологических системах. Показатели расхода различных видов сырья; относительный выход продукта. Уравнения баланса потоков энергии. Основные направления повышения эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов. Комплексное использование сырья. Энерготехнологические схемы и их сущность.

Химическая технология и материаловедение. Современная систематика материалов по составу, свойствам и функциональному назначению. Материалы как важная категория продуктов химической технологии. Воспроизводимость свойств материалов как ключевая проблема материаловедения. Функциональные материалы в химической технологии: катализаторы, адсорбенты, электроды, мембраны, сенсоры и др. Параметры ныне применяемых функциональных материалов и прогнозируемые характеристики. Ресурс функциональных материалов – один из важнейших критериев их использования в технологии. Конструкционные материалы как фактор, лимитирующий применение экстремальных физических воздействий в технологии. Химическое сопротивление металлических и неметаллических материалов. Методы защиты металлов и сплавов от коррозии. Основные виды неметаллических конструкционных материалов. Роль новых материалов при разработке эффективных технологических схем и интенсификации технологических процессов.

1.2 Теоретические основы химической технологии

Мембранная технология разделения смесей веществ. Равновесные и кинетические факторы, определяющие эффективность мембранного разделения. Иерархическая структура современных мембранных материалов. Конструкция мембранных аппаратов.

Многоступенчатые каскады разделительных модулей. Комбинирование мембранных и адсорбционных модулей.

Проблема масштабного перехода в химической технологии при реализации лабораторных исследований в промышленности. Химические реакторы. Основные типы химических реакторов; примеры их использования в технологии важнейших химических продуктов.

Химико-технологические процессы как объект управления. Входные и выходные параметры системы; параметры состояния, конструкционные и управляющие параметры; функциональный оператор системы Задача выбора адекватной математической модели и параметрической идентификации объекта.

1.3 Структура и технологические схемы химических производств

Масштабы мирового производства важнейших групп химических продуктов в тоннажном и стоимостном выражении, удельном энергопотреблении, стоимости и сроках службы основных видов оборудования. Прогнозные данные о сырьевом обеспечении крупномасштабных промышленных химических процессов, включая переработку первичных энергоресурсов во вторичные, производство металлов и полимерных материалов, минеральных удобрений, серной кислоты и т.д. Общие сведения об основных источниках промышленных отходов и выбросов, их воздействие на окружающую среду.

Сложность и многовариантность решения задачи синтеза и оптимизации технологической схемы крупного химического производства. Принцип многостадийного осуществления химического преобразования исходного сырья в конечные продукты с оптимальным варьированием вдоль траектории процесса температуры и давления, точек ввода реагентов и вывода побочных продуктов химических превращений, использованием вспомогательных рабочих веществ селективного действия (катализаторов, абсорбентов и т.д.), организацией местных рециклов материальных потоков. Вода как сырье и компонент химических производств; процессы водоподготовки и подсистемы водооборота в промышленности. Подсистемы контроля и управления технологическими процессами. Виды технологического анализа на химических предприятиях.

1.4 Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств

Технология азота

Ключевое значение технологии связывания атмосферного азота в производстве продовольствия. Структура современного производства аммиака из природного газа: основные блоки и связи. Гибкое использование гетерогенных катализаторов в

многоступенчатой схеме приготовления и очистки азотоводородной смеси. Особенности циркуляционной схемы синтеза аммиака; физико-химические основы выбора оптимальной схемы синтеза аммиака; профилирование температуры по высоте колонны синтеза. Утилизация «продувочных» газов.

Структура и основные особенности современной технологической схемы производства **азотной кислоты**. Физико-химические основы и аппаратурное оформление процессов селективного каталитического окисления аммиака, окисления оксидов азота и их абсорбции. Схемы каталитического обезвреживания отходящих газов. Причины низкой эксергетической эффективности производства азотной кислоты.

Производство **нитрата аммония**. Использование теплоты нейтрализации. Производство карбамида.

Перспективы биотехнологии в решении проблемы фиксации азота в почвах.

Переработка фосфорсодержащего сырья

Виды фосфорсодержащего сырья: апатиты и фосфориты, мировые запасы и основные месторождения. Различия минералогического состава и свойств, определяющие выбор способа технологической переработки. Современное состояние производства и потребления фосфора и фосфорных кислот. Экстракционная кислота как основа производства минеральных удобрений. Электротермический способ получения элементарного фосфора и термической фосфорной кислоты. Плавленые фосфаты.

Физико-химические основы разложения природных фосфатов серной, азотной и фосфорной кислотами. Состав и концентрация образующейся фосфорной кислоты в зависимости от температуры и способа разложения апатита. Выделение и утилизация фтористых газов. Баланс по фтору в производстве фосфорной кислоты и удобрений.

Производство экстракционной фосфорной кислоты и удобрений – основной потребитель мирового производства серной кислоты. Современное состояние производства ***серной кислоты*** из различных видов сырья (природная сера, колчедан, серосодержащие отходящие газы переработки полиметаллических руд, сера и сероводород из нефтей и природного газа). Фосфогипс – отход производства экстракционной фосфорной кислоты – потенциальный источник сырья для получения серной кислоты и построения замкнутых циклов в производстве удобрений.

Переработка нефти

Мировые запасы нефти, основные показатели распространенности и потребления нефти по странам. Основные целевые продукты нефтепереработки. Первичные и вторичные процессы нефтепереработки. Глубокая переработка нефти с использованием каталитических процессов – основа ресурсосбережения и получения высококачественных моторных топлив, смазочных масел и широкого ассортимента сырья для нефтехимического и микробиологического синтеза.

Каталитический крекинг – важнейший многотоннажный технологический процесс переработки нефтяных фракций. Химические основы процесса и целевые продукты. Многовариантный состав керосино-газойлевых фракций – основного сырья процесса каталитического крекинга и методы его подготовки (гидрообессеривание и гидроочистка).

Алюмосиликатные катализаторы крекинга (от природных глин до современных цеолитсодержащих синтетических катализаторов). Роль аморфной алюмосиликатной матрицы. Синергизм в системе цеолит – матрица. Гибкость процесса по сырью за счет целенаправленного модифицирования катализатора (введение матрицы, полизарядных катионов, ультрастабилизация), придание устойчивых механических и гидромеханических свойств (микросферизация, введение баритов и пр.). Изменение свойств катализатора (активности и селективности) в процессе крекинга и необходимость регенерации катализатора. Роль процессов массопереноса в осуществлении каталитического крекинга.

Эволюция технологического оформления процесса каталитического крекинга: стационарный слой катализатора, псевдоожиженный слой микросферного катализатора, движущийся слой гранулированного катализатора, движущийся слой шарикового катализатора с соосным расположением реактора и регенератора с пневмотранспортом, крекинг в лифт-реакторе с дожигом CO в CO_2 и улавливанием сернистых соединений в регенераторе.

Производство полиэтилена

Сырье для производства ПЭ. Технологическая схема подготовки сырья для производства ПЭ. Промышленное получение ПЭ. Сравнение различных технологических схем получения ПЭ. Получение ПЭ низкой плотности. Основные особенности технологической схемы радикальной полимеризации этилена при высоком давлении в газовой фазе в трубчатых реакторах. Получение ПЭ высокой плотности. Технология переработки и области применения ПЭ и изделий из него.

Химическая модификация ПЭ как метод промышленного получения полимеров с принципиально новыми эксплуатационными свойствами. Хлорированный полиэтилен (ХПЭ). Основные эксплуатационные свойства ХПЭ. Понятие о композиционной неоднородности ХПЭ. Влияние общего содержания хлора и композиционной неоднородности ХПЭ на его эксплуатационные свойства. Хлорсульфированный полиэтилен (ХСПЭ). Основные эксплуатационные свойства ХСПЭ. Особенности радикальной реакции сульфохлорирования ПЭ в растворе. Механизмы вулканизации ХСПЭ. Экологические аспекты производства ПЭ и изделий на его основе.

Электрохимические производства.

Основы процесса электролиза. Баланс напряжения и расход электроэнергии на электролиз. Выход по току. Материальный и тепловой балансы электролизера. Основы теории переноса ионов в растворах электролитов и в мембранах. Распределение газосодержания в межэлектродном пространстве. Анализ влияния неоднородностей распределения тока на выход по току побочных продуктов.

Производство хлора и каустической соды. Реакции на электродах. Типы промышленных электролизеров. Электролизеры с твердым катодом: диафрагменный и мембранный. Электролизер с ртутным катодом. Реактор для разложения амальгамы. Электролизер для электролиза расплавов хлоридов щелочных металлов. Основные стадии производства хлора и каустической соды. Физико-химические основы конденсации жидкого хлора, хранение и транспортировка жидкого хлора. Осушка и перекачка водорода. Выпарка и плавка каустической соды. Экологические проблемы производства хлора и каустической соды.

Производство металлического алюминия. Электролит в производстве алюминия. Анодные и катодные реакции. Типы и конструкции электролизеров. Анодные и катодные материалы в производстве алюминия. Проблема малоизнашиваемого анода.

Электрохимические производств других металлов. Экологические проблемы производства металлов.

4.3.1 **Перечень семинарских занятий и лабораторных работ**

	№ раздела и темы дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Практическая подготовка	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	1.1 Общие вопросы химической технологии	1. Испытание выпарной установки 2. Исследование теплообменника «труба в трубе» 3. Определение коррозионной стойкости металлов 4. Исследование свойств композиционных материалов 5. Защита металлов от коррозии	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	Отчет, собеседование по отчету	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6
2	1.2 Теоретические основы химической технологии	6. Изучение гидравлики кипящего слоя 7. Определение констант фильтрования	6 6	6 6	Отчет, собеседование по отчету	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6
3	1.3 Структура и	8. Технический анализ и	6	6	Отчет,	ОПК-1 ОПК-2

	технологические схемы химических производств	подготовка воды			собеседование по отчету	ОПК-6
4	1.4 Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств	9. Контактный способ получения серной кислоты 10. Каустификация содового раствора 11. Электролитическое получение хлора и едкого натра 12. Получение легкоплавких стекол 13. Получение композитных материалов 14. Пиролиз нефтепродуктов	6 6 6 6 6 6 6	6 6 6 6 6 6 6	Отчет, собеседование по отчету	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6

* На лабораторные работы отводится 72 часа. Каждому студенту предлагается индивидуальный набор лабораторных работ из представленного списка.

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение (самостоятельная работа студентов)

№ нед.	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
2-6	Общие вопросы химической технологии	Подготовка и написание отчётов	ОПК-1 ОПК-2,ОПК-6	ОПК-1.2 ОПК-2.2 ОПК-6.1
7-9	Теоретические основы химической технологии	Подготовка и написание отчётов	ОПК-1 ОПК-2,ОПК-6	ОПК-1.2 ОПК-2.2 ОПК-6.1
1-2, 9-10	Структура и технологические схемы химических производств	Подготовка и написание отчётов	ОПК-1 ОПК-2,ОПК-6	ОПК-1.2 ОПК-2.2 ОПК-6.1
3	Анализ технологических схем некоторых важнейших химических производств	Подготовка и написание отчётов	ОПК-1 ОПК-2,ОПК-6	ОПК-1.2 ОПК-2.2 ОПК-6.1

4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связанная с подготовкой отчетов по выполненным лабораторным работам, закреплением теоретического материала в виде решения задач и подготовки к семинарам, проводится во внеаудиторное время.

Структура отчета по лабораторной работе:

1. Цель работы.
2. Теоретическая часть.
3. Выполнение расчетных, графических и контрольных заданий в соответствии с методическими указаниями к каждой работе.
4. Вывод (на основе полученных результатов).

Методические рекомендации по выполнению и обработке экспериментальных данных по каждой лабораторной работе описаны в методических рекомендациях: Крон, Валерий Александрович. Химическая технология [Текст] : учеб.-метод. пособие / В. А. Крон, Б. В. Тимохин ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2006. - 145 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 142.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) федеральные законы и нормативные документы (при наличии)

ПОЛОЖЕНИЕ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТАХ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

(№ 02-35/234 от 28 апреля 2000 г.)

б) основная литература

1. Крон, Валерий Александрович. Химическая технология [Текст] : учеб.-метод. пособие / В. А. Крон, Б. В. Тимохин ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2006. - 145 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 142.
2. Рекомендации по написанию учебного технологического регламента: учебно-методическое пособие /И.А.Бабенко, А.С.Бобков, Б.Н.Баженов, А.В.Кашевский.- Иркутск : Изд-во ИГУ, 2020.- 80 с.
3. Бесков, В. С. Общая химическая технология [Текст] : учеб. для студ. вузов, обуч. по хим.-технолог. напр. подготовки бакалавров и дипломир. спец. / В. С. Бесков. - М. : Академкнига, 2006. - 453 с. : ил. ; 22 см. - (Учебник для вузов). - Библиогр.: с. 446. - ISBN 5-94628-149-6.
4. Магарил, Ромен Зеликович. Теоретические основы химических процессов переработки нефти [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 3925002 "Хим. технология переработки нефти и газа" / Р. З. Магарил. - ЭВК. - М. : Университет, 2009. - 281 с. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. Магарил, Ромен Зеликович. Теоретические основы химических процессов переработки нефти [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 3925002 "Хим. технология переработки нефти и газа" / Р. З. Магарил. - ЭВК. - М. : Университет, 2010. - 281 с. - Режим доступа: Электронный читальный зал "Библиотех". - ISBN 978-5-98227-679-7.

в) дополнительная литература

1. Островский, Геннадий Маркович. Методы оптимизации химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. М. Островский. - ЭВК. - М. : Университет, 2007. - 425 с. - Режим доступа: Электронный читальный зал "Библиотех". - ISBN 978-5-98227-343-7.
2. Димова, Людмила Михайловна. Фосфаты металлов - ионообменники при глубокой очистке солей : учеб.-метод. пособие / Л. М. Димова, Г. И. Смирнов ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2009. - 96 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 81-96.

г) список авторских методических разработок:

Рекомендации по написанию учебного технологического регламента: учебно-методическое пособие /И.А.Бабенко, А.С.Бобков, Б.Н.Баженов, А.В.Кашевский.- Иркутск : Изд-во ИГУ, 2020.- 80 с.

-

Сверено с НБ ИГУ
дата, подпись

д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1.www.elar.usu.ru/…/1569/1/1333921_exam.pdf

2. http:www.ksu.ru/chmku/docs/kn4_06.rtf

3. www.xenoid.ru/.../chem_books_download.php

4. http:/www.edu.ru./db/portal/spe/archive.htm

5. http:www.edu.ru/window/library?p…

6. http:www.novedu.ru

7. http:www.anchem.ru

8 http:www.ximicat.com/index.php

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Помещения для проведения лекционных и лабораторных занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, приборной базой и реактивами, а именно:

- аудитории, оснащенные мультимедийными средствами, для проведения аудиторных и практических занятий (ауд. 402, 426, 303); ауд. 5, 402, 426 оборудованы мультимедийными проекторами (InFocus IN 105 (3D Ready)), настенными экранами, ноутбуками Samsung NP 300T5A-A0FRU;
- лабораторные практикумы (ауд. 416 204), оснащенные следующим оборудованием:

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Аудитория, количество установок
1	Учебная лаборатория	6 корпус, 416 ауд.
2	Учебная лаборатория	6 корпус, 204 ауд
3	Установка для исследования коррозионной стойкости металлов	6 корпус, 416 ауд, 1шт.
4	Установка для изучения взвешенного слоя дисперсных материалов	6 корпус, 416 ауд, 1шт.
5	Установка для изучения процесса электрохимического хромирования и защиты металлов от коррозии	6 корпус, 416 ауд, 1шт.
6	Установка для определения констант фильтрования	6 корпус, 416 ауд, 1шт.
7	Установка для исследования процессов теплообмена в теплообменнике «труба в трубе»	6 корпус, 416 ауд, 2шт.
8	Установка для исследования процессов электролитического получения хлора, водорода и едкого натра	6 корпус, 416 ауд, 1шт.
9	Установка для изучения процесса выпаривания	6 корпус, 416 ауд, 1шт.
10	Установка для изучения процесса получения легкоплавких стекол	6 корпус, 416 ауд, 1шт.
11	Установка для изучения процесса производства серной кислоты контактным способом	6 корпус, 416 ауд, 1шт.
12	Установка для изучения процесса каустификации содового раствора	6 корпус, 416 ауд, 1шт.
13	Установка для исследования процесса водоподготовки и выполнения технического анализа воды	6 корпус, 416 ауд, 1шт.
14	Установка для исследования процессов производства полимеркомпозитных материалов	6 корпус, 204 ауд, 1 шт
15	Установка для испытания полимеркомпозитных материалов	6 корпус, 204 ауд, 1 шт

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе изучения дисциплины «Металлическая связь. Химия металлов» используются как традиционные, так и инновационные технологии, активные и интерактивные методы и формы обучения: технология объяснительно-иллюстративных обсуждений с элементами проблемного изложения, технология профессионально-ориентированного обучения, лекции, контрольные и лабораторные работы, семинары-коллоквиумы, разбор конкретных ситуаций, решение ситуационных задач, решение тематических химических задач.

Активные формы обучения. На лабораторных занятиях, которые составляют более половины от контактной работы, каждый студент выполняет лабораторную работу индивидуально. Такой вид организации обучения способствует приобретению навыков самостоятельного ведения экспериментальных работ, практических навыков обращения и работы с различными химическими веществами и лабораторным оборудованием, измерительной аппаратурой, организации методики экспериментальных работ, составления протоколов отчетов химических экспериментов, а также практического подтверждения теоретических положений общей и неорганической химии о свойствах и поведении неорганических веществ. Подготовка отчетов по каждой лабораторной работе формирует умение проводить первичный анализ результатов с учетом законов и закономерностей, формулируемых в рамках общей и неорганической химии, представлять результаты опытов и расчетных работ, грамотно формулировать выводы.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные материалы (ОМ):

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе ФГБОУ ВО «ИГУ». Назначение оценочных средств текущего контроля - выявить у обучающихся сформированность компетенций.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

Примерный перечень производственных процессов для составления технологических регламентов.

I. Производство неорганических соединений и материалов

1. NaOH и Cl_2

2. Na и Cl_2

3. H_2SO_4

4. Al (99%)

5. Сода

6. Si

7. Жидкое стекло

8. Бертолетова соль

9. Минеральные удобрения в ассортименте

10. «Белизна»

11. Цемент

II. Производство органических соединений и материалов

1. Небеленая целлюлоза

2. Беленая целлюлоза

3. Полиэтилен высокого давления

4. Полиэтилен низкого давления

5. Поливинилхлорид

6. Полиэтилентерефталат

7. Метанол (из синтез газа)

9. Гидролизные производства (метанол, этанол, фурфурол и др.)

10. Синтетические моющие средства

11. Искусственные и синтетические волокна

12. Полимерные материалы

III. Разное

1. Металлизация поверхности (декоративные, защитные и др. покрытия)

2. Переработка отходов, содержащих Pb, Hg и др.

3. Переработка природных источников углеводородного сырья

- нефть
- газовый конденсат
- каменный уголь

4. Фармацевтические препараты и биологически активные добавки

Оценочные средства для промежуточной аттестации - экзамен.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ:

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе ФГБОУ ВО «ИГУ» и состоит из двух последовательных форм: промежуточный зачёт по практической части курса и *экзамен.* Промежуточный зачёт выставляется в конце учебного семестра и включает в себя результаты работы студента в течение семестра. Для получения зачёта студенту необходимо вовремя сдать преподавателю практикума все отчёты по лабораторным работам, проведённым в учебном практикуме согласно учебному плану и рабочей программе, и защитить регламент. Промежуточный зачёт является обязательной промежуточной формой аттестации и служит допуском студента к экзамену по дисциплине. Экзамен проводится во время сессии в форме устного собеседования для получения итоговой экзаменационной оценки, соответствующей следующим критериям:

Оценка «отлично»:

сформированные и систематизированные знания предмета, сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач.

Оценка «хорошо»:

в целом, сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания предмета, умение применять методы и подходы изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок непринципиального характера, наличие навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач.

Оценка «удовлетворительно»:

несистематизированные знания предмета, частично сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач.

Оценка «неудовлетворительно»:

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ.

1. Применение методов теории подобия к изучению химико-технологических процессов. Теорема подобия. Критерии подобия. Использование анализа размерностей при определении чисел подобия.

2. Гидромеханические процессы. Основы гидравлики. Основные характеристики движения жидкостей. Особенности перемещения жидкостей. Общие сведения о насосах. Основные параметры насосов. Поршневые и центробежные насосы. Достоинства и недостатки этих видов насосов.

3. Физические свойства жидкостей. Уравнение Бернулли. Осевые, ротационные и другие специальные типы насосов, Достоинства и недостатки этих типов насосов. Сравнение и выбор. Области применения.

4. Перемещение газов. Особенности процесса. Компрессорные машины (общие сведения). Типы и основные параметры компрессорных машин. Поршневые и центробежные компрессоры (подробно). Достоинства и недостатки этих типов компрессоров.

5. Перемещение и сжатие газов. Особенности процесса. Ротационные, осевые, струйные компрессоры. Вакуумные насосы. Достоинства и недостатки этих типов компрессорных машин. Сравнение и выбор. Области применения.

6. Основы теплопередачи. Уравнение теплового баланса. Теплопроводность. Конвекция. Лучеиспускание. Кожухотрубные теплообменники. Сравнение и выбор. Применение.

7. Уравнения передачи тепла. Поверхностные теплообменники (оросительные, погружные, спиральные и другие типы теплообменников). Сравнение и выбор поверхностных теплообменников этих типов.

8. Способы нагревания и охлаждения. Регенеративный и рекуперативный теплообмен. Смесительные теплообменники. Выбор и сравнение теплообменной аппаратуры.

9. Выпаривание. Общие сведения. Способы выпаривания. Устройство выпарных аппаратов со свободной циркуляцией. Достоинства и недостатки выпарных аппаратов со свободной циркуляцией.

10. Выпарные аппараты с естественной циркуляцией. Общие сведения. Устройство выпарных аппаратов с естественной циркуляцией. Достоинства и недостатки. Применение.

11. Выпарные аппараты с принудительной циркуляцией и пленочные выпарные аппараты. Достоинства и недостатки этих типов аппаратов. Многокорпусные выпарные установки.

12. Устройство насадочных и барботажных абсорберов. Распыливающие абсорберы. Сравнение и выбор перечисленных абсорберов. Десорбция. Схемы абсорбционных установок.

13. Выбор экстрагента. Дифференциально-контактные экстракторы. Достоинства и недостатки этого типа экстракторов по сравнению с другими типами. Схемы экстракционных установок. Сравнение и выбор.

14. Адсорбция. Общие сведения. Устройство адсорберов. Схемы адсорбционных процессов. Сравнение и выбор различных типов адсорберов. Десорбция.

15. Движение жидкостей и газов через зернистый материал. Псевдоожижение твердого зернистого материала. Гидравлика «кипящего слоя». Применение псевдоожиженного состояния. Аппаратура.

16. Простая перегонка. Отличия простой перегонки от ректификации. Специальные виды перегонки (общие представления). Перегонка с паром (подробно).

17. Специальные виды перегонки (общие представления). Экстрактивная и азеотропная перегонки (подробно). Применение этих видов перегонки. Молекулярная перегонка (подробно).

18 Ректификация. Общие сведения. Основные свойства жидкостей и их паров. Периодическая ректификация (подробно). Устройство ректификационных аппаратов.

19. Ректификация. Отличия ректификации от простой перегонки. Основные свойства жидкостей и их паров. Непрерывная ректификация (подробно). Ее отличия от периодической ректификации. Схемы ректификационных установок.

20. Производство сернистого газа. Виды серосодержащего сырья. Печи для обжига сульфидных руд, элементарной серы. Печи с псевдоожиженным слоем, для обжига крупнокускового и пылевидного колчедана. Использование отходящих газов цветной металлургии и тепловых электростанций, серы и сероводорода при переработке сернистых нефтей.

21. Физико-химические основы и схемы контактного способа производства серной кислоты; равновесные и кинетические условия процесса, катализаторы. Пути интенсификации сернокислотного производства. Применение кислорода и давления.

22. Технология связанного азота. Синтез аммиака. Способы получения азотоводородной смеси. Очистка газов. Катализаторы синтеза аммиака. Технологическая схема синтеза аммиака при среднем давлении.

23. Производство азотной кислоты. Окисление аммиака и окислов азота. Физико-химические основы технологического процесса окисления аммиака. Применение кислорода, давления. Особенности процесса концентрирования азотной кислоты. Области применения кислоты.

24. Производство нитрата аммония. Физико-химические условия процесса. Использование тепла реакции. Технологическая схема. Методы улучшения физических свойств нитрата аммония.

25. Минеральные соли в сельском хозяйстве. Минеральные удобрения и их классификация. Производство калийных солей. Флотационные процессы, галургия. Производство хлористого калия из сильвинита.

26. Производство фосфорных удобрений. Виды и главные месторождения фосфатного сырья. Кислотные процессы переработки фосфатного сырья. Их сущность и перспективы. Производство простого суперфосфата. Физико-химические основы процесса. Технологическая схема производства простого суперфосфата.

27. Производство двойного суперфосфата. Физико-химические основы процесса производства двойного суперфосфата. Технологическая схема производства.

28. Производство экстракционной фосфорной кислоты. Физико-химические основы процесса производства экстракционной фосфорной кислоты. Технологическая схема производства. Особенности получения концентрированной фосфорной кислоты.

29. Термические методы переработки фосфатного сырья. Устройство электропечей. Электротермическое получение фосфора. Физико-химические основы процесса получения

фосфора из природных фосфатов. Переработка фосфора в фосфорные и полифосфорные кислоты. Производство фосфата аммония, нитроаммофосов и нитроаммофоски.

30. Электрохимические производства. Теоретические основы электролиза солевых растворов и расплавов. Производство хлора, водорода и едкого натра диафрагменным методом. Физико-химические основы электролиза растворов хлористого натрия.

31. Роль нефти в энергетическом балансе страны. Запасы нефти. Месторождения. Состав и свойства нефтей. Подготовка нефти к переработке. Физические способы переработки нефти. Прямая атмосферно-вакуумная перегонка нефти. Продукты перегонки и их свойства.

32. Термические способы переработки нефти. Термический крекинг нефтепродуктов. Механизм крекинга. Технологическая схема термического крекинга. Продукты крекинга и их свойства. Пиролиз нефтепродуктов. Условия пиролиза. Продукты.

33. Химические способы переработки нефтепродуктов. Каталитический крекинг. Физико-химические основы процесса. Катализаторы. Условия крекинга. Продукты каталитического крекинга и их свойства. Получение высокооктановых топлив и углеводородного сырья для нефтехимической промышленности. Процессы риформинга. Платформинг.

34. Состав и свойства древесины. Способы переработки древесины. Гидролиз древесины. Продукты гидролиза. Сырье. Подготовка древесины к переработке. Условия гидролиза древесины. Используемые аппараты. Экологические проблемы.

35. Состав и свойства древесины. Производство целлюлозы. Сырье. Подготовка древесины к переработке. Сульфатный и сульфитный способы получения целлюлозы. Варочные кислоты. Условия варки древесины. Способы повышения качества целлюлозы. Проблемы переработки отходов производства целлюлозы

36. Технология производства алюминия. Физико-химические основы процесса. Характеристики и подготовка сырья. Технологические схемы производства. Способы восстановления алюминия их достоинства и недостатки. Проблемы переработки отходов производства алюминия. Способы рафинирования алюминия (электрохимические, метод зонной плавки, использование субгалогенидов).

Разработчики:

_____ канд. хим. наук, доцент А.В. Кашевский

_____ канд. хим. наук, доцент Б.Н. Баженов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и с учетом рекомендаций ПООП по направлению и профилю подготовки 04.03.01 – «Химия».

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и неорганической химии «09» июня 2026 г., протокол № 6.

Зав. кафедрой _____ /А. Ю. Сафронов/

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.