

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Баромембранные процессы»**

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
«08» мая 2024 г., протокол № 9

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Баромембранные процессы»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – дать студентам знания о процессах мембранного разделения жидких смесей, где лимитирующей стадией является диффузионный перенос через мембрану. В курс входят как теоретические материалы, связанные с принципами диффузионно-контролируемых процессов мембранного разделения, термодинамикой, кинетикой и движущей силой процессов, так и практические вопросы, относящиеся к особенностям расчета мембранных установок и аппаратов, а также промышленное применение этих процессов при разделении газовых и жидких смесей.

Задачи дисциплины – дать основные знания по баромембранным методам очистки и подготовки жидких сред для отраслей народного хозяйства, химических, перерабатывающих производств, медицины, коммунального хозяйства, военно-морского и космического сектора и т.д., позволяющие выпускнику на основе владения общими принципами подхода к специальным технологиям быстро адаптироваться к конкретной технологии.

Дисциплина *«Баромембранные процессы»* преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	
			ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	

				А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки

разработке технологической документации	исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- механизм разделения в баромембранных процессах;
- методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах;
- влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность;
- понятие внешнего диффузионного сопротивления в баромембранных процессах;
- аппаратное оформление баромембранных процессов.

Уметь:

- производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран;
- производить расчет двухступенчатых схем и установок с рециркуляцией разделяемого раствора;
- производить секционирование аппаратов в установке

Владеть:

- методами расчета гидравлического сопротивления аппаратов и установок
- основные сферы применения баромембранных процессов;
- производить расчет и выбор вспомогательного оборудования для процессов разделения жидких сред

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,8	64	48
Лекции	0,9	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,9	32	24
Самостоятельная работа	2,2	80	60
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,2	80	60
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Введение	8	2	2	4
1.1	Задачи, решаемые в дисциплине. Основные термины и определения, принятые обозначения.	4	1	1	2
1.2	Классификация баромембранных процессов и их краткая характеристика, сферы применения Сопоставление мембранных процессов с другими методами разделения жидких смесей. Движущая сила. Области применения.	4	1	1	2
2.	Теоретические основы баромембранных процессов	32	8	6	18
2.1	Механизм разделения. Роль конвективно-фильтрационной, электростатической и диффузионной компоненты в общем механизме переноса веществ через мембрану для каждого баромембранного процесса. Связанная вода на поверхности и в порах мембраны, явления гидратации в растворах электролитов.	8	2	1	5
2.2	Методы определения характеристик микро- и ультрафильтрационных мембран.	4	1	1	2
2.3	Особенности разделения водных растворов высоко- и низкомолекулярных органических и неорганических веществ.	4	1	1	2
2.4	Расчет истинной селективности мембран в бинарных и многокомпонентных растворах сильных электролитов.	9	2	2	5

2.5	Уравнения переноса воды и растворенного вещества через. Влияние рабочего давления, температуры и концентрации растворенных веществ на селективность и удельную производительность жестких и уплотняющихся мембран. Описание влияния определяющих факторов на основе уравнений переноса. Расчет удельной производительности мембран при разделении растворов сильных электролитов с помощью уравнения переноса воды через мембрану.	7	2	1	4
3.	Раздел 3. Сопротивление массопереносу	18	4	4	10
3.1	Внешне- и внутридиффузионное сопротивление массопереносу вещества через мембрану.	4	1	1	2
3.2	Концентрационная поляризация со стороны разделяемого раствора как основное внешнее диффузионное сопротивление. Ее влияние на характеристики разделения в баромембранных процессах.	3	0,5	0,5	2
3.3	Вывод уравнения, связывающего величину концентрационной поляризации (КП) с удельной производительностью, истинной селективностью и коэффициентом массоотдачи от поверхности мембраны в ядро потока разделяемого раствора.	5	1	1	3
3.4	Методы расчета КП. Учет КП при расчете удельной производительности и наблюдаемой селективности мембран. Способы снижения КП.	4	1	1	2
3.5	Сопротивление массопереносу через мембрану, создаваемое осадками взвешенных частиц и малорастворимых соединений. Методы очистки мембран от загрязнений, составы моющих растворов и аппаратное оформление химического способа очистки мембран.	2	0,5	0,5	1
4.	Аппаратура для баромембранных процессов	14	4	-	10
4.1	Основное и вспомогательное оборудование баромембранных установок. Мембранные аппараты. Модули и элементы аппаратов. Требования, предъявляемые к промышленным мембранным аппаратам.	7	2	-	5

4.2	Основные типы конструкций аппаратов с плоскими, трубчатыми, рулонными и волоконными фильтрующими элементами. Их устройство и работа, достоинства и недостатки. Выбор оптимального типа конструкции мембранного аппарата в соответствии с задачей разделения.	7	2	-	5
5.	Технологический расчет аппаратов и установок	48	10	14	24
5.1	Задачи расчета. Материальный баланс баромембранных процессов разделения при движении потоков в режимах идеального вытеснения и идеального смешения. Определение расходов пермеата и ретанта, их концентрации и рабочей площади мембран при осуществлении основного варианта проведения баромембранных процессов: очистки воды с одновременным концентрированием растворенных веществ.	13	3	4	6
5.2	Структура потоков в реальных аппаратах и ее учет в расчетах. Расчет аппаратов с рециркуляцией разделяемого раствора при малых и больших значениях кратности циркуляции.	12	2	4	6
5.3	Последовательность расчета установок для основного варианта проведения микро-, ультра-, нанофильтрации и обратного осмоса.	10	2	2	6
5.4	Секционирование баромембранных аппаратов в промышленных установках большой производительности. Расчет двухступенчатых схем и установок. Расчет баромембранных схем и установок для вариантов диафильтрации и фракционирования растворенных веществ.	13	3	4	6
6.	Гидравлический расчет аппаратов и установок	26	4	6	16
6.1	Расчет полного и среднего гидравлического сопротивления напорных и дренажных каналов мембранных аппаратов с плоскими, трубчатыми, полволоконными и рулонными элементами. Особенности расчета при наличии в каналах сепарирующих и дренажных сеток.	7	1	2	4

6.2	Расчет гидравлического сопротивления секционированных установок.	7	1	2	4
6.3	Определение напора насоса, требуемого для перекачивания разделяемого раствора через установку при обеспечении поддержания необходимого рабочего давления в мембранных аппаратах.	7	1	2	4
6.4	Расчет баромембранных процессов с использованием компьютерных программ производителей мембранной техники.	5	1	-	4
	ИТОГО	144	32	32	80
	Экзамен	36			
	ИТОГО	180			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение

1.1 Задачи, решаемые в дисциплине. Основные термины и определения, принятые обозначения.

1.2 Классификация баромембранных процессов и их краткая характеристика, сферы применения. Сопоставление мембранных процессов с другими методами разделения жидких смесей. Движущая сила. Области применения микро-, ультра-, нанофильтрации и обратного осмоса.

Раздел 2. Теоретические основы баромембранных процессов

2.1 Механизм разделения в микро-, ультра-, нанофильтрации и обратном осмосе. Роль конвективно-фильтрационной, электростатической и диффузионной компоненты в общем механизме переноса веществ через мембрану для каждого баромембранного процесса. Связанная вода на поверхности и в порах мембраны, явления гидратации в растворах электролитов.

2.2 Методы определения характеристик микро- и ультрафильтрационных мембран.

2.3 Особенности разделения водных растворов высоко- и низкомолекулярных органических и неорганических веществ.

2.4 Расчет истинной селективности мембран в бинарных растворах сильных электролитов, основанный на использовании теплот гидратации ионов и их валентностей. Расчет истинной селективности мембран в многокомпонентных растворах сильных электролитов, базирующийся на учете изменения межфазного потенциала при переходе от бинарных к многокомпонентным системам.

2.5 Уравнения переноса воды и растворенного вещества через мембрану. Влияние рабочего давления, температуры и концентрации растворенных веществ на селективность и удельную производительность жестких и уплотняющихся мембран. Описание влияния определяющих факторов на основе уравнений переноса. Расчет удельной производительности мембран при разделении растворов сильных электролитов с помощью уравнения переноса воды через мембрану.

Раздел 3. Сопротивление массопереносу

3.1 Внешне- и внутридиффузионное сопротивление массопереносу вещества через мембрану.

3.2 Концентрационная поляризация со стороны разделяемого раствора как основное внешнее диффузионное сопротивление. Ее влияние на характеристики разделения в баромембранных процессах.

3.3 Вывод уравнения, связывающего величину концентрационной поляризации (КП) с удельной производительностью, истинной селективностью и коэффициентом массоотдачи от поверхности мембраны в ядро потока разделяемого раствора.

3.4 Методы расчета КП. Учет КП при расчете удельной производительности и наблюдаемой селективности мембран. Способы снижения КП.

3.5 Сопротивление массопереносу через мембрану, создаваемое осадками взвешенных частиц и малорастворимых соединений. Методы очистки мембран от загрязнений, составы моющих растворов и аппаратурное оформление химического способа очистки мембран.

Раздел 4. Аппаратура для баромембранных процессов

4.1 Основное и вспомогательное оборудование баромембранных установок. Мембранные аппараты. Модули и элементы аппаратов. Требования, предъявляемые к промышленным мембранным аппаратам.

4.2 Основные типы конструкций аппаратов с плоскими, трубчатыми, рулонными и волоконными фильтрующими элементами. Их устройство и работа, достоинства и

недостатки. Выбор оптимального типа конструкции мембранного аппарата в соответствии с задачами разделения.

Раздел 5. Технологический расчет аппаратов и установок

5.1 Задачи расчета. Материальный баланс баромембранных процессов разделения при движении потоков в режимах идеального вытеснения и идеального смешения. Определение расходов пермеата и ретанта, их концентрации и рабочей площади мембран при осуществлении основного варианта проведения баромембранных процессов: очистки воды с одновременным концентрированием растворенных веществ.

5.2 Структура потоков в реальных аппаратах и ее учет в расчетах. Расчет аппаратов с рециркуляцией разделяемого раствора при малых и больших значениях кратности циркуляции.

5.3 Последовательность расчета установок для основного варианта проведения микро-, ультра-, нанофильтрации и обратного осмоса.

5.4 Секционирование баромембранных аппаратов в промышленных установках большой производительности. Расчет двухступенчатых схем и установок. Расчет баромембранных схем и установок для вариантов диафильтрации и фракционирования растворенных веществ.

Раздел 6. Гидравлический расчет аппаратов и установок

6.1 Расчет полного и среднего гидравлического сопротивления напорных и дренажных каналов мембранных аппаратов с плоскими, трубчатыми, полволоконными и рулонными элементами. Особенности расчета при наличии в каналах сепарирующих и дренажных сеток.

6.2 Расчет гидравлического сопротивления секционированных установок.

6.3 Определение напора насоса, требуемого для перекачивания разделяемого раствора через установку при обеспечении поддержания необходимого рабочего давления в мембранных аппаратах.

6.4 Расчет баромембранных процессов с использованием компьютерных программ производителей мембранной техники.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	Знать: (перечень из п.2)							
1	–	механизм разделения в баромембранных процессах	+	+				
2	–	влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность		+				
3	–	понятие внешнего диффузионного сопротивления в баромембранных процессах			+			
4	–	аппаратурное оформление баромембранных процессов				+		
5	–	методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах					+	+
	Уметь: (перечень из п.2)							
6	–	производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран		+			+	+
7	–	производить расчет двухступенчатых схем и установок с рециркуляцией разделяемого раствора					+	+
8	–	производить секционирование аппаратов в установке					+	+
	Владеть: (перечень из п.2)							
9	–	методами расчета гидравлического сопротивления аппаратов и установок						+
10	–	основные сферы применения баромембранных процессов	+	+		+		+
11	–	производить расчет и выбор вспомогательного оборудования для процессов разделения жидких сред.						+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)								
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)						
12	– ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	+					

	основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты						+	
		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом					+	+	
13	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий		+	+				
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования			+				
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства		+	+				

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Расчет движущей силы обратного осмоса.	2
2	2	Расчет истинной селективности мембран при разделении бинарных растворов сильных электролитов.	2
3	2	Расчет истинной селективности мембран при разделении многокомпонентных растворов сильных электролитов.	3
4	2	Расчет удельной производительности мембран при различных значениях давления, температуры и концентрации растворенных веществ.	3
5	2	Расчет коэффициентов массоотдачи в каналах щелевого и кольцевого сечения.	3
6	3	Расчет величины концентрационной поляризации.	2
7	5	Расчет расходов пермеата и ретанга, их концентрации и рабочей площади мембран при движении потоков в режимах идеального вытеснения и идеального смешения.	3
8	5	Расчет расходов пермеата и ретанга, их концентрации и рабочей площади мембран с учетом реальной структуры потоков в аппарате.	3
9	5	Расчет аппаратов с рециркуляцией разделяемого раствора.	2
10	5	Секционирование аппаратов в установке обратного осмоса.	3
11	5	Расчет установок диафильтрации.	2
12	6	Расчет гидравлического сопротивления напорных и дренажных каналов мембранных аппаратов.	3
13	6	Расчет общего гидравлического сопротивления установок обратного осмоса и необходимого напора насосов.	3

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Баромембранные процессы*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и подготовку к семинарам и выполнению контрольных и домашних работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной научно-технической, патентной и нормативной литературы, а также работу с электронно-библиотечными системами

включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *экзамена* (6 семестр).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы. Максимальная оценка (6 семестр) за контрольные работы составляет 30 баллов за каждую.

Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Запишите уравнения переноса воды и растворенного вещества через мембрану в обратном осмосе, дав определения всех входящих в них величин. Поясните, как определяется осмотическое давление и доля свободной воды в растворах сильных электролитов. Какие факторы влияют на значения постоянных этих уравнений?
2. Получите на основе уравнений переноса воды и растворенного вещества через мембрану в процессе обратного осмоса выражение, описывающее удельную производительность и селективность высокоселективных мембран, и на их основе рассмотрите влияние рабочего давления и температуры на уплотняющихся мембранах и мембранах с жесткой структурой.
3. Опишите и объясните влияние концентрации растворенного вещества на удельную производительность и селективность ацетатцеллюлозных мембран при обратноосмотическом разделении растворов сильных электролитов.

Вопрос 1.2.

1. Механизм разделения в обратном осмосе. Расчет истинной селективности при разделении неконцентрированных бинарных растворов сильных электролитов ...
2. Механизм разделения в нанофильтрации. Понятие точки нулевого заряда и изоэлектрической точки. Влияние величины pH на основные характеристики процесса нанофильтрации при очистке растворов хлоридов двухвалентных металлов.

3. Механизм разделения в микро- и ультрафильтрации. Методы определения характеристик ультра- и микрофильтрационных мембран.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Выведите расчетные формулы для определения концентрации растворенного вещества в пермеате и расходов пермеата и концентрата в мембранном аппарате, считая, что структура потока в напорном канале соответствует модели идеального вытеснения. Расход исходного раствора, его концентрацию и концентрацию концентрата считать заданными.
2. Выведите расчетную формулу для определения рабочей поверхности мембраны в аппарате, считая, что структура потока в напорном канале соответствует модели идеального вытеснения. Расход исходного раствора, его концентрацию и концентрацию концентрата считать заданными.
3. Выведите расчетные формулы, необходимые для проведения секционирования баромембранной установки в условиях, когда удельная производительность мембраны практически не изменяется. Опишите последовательность проведения операции секционирования при заданной величине снижения расхода по длине аппарата.
4. Выведите расчетные формулы, необходимые для проведения секционирования баромембранной установки в условиях, когда удельная производительность мембраны практически не изменяется. Опишите последовательность проведения операции секционирования при заданном оптимальном расходе разделяемого раствора на входе в аппарат.
5. Выведите расчетные формулы для определения концентрации растворенного вещества в пермеате и расходов пермеата и концентрата в установке с рециркуляцией концентрата, считая, что структура потока в напорном канале соответствует модели идеального вытеснения. Расход исходного раствора, его концентрацию, концентрацию концентрата и кратность циркуляции считать заданными.

Вопрос 2.2.

1. Выведите расчетные формулы для определения среднего гидравлического сопротивления напорного канала аппарата с трубчатыми фильтрующими элементами при ламинарном течении разделяемого раствора внутри трубок.
2. Выведите расчетные формулы для определения среднего гидравлического сопротивления дренажного канала в цилиндрическом аппарате типа фильтр-пресс при радиальном отводе пермеата внутри полого канала.
3. Выведите расчетные формулы для определения среднего гидравлического сопротивления дренажного канала в аппарате с мембранами в виде полых волокон при одностороннем отводе пермеата внутри волокон.
4. Многоступенчатые установки. Опишите принцип перехода от одноступенчатой к двухступенчатой установке и основание выбора одной из схем. Запишите, с допущениями и пояснениями, систему уравнений, описывающих двухступенчатую установку, обеспечивающую повышение степени концентрирования исходного раствора.
5. Многоступенчатые установки. Опишите принцип перехода от одноступенчатой к двухступенчатой установке и основание выбора одной из схем. Запишите, с допущениями и пояснениями, систему уравнений, описывающих двухступенчатую установку, обеспечивающую повышение степени очистки исходного раствора.

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам _ и _ рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 20 баллов.

1. Выведите с необходимыми допущениями и пояснениями выражение, определяющее величину концентрационной поляризации при турбулентном течении разделяемого раствора в напорном канале мембранного аппарата.

2. Выберите (с обоснованием) конструкцию мембранного аппарата для процесса, характеризуемого малой производительностью и необходимостью частой замены мембран. Изобразите выбранный аппарат, опишите его устройство и работу, укажите достоинства и недостатки.

3. В аппарате обратного осмоса используются мембраны с удельной производительностью по чистой воде $22 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$ при рабочем давлении 5 МПа и температуре 20°C . При разделении раствора хлористого магния на этой мембране при тех же давлении и температуре удельная производительность составила $15,33 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$, а истинная селективность 0,95. При этом концентрация растворенного вещества у поверхности мембраны $0,2 \text{ моль/л}$ воды, чему соответствует осмотическое давление 1,28 МПа. Считая, что осмотическое давление прямо пропорционально концентрации, определите координационное число гидратации иона магния, если для иона хлора оно равно 8. Вязкость пермеата равна вязкости воды.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Структура и примеры билетов для экзамена (6 семестр).

Экзамен по дисциплине «Баромембранные процессы» проводится в 6 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю» _____ (Должность, наименование кафедры) _____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра мембранной технологии
	Мембранная технология
	Баромембранные процессы
Билет № 1 1. Выведите с необходимыми допущениями и пояснениями формулу для определения гидравлического сопротивления напорного канала в аппарате с трубчатыми фильтрующими элементами для случая ламинарного потока разделяемого раствора внутри труб. 2. Дайте определения понятиям мембранного элемента, мембранного модуля и мембранного аппарата. Изобразите мембранные элементы для каждого из основных типов мембранных аппаратов и опишите их устройство. 3. Рассчитайте осмотическое давление водного раствора хлористого магния, если его концентрация в 1 000 раз меньше, чем концентрация, выше которой происходит резкое снижение селективности ацетатцеллюлозных мембран. Температура раствора 20°C. Практический осмотический коэффициент можно принять равным 1. Координационное число гидратации для ионов магния – 6, для ионов хлора – 8. Учтите,	

что в разбавленных растворах концентрации в размерности моль/л раствора и моль/л воды практически равны

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Кочаров Р.Г., Каграманов Г.Г. Расчет установок мембранного разделения жидких смесей: методические указания. - РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. - 128 с.
2. Дытнерский, Ю. И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. - М.: Химия, 1986. - 272 с.
3. Фазылова Д. И., Шишкина Н. Н., Яруллин Р. С., Кияненко Е. А. Мембранные процессы разделения: учебное пособие. - Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – 112 с.
4. Дытнерский Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация - М. : Химия, 1978. - 352с.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛипринт, 2007, 207 с.
2. Орлов, Н. С. Ультра -и микрофильтрация: учебное пособие - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. - 117 с

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 г. составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Баромембранные процессы»* проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	знать: механизм разделения в баромембранных процессах владеть: основные сферы применения баромембранных процессов	Коллоквиум 1
Раздел 2.	знать: механизм разделения в баромембранных процессах влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность уметь: производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран владеть: основные сферы применения баромембранных процессов	Коллоквиум 1
Раздел 3.	знать: понятие внешнего диффузионного сопротивления в баромембранных процессах	Коллоквиум 1
Раздел 4.	знать: аппаратурное оформление баромембранных процессов владеть: основные сферы применения баромембранных процессов	Коллоквиум 2
Раздел 5.	знать: методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах уметь: производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран производить расчет двухступенчатых схем и установок с рециркуляцией разделяемого раствора производить секционирование аппаратов в установке	Коллоквиум 2
Раздел 6.	знать:	Коллоквиум 2

	методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах уметь: производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран производить расчет двухступенчатых схем и установок с рециркуляцией разделяемого раствора производить секционирование аппаратов в установке владеть: методами расчета гидравлического сопротивления аппаратов и установок производить расчет и выбор вспомогательного оборудования для процессов разделения жидких сред.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Баромембранные процессы»

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Введение в мембранную технологию»

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена

К.т.н., доцент кафедры мембранной технологии А.А. Свитцов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
« 08 » мая 2024 г., протокол № 9

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Введение в мембранную технологию»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – дать студентам первичные знания о мембранных процессах разделения смесей, достаточные для понимания студентами особенностей и возможностей мембранной технологии.

Задачи дисциплины – дать студентам обобщенные знания о физико-химических свойствах, конденсированных и газообразных разделяемых сред, о механизме проницаемости в различных средах, о технологии получения мембран из полимерных и неорганических материалов. Задачами являются также ознакомление студентов с основами мембранной техники и прикладными вопросами мембранного разделения.

Дисциплина *«Введение в мембранную технологию»* преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	
			ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	

				А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки

разработке технологической документации	исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- классификацию и физико-химические основы процессов мембранного разделения с различной движущей силой;
- основы технологии полупроницаемых мембран из полимерных и неорганических материалов;
- принципиальные конструкции мембранных элементов, модулей и аппаратов;
- принципы разработки и расчета технологических схем мембранных установок;
- основы функционирования рынка мембранной технологии

Уметь:

- измерять и рассчитывать осмотическое давление водных растворов;
- использовать результаты лабораторных исследований в расчетах мембранных установок;
- разрабатывать технологические схемы мембранных установок;
- определять место и эффективность использования стадии мембранного разделения в технологической схеме производства

Владеть:

- методами расчета рабочих параметров процесса мембранного разделения;
- методами оценки уровня концентрационной поляризации;
- техническими приемами снижения уровня концентрационной поляризации в мембранных аппаратах;
- методами выбора оптимальной конструкции мембранного модуля

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,8	64	48
Лекции	0,9	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,9	32	24
Самостоятельная работа	2,2	80	60
Контактная самостоятельная работа	2,2	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Основные представления о мембранной технологии	6	2	-	4
1.1	Мембранная технология – отрасль науки и техники, связанная с использованием полупроницаемых мембран для разделения, очистки, фракционирования и концентрирования жидких и газовых смесей	1,25	0,25	-	1
1.2	Историография мембранной технологии. Роль и место российских ученых и РХТУ им. Д.И. Менделеева в развитии мембранной технологии	1,25	0,25	-	1
1.3	Обзор мембранных процессов разделения смесей – баромембранные, диффузионные, электромембранные, термомембранные. Мембранный рынок – мировой и российский.	1,25	0,25	-	1
1.4	Сферы применения мембранных технологий	1,25	0,25	-	1
2.	Раздел 2. Физико-химические и термодинамические основы мембранных процессов	20	6	6	8
2.1	Движущие силы мембранных процессов. Осмотическое давление водных растворов	10	3	3	4
2.2	Концентрационная поляризация (КП), блокирование мембран. Истинная и наблюдаемая селективность. Методы снижения влияния КП.	10	3	3	4
3.	Раздел 3. Классификации мембран и требования к мембранам	14	4	2	8
3.1	Принципы классификации: по процессам применения, по методам получения, по геометрической форме, по внутренней структуре.	7	2	1	4

3.2	Обоснование требований пользователей к мембранам: удельная производительность, разделяющая способность, ресурс, механическая, химическая и термическая стойкость, устойчивость к действию микроорганизмов, санитарные требования, условия хранения, утилизируемость.	7	2	1	4
4.	Раздел 4. Полупроницаемые мембраны	32	8	8	16
4.1	Полимерные	8	3	1	4
4.2	Керамические	3	0,5	0,5	2
4.3	Графитовые	3	0,5	0,5	2
4.4	Металлические	3	0,5	0,5	2
4.5	Композиционные	8	3	1	4
4.6	Жидкие	3	0,5	0,5	2
	Раздел 5. Изучение структуры и свойств мембран	28	4	8	16
5.1	Исследование структуры мембран: пористость, распределение пор по размерам, средний размер пор, толщина селективного слоя, анизотропия. Дефектоскопия мембран.	14	2	4	8
5.2	Исследование технологических параметров мембран: удельная производительность, задерживающая способность, усадка мембран, ресурс работы. Методы калибровки пористых мембран. Сертификация мембран.	14	2	4	8
	Раздел 6. Мембранные аппараты и установки	20	4	4	12
6.1	Мембранные аппараты с плоскими, рулонными, трубчатыми, волоконными и патронными элементами. Способы изготовления различных элементов.	10	2	2	6
6.2	Мембранные установки: состав установки, компоновка. Способы рекуперации энергии.	10	2	2	6
	Раздел 7. Технологические процессы с использованием мембран	24	4	4	16
7.1	Проточные и тупиковые режимы работы. Периодические, непрерывные и циркуляционные схемы. Принципы диафильтрации	24	4	4	16
	ИТОГО	144	32	32	80

	Экзамен <i>(если предусмотрен УП)</i>	-			
	ИТОГО	144			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные представления о мембранной технологии

1.1 Мембранная технология – отрасль науки и техники, связанная с использованием полупроницаемых мембран для разделения, очистки, фракционирования и концентрирования жидких и газовых смесей

1.2 Историография мембранной технологии. Роль и место российских ученых и РХТУ им. Д.И. Менделеева в развитии мембранной технологии

1.3 Обзор мембранных процессов разделения смесей – баромембранные, диффузионные, электромембранные, термомембранные. Мембранный рынок – мировой и российский.

1.4 Сферы применения мембранных технологий

Раздел 2. Физико-химические и термодинамические основы мембранных процессов

2.1 Движущие силы мембранных процессов. Осмотическое давление водных растворов

2.2 Концентрационная поляризация (КП), блокирование мембран. Истинная и наблюдаемая селективность. Методы снижения влияния КП.

Раздел 3. Классификации мембран и требования к мембранам

3.1 Принципы классификации: по процессам применения, по методам получения, по геометрической форме, по внутренней структуре.

3.2 Обоснование требований пользователей к мембранам: удельная производительность, разделяющая способность, ресурс, механическая, химическая и термическая стойкость, устойчивость к действию микроорганизмов, санитарные требования, условия хранения, утилизируемость.

Раздел 4. Полупроницаемые мембраны

4.1. Полимерные

Основные сведения о полимерах, используемых для производства мембран.

Надмолекулярные структуры полимеров: агрегатные состояния, стеклование, релаксация, кристалличность и аморфность.

Растворы полимеров: влияние химической природы, молекулярной массы, надмолекулярной структуры и температуры на растворимость. Разбавленные и концентрированные растворы. Вязкость растворов полимеров.

Расплавы полимеров: условия перехода в расплав, вязкость расплавов, температуры переходов. Экструзия из расплавов, экструдеры.

Формование мембран из растворов полимеров. Состав поливочных растворов. Методы сухого, мокрого и сухомокрого формования. Механизмы образования пористости и анизотропии мембран. Машины для формования плоской ленты, трубок и капилляров.

Формование мембран из расплавов полимеров. Механизм образования пористости и анизотропии. Устройства для формования. Получение ионитов и ионообменных мембран.

Формование мембран растворением полимера. Трековые мембраны: принципы технологии, устройства.

4.2. Керамические.

Керамика как класс материалов. Цеолиты. Состав шихты, свойства компонентов. Методы получения керамических изделий, стадии процесса изготовления. Механизм образования пористости и анизотропии мембран. Изготовление мембранных элементов.

4.3. Графитовые

Общие сведения о графитах, получение графитов. Механизм образования пористости и анизотропии. Изготовление мембранных элементов.

4.4. Металлические

Металлы и сплавы. Технология металлических пористых и диффузионных мембран.

4.5. Композиционные

Композиционные полимерные мембраны. Выбор полимера, технология получения ультратонких слоев, устройство для формования слоев и изготовления мембран.

Композиционные неорганические мембраны.

Динамические мембраны: структура динамических мембран, пористые подложки, мембранообразующие добавки.

4.6. Жидкие

Жидкие мембраны на носителях. Способы фиксации структуры. Мембранные устройства, практическое применение.

Жидкие эмульсионные мембраны. Принципы функционирования, методы получения. Практическое применение эмульсионных мембран.

Раздел 5. Изучение структуры и свойств мембран

5.1 Исследование структуры мембран: пористость, распределение пор по размерам, средний размер пор, толщина селективного слоя, анизотропия. Дефектоскопия мембран.

5.2 Исследование технологических параметров мембран: удельная производительность, задерживающая способность, усадка мембран, ресурс работы. Методы калибровки пористых мембран. Сертификация мембран.

Раздел 6. Мембранные аппараты и установки

6.1 Мембранные аппараты с плоскими, рулонными, трубчатыми, волоконными и патронными элементами. Способы изготовления различных элементов.

6.2 Мембранные установки: состав установки, компоновка. Способы рекуперации энергии.

Раздел 7. Технологические процессы с использованием мембран

7.1 Проточные и тупиковые режимы работы. Периодические, непрерывные и циркуляционные схемы. Принципы диафильтрации

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
	Знать: (перечень из п.2)							
1	– классификацию и физико-химические основы процессов мембранного разделения с различной движущей силой	+	+					
2	– основы технологии полупроницаемых мембран из полимерных и неорганических материалов			+	+	+		
3	– принципиальные конструкции мембранных элементов, модулей и аппаратов						+	
4	– принципы разработки и расчета технологических схем мембранных установок						+	
5	– основы функционирования рынка мембранной технологии							+
	Уметь: (перечень из п.2)							
6	– измерять и рассчитывать осмотическое давление водных растворов		+					
7	– использовать результаты лабораторных исследований в расчетах мембранных установок						+	
8	– разрабатывать технологические схемы мембранных установок;							+
9	– определять место и эффективность использования стадии мембранного разделения в технологической схеме производства						+	+
	Владеть: (перечень из п.2)							
10	– методами расчета рабочих параметров процесса мембранного разделения		+			+		
11	– методами оценки уровня концентрационной поляризации		+					
12	– техническими приемами снижения уровня концентрационной поляризации в мембранных аппаратах		+					
13	– методами выбора оптимальной конструкции мембранного модуля						+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>(какие)</u> компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)								

	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)							
14	– ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса						+	+
		ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции						+	+
		ПК-1.3. Владеет навыками осуществления технологического процесса в соответствии с регламентом						+	+
15	ПК-4 Способен обосновывать технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии для повышения энерго- и ресурсосберегающих параметров.	ПК-4.1 Знает принципы разработки технологических процессов, инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	+	+	+	+	+		
		ПК-4.2 Умеет обоснованно выбирать рациональные технологические процессы			+			+	+
		ПК-4.3 Владеет основами расчета параметров энергоэффективности и ресурсосбережения	+	+				+	+

16	ПК – 5 Способен оценивать технико-экономическое состояние производства и участвовать в разработке предложений по повышению экономических и природоохранных показателей	ПК-5.1 Умеет использовать нормативные требования природоохранных и финансовых документов	+							+
		ПК-5.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства							+	+
		ПК-5.3 Владеет навыками систематизации и обобщения информации по использованию ресурсов производства		+	+	+	+			

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела Дисциплины	Темы семинарских занятий	Часы
1	2	Расчет осмотического давления водных растворов электролитов	2
2	2	Расчет осмотической машины для выработки электроэнергии	2
3	2	Расчет ГПГ и ГДГ водных растворов	2
4	3	Вывод уравнений эффективности мембранных процессов	2
5	4	Оценка уровня анизотропности мембраны	2
6	4	Разработка схемы золь-гель процесса для керамической мембраны	2
7	4	Оптимизация состава композиционной мембраны	2
8	4	Расчет основных узлов экструдера для формования мембран	2
9	5	Расчет среднего размера пор на основе гидродинамического метода оценки пористости	2
10	5	Расчет объемной и поверхностной пористости	2
11	5	Расчет концентрационной поляризации	2
12	5	Расчет эффективности турбулизации жидкости в трубчатом аппарате	2
13	6	Расчет установки обратного осмоса для опреснения морской воды	2
14	6	Расчет установки ультрафильтрации с многостадийной циркуляционной схемой	2
15	7	Расчет расхода энергии при работе установки обратного осмоса	2
16	7	Составление калькуляции стоимости мембраны	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Введение в мембранную технологию*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях, подготовку к семинарам;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, и работу с электронно-библиотечными системами;
- подготовку рефератов, сообщений на выбранную тему по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;

- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче **зачета с оценкой** (5 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме **зачета с оценкой** (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 (5 семестр) составляет 30 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Для концентрирования раствора CaCl_2 с $C_0=1,5$ г/л до $C_k=15,0$ г/л используют мембраны со степенью задержания 98,5% и 97,0%. Будет ли объем полученного концентрата одинаковым или разным, и почему?
2. В двух сосудах находятся растворы разных солей (NaCl и AlCl_3) с одинаковой массовой концентрацией – 10 г/л. Одинаковое или разное осмотическое давление будет в этих растворах? Приведите расчет.
3. Будут ли одинаковыми или разными массовые концентрации, соответствующие границе полной гидратации (ГПГ) у растворов солей Na_2SO_4 и AlBr_3 , если координационные числа ионов следующие: $\text{Na}^+ - 6$, $\text{SO}_4^{2-} - 9$, $\text{Al}^{3+} - 9$, $\text{Br}^- - 4$.
4. В осмометре с одной стороны мембраны находится раствор электролита с концентрацией 10 г/л состава Kt_3+An_3 с молекулярной массой 1200, а с другой стороны – раствор электролита $\text{Kt}+2\text{An}_2$ той же массовой концентрации с молекулярной массой 1900. Определить направление осмотического переноса воды через мембрану.
5. Нанопермембранному разделению подвергается раствор двух веществ А и В. Массовые концентрации веществ одинаковы и равны 2,4 г/л. Задерживающая способность мембраны по компоненту А – 96%, по компоненту В – 69%. Определить массовое соотношение компонентов в пермеате.

Вопрос 1.2.

1. Что из перечисленного ниже влияет на величину удельной производительности полимерных мембран при их получении методом Лозба-Сурироджана? Дать обоснование по всем пунктам:
 - природа полимера;
 - использование порообразователей;
 - летучесть растворителя;

- продолжительность стадии сухого формования;
- температура ванны отжига.

2. Что из перечисленного ниже влияет на величину задерживающей способности полимерных мембран при их получении методом Лозба-Сурироджана? Дать обоснование по всем пунктам:

- природа полимера;
- летучесть растворителя;
- продолжительность стадии сухого формования;
- температура ванны мокрого формования;
- продолжительность стадии отжига.

3. Что из перечисленного ниже влияет на величину удельной производительности керамических мембран, полученных золь-гель методом? Дать обоснование по всем пунктам:

- средний размер частиц основы;
- природа материала разделительного слоя;
- толщина разделительного слоя;
- температура отжига разделительного слоя;
- геометрическая форма мембранного элемента.

4. Что из перечисленного ниже влияет на величину задерживающей способности керамических мембран, полученных золь-гель методом? Дать обоснование по всем пунктам:

- природа материала частиц основы;
- природа материала разделительного слоя;
- продолжительность стадии сушки разделительного слоя;
- температура стадии отжига разделительного слоя;
- толщина разделительного слоя.

5. Что из перечисленного ниже влияет на стремление изготовить полимерные мембраны композиционными? Дать обоснование по всем пунктам:

- снижение стоимости;
- повышение удельной производительности;
- расширение ассортимента;
- повышение задерживающей способности;
- увеличение ресурса работы мембраны.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 1 вопрос, по 30 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Для концентрирования раствора CaCl_2 с $C_0=1,5$ г/л до $C_k=15,0$ г/л используют мембраны со степенью задержания 98,5% и 97,0%. Будет ли объем полученного концентрата одинаковый или разный, и почему?

2. В двух сосудах находятся растворы разных солей (NaCl и AlCl_3) с одинаковой массовой концентрацией – 10 г/л. Одинаковое или разное осмотическое давление будет в этих растворах? Приведите расчет.

3. Будут ли одинаковыми или разными массовые концентрации, соответствующие границе полной гидратации (ППГ) у растворов солей Na_2SO_4 и AlBr_3 , если координационные числа ионов следующие: $\text{Na}^+ - 6$, $\text{SO}_4^{2-} - 9$, $\text{Al}^{3+} - 9$, $\text{Br}^- - 4$.

4. В осмометре с одной стороны мембраны находится раствор электролита с концентрацией 10 г/л состава $\text{Kt}^{3+}\text{An}^{-3}$ с молекулярной массой 1200, а с другой стороны – раствор электролита $\text{Kt}^{+2}\text{An}^{2-}$ той же массовой концентрации с молекулярной массой 1900. Определить направление осмотического переноса воды через мембрану.

5. Наночислтрационному разделению подвергается раствор двух веществ А и В. Массовые концентрации веществ одинаковы и равны 2,4 г/л. Задерживающая способность мембраны по компоненту А – 96%, по компоненту В – 69%. Определить массовое соотношение компонентов в пермеате.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по разделам рабочей программы дисциплины и содержит 5 вопросов. 1 вопрос – 8 баллов, вопрос 2 – 8 баллов, вопрос 3 – 8 баллов, вопрос 4 – 8 баллов, вопрос 5 – 8 баллов.

1. Активный слой мембраны.
2. Байпасная линия насоса.
3. Ближний порядок в жидкой воде.
4. Вакуумный способ газоразделения.
5. Внутренняя структура мембраны.
6. Водные кластеры.
7. Диализ.
8. Диализат.
9. Изотропные мембраны.
10. Инверсия фаз в технологии полимерных мембран.
11. Материал мембраны.
12. Мембранная экстракция.
13. Нагнетательный способ газоразделения.
14. Надмолекулярная структура воды.
15. Отжиг в фазоинверсионном методе.
16. Патронный мембранный модуль.
17. Поливочная машина.
18. Полимерные мембраны.
19. Половолоконный мембранный модуль.
20. Разделительный слой мембраны.
21. Рулонный мембранный модуль.
22. Стабильность водных кластеров.
23. Трубчатый мембранный модуль
24. Фазоинверсионные мембранные процессы.
25. Электронная модель молекулы воды.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (5 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Введение в мембранную технологию» проводится в 5 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 5 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

«Утверждаю» _____ (Должность, наименование кафедры) _____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра мембранной технологии
	18.03.01 «Химическая технология» Профиль – «Мембранная технология»
	Введение в мембранную технологию
Билет № 1 - Осмотическое давление раствора. - Паромный перенос в жидкой мембране. - Армированные мембраны. - Импрегнированные мембраны. - Рабочее давление.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

- Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию. – М., ДеЛи принт., 2007, - 207с.

Б. Дополнительная литература

- Дытнерский, Ю. И. Мембранное разделение газов / Ю. И. Дытнерский, В. П. Брыков, Г. Г. Каграманов. - М. : Химия, 1991. - 344 с.
- Мулдер М. Введение в мембранную технологию. - М., Мир, 1999. - 513 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной

литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 г. составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Введение в мембранную технологию»* проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом

	• Power Point • Outlook			перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
1. Основные представления о мембранной технологии. 2. Физико-химические и термодинамические основы мембранных процессов.	знать: - структура воды, водных растворов. Понятие об осмотическом давлении. Границы дальней и полной гидратации. Тепловые эффекты растворения. Концентрационная и гелевая поляризация. уметь: - расчет величины осмотического давления. Расчет движущей силы мембранного переноса. Расчет эффективности разделения. Расчет удельной производительности мембраны. Расчет величины концентрационной поляризации. Расчет величины наблюдаемой селективности. владеть: - понятийный аппарат, навыки работы со справочной литературой. Методы анализа причин неточностей при определении параметров концентрационной поляризации, наблюдаемой селективности, удельной производительности мембран.	Работа на практических занятиях. Оценка за контрольную работу 1. Оценка за контрольную работу.
3. Классификация мембран и требования к ним. 4. Полупроницаемые мембраны. 5. Изучение структуры и свойств мембран.	знать: - принципы классификации. Материалы для изготовления мембран. Технологии мембран из полимерных и неорганических материалов. Устройство композиционных мембран. Основные параметры для паспортизации мембран. Методы калибровки пористых мембран. Правила сертификации мембран. уметь: - обоснование требований к мембране. Выбор материала мембран для конкретных условий разделения. Обоснование рабочих параметров на стадиях получения полимерных мембран. Обоснование свойств полимеров для изготовления мембран. Состав	Работа на практических занятиях. Оценка за контрольную работу 1. Оценка за коллоквиум.

	установок для определения свойств мембран. владеть: - навыки составления перечня требований к мембранам для конкретного варианта их применения. Методы определения основных технологических свойств мембран – степень разделения и удельная производительность. Методика расчета мембранных параметров – пористости, среднего размера пор. Оценка качества мембран по виду кривой задержания.	
6. Мембранные аппараты и установки. 7. Технологические процессы с использованием мембран.	знать: - принципиальные конструкции мембранных элементов, модулей и аппаратов. Технологические схемы мембранных установок. Технологические приемы ведения процессов мембранного разделения. Основы функционирования рынка мембранной технологии. уметь: - разрабатывать технологические схемы мембранных установок. Выбирать тип мембранного модуля для конкретного применения. Выбирать логистическую схему поставок мембранных модулей. владеть: -методами сравнения мембранных модулей и выбора лучшей конструкции для конкретного применения. Методикой определения ресурса мембранного модуля.	Работа на практических занятиях. Оценка за контрольную работу 2. Оценка за зачет с оценкой.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Введение в мембранную технологию»

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Диффузионные мембранные процессы»**

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
« 08 » мая 2024 г., протокол № 9

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Диффузионные мембранные процессы»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – дать студентам знания о процессах мембранного разделения газовых смесей, где лимитирующей стадией является диффузионный перенос через мембрану. В курс входят как теоретические материалы, связанные с принципами диффузионно-контролируемых процессов мембранного разделения, термодинамикой, кинетикой и движущей силой процессов, так и практические вопросы, относящиеся к особенностям расчета мембранных установок и аппаратов, а также промышленное применение этих процессов при разделении газовых и жидких смесей.

Задачи дисциплины – ознакомить студентов с основными моделями механизма разделения и влиянием определяющих факторов на характеристики разделения, дать сведения о мембранах, используемых в диффузионных процессах, мембранных аппаратах и установках. Особое внимание уделяется промышленному применению этих процессов.

Дисциплина *«Диффузионные мембранные процессы»* преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	
			ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	

				А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки

разработке технологической документации	исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- процессы мембранного разделения газовых и жидких смесей, где лимитирующей стадией является диффузионный перенос через мембрану;
- принципы диффузионно-контролируемых процессов мембранного разделения, термодинамику, кинетику и движущую силу процесса;
- основные типы мембран и мембранных систем;
- методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах;
- основные модели механизма разделения и влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность, а также их качественное и количественное описание на основе уравнений переноса через мембрану;
- аппаратное оформление и промышленное применение диффузионных мембранных процессов

Уметь:

- производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран;
- производить расчет установок колонного типа;
- производить расчет разделения многокомпонентных систем.

Владеть:

- методами расчета основных типов аппаратов и установок;
- основные сферы применения диффузионных мембранных процессов и варианты их проведения: очистка и разделение жидких и газовых сред, выделение ценных компонентов жидких и газовых сред;
- производить подбор основного и вспомогательного оборудования для проведения диффузионных мембранных процессов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	1,22	44	33
Контактная самостоятельная работа	1,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		43,6	32,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Сам. рабо-та
1.	Раздел 1. Введение	8	2	2	4
1.1	Задачи, решаемые в дисциплине. Основные термины и определения, принятые обозначения.	4	1	1	2
1.2	Классификация диффузионных мембранных процессов, сферы применения, движущая сила, уравнения переноса	4	1	1	2
2.	Раздел 2. Основные закономерности диффузионных мембранных процессов	35	13	10	12
2.1	Механизм диффузии и количественное описание; механизм и элементарные стадии массопереноса (проницания) компонентов через мембрану.	4	2		2
2.2	Особенности переноса через непористые мембраны: влияние температуры и давления на проницаемость (диффузию и сорбцию).	4	2	-	2
2.3	Особенности массопереноса, сопровождаемого взаимодействием проникающего компонента с материалом мембраны.	5	1	2	2
2.4	Концентрационная поляризация в диффузионных мембранных процессах; причины ее меньшего влияния по сравнению с баромембранными процессами.	4	2	-	2
2.5	Диффузионное разделение газов. Общая характеристика процесса. Области применения. Движущая сила. Применяемые мембраны.	6	2	2	2
2.6	Массоперенос в пористых мембранах	5	2	2	1
2.7	Диализ.	7	2	4	1
3.	Раздел 3. Классификации мембран и требования к мембранам	34	10	12	12
3.1	Методы расчета мембранных аппаратов и установок	6	2	2	2
3.2	Принципы расчета аппаратов для осуществления диффузионных мембранных процессов, их отличие от баромембранных процессов.	6	2	2	2
3.3	Способы организации потоков в модулях.	6	2	2	2
3.4	Расчет модуля на основе асимметричных и композиционных мембран для разделения бинарных газовых смесей.	6	2	2	2

3.5	Приближенный метод расчета мембранных модулей при разделении бинарных и многокомпонентных смесей.	4	-	2	2
3.6	Влияние флегмового числа, величины и соотношения давления и скоростей в дренажном и напорном каналах, требуемой степени разделения, коэффициентов проницаемости на требуемую поверхность мембран и высоту колонны.	6	2	2	2
4.	Раздел 4. Промышленное применение диффузионных мембранных процессов	31	7	8	16
4.1	Выделение водорода из продувочных газов синтеза аммиака и в процессах нефтехимического и основного органического синтеза.	8	2	2	4
4.2	Очистка природного, нефтяного (попутного) и технологических газов от диоксида углерода и сероводорода.	7	1	2	4
4.3	Осушка природного и нефтяного газа.	8	2	2	4
4.4	Выбор промышленных аппаратов, технологические параметры и схема процесса, технико-экономические параметры установок.	8	2	2	4
	ИТОГО	108	32	32	44
	Экзамен	-			
	ИТОГО	108			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение

Задачи, решаемые в дисциплине. Основные термины и определения, принятые обозначения.

Классификация диффузионных мембранных процессов и их краткая характеристика, сферы применения, движущая сила, уравнения переноса (диализ, электродиализ, диффузионное разделение газов на пористых и непористых мембранах, пьезо- и термодиализ, селективное извлечение ионов и молекул на жидких мембранах).

Раздел 2. Основные закономерности диффузионных мембранных процессов

Механизм диффузии и количественное описание (статистический, термодинамический и феноменологический подходы); механизм и элементарные стадии массопереноса (проникания) компонентов через мембрану, вклад сорбции и растворимости в проницаемость; лимитирующие стадии переноса через мембрану; диффузионный перенос, сопряженный с химической реакцией («облегченная диффузия»); активный перенос.

Особенности переноса через непористые мембраны: влияние температуры и давления на проницаемость (диффузию и сорбцию).

Особенности массопереноса, сопровождаемого взаимодействием проникающего компонента с материалом мембраны.

Концентрационная поляризация в диффузионных мембранных процессах; причины ее меньшего влияния по сравнению с баромембранными процессами.

Диффузионное разделение газов. Общая характеристика процесса. Области применения. Движущая сила. Применяемые мембраны.

Массоперенос в пористых мембранах: проницаемость и селективность газодиффузионных и сорбционно-диффузионных мембранных систем, диффузия Кнудсена, влияние сорбции, капиллярной конденсации, поверхностной и фиковской диффузии и ультрафильтрационного потока на проницаемость и селективность разделения газов с использованием пористых мембран. Область применения и перспективы этих процессов. Массоперенос в непористых мембранах: теория свободного объема, модель активированных скачков. Влияние температуры и давления на проницаемость и селективность разделения газов. Особенности диффузионного переноса газов в металлах и стеклах.

Диализ. Общая характеристика процесса. Области применения. Движущая сила. Мембраны. Обычный и доннановский диализ. Эффект Доннана. Уравнения переноса растворителя и растворенных веществ через мембрану. Механизм разделения при диализе. Массоперенос при диализе, влияние концентрационной поляризации. Влияние температуры и концентрации растворенных веществ на селективность и проницаемость мембран.

Раздел 3. Методы расчета мембранных аппаратов и установок

Принципы расчета аппаратов для осуществления диффузионных мембранных процессов, их отличие от баромембранных процессов.

Способы организации потоков в модулях. Расчет модулей на основе изотропных мембран для разделения бинарных смесей. Основные допущения и ограничения. Учет влияния структуры и организации потоков в модуле при расчетах по модели идеального смешения в напорном и дренажном каналах; модели идеального вытеснения в напорном канале и поперечного тока пермеата в напорном и дренажном каналах при прямотоке и противотоке. Особенности расчета модуля с полволоконными мембранами.

Расчет модуля на основе асимметричных и композиционных мембран для разделения бинарных газовых смесей. Мембранный модуль на основе полых волокон. Рулонный модуль. Модуль с плоскопараллельным расположением мембран. Влияние

структуры и организации потоков на процесс разделения. Расчет модуля для разделения многокомпонентной смеси. Проектная постановка задачи. Технологическая постановка задачи. Влияние структуры и организации потоков на процесс разделения.

Приближенный метод расчета мембранных модулей при разделении бинарных и многокомпонентных смесей. Сравнительный анализ мембранных аппаратов, достоинства и недостатки различных конструктивных типов промышленных аппаратов. Выбор мембраны и конструкции аппарата для осуществления конкретного процесса разделения. Принципы расчета мембранных установок. Расчет мембранной установки колонного типа (мембранной колонны) методом чисел единиц переноса.

Влияние флегмового числа, величины и соотношения давления и скоростей в дренажном и напорном каналах, требуемой степени разделения, коэффициентов проницаемости на требуемую поверхность мембран и высоту колонны.

Раздел 4. Промышленное применение диффузионных мембранных процессов

Выделение водорода из продувочных газов синтеза аммиака и в процессах нефтехимического и основного органического синтеза.

Очистка природного, нефтяного (попутного) и технологических газов от диоксида углерода и сероводорода.

Осушка природного и нефтяного газа. Получение синтетического топливного газа при очистке биогаза от диоксида углерода. Разделение воздуха с получением обогащенного кислородом или азотом целевого продукта. Разделение изотопов и радиоактивных газов. Извлечение гелия из природного и нефтяного газов. Регулирование состава газовой среды при хранении сельскохозяйственной продукции. Концентрирование диоксида серы из газов. Электродиализные установки опреснения солоноватых и морских вод. Диализ в микробиологической и фармацевтической отраслях промышленности, в медицине (аппарат «искусственная почка»).

Выбор промышленных аппаратов, технологические параметры и схема процесса, технико-экономические параметры установок.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать: (перечень из п.2)					
1	процессы мембранного разделения газовых и жидких смесей, где лимитирующей стадией является диффузионный перенос через мембрану		+			
2	принципы диффузионно-контролируемых процессов мембранного разделения, термодинамику, кинетику и движущую силу процесса			+		
3	основные типы мембран и мембранных систем			+		
4	методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах				+	
5	основные модели механизма разделения и влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность, а также их качественное и количественное описание на основе уравнений переноса через мембрану				+	+
6	аппаратурное оформление и промышленное применение диффузионных мембранных процессов					+
	Уметь: (перечень из п.2)					
7	производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран				+	+
8	производить расчет установок колонного типа				+	
9	производить расчет разделения многокомпонентных систем				+	+
	Владеть: (перечень из п.2)					
10	методами расчета основных типов аппаратов и установок			+	+	
11	основные сферы применения диффузионных мембранных процессов и варианты их проведения: очистка и разделение жидких и газовых сред, выделение ценных компонентов жидких и газовых сред		+			
12	производить подбор основного и вспомогательного оборудования для проведения диффузионных мембранных процессов				+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)						
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)				

13		ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции				+
	– ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты			+	+
		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом			+	+
14		ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов.			+	+
		ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий				
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	+	+		
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства			+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы семинарских занятий	Часы
1	2	Расчет коэффициентов проницаемости при массопереносе через многослойные мембраны	2
2	2	Расчет разделения газов по механизму диффузии Кнудсена для пористых газодиффузионных мембран	2
3	2	Влияние поверхностной диффузии на процесс разделения газов через пористые сорбционно-диффузионные мембраны	3
4	2	Расчет коэффициентов проницаемости газов при разделении через мембраны из металлов и сплавов	3
5	2,3	Расчет эффективного коэффициента проницаемости мембранных систем с учетом массоотдачи в напорном и дренажном каналах	3
6	2,3	Расчет коэффициентов проницаемости, диффузии и сорбции в процессах диффузионного мембранного разделения (на основании экспериментальных данных)	3
7	3	Расчет массопереноса при электродиализе методом числа единиц переноса; определение расхода электроэнергии при электродиализе	3
8	3	Расчет газоразделительного модуля (аппарата) на основе изотропных мембран	3
9	3	Расчет мембранного аппарата на основе композиционных и асимметричных мембран	2
10	3,4	Оценочные расчеты площади мембран в аппаратах и установках	3
11	3,4	Расчет разделения многокомпонентных газовых смесей	3
12	4	Расчет мембранных газоразделительных установок	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Диффузионные мембранные процессы*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и подготовку к семинарам и выполнению контрольных и домашних работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной научно-технической, патентной и нормативной литературы, а также работу с электронно-библиотечными системами;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1, 2 и 3 (6 семестр) составляет 20 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Укажите известные вам диффузионные мембранные процессы
 - а) Обратный осмос;
 - б) Электродиализ;
 - в) Диализ;
 - г) Ультрафильтрация;
 - д) Разделение газов на пористых мембранах;
 - е) Нанофильтрация;
 - ж) Разделение газов на непористых мембранах;
 - з) Ваш вариант.
2. Какие промышленно производимые мембраны используются при разделении газов в промышленности
 - а) Пористые керамические;
 - б) Пористые полимерные;
 - в) Непористые металлические;
 - г) Непористые стеклянные (кварцевые);
 - д) Непористые полимерные
3. Как влияет увеличение давления на проницаемость газов через микропористую мембрану?
 - а) Увеличивает;
 - б) Уменьшает;
 - в) Не влияет.
4. Как влияет увеличение давления на фактор (селективность) разделения газов через микропористую мембрану?
 - а) Увеличивает;

- б) Уменьшает;
 - в) Не влияет.
5. Как влияет увеличение температуры на проницаемость газов через микропористую мембрану?
- а) Увеличивает;
 - б) Уменьшает;
 - в) Не влияет.

Вопрос 1.2.

1. Объясните понятие коэффициента диффузии компонента газовой смеси через непористую полимерную мембрану. Приведите размерность коэффициента диффузии в системе СИ.
2. Объясните понятие коэффициента сорбции (растворимости) компонента газовой смеси в материале мембраны. Приведите размерность этой величины в системе СИ.
3. Объясните понятие коэффициента проницаемости компонента газовой смеси через мембрану. Приведите формулу и укажите размерность этой величины в системе СИ.
4. Объясните понятие фактора разделения для бинарной газовой смеси. Приведите формулу и укажите размерность этой величины в системе СИ.
5. При каких условиях селективный перенос газов через пористую мембрану подчиняется уравнению Кнудсена? Приведите это уравнение.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Механизм диффузионных мембранных процессов. Статистический, термодинамический и феноменологический подходы к описанию диффузии. Вывести уравнения для расчета коэффициента диффузии.
2. Основные стадии трансмембранного переноса в диффузионных процессах. Коэффициенты растворимости, диффузии и проницаемости, их размерность. Зависимость от температуры, давления и состава смеси.
3. Классификация мембран, используемых для диффузионного разделения газов. Виды взаимодействия молекул газа и структурных элементов мембраны.
4. Теория свободного объема. Основные допущения и ограничения. Вывести уравнения для расчета коэффициентов диффузии.
5. Влияние температуры и давления на проницаемость и селективность непористых газоразделительных мембран.

Вопрос 2.2.

1. Расчет рулонного газоразделительного модуля на основе асимметричных или композитных мембран.
2. Расчет полволоконного газоразделительного модуля на основе асимметричных или композитных мембран.
3. Разделение бинарной газовой смеси на мембранных установках колонного типа. Принцип работы установки. Основные допущения и ограничения. Расчет высоты колонны на основе полволоконных мембран.
4. Основные конструкции мембранных модулей для разделения газов. Достоинства и недостатки. Принцип выбора типов конструкций.
5. Приближенный (оценочный) метод расчета мембранных модулей. Основные допущения и ограничения. Разделение бинарных и многокомпонентных газовых смесей.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Получение керамических микрофильтрационных мембран с селективным слоем на основе диоксида циркония.
2. Получение керамических ультрафильтрационных мембран с селективными слоями на основе диоксида титана.
3. Получение керамических ультрафильтрационных мембран с селективными слоями на основе диоксида циркония.
4. Получение керамических ультрафильтрационных мембран с селективными слоями на основе диоксида церия.
5. Получение керамических нанофильтрационных мембран с селективными слоями на основе диоксида титана.

Вопрос 3.2.

1. Разработать план и программу исследований с целью получения полуволоконных мембран на основе новых полимерных материалов для нанофильтрации.
2. Разработать план и программу исследований с целью получения полуволоконных мембран для первапорации с целью выделения метана из жидких смесей.
3. Получение полуволоконных мембран для первапорации с целью выделения и концентрирования этанола из водных сред.
4. Исследование и влияние геометрических характеристик и плотности упаковки полуволоконных мембран на гидродинамику и массоперенос в мембранном модуле (аппарате) в системах микро- и ультрафильтрации.
5. Исследование и влияние геометрических характеристик и плотности упаковки полуволоконных мембран на гидродинамику и массоперенос в мембранном модуле (аппарате) в системах нанофильтрации.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 15 баллов, вопрос 2 – 25 баллов.

- Коэффициенты диффузии, растворимости и проницаемости, их размерности, роль при разделении газов на непористых мембранах;
- Влияние температуры на проницаемость и селективность разделения при использовании пористых газоразделительных мембран
- Влияние температуры на проницаемость и селективность разделения при использовании непористых газоразделительных мембран;
- Приближенный (оценочный) метод расчета мембранных модулей при разделении бинарных смесей.

- Массоперенос, сопровождаемый взаимодействием переносимого через мембрану вещества с материалом мембраны;
- Простой (облегченный) диализ через нейтральные мембраны. Факторы, влияющие на проницаемость и степень разделения.
- Механизм диффузионных мембранных процессов. Статистический подход к описанию диффузии, уравнение для расчета коэффициентов диффузии;
- Мембраны для диализа. Принцип выбора. Влияние положительного осмотического потока на выбор мембран;
- Феноменологический подход к описанию механизма и диффузии компонентов через диффузионные мембраны;
- Разработайте (приведите) с обоснованием технологическую схему очистки природного газа от диоксида углерода.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (6 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Диффузионные мембранные процессы» проводится в 6 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

«Утверждаю» _____ (Должность, наименование кафедры) _____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра мембранной технологии
	18.03.01 «Химическая технология» Профиль – «Мембранная технология»
	Диффузионные мембранные процессы
Билет № 1	
1. Влияние температуры на проницаемость и селективность разделения при использовании пористых газоразделительных мембран;	
2. Разработайте (приведите) с обоснованием технологическую схему осушки природного газа перед стадией его ожижения	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Дытнерский, Ю. И. Мембранное разделение газов / Ю. И. Дытнерский, В. П. Брыков, Г. Г. Каграманов. - М. : Химия, 1991. - 344 с.
2. Каграманов, Г. Г. Диффузионные мембранные процессы. Диализ: учебные пособия / Г. Г. Каграманов, Е. Н. Фарносова. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 112 с.
3. Фазылова Д. И., Шишкина Н. Н., Яруллин Р. С., Кияненко Е. А. Мембранные процессы разделения: учебное пособие. - Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – 112 с.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛипринт, 2007, 207 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 г. составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Диффузионные мембранные процессы»* проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019	Контракт №175-	150 лицензий для активации	12 месяцев (ежегодное)

	В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	262ЭА/2019 от 30.12.2019	на рабочих станциях	продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	знать: процессы мембранного разделения газовых и жидких смесей, где лимитирующей стадией является диффузионный перенос через мембрану уметь: владеть: основные сферы применения диффузионных мембранных процессов и варианты их проведения: очистка и разделение жидких и газовых сред, выделение ценных компонентов жидких и газовых сред	Коллоквиум 1
Раздел 2.	знать: принципы диффузионно-контролируемых процессов мембранного разделения, термодинамику, кинетику и движущую силу процесса основные типы мембран и мембранных систем уметь: владеть: методами расчета основных типов аппаратов и установок	Коллоквиум 1
Раздел 3.	знать: методы расчета селективности мембран в бинарных и многокомпонентных системах основные модели механизма разделения и влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность, а также их качественное и количественное описание на основе уравнений переноса через мембрану уметь: производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок,	Коллоквиум 2

	используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран производить расчет установок колонного типа производить расчет разделения многокомпонентных систем владеть: методами расчета основных типов аппаратов и установок производить подбор основного и вспомогательного оборудования для проведения диффузионных мембранных процессов	
Раздел 4.	знать: основные модели механизма разделения и влияние определяющих факторов – давления, температуры и концентрации на удельную производительность и селективность, а также их качественное и количественное описание на основе уравнений переноса через мембрану аппаратурное оформление и промышленное применение диффузионных мембранных процессов уметь: производить технологический расчет основных типов аппаратов и установок, используя наряду с балансовыми уравнениями формулы для расчета селективности и удельной производительности мембран производить расчет разделения многокомпонентных систем владеть: производить подбор основного и вспомогательного оборудования для проведения диффузионных мембранных процессов	Коллоквиум 2

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Диффузионные мембранные процессы»

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Курсовой проект по мембранной технологии»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена

К.т.н., доцент кафедры мембранной технологии А.А. Свитцов

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
« 08 » мая 2024 г., протокол № 9

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Курсовой проект по мембранной технологии»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области дисциплин «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Промышленная экология», «Основы экономики и управления производством», «Основы менеджмента и маркетинга», «Моделирование химико-технологических процессов», а также дисциплин специализации

Цель дисциплины – формирование опыта практической деятельности по решению научных и прикладных задач по разработке и реализации энерго- и ресурсосбережения путём интеграции мембранных процессов в традиционные технологические схемы разделения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Задачи дисциплины:

- овладение основными принципами организации процессов мембранной технологии в составе технологических схем на основе изученных специальных дисциплин;
- систематизация методов составления и расчета материального и энергетических балансов в целом технологических схем и отдельных блоков;
- практическое освоение ручных и компьютерных методик расчета мембранных установок и аппаратов;
- получение навыков выбора и решения логистических задач по мембранному оборудованию.

Дисциплина *«Курсовой проект по мембранной технологии»* преподаётся в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	
			ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	

				Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки

работ по разработке технологической документации	научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- законодательные и нормативные правовые акты, регламентирующие деятельность предприятия;
- основные принципы организации химического производства, его иерархическую структуру, методы оценки эффективности производства;
- принципиальные конструкции мембранных элементов, модулей и аппаратов;
- принципы разработки и расчета технологических схем мембранных установок;
- основы функционирования рынка мембранной технологии.

Уметь:

- использовать результаты лабораторных исследований в расчетах мембранных установок;
- выполнять и читать чертежи технических изделий с учетом действующих стандартов;
- разрабатывать технологические схемы мембранных установок;
- определять место и эффективность использования стадии мембранного разделения в технологической схеме производства;
- определять себестоимость продукции;

Владеть:

- методами расчета рабочих параметров процесса мембранного разделения;
- способами и приемами изображения предметов на плоскости;
- методами анализа эффективности работы отдельных аппаратов и химического производства в целом;
- методами выбора оптимальной конструкции мембранного модуля;
- навыками расчетов по экономическому обоснованию выбора сырья, энергетических средств и рациональному размещению предприятий;

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	1,11	40	30
Контактная самостоятельная работа	1,11	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		39,6	29,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Курсовой проект		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел	Наименование раздела	Часов		
		Всего	Аудит. работа	Самост. работа
1	Синтез технологической схемы производства в соответствии с техническим заданием.	16	8	8
2	Расчет материального и теплового баланса по блокам технологической схемы.	16	8	8
3	Расчет и выбор оборудования по блокам технологической схемы.	18	8	10
4	Графическое оформление технологической схемы.	14	4	10
5	Принятие решений по КИПиА в блоках технологической схемы.	8	4	4
	ИТОГО	72	32	40

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Синтез технологической схемы производства в соответствии с техническим заданием.

- 1.1 Сбор и расчет параметрических данных о проектируемом производстве.
- 1.2 Разработка технологического задания на проектируемое производство.
- 1.3 Разработка последовательности операций с исходным сырьем с использованием эвристического метода синтеза технологических схем.

Раздел 2. Расчет материального и теплового баланса по блокам технологической схемы.

- 2.1 Составление блок-схемы проектируемого производства.
- 2.2 Расчет материального баланса для каждого блока технологической схемы и сопряжение их между собой.
- 2.3 Расчет теплового баланса для блоков технологической схемы, где происходит изменение температуры. Определение расходов теплоносителей.

Модуль 3. Расчет и выбор оборудования по блокам технологической схемы.

- 3.1 Расчет и выбор емкостного оборудования с учетом заданного времени пребывания.
- 3.2 Расчет и выбор теплообменного оборудования при использовании приближенной оценки коэффициентов теплопередачи. Принятие конструктивных решений для испарителей, конденсаторов, подогревателей.
- 3.3 Расчет и выбор перекачивающего оборудования – насосов и компрессоров с использованием приближенной оценки необходимого напора.
- 3.4 Расчет и выбор массообменного оборудования для синтеза технологической схемы при использовании приближенных оценок коэффициентов массопередачи или пиковой производительности.
- 3.5 Расчет и выбор трубопроводов и арматуры с учетом расходов, давления, температуры и коррозионной активности потоков.

Раздел 4. Графическое оформление технологической схемы.

- 4.1 Выполнение чертежей с использованием требований ЕСКД и приемов компьютерной графики.

Раздел 5. Принятие решений по КИПиА в блоках технологической схемы.

- 5.1 Выбор точек контроля на трубопроводах и оборудовании технологической схемы.
- 5.2 Определение пределов измеряемых параметров в выбранных точках контроля.
- 5.3 определение условий проведения контроля: прибор на месте, вторичный прибор на щите, автоматизированное управление параметром, выбор исполнительных механизмов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	Знать: (перечень из п.2)					
1	законодательные и нормативные правовые акты, регламентирующие деятельность предприятия;	+				+
2	основные принципы организации химического производства, его иерархическую структуру, методы оценки эффективности производства;	+	+			
3	принципиальные конструкции мембранных элементов, модулей и аппаратов;	+			+	
4	принципы разработки и расчета технологических схем мембранных установок;	+				+
5	основы функционирования рынка мембранной технологии			+		
	Уметь: (перечень из п.2)					
6	использовать результаты лабораторных исследований в расчетах мембранных установок;		+			
7	выполнять и читать чертежи технических изделий с учетом действующих стандартов;			+		
8	разрабатывать технологические схемы мембранных установок;			+		
9	определять место и эффективность использования стадии мембранного разделения в технологической схеме производства;	+				+
10	определять себестоимость продукции;		+		+	
	Владеть: (перечень из п.2)					
11	методами расчета рабочих параметров процесса мембранного разделения;		+	+		
12	способами и приемами изображения предметов на плоскости;		+			
13	методами анализа эффективности работы отдельных аппаратов и химического производства в целом;			+		
14	методами выбора оптимальной конструкции мембранного модуля;			+		+
	навыками расчетов по экономическому обоснованию выбора сырья, энергетических средств и рациональному размещению предприятий;	+		+		
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)						
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)				

15	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	+	+	+		+
		ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	+		+		
		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом		+	+		
18	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	+			+	+
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования		+	+		
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	+			+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Аудиторные занятия. Темы консультаций	Часы
1	Раздел 1.	1. Поиск и расчет физико-химических параметров исходного сырья, полупродуктов и продуктов проектируемого производства. 2. Методики оценки качества продуктов. 3. Использование стандартных известных технологий получения продуктов при синтезе технологической схемы. 4. Синтез технологической схемы с использованием декомпозиционного и эвристического методов.	7
2	Раздел 2.	5. Разработка технического задания проекта с использованием нормативных документов. 6. Принципы расчета материального баланса. 7. Составление блок-схемы производства. 8. Принципы расчета теплового баланса.	6
3	Раздел 3.	9. Расчет и выбор емкостного оборудования и трубопроводов. 10. Расчет и выбор перекачиваемого оборудования и оборудования для сепарации фаз. 11. Расчет и выбор теплообменного оборудования, сушильного и выпарного оборудования. 12. Расчет и выбор массообменного оборудования.	7
4	Раздел 4.	13. Утонение требований ЕСКД при выполнении графической части проекта. 14. Правила оформления иллюстрационного материала.	6
5	Раздел 5.	15. Уточнение требований к выполнению раздела КИПиА проекта. 16. Оформление раздела КИПиА проекта.	6

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине «Курсовой проект по мембранной технологии» учебным планом не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится студентами согласно темам соответствующих разделов плана, обсуждаемых на аудиторных занятиях. Направлена самостоятельная работа на углубление теоретических знаний, полученных студентами на практических занятиях, на формирование способностей применять теоретические знания на практике, включающих использование компьютерных программ для расчета гидродинамического, теплообменного и массообменного оборудования..

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение курсового проекта (максимальная оценка 60 баллов) и его защиты (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

- Производство суспензионного поливинилхлорида с рециклом воды мощностью 60 тыс. т в год.
- Получение овечьего пепсина мощностью 35 т/год.
- Получение продукта типа «английский крем» мощностью 60 т/год.
- Получение порошкового экстракта женьшеня мощностью 300 кг/год.
- Получение сухого экстракта мумие мощностью 1800 кг/год.
- Получение препарата лидазы мощностью 2,5 т/год.
- Получение лицетина из растительного сырья мощностью 150 т/год.
- Получение натриевой соли ДНК мощностью 5 т/год.
- Получение кормовых природных добавок из природного газа мощностью 10 тыс. т/год.
- Получение этанола из мелассы мощностью 20 тыс. т/год
- Получение чистого МТБЭ из азеотропных щелочных смесей мощностью 150 т/год.
- Производство серобетона на основе попутных вод нефтедобычи мощностью 60 тыс. т/год.
- Производство строительных материалов на основе избыточного активного ила сооружений биологической очистки мощностью 350 тыс. т/год.
- Производство мембран для оксигенаторов крови мощностью 10000 м²/год.
- Получение кислорода из грунта для напланетных станций для 40 человек.
- Очистка ШФЛУ от метанола мощностью 860 тыс. т/год.
- Производство биоразлагаемого ингибитора отложения солей жесткости мощностью 5 т/год.
- Регенерация метанола мощностью 24 тыс. т/год.
- Производство соды из дымовых газов мощностью 50 т/год.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

40 баллов студент получает при итоговом контроле - при защите проекта, которая подразумевает обсуждение расчетов, изложенных в расчетно-пояснительной записке, а также графических материалов и ответов на вопросы

Раздел 1.

1. Научное обоснование инвестиционного проекта.
2. Принципы синтеза химико-технологических схем.
3. Критерии оптимальности функционирования ХТС.
4. Факторы, влияющие на принятие решений.
5. Содержание задания на разработку проекта.
6. Техническое задание инвестиционного проекта.
7. Интеллектуальная собственность.
8. Декомпозиционный принцип синтеза химико-технологических схем.
9. Эвристический принцип синтеза химико-технологических схем.
10. Концепции ресурсо- и энергосбережения.
11. Критерии оптимальности функционирования ХТС.
12. Концепция полного использования сырьевых ресурсов.
13. Концепция полного использования энергетических ресурсов.

14. Концепция минимизации отходов.
 15. Концепция эффективного использования оборудования.
- Раздел 2.
1. Методика разработки блок-схемы производства.
 2. Расчет фонда продолжительности работы производства.
 3. Расчет материального баланса производства.
 4. Расчет теплового баланса производства.
- Раздел 3.
1. Расчет гидравлического сопротивления в блоках технологической схемы.
 2. Принципы расчета емкостного оборудования.
 3. Принципы расчета перекачивающего оборудования.
 4. Принципы расчета теплообменного оборудования.
 5. Принципы расчета сепарационного оборудования.
 6. Принципы расчета фильтров.
 7. Принципы расчета обезжелезивателя.
 8. Принципы расчета кристаллизаторов.
 9. Принципы расчета сорбционного оборудования.
 10. Выбор конструкционных материалов для оборудования.
- Раздел 4.
1. Правила ЕСКД для графической части проекта.
 2. Принятые допущения при выполнении графической части.
 3. Правила сочетания технологической и энергетической схемы проекта.
- Раздел 5.
1. Разработка КИПиА мембранных установок.
 2. Правила выбора точек контроля на технологической схеме.
 3. Уровни автоматизации технологических схем.
 4. Влияние уровня автоматизации на экономическую состоятельность проекта.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Свитцов, А. А. Мембранное разделение смесей. Теория и практика.: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2020. - 269 с.
2. Орлов Н. С. Ультра -и микрофильтрация: учебное пособие - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. - 117 с.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛи принт, 2007, 207 с.
2. Кочаров Р.Г., Каграманов Г.Г. Расчет установок мембранного разделения жидких смесей: методические указания. - РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. - 128 с.
3. Свитцов А. А. Мембранное разделение смесей. Проектирование и расчет: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2021. - 208 с.
4. Орлов Н. С. Промышленное применение мембранных : учебное пособие - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 111 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 г. составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Курсовой проект по мембранной технологии*» проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
 учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
 электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Синтез технологической схемы производства в соответствии с техническим заданием.	<i>Знает:</i> принципы организации производства в химической технологии и биотехнологии методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства химических веществ системы проектирования химико-технологических процессов и отдельных узлов и технологической схемы технологии и общие принципы осуществления химико-технологических процессов	Курсовой проект
Расчет материального и теплового баланса по блокам технологической схемы.	<i>Знает</i> методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства химических веществ <i>Умеет</i> составлять материальные и тепловые балансы в целом для технологических схем и отдельных блоков; <i>Владеет</i> методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков; методами составления тепловых и материальных балансов мембранных аппаратов и установок	Курсовой проект

Расчет и выбор оборудования по блокам технологической схемы.	Знает способы рекуперации и утилизации газовых, жидких и твердых отходов производства химических веществ Умеет рассчитывать параметры тепло- и массообменного оборудования, и насосов; подбирать стандартное оборудование, используемое в химической промышленности методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков; Владеет методами расчета тепловых, массообменных и реакционных аппаратов и определения их основных размеров; методами выбора аппаратов для очистки разделения, концентрирования жидких и газовых смесей, в том числе очистки сточных вод и газовых выбросов предприятий.	Курсовой проект
Графическое оформление технологической схемы.	<i>Знает</i> системы проектирования химико-технологических процессов и отдельных узлов и технологической схемы	Курсовой проект
Принятие решений по КИПиА в блоках технологической схемы.	Знает принципы организации производства в химической технологии и биотехнологии технологию и общие принципы осуществления химико-технологических процессов Владеет методами выбора аппаратов для очистки разделения, концентрирования жидких и газовых смесей, в том числе очистки сточных вод и газовых выбросов предприятий.	Курсовой проект

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Курсовой проект по мембранной технологии»

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Лабораторный практикум по мембранной технологии»**

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена:

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

Ассистент кафедры мембранной технологии А.М. Бланко-Педрехон

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
« 08 » мая 2024 г., протокол № 9

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Лабораторный практикум по мембранной технологии»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – развить практические навыки экспериментального исследования характеристик мембран и основных параметров мембранных процессов в зависимости от требований конкретной сферы применения, качеству жидких и газообразных технологических сред

Задачи дисциплины – изучение теории и практики мембранных процессов с акцентом на основные закономерности и общих принципов анализа, моделирования, расчета и рационального использования этих процессов, их эффективное энергообеспечение и аппаратное оформление; развитие понимания физической сущности и общности мембранных и традиционных процессов химической технологии; овладение основными принципами сопряжения мембранных и традиционных процессов химической технологии при синтезе технологических схем комплексных систем очистки жидких и газовых смесей.

Дисциплина *«Лабораторный практикум по мембранной технологии»* преподается в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения
			ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада	
			ПК-2.3. Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	

		публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау		экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен моделировать процессы разделения смесей в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний процессов разделения на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления
			ПК-3.2 Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации процессов разделения	
			ПК-3.3 Владеет современными методами обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и	

			оптимизации процессов разделения	результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- Методику анализа дефектоскопию мембран;
- Методики исследования характеристик пористости мембран;
- Методики исследования параметров фильтрования – коллоидного индекса (KI) и модифицированного индекса загрязнения (MFI).
- Методику экспериментального исследования явления концентрационной поляризации на примере процесса ультрафильтрации.
- Методику определения коэффициентов проницаемости и факторов разделения газоразделительных мембран
- Методики экспериментального определения влияния основных технологических параметров (давление, температура, концентрация) на процессы: обратный осмос, нанофильтрация, ионный обмен, первапорация, мембранная дистилляция, разделение газов.

Уметь:

- планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества.;
- осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций;
- оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс.

Владеть:

- Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в исходных жидких и газовых смесях и приемами оценки достоверности анализа;
- Экспериментальными методами исследования:
- дефектоскопии, характеристик пористости, задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения.
- методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	24
Лабораторные работы (ЛР)	1,33	48	24
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Раздел 1. Дефектоскопия и исследование характеристик пористости микро- и ультра-фильтрационных мембран. Прогнозирование эффективности мембран	18	-	-	12	15
2.	Раздел 2. Исследование влияния внешних факторов на процессы обратного осмоса и нанофильтрации при деминерализации водных растворов. Сопоставление эффективности процессов ОО и НФ.	18	-	-	12	15
3.	Раздел 3. Подбор мембран для разделения газовых смесей на основе исследования факторов разделения	18	-	-	12	15
4.	Раздел 4. Исследование эффективности разделения водоорганических смесей первапорацией. Определение динамической и полной обменной емкости ионообменных смол	18	-	-	12	15
	ИТОГО	108	-	-	48	60

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Дефектоскопия и исследование характеристик пористости микро- и ультра-фильтрационных мембран. Прогнозирование эффективности мембран.

Дефектоскопия мембран, основанная на методе «Точки пузырька»;

Исследование пористости мембран: «Средний радиус пор», «Распределение пор по размерам»

Раздел 2. Исследование влияния внешних факторов на процессы обратного осмоса и нанофильтрации при деминерализации водных растворов. Сопоставление эффективности процессов ОО и НФ.

Сравнение эффективности нанофильтрации и обратного осмоса в задачах очистки вод различного состава

Изучение влияния основных технологических параметров на процесс обратного осмоса

Раздел 3. Подбор мембран для разделения газовых смесей на основе исследования факторов разделения

Изучение и расчет мембранного разделения воздуха с использованием модуля плоскопараллельного типа

Влияние основных технологических параметров на эффективность процессов разделения воздуха с использованием модуля полволоконного типа

Определение коэффициентов проницаемости и факторов разделения изотропных пленок и ассиметричных полволоконных мембран.

Раздел 4. Исследование эффективности разделения водоорганических смесей первапорацией. Определение динамической и полной обменной емкости ионообменных смол

Изучение и расчет процесса ионного обмена при очистке воды

Изучение и расчет процессов первапорации и мембранной дистилляции

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать: (перечень из п.2)				
1	Методику анализа дефектоскопию мембран;	+			
2	Методики исследования характеристик пористости мембран;	+			
3	Методики исследования параметров фильтрования – коллоидного индекса (KI) и модифицированного индекса загрязнения (MFI).		+		
4	Методику экспериментального исследования явления концентрационной поляризации на примере процесса ультрафильтрации.		+		
5	Методику определения коэффициентов проницаемости и факторов разделения газоразделительных мембран			+	
6	Методики экспериментального определения влияния основных технологических параметров (давление, температура, концентрация) на процессы: обратный осмос, нанофильтрация, ионный обмен, первапорация, мембранная дистилляция, разделение газов.		+	+	+
	Уметь: (перечень из п.2)				
7	планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества.;	+	+	+	+
8	осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций;	+	+	+	+
9	оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс.	+	+	+	+
	Владеть: (перечень из п.2)				
10	Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в исходных жидких и газовых смесях и приемами оценки достоверности анализа;		+	+	+
11	Экспериментальными методами исследования: дефектоскопии, характеристик пористости, задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения; методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов.	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)					
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)			

13	ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками		+	+	+
	из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством)	ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада	+	+	+	+
	документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.3. Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	+	+	+	+
15	ПК-3 Способен моделировать процессы разделения смесей в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний процессов разделения на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей		+	+	+
		ПК-3.2 Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации процессов разделения	+	+	+	+
		ПК-3.3 Владеет современными методами обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации процессов разделения		+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине «*Лабораторный практикум по мембранной технологии*» Учебным планом не предусмотрены.

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплинах «*Баромембранные процессы*», «*Диффузионные мембранные процессы*», «*Сопряженные мембранные процессы*», «*Технология воды*», «*Электромембранные процессы*», а также дает знания в области мембранных процессов разделения жидких и газовых смесей и сопряженных с ними процессах.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 60 балла (максимально по 10 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Дефектоскопия мембран, основанная на методе «Точки пузырька»	4
2	1	Исследование пористости мембран: «Средний радиус пор»	4
3	1	Исследование пористости мембран: «Распределение пор по размерам»	4
4	2	Сравнение эффективности нанофильтрации и обратного осмоса в задачах очистки вод различного состава	6
5	2	Изучение влияния основных технологических параметров на процесс обратного осмоса	6
6	3	Изучение и расчет мембранного разделения воздуха с использованием модуля плоскопараллельного типа	4
7	3	Влияние основных технологических параметров на эффективность процессов разделения воздуха с использованием модуля половолоконного типа	4
8	3	Определение коэффициентов проницаемости и факторов разделения изотропных пленок и ассиметричных половолоконных мембран	4
9	4	Изучение и расчет процесса ионного обмена при очистке воды	6
10	4	Изучение и расчет процессов первапорации и мембранной дистилляции	6

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (8 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника..

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение лабораторного практикума (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для выставления баллов за выполнение каждой лабораторной работы используются вопросы текущего контроля к лабораторным работам. Для оценки знаний студентов на итоговом зачете используются вопросы и тесты итогового контроля.

Раздел 1. Дефектоскопия и исследование характеристик пористости микро- и ультра-фильтрационных мембран. Прогнозирование эффективности мембран

Вопросы к защите лабораторной работы «Метод точки пузырька»:

1. Назовите параметры, входящие в уравнение Лапласа, и приведите их значения для взаимодействующих в данной лабораторной ячейке сред.
2. Приведите факторы, вызывающие формирование капиллярного мениска в порах мембраны и препятствующие его формированию.
3. Между какими фазами формируется мениск и какие допущения принимаются при использовании уравнения Лапласа при расчете радиуса пор?
4. Оцените какие средства измерения параметров, используемые в данной лабораторной работе, обуславливают погрешности эксперимента.
5. В каком случае погрешность расчета радиусов пор будет выше- при исследовании мембран с изотропной структурой пор или анизотропной.

Вопросы к защите лабораторных работ «Средний радиус пор», «Распределение пор по размерам»:

1. Из каких этапов исследования состоит данный метод.
2. На каких уравнениях основан данный метод исследования.
3. Проиллюстрируйте на примере полученной Вами экспериментальной зависимости $J_v = f \Delta P$ метод графического дифференцирования для двух значений ΔP .
4. Проанализируйте погрешности определения среднего радиуса пор при построении

гистограммы с разграничением оси давлений на равные интервалы ($\Delta P = \text{const}$).

5. Значения расходов проникающей среды - воздуха через поры мембраны и регистрируемого пенным измерителем, не соответствуют из-за разных давлений. Предложите способ устранения отмеченного несоответствия.

Раздел 2. Исследование влияния внешних факторов на процессы обратного осмоса и нанофильтрации при деминерализации водных растворов. Сопоставление эффективности процессов ОО и НФ.

Вопросы к защите лабораторных работ:

1. Какие операции осуществляют при проведении основного варианта мембранного разделения растворов?
2. Проведите самостоятельно вывод уравнения материального баланса, с помощью которого определяется расход концентрата.
3. Преобразуйте выражение, определяющее рабочую поверхность мембраны для общего случая, к частному, когда селективность не изменяется с ростом концентрации, а удельная производительность снижается линейно.
4. Поясните, почему при расчёте непрерывных процессов мембранного разделения жидких смесей справедливо допущение постоянства температуры.
5. Укажите основную причину, по которой давление в напорном канале мембранных аппаратов изменяется по длине канала. Как это обстоятельство учитывается при расчёте аппаратов ультрафильтрации?
6. С чем связано основное отличие структуры потоков в напорных каналах мембранных аппаратов от модели идеального вытеснения?

Раздел 3. Подбор мембран для разделения газовых смесей на основе исследования факторов разделения

Вопросы к защите лабораторных работ:

1. Основное уравнение массопередачи, коэффициент массопередачи его физический смысл и размерность.
2. Уравнение массоотдачи, коэффициент массоотдачи, его размерность и физический смысл.
3. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений. Проанализировать уравнение для случаев хорошо и плохо растворимых газов.
4. Принципы интенсификации процессов массообмена. Влияние скорости движения фаз на процесс абсорбции.
5. Основные критерии подобия диффузионных процессов и их физический смысл.
6. Достоинства и недостатки пленочных абсорбционных аппаратов.

Раздел 4. Исследование эффективности разделения водоорганических смесей первапорацией. Определение динамической и полной обменной емкости ионообменных смол

Вопросы к защите лабораторных работ:

1. Каковы условия установления стационарного осаждения частицы?
2. Какое значение площади (S) используется в уравнении баланса сил?
3. Сформулируйте физический смысл чисел Re и Ar .
4. Какова граница медленного движения, принятая в данной работе?
5. Дайте определение эквивалентной сферы.
6. Что такое динамический коэффициент формы и параметр сферичности?
7. В чём отличие стеснённого и свободного осаждения?

8. Сформулируйте схему расчёта скорости осаждения сферической и несферической частицы.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 15 баллов.

1. Как на основании уравнения Пуазейля осуществляется определение среднего радиуса пор? Приведите необходимые для расчета дополнительные уравнения и недостающие параметры, определяемые экспериментально.
2. Приведите факторы, вызывающие формирование капиллярного мениска в порах мембраны и препятствующие его формированию.
3. Какие вы знаете диффузионные критерии подобия. Определяемый и определяющие критерии. Физический смысл массообменных критериев подобия.
4. Составить уравнения материального баланса при разделении суспензий и вывести из них выражения для расчета массового расхода осветленной жидкости и осадка.
5. Осаждение под действием силы тяжести. Какие силы действуют на частицу при ее осаждении?
6. Назвать и сопоставить основные способы разделения суспензий. Указать их преимущественные области применения.
7. Охарактеризовать основные способы очистки газов от пыли. Указать их преимущественные области применения.
8. Первапорация: движущая сила процесса, вывод уравнения для потока.
9. Рабочие характеристики эффективности первапорационного разделения.
10. Дайте подробное описание классификации баромембранных установок, приведя, где необходимо, схемы установок.
11. Механизм разделения в баромембранных процессах. Расчет истинной селективности обратноосмотических мембран при разделении неконцентрированных бинарных растворов сильных электролитов.
12. Приближенный (оценочный) метод расчета мембранных модулей. Основные допущения и ограничения. Разделение бинарных и многокомпонентных газовых смесей.
13. Основные стадии трансмембранного переноса в диффузионных процессах. Коэффициенты растворимости, диффузии и проницаемости, их размерность. Зависимость от температуры, давления и состава смеси.
14. Влияние температуры и давления на проницаемость и селективность непористых газоразделительных мембран.
15. Разделение бинарной газовой смеси на мембранных установках колонного типа. Принцип работы установки. Основные допущения и ограничения. Расчет высоты колонны на основе полуволоконных мембран.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (8 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «*Лабораторный практикум по мембранной технологии*» проводится в 8 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам

рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **зачета с оценкой**:

«Утверждаю» _____ (Должность, наименование кафедры) _____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра мембранной технологии
	18.03.01 «Химическая технология» Профиль – «Мембранная технология»
	Лабораторный практикум по мембранной технологии
Билет № 1 1. Приведите факторы, вызывающие формирование капиллярного мениска в порах мембраны и препятствующие его формированию. 2. Механизм разделения в баромембранных процессах. Расчет истинной селективности обратноосмотических мембран при разделении неконцентрированных бинарных растворов сильных электролитов 3. Рабочие характеристики эффективности первапорационного разделения.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Свитцов, А. А. Мембранное разделение смесей. Теория и практика.: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2020. - 269 с.
2. Каграманов, Г. Г. Диффузионные мембранные процессы. Диализ: учебные пособия / Г. Г. Каграманов, Е. Н. Фарносова. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 112 с.
3. Орлов Н. С. Ультра -и микрофльтрация : учебное пособие - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. - 117 с. - Библиогр.: с. 117. - Б. ц.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛи принт, 2007, 207 с.
2. Кочаров Р.Г., Каграманов Г.Г. Расчет установок мембранного разделения жидких смесей: методические указания. - РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. - 128 с.
3. Первапорация: учеб. пособие / Г. А. Дибров, Г. Г. Каграманов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. – 52 с.
4. Свитцов А. А. Мембранное разделение смесей. Проектирование и расчет: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2021. - 208 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X

- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 г. составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Лабораторный практикум по мембранной технологии»* проводятся в форме лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;

электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Дефектоскопия и исследование характеристик пористости микро- и ультра-фильтрационных мембран. Прогнозирование эффективности мембран.	Умеет: - планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества.; - осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций; - оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс. Владеет: - экспериментальными методами исследования: дефектоскопии, характеристик пористости, задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения; - методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов. Знает: - Методику анализа дефектоскопию мембран; - Методики исследования характеристик пористости мембран;	Зачет с оценкой
Раздел 2. Исследование влияния внешних факторов на процессы обратного осмоса и нанофильтрации при деминерализации водных растворов. Сопоставление эффективности процессов ОО и НФ.	Умеет: - планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества.; - осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций; - оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс. Владеет: - Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в исходных жидких и газовых смесях и приемами оценки достоверности анализа; - Экспериментальными методами исследования: дефектоскопии, характеристик пористости,	Зачет с оценкой

	задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения; - методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов. Знает: - Методики исследования параметров фильтрования – коллоидного индекса (KI) и модифицированного индекса загрязнения (MFI). - Методику экспериментального исследования явления концентрационной поляризации на примере процесса ультрафильтрации. - Методики экспериментального определения влияния основных технологических параметров (давление, температура, концентрация) на процессы: обратный осмос, нанофильтрация, ионный обмен, первапорация, мембранная дистилляция, разделение газов.	
Раздел 3. Подбор мембран для разделения газовых смесей на основе исследования факторов разделения	Умеет: - планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества.; - осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций; - оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс. Владеет: - Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в исходных жидких и газовых смесях и приемами оценки достоверности анализа; - Экспериментальными методами исследования: дефектоскопии, характеристик пористости, задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения;	Зачет с оценкой

	- методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов. Знает: - Методику определения коэффициентов проницаемости и факторов разделения газоразделительных мембран - Методики экспериментального определения влияния основных технологических параметров (давление, температура, концентрация) на процессы: обратный осмос, нанофильтрация, ионный обмен, первапорация, мембранная дистилляция, разделение газов.	
Раздел 4. Исследование эффективности разделения водоорганических смесей первапорацией. Определение динамической и полной обменной емкости ионообменных смол	Умеет: - планировать эксперименты с целью минимизации их необходимого количества; - осуществлять обработку результатов с целью получения необходимых корреляций; - оценивать определяющие факторы и степень их влияния на мембранный процесс. Владеет: - Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в исходных жидких и газовых смесях и приемами оценки достоверности анализа; - Экспериментальными методами исследования: дефектоскопии, характеристик пористости, задерживающей способности (селективности) и удельной производительности мембран, коэффициентов разделения; - методами обработки результатов экспериментов с целью получения корреляций, необходимых для расчета мембранных процессов. Знает: - Методики экспериментального определения влияния основных технологических параметров (давление, температура, концентрация) на процессы: обратный осмос, нанофильтрация,	Зачет с оценкой

	ионный обмен, первапорация, мембранная дистилляция, разделение газов.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Лабораторный практикум по мембранной технологии»

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы токсикологии»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена доцентом кафедры промышленной экологии к.х.н.
Е.В. Костылевой.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры промышленной экологии «30»
мая 2024 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»** (ФГОС ВО), рекомендациями методической секции Ученого совета и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой промышленной экологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Основы токсикологии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 учебного плана (Б1.В.ДВ.02.02). Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку по дисциплинам: «Химия окружающей среды», «Экология», «Физическая химия».

Цель дисциплины - формирование у обучающихся базовых знаний, необходимых для понимания и решения проблем управления качеством окружающей среды, сохранения устойчивого функционирования природных экосистем и здоровья человека.

Задачи дисциплины - формирование у студентов знаний фундаментальных положений общей, промышленной и экологической токсикологии; ознакомление с параметрами токсичности и опасности веществ и основными принципами их обоснования; получение студентами знаний о принципах и системах регламентирования и оценки опасности вредных химических веществ в объектах окружающей среды и навыков работы с нормативными и методическими документами.

Дисциплина «Основы токсикологии» преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта). Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	
		ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения	ПК-41. Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	

		по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.2. Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы А /02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
			ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные закономерности и механизмы взаимодействия токсических веществ с живым организмами, прежде всего, человека;
- основные процессы, характеризующие поведение токсикантов в окружающей среде, механизмы экотоксичности, токсические эффекты и закономерности их проявления на различных иерархических уровнях организации биологических систем;
- системы санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных нормативов химических веществ, принятых в Российской Федерации; методологии обоснования и установления нормативов содержания вредных веществ в объектах окружающей среды;
- классификации вредных веществ по степени их опасности в объектах окружающей среды и методологии обоснования и установления классов опасности;
- классификацию отходов производства и потребления по степени воздействия на среду обитания и здоровье человека и принципы определения класса опасности; критерии отнесения отходов к классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду.

Уметь:

- объяснять и оценивать опасность присутствия вредных химических веществ в окружающей среде,
- практически применять полученные знания в своей профессиональной деятельности с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду.

Владеть:

- понятийным аппаратом в области токсикологии и экологического нормирования;
- навыками работы с основной нормативной и методической документацией, касающейся регламентирования и оценки опасности веществ в объектах окружающей среды.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	36
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	0,97	35	26,25
Домашнее задание	1,22	15	11,25
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		20	15
Вид контроля:			
Зачет с оценкой	0,25	9,0	6,75
Контактная работа - промежуточная аттестация	0,25	0,2	0,15
Подготовка зачету с оценкой		8,8	6,6
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Основы общей токсикологии	42	18	12	-	12
1.1	Введение	3	2	-	-	1
1.2	Основы токсикодинамики	4	3		-	1
1.3	Основы токсикокинетики	9	3	4	-	2
1.4	Взаимосвязь химической структуры вещества, физико-химических свойств и его биологической активности.	6	-	4	-	2
1.4	Факторы, влияющие на токсичность вещества	5	3	-	-	2
1.5	Специальные формы токсических процессов. Избирательная токсичность	3	2	-	-	1
1.6	Основы токсикометрии	4	3	-	-	1
1.7	Эколого-эпидемиологические исследования. Оценка риска для здоровья человека при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду	8	2	4	-	2
2.	Раздел 2. Нормирование химических веществ в окружающей среде	20	8	8	-	4
2.1	Санитарно-гигиеническое нормирование вредных химических веществ	14	6	6	-	2
2.2	Нормирование химических веществ в воде водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение	6	2	2	-	2
3.	Раздел 3. Экологическая токсикология	14	6	4	-	4
3.1	Основные понятия. Экотоксикокинетика. Экотоксикодинамика	3	2	-	-	1
3.2	Эколого-токсикологическая оценка опасности загрязнения окружающей среды химическими веществами	8	2	4	-	2
3.3	Экологическое нормирование	3	2	-	-	1
	Раздел 4. Характеристика основных экотоксикантов	23	-	8	-	15
	ИТОГО	99		32	-	35
	Зачет с оценкой	9				
	ИТОГО	108	32	32	-	35

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы общей токсикологии

1.1. Введение.

Предмет и структура токсикологии, цели и задачи. Основные понятия токсикологии. Концепции порогового и беспорогового действия химических веществ. Основные закономерности токсических процессов, развивающихся по пороговому и беспороговому принципу.

1.2. Основы токсикодинамики.

Концепция избирательного (рецепторного) действия токсикантов. Стадии формирования токсического эффекта. Гипотеза о неэлектролитном действии токсических веществ.

1.3. Основы токсикокинетики.

Пути поступления вредных химических веществ в организм. Транспорт веществ через биологические мембраны, основные типы мембран и мембранного транспорта. Этапы взаимодействия токсических веществ с организмом: резорбция, биотрансформация, распределение, экскреция. Количественные характеристики токсикокинетики

1.4. *Взаимосвязь химической структуры вещества, физико-химических свойств и его биологической активности.*

Влияние химической структуры вещества и физико-химических свойств на его токсикодинамику и токсикокинетику. Основные закономерности. Расчетные методы определения токсикометрических параметров вредных химических веществ.

1.5. Факторы, влияющие на токсичность вещества.

Межвидовые и внутривидовые различия. Повторные воздействия вредных химических веществ: кумуляция, виды кумуляции. Коергизм ксенобиотиков, виды коергизма. Комплексное и сочетанное действие. Антидоты, механизмы их действия.

1.6. Специальные формы токсических процессов. Избирательная токсичность.

Специальные формы токсических процессов: мутагенез, канцерогенез, гонадотоксическое действие, тератогенез, эмбриотоксическое действие. Избирательная токсичность, основные виды и закономерности.

1.7. Основы токсикометрии.

Дозы и концентрации, основные типы. Критерии потенциальной опасности и реальной опасности. Коэффициент межвидовых различий. Коэффициент кумуляции. Зависимости «доза-эффект» и «доза-ответ», основные положения. Биологические маркеры.

1.8. *Эколого-эпидемиологические исследования. Оценка риска для здоровья человека при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.*

Эколого-эпидемиологические исследования: основные категории эпидемиологических исследований, способы их организации; основные показатели, анализируемые в эколого-эпидемиологических исследованиях; оценка взаимосвязи между воздействием фактора риска и заболеванием. Оценка риска для здоровья человека при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: концепция анализа риска; оценка риска как элемент анализа риска, основные этапы: оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков.

Раздел 2. Нормирование химических веществ в окружающей среде

2.1. Санитарно-гигиеническое нормирование вредных химических веществ:

Гигиеническое нормирование химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Показатели вредности. Порядок обоснования ПДК, ОДУ и класса опасности. Основные документы.

Нормирование примесей в атмосферном воздухе городских и сельских поселений: показатели вредности; среднесуточные и максимальные разовые ПДК; порядок обоснование нормативов и класса опасности; основные документы.

Нормирование примесей в воздухе рабочей зоны: максимальные разовые и среднесменные ПДК, предельно допустимые уровни загрязнения кожных покровов, биологические ПДК у работающих; порядок обоснования нормативов и класса опасности; основные документы.

Гигиеническое нормирование вредных веществ в почве, его особенности, показатели вредности; обоснование нормативов и класса опасности; основные документы.

Гигиеническое нормирование вредных веществ в пищевых продуктах: понятия допустимой суточной дозы и допустимого суточного потребления; порядок обоснования нормативов, основные документы.

2.2. Нормирование химических веществ в воде водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.

Обоснование предельно допустимых концентраций: основные принципы, показатели вредности, этапы исследований. Установление временных нормативов. Порядок обоснования класса опасности вещества. Основные документы.

Раздел 3. Экологическая токсикология

3.1. Основные понятия. Экотоксикокинетика. Экотоксикодинамика.

Закономерности проявления токсичности на разных иерархических уровнях организации биологических систем. Основные понятия экотоксикологии.

Экотоксикокинетика. Миграция химических веществ: первичное распределение между элементами окружающей среды, географический и биотический перенос. Биоаккумуляция, биомагнификация и биоконцентрирование. Биотическая и абиотическая трансформация. Персистентность химических веществ в объектах окружающей среды.

Экотоксикодинамика. Экотоксичность, механизмы экотоксичности. Токсичность химических веществ для различных живых организмов и растений. Биоиндикация и биотестирование.

3.2. Эколого-токсикологическая оценка опасности загрязнения окружающей среды химическими веществами.

Комплексная оценка опасности вещества с экологических позиций. Классификация токсичных отходов производства и потребления по степени воздействия на среду обитания и здоровье человека, способы отнесения отходов к классу опасности. Классификация опасных отходов по степени негативного воздействия на окружающую среду, критерии отнесения отходов к классам опасности.

3.3. Экологическое нормирование.

Экологическое нормирование: основные принципы. Понятие предельно допустимой экологической нагрузки и предельно допустимой экологической концентрации. Емкость экосистемы. Экологический резерв и зона экологического резерва. Методологические подходы к расчету ЭДК.

Раздел 4. Характеристика основных экотоксикантов.

Нахождение в природе; источники поступления в окружающую среду; особенности действия на организм человека, действие на другие живые организмы; поведение в окружающей среде; токсикометрические параметры; нормативы качества объектов окружающей среды.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	– основные закономерности и механизмы взаимодействия токсических веществ с живым организмами, прежде всего, человека;	+			+
2	– основные процессы, характеризующие поведение токсикантов в окружающей среде, механизмы экотоксичности, токсические эффекты и закономерности их проявления на различных иерархических уровнях организации биологических систем;			+	+
3	– системы санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных нормативов химических веществ, принятых в Российской Федерации; методологии обоснования и установления нормативов содержания вредных веществ в объектах окружающей среды;		+		
4	– классификации вредных веществ по степени их опасности в объектах окружающей среды и методологии обоснования и установления классов опасности;		+		
5	– классификацию отходов производства и потребления по степени воздействия на среду обитания и здоровье человека и принципы определения класса опасности; критерии отнесения отходов к классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду.			+	
	Уметь:				
6	– объяснять и оценивать опасность присутствия вредных химических веществ в окружающей среде;	+	+	+	+
7	– практически применять полученные знания в своей профессиональной деятельности с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду.	+	+	+	+
	Владеть:				
8	– понятийным аппаратом в области токсикологии и экологического нормирования;	+	+	+	+
9	– навыками работы с основной нормативной и методической документацией, касающейся регламентирования и оценки опасности веществ в объектах окружающей среды.		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			

10	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	+		+	+
		ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	+	+	+	+
		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	+	+	+	+
11	ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1. Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	+	+	+	+
		ПК-4.2. Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	+	+	+	+
		ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Влияние химической структуры вещества, физико-химических на биологическую активность вещества. Свойства химических веществ, определяющие их токсичность	4
2	1	Количественные характеристики токсикокинетики	4
3	1	Оценка риска для здоровья человека при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду	4
4	2	Нормирование химических веществ в окружающей среде. Работа с нормативными документами	4
5	2	Предварительная токсикологическая оценка, прогнозирование безопасных уровней содержания химических веществ в окружающей среде	4
6	3	Расчетные методы отнесения отходов к классу опасности по степени воздействия на среду обитания и здоровье человека; по степени негативного воздействия на окружающую среду	4
7-8	4	Эколого-токсикологическая характеристика химических веществ, загрязняющих окружающую среду	8

6.2 Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки по направлению 18.03.01 «Химическая технология, профиль «Мембранная технология» лабораторные занятия не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- выполнение коллективного задания (работа в малой группе), подготовку к выступлению с докладом на практических занятиях;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 48 баллов), домашнего задания (реферативно-аналитической работы) (максимальная оценка 12 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика домашнего задания (реферативно-аналитической работы)

Студенты выполняют 1 домашнее задание (реферативно-аналитическая работа в группе по 2-3 человека) по теме «Эколого-токсикологическая характеристика химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Примерная схема работы включает следующие разделы:

- нахождение в природе;
- источники поступления в окружающую среду;
- особенности действия на организм человека, некоторые аспекты токсикодинамики и токсикокинетики;
- действие на другие живые организмы;
- поведение в окружающей среде (миграция, трансформация, персистентность, способность к биоаккумуляции);
- токсикометрические параметры;
- нормативы качества объектов окружающей среды.

Примерный перечень токсических соединений:

1. Соединения хрома.
2. Соединения никеля.
3. Соединения мышьяка.
4. Соединения свинца.
5. Соединения кадмия.
6. Медь и ее соединения.
7. Соединения цинка.
8. Соединения алюминия.
9. Соединения железа.
10. Соединения молибдена.
11. Соединения кобальта.
12. Соединения ртути.
13. Соединения фтора.
14. Нитриты и нитраты.
15. Сероводород и сульфиды.
16. Цианиды.
17. Оксиды углерода.
18. Оксиды серы.
19. Оксиды азота.
20. Полихлорированные бифенилы.
21. Полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны.
22. Бензол и его производные.
23. Полициклические ароматические углеводороды.
24. Поверхностно-активные вещества.
25. Нефть и нефтепродукты.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 5 контрольных работы (3 контрольные работы по разделу 1, по одной контрольной работе по разделам 2 и 3). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 48 баллов.

Контрольная работа № 1

Контрольная работа по материалу раздела 1 (подразделы 1.1, 1.2, 1.3), включает 3 вопроса (по одному вопросу из разных подразделов) и 1 задачу (подраздел 1.3). Максимальная оценка составляет 12 баллов (по 3 балла за каждый вопрос и задачу).

Вопрос 1.1

1. Какая связь между фактом действия вещества и развитием токсического процесса характерна для процессов, формирующихся по пороговому принципу?
2. Какое действие химического вещества на организм называется местным,
3. Дайте определение понятия «токсичность».

Вопрос 1.2

1. В чем заключается суть концепции избирательного (рецепторного) действия токсических веществ?
2. Объясните механизм токсического действия метгемоглобинообразователей.
3. В чем заключается суть гипотезы о «неэлектролитном» действии токсических веществ?

Вопрос 1.3

1. Назовите этапы взаимодействия организма с токсическим веществом.
2. По каким путям поступления вещества в организм его резорбция осуществляется по механизму «пассивной» диффузии?
3. Дайте краткую характеристику реакциям фаз биотрансформации вещества в организме.

Вопрос 1.4 (задача)

1. Чему равен общий клиренс вещества, если при введенной дозе 0,22 г концентрация в плазме равна 20 мг/л, время полуэлиминации составляет 0,3 часа?
2. Чему равен относительный объем распределения вещества для человека весом 70 кг, если общий клиренс равен 150 мл/мин, а время полуэлиминации – 2 часа?
3. Чему равно время полуэлиминации вещества, если при введенной дозе 0,3г его концентрация в плазме крови равна 10 мг/л, а общий клиренс составляет 75 мл/мин?

Контрольная работа № 2

Контрольная работа по материалу раздела 1 (подразделы 1.4, 1.5, 1.6) включает 3 вопроса (по одному вопросу из разных подразделов). Максимальная оценка составляет 6 баллов (по 2 балла за каждый вопрос).

Вопрос 2.1

1. Какой изомер вещества (пара-, мета- или орто-изомер) является наиболее токсичным и почему?
2. Как влияет на резорбцию вещества и почему введение дополнительной гидроксильной группы?
3. Какое влияние на токсичность углеводов («неэлектролитное действие») увеличение их молекулярной массы?

Вопрос 2.2

1. Перечислите факторы, влияющие на токсичность вещества.
2. Что такое кумуляция вещества? Виды кумуляции.

3. Дайте определение понятию «коергизм». Виды коергизма.

Вопрос 2.3

1. Какое действие токсические вещества называется ирритантным?
2. Дайте определение понятия «промотагены».
3. К каким токсическим процессам относится термин «отдаленные последствия»?

Контрольная работа № 3

Контрольная работа по материалу разделов 1.7 и 1.8 включает 5 заданий. Максимальная оценка составляет 10 баллов (по 2 балла за каждое задание).

Вопрос 3.1

1. Что обозначает термин «токсодоза»?
2. Какая доза называется подпороговой?
3. Какой параметр называется зоной хронического действия? Что он характеризует?

Вопрос 3.2

1. Какие показатели называются биомаркерами экспозиции?
2. Что характеризует зависимость «доза-летальность»? Какой параметр является основным?
3. Какие параметры используются для оценки канцерогенного риска, что они характеризуют?

Вопрос 3.3

1. Рассчитайте параметр КВИО по следующим данным: $CL_{50} = 600 \text{ мг/м}^3$, $C^{20} = 1200 \text{ мг/м}^3$
2. Определите коэффициент кумуляции по следующим данным: $\sum DL_{50} = 500 \text{ мг/кг}$, $DL_{50} = 516 \text{ мг/кг}$.
3. Определите зону острого действия вещества по следующим данным: $Lim_{ac} = 10 \text{ мг/кг}$, $DL_{50} = 225 \text{ мг/кг}$.

Вопрос 3.4

1. Рассчитайте относительный риск при следующих данных эпидемиологического исследования:

	Есть заболевание	Нет заболевания	Сумма
Есть экспозиция	180	560	740
Нет экспозиции	100	600	700
Сумма	280	1160	1440

2. Рассчитайте атрибутивный риск при следующих данных эпидемиологического исследования:

	Есть заболевание	Нет заболевания	Сумма
Есть экспозиция	135	600	735
Нет экспозиции	80	600	680
Сумма	215	1200	1415

3. Рассчитайте величину отношения шансов при следующих данных эпидемиологического исследования:

	Есть заболевание	Нет заболевания	Сумма
Есть экспозиция	25	20	45
Нет экспозиции	8	37	45
Сумма	33	57	90

Вопрос 3.5

1. Определите риск для здоровья при воздействии Cr (VI) (его неканцерогенное действие) на детей при следующих исходных данных:

- объем потребления воды – 1,5 л/сутки;
концентрация C_g (VI) в питьевой воде – 40 мкг/л;
продолжительность воздействия – 6 лет;
частота воздействия – 350 дней/год;
средняя масса тела ребенка – 20 кг;
среднее время жизни – 70 лет;
рекомендуемая безопасная доза при пероральном поступлении – 0,003 мг/кг сутки;
фактор наклона при пероральном поступлении – $0,42 \text{ (мг/кг сутки)}^{-1}$.
2. Определите безопасный уровень свинца в почве (приемлемый канцерогенный риск 1×10^{-6}) для случая его перорального поступления в организм взрослого человека с почвой при следующих условиях:
продолжительность воздействия – 20 лет;
частота воздействия – 350 дней/год;
скорость поступления загрязненной почвы – 100 мг/день;
средняя масса тела человека – 70 кг;
средняя продолжительность жизни – 70 лет;
рекомендуемая безопасная доза при пероральном поступлении – 0,0035 мг/кг сутки;
фактор наклона при пероральном поступлении – $0,047 \text{ (мг/кг сутки)}^{-1}$.
3. Определите экспозиционную дозу и риск для здоровья при ингаляционном воздействии ацетальдегида (его канцерогенное действие) на взрослых в условиях производства при следующих исходных данных:
скорость дыхания – $0,83 \text{ м}^3/\text{час}$;
продолжительность воздействия – 30 лет;
частота воздействия – 250 дней/год, 8 часов в день;
содержание ацетальдегида в воздухе – 50 мкг/м^3 ;
средняя масса тела человека – 70 кг;
среднее время жизни человека – 70 лет;
рекомендуемая безопасная концентрация при ингаляционном поступлении – $0,009 \text{ мг/м}^3$;
фактор наклона при ингаляционном поступлении – $0,0077 \text{ (мг/кг сутки)}^{-1}$.

Контрольная работа № 4

Контрольная работа по материалу раздела 2 включает 2 вопроса (по 6 баллов за каждый вопрос). Максимальная оценка 12 баллов.

Вопрос 4.1

1. Нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на окружающую среду. Виды нормативов качества окружающей среды.
2. Нормативы химических веществ, устанавливаемые в воздухе рабочей зоны: цель установления, обозначение, размерность.
3. Обоснование нормативов химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: базовый параметр для определения МНД, расчет максимальной недействующей концентрации.

Вопрос 4.2

1. Классы опасности веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, критерии отнесения вещества к классу опасности.
2. Классификация химических веществ по степени опасности в почве, критерии отнесения вещества к классу опасности в почве.

3. Классификация химических веществ по степени опасности в воде водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, критерии отнесения вещества к классу опасности.

Контрольная работа № 5.

Контрольная работа по материалу раздела 3 включает 2 вопроса (по 4 балла за каждый вопрос). Максимальная оценка 8 баллов.

Вопрос 5.1

1. Назовите факторы, влияющие на миграцию вещества в окружающей среде.
2. Какие свойства называются эмерджентными?
3. По какому критерию проводится отнесение отхода к классу опасности по степени воздействия на среду обитания и здоровье человека расчетным путем? От каких параметров зависит величина этого критерия?

Вопрос 5.2

1. Почему токсичность химических веществ для водных экосистем определяют на нескольких видах гидробионтов?
2. Почему стабильность вещества в среде является одним из критериев его опасности?
3. Как и почему персистентность в окружающей среде вещества влияет на его биоаккумуляцию?

8.3. Примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой).

Билет для зачета с оценкой включает контрольные вопросы по 1, 2, 3 разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса. 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

1. Санитарно-гигиеническое нормирование вредных химических веществ в объектах окружающей среды: цель, этапы обоснования выбора веществ для гигиенического нормирования. Классификация химических веществ по степени опасности.
2. Классификация химических веществ по степени опасности в воде водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, критерии отнесения вещества к классу опасности.
3. Временные нормативы вредных химических веществ в почве, принципы их обоснования.
4. Классификации токсичных отходов производства и потребления по степени воздействия на среду обитания и здоровье человека. Экспериментальный метод отнесения отхода к классу опасности.
5. Классификации опасных отходов по степени негативного воздействия на окружающую среду. Критерии отнесения отходов к классам опасности. Принцип отнесения отхода к классу опасности расчетным методом.
6. Комбинированное действие химических веществ. Коэффициент комбинированного действия. Нормирование веществ, обладающих комбинированным действием в объектах окружающей среды.
7. Основные понятия токсикологии: яд, относительность понятия «яд»; токсическое вещество (токсикант); токсичность, токсическое действие, механизм токсического действия, токсический процесс.
8. Виды действия вещества в зависимости от продолжительности взаимодействия с биологическим объектом, локализации токсического процесса. Общетоксическое и избирательное действие токсических веществ.

9. Пороговое и беспороговое действие химических веществ: причины, основные закономерности развивающихся токсических процессов.
10. Концепция избирательного (рецепторного) действия токсикантов, основные закономерности. Понятие рецептора, активные и «немые» рецепторы. Структуры-мишени для токсического воздействия.
11. Гипотеза о неэлектролитном (наркотическом) действии токсических веществ. Закономерности и предполагаемый механизм действия.
12. Основные пути поступления токсикантов в организм человека. Резорбция. Механизмы резорбции веществ по различным путям их поступления (краткая характеристика).
13. Транспорт веществ через биологические мембраны: виды мембран и типы механизмов трансмембранного переноса, свойства токсических веществ, определяющие их транспорт через мембраны.
14. Этапы взаимодействия организма с ксенобиотиками. Распределение веществ в организме, основные закономерности. Депонирование. Абсолютный и относительный объем распределения.
15. Метаболическая биотрансформация ксенобиотиков в организме как один из механизмов элиминации. Фазы биотрансформации. Метаболизирующие органы. Метаболическая детоксикация и токсификация.
16. Элиминация, пути элиминации. Экскреция. Основные органы выведения веществ из организма. Выделение через почки, механизмы почечной экскреции.
17. Количественные характеристики токсикокинетики: скорость элиминации, константа скорости элиминации, время полуэлиминации, объем распределения, клиренс, связь между ними. Биодоступность, индекс биодоступности.
18. Повторные воздействия токсических веществ, основные явления. Кумуляция, причины ее обуславливающие, основные виды. Коэффициент кумуляции, степень кумуляции.
19. Внутривидовая и межвидовая чувствительность к действию токсических веществ, причины их обуславливающие. Коэффициент межвидовых различий.
20. Комбинированное действие химических веществ: причины, основные типы. Комплексное и сочетанное действие.
21. Понятие токсичности химического вещества. Основные токсикометрические параметры, характеризующие токсичность вещества. Виды доз и концентраций.
22. Опасность токсического вещества. Основные токсикометрические параметры, характеризующие опасность вещества. Критерии реальной и потенциальной опасности.
23. Оценка риска действия токсиканта: понятие риска, этапы оценки риска. Оценка риска действия токсикантов, провоцирующих токсические процессы, формирующиеся по беспороговому принципу.
24. Иерархические уровни организации биологических систем. Основные закономерности проявления токсичности при переходе на более высокий иерархический уровень. Принцип эмерджентности.
25. Основные принципы экологического нормирования. Понятие допустимой экологической нагрузки, экологически допустимой концентрации. Экологическая емкость экосистемы. Экологический резерв и зона экологического резерва.
26. Экоотоксичность. Механизмы экотоксичности. Экоотоксические эффекты на различных уровнях организации биологических систем.
27. Миграция химических веществ в окружающей среде, факторы, ее обуславливающие. Этапы распространения химических веществ в окружающей среде.
28. Биоаккумуляция, биомагнификация, биоконцентрирование. Коэффициент биоконцентрирования. Биоаккумуляция у различных биологических объектов.

29. Трансформация веществ в окружающей среде. Биогенная и абиогенная трансформация. Понятие персистентности. Факторы, влияющие на стабильность вещества в окружающей среде.

30. Комплексная эколого-токсикологическая оценка опасности химических веществ в окружающей среде. Основные принципы и характеристики.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «Основы токсикологии» проводится в 6 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы дисциплины. Билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разным разделам.

Пример билета для зачета с оценкой:

«Утверждаю» Зав. кафедрой промышленной экологии _____ Н.Е. Кручинина (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра промышленной экологии
	Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология Профиль – «Мембранная технология»
	Основы токсикологии
Билет № 1	
1. Предельно допустимые концентрации и временные нормативы химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: обозначение, размерность. Лимитирующие показатели вредности. Классификация веществ по степени опасности.	
2. Пороговое и беспороговое действие химических веществ: причины, основные закономерности развивающихся токсических процессов.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Костылева Е.В. Нормирование и классификация по степени опасности вредных химических веществ в объектах окружающей среды [Текст]: учебное пособие / Е. В. Костылева. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. - 86 с.

2. Костылева Е. В. Основы токсикологии: [Текст]: учебное пособие / Е. В. Костылева. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2023. – 232 с.

Б. Дополнительная литература

1. Токсикологическая химия. Аналитическая токсикология: учебник / ред.: Р. У. Хабриев, Н. И. Калетина. - М. : "Геотар-Медиа", 2010. - 747 с.

2. Батян, А. Н. Основы общей и экологической токсикологии : учебное пособие / А. Н. Батян, Г. Т. Фрумин, В. Н. Базылев. — Санкт-Петербург : СпецЛит, 2009. — 352 с. — ISBN 978-5-299-00410-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная

система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59872> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Исидоров, В. А. Экологическая химия / Исидоров В. А. - Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2016. - 304 с. - ISBN 978-5-93808-273-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082731.html> (дата обращения: 25.04.2022). - Режим доступа : по подписке.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Экология производства», ISSN 2078-3981
- Журнал «Справочник эколога», ISSN 2309-6268
- Журнал «Экология и промышленность России», ISSN 1816-0395
- Журнал «Токсикологический вестник», ISSN 8069-9900
- Журнал «Гигиена и санитария», ISSN 0016-0395

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации лекций – 16, (общее число слайдов – более 250);
- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 200);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 50).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Основы токсикологии» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Презентации лекционного материала.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; нормативные нормативно-методические материалы в электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы общей токсикологии	<i>Знает:</i> – основные закономерности и механизмы взаимодействия токсических веществ с живым организмами, прежде всего, человеком. <i>Умеет:</i> – объяснять и оценивать опасность присутствия вредных химических веществ в окружающей среде. – практически применять полученные знания в своей профессиональной деятельности с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду. <i>Владеет:</i> – понятийным аппаратом в области токсикологии и экологического нормирования	Оценка за контрольные работы №1, №2, №3. Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 2. Нормирование химических веществ в объектах окружающей среды	<i>Знает:</i> – системы санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных нормативов химических веществ, принятых в Российской Федерации; методологии обоснования и установления нормативов содержания вредных веществ в объектах окружающей среды; – классификации вредных веществ по степени их опасности в объектах окружающей среды и методологии обоснования и установления классов опасности; <i>Умеет:</i> – объяснять и оценивать опасность присутствия вредных химических веществ в окружающей среде. – практически применять полученные знания в своей профессиональной деятельности с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду. <i>Владеет:</i>	Оценка за контрольную работу №4. Оценка на зачете с оценкой.

	– понятийным аппаратом в области экологического нормирования – навыками работы с основной нормативной и методической документацией, касающейся регламентирования и оценки опасности веществ в объектах окружающей среды.	
Раздел 3. Экологическая токсикология	<i>Знает:</i> – основные процессы, характеризующие поведение токсикантов в окружающей среде, механизмы экотоксичности, токсические эффекты и закономерности их проявления на различных иерархических уровнях организации биологических систем; – классификацию отходов производства и потребления по степени воздействия на среду обитания и здоровье человека и принципы определения класса опасности; критерии отнесения отходов к классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду. <i>Умеет:</i> – объяснять и оценивать опасность присутствия вредных химических веществ в окружающей среде. – практически применять полученные знания в своей профессиональной деятельности с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду. <i>Владеет:</i> – понятийным аппаратом в области экологического нормирования – навыками работы с основной нормативной и методической документацией, касающейся регламентирования и оценки опасности веществ в объектах окружающей среды.	Оценка за контрольную работу №5. Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 4. Характеристика основных экотоксикантов	<i>Знает:</i> – основные закономерности и механизмы взаимодействия	Оценка за задание (работа в группе).

	токсических веществ с живым организмами, прежде всего, человеком. – основные процессы, характеризующие поведение токсикантов в окружающей среде, механизмы экотоксичности, токсические эффекты и закономерности их проявления на различных иерархических уровнях организации биологических систем; <i>Умеет:</i> – объяснять и оценивать опасность присутствия вредных химических веществ в окружающей среде. – практически применять полученные знания в своей профессиональной деятельности с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду. <i>Владеет:</i> – понятийным аппаратом в области экологического нормирования – навыками работы с основной нормативной и методической документацией, касающейся регламентирования и оценки опасности веществ в объектах окружающей среды.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Основы токсикологии»

основной образовательной программы

18.03.01 Химическая технология

«Мембранная технология»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оценка воздействия на окружающую среду»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена доцентом кафедры промышленной экологии
к.т.н., доц. В.А. Зайцевым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры промышленной экологии
«30» мая 2024 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавров 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой промышленной экологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Оценка воздействия на окружающую среду» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 учебного плана (Б1.В.ДВ.03.02). Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую подготовку в основах промышленной экологии, проектирования процессов и аппаратов химической технологии, основах токсикологии.

Цель дисциплины – приобретение обучающимися знаний и компетенций, получение и закрепление профессиональных умений и навыков в области оценки воздействия на окружающую среду промышленных объектов, позволяющих претендовать на рабочие места в рассматриваемой сфере профессиональной деятельности.

Задачами дисциплины являются: ознакомление студентов с современным уровнем развития оценки воздействия на окружающую среду; овладение знаниями, позволяющими планировать и осуществлять оценку воздействия на окружающую среду, включая организацию и проведение общественных слушаний; овладение основами методов сравнения и оценки альтернативных вариантов размещения площадки строительства и технологических решений, включая решения по природоохранным мероприятиям; изучение методов оценки величины, интенсивности и продолжительности потенциального воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду и здоровье населения.

Дисциплина «Оценка воздействия на окружающую среду» преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Технологический тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1. Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы А /02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
			ПК-4.2. Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	
			ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- Основные положения законодательства РФ (основные требования нормативных документов, регулирующих проведение ОВОС в Российской Федерации) и международного законодательства в области оценки воздействия на окружающую среду.
- Общую процедуру проектирования; основы планирования и организации деятельности в области оценки воздействия на окружающую среду проектов строительства; принципы ОВОС; общую процедуру проведения ОВОС, включая организацию общественных слушаний.
- Экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию предприятий, зданий, сооружений и иных объектов.

Уметь:

- Оценивать фоновое состояние окружающей среды и здоровья населения в районе размещения объекта намечаемой производственной деятельности.
- Подбирать основные нормативно-правовые и методические документы в области оценки воздействия на окружающую среду и работать с ними.
- Оценивать величину, интенсивность и продолжительность потенциального воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду и здоровье населения.
- Сравнивать и оценивать альтернативные варианты размещения площадки строительства и технологических решений, включая природоохранные мероприятия.
- Разрабатывать рекомендации по предотвращению негативного воздействия проектируемых объектов на окружающую среду в рамках процедуры ОВОС.

Владеть:

- Системой профессиональных понятий и логических обоснований деятельности в области проектирования и оценки воздействия на окружающую среду.
- Основами современных инструментов ОВОС, включая методы оценки величины, интенсивности и продолжительности потенциального воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду и здоровье населения.
- Основами методов сравнения альтернативных вариантов проектных решений.
- Основами разработки и использования документации ОВОС.
- Приемами составления принципиальных технологических блок-схем проектируемых природоохранных мероприятий и их использования при проведении оценки воздействия на окружающую среду.
- Приемами составления экологических ситуационных планов и карт-схем проектируемых объектов при проведении оценки воздействия на окружающую среду.
- Основами организации мониторинга воздействия намечаемой производственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
Самостоятельная работа	1,42	51	38,25
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,42	25	18,75
Подготовка к практическим занятиям		26	19,5
Вид контроля:			
Зачет с оценкой	0,25	9,0	6,75
Контактная работа - промежуточная аттестация	0,25	0,2	0,15
Подготовка зачету с оценкой		8,8	6,6
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№			Академ. часов			
п/п	Раздел дисциплины	Всего	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	Введение	3	2	-	-	1
1	Раздел 1. Общие вопросы проектирования и экологической экспертизы проектов строительства	8	4	-	-	4
2	Раздел 2. Инструментарий экологической экспертизы проектных решений	91	28	16	4	47
	ИТОГО	99	32	16	4	51
	Зачет с оценкой	9				
	ИТОГО	108	32	16	4	51

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел1. Общие вопросы оценки воздействия на окружающую среду проектов строительства

Раздел включает: систему основных понятий в области проектирования предприятий зданий и сооружений и оценки воздействия проектируемых объектов на окружающую среду; историю возникновения и развития оценки воздействия на окружающую среду (environmental impact assessment, EIA) за рубежом и в РФ; законодательство Российской Федерации и международное законодательство в области ОВОС; общую процедуру ОВОС; состав и порядок разработки основных материалов ОВОС; принципы ОВОС как инструмента формирования решений на ранних этапах проектирования объектов хозяйственной деятельности с участием всех заинтересованных сторон; преимущества и выгоды, связанные с проведением ОВОС; проблемы и отрицательные примеры игнорирования ОВОС; основные участники ОВОС, их полномочия и ответственность: заказчик оценки, исполнитель работ, общественность региона размещения объекта оценки; процедура ОВОС: разработка программы проведения ОВОС, основные этапы, виды работ, разрабатываемая документация; подготовка и проведение общественных слушаний по материалам ОВОС, оформление протоколов общественных слушаний; подготовка и представление отчета по ОВОС.

Раздел2. Методы оценки воздействия на окружающую среду

Раздел включает: оценку фоновое состояние окружающей среды и здоровья населения в районе размещения объекта намечаемой деятельности; сравнение и оценку альтернативных вариантов размещения площадки строительства и технологических решений, включая решения по природоохранным мероприятиям; методы оценки величины, интенсивности и продолжительности потенциального воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду и здоровье населения; организацию мониторинга воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения; разработку и использование экологических ситуационных планов и карт-схем размещения проектируемых объектов; методы составления принципиальных технологических схем по проектным данным и их использования при проведении ОВОС; разработку рекомендаций по предотвращению негативного воздействия проектируемых объектов на окружающую среду в рамках процедуры ОВОС.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
	Знать:		
1	Основные положения законодательства РФ (основные требования нормативных документов, регулирующих проведение ОВОС в Российской Федерации) и международного законодательства в области оценки воздействия на окружающую среду.	+	
2	Общую процедуру проектирования; основы планирования и организации деятельности в области оценки воздействия на окружающую среду проектов строительства; принципы ОВОС; общую процедуру проведения ОВОС, включая организацию общественных слушаний.	+	
3	Экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию предприятий, зданий, сооружений и иных объектов.	+	+
	Уметь:		
4	Оценивать фоновое состояние окружающей среды и здоровья населения в районе размещения объекта намечаемой производственной деятельности.		+
5	Подбирать основные нормативно-правовые и методические документы в области оценки воздействия на окружающую среду и работать с ними.	+	+
6	Оценивать величину, интенсивность и продолжительность потенциального воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду и здоровье населения.		+
7	Сравнивать и оценивать альтернативные варианты размещения площадки строительства и технологических решений, включая природоохранные мероприятия.		+
8	Разрабатывать рекомендации по предотвращению негативного воздействия проектируемых объектов на окружающую среду в рамках процедуры ОВОС.		+
	Владеть:		
9	Системой профессиональных понятий и логических обоснований деятельности в области проектирования и оценки воздействия на окружающую среду.	+	+

10	Основами современных инструментов ОВОС, включая методы оценки величины, интенсивности и продолжительности потенциального воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду и здоровье населения.			+
11	Основами методов сравнения альтернативных вариантов проектных решений.			+
12	Основами разработки и использования документации ОВОС.		+	+
13	Приемами составления принципиальных технологических блок-схем проектируемых природоохранных мероприятий и их использования при проведении оценки воздействия на окружающую среду.			+
14	Приемами составления экологических ситуационных планов и карт-схем проектируемых объектов при проведении оценки воздействия на окружающую среду.			+
15	Основами организации мониторинга воздействия намечаемой производственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения.			+
	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:			
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
16	ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1. Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	+	+
17		ПК-4.2. Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	+	+
16		ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия.

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Планирование ОВОС. Разработка программы ОВОС.	4
2	1	Процедура ОВОС.	4
3	1	Подготовка и проведение общественных слушаний по материалам ОВОС.	4
4	2	Оценка фоновое состояние окружающей среды и здоровья населения в районе размещения объекта намечаемой деятельности.	4
5	2	Методы сравнения альтернативных вариантов проектируемых природоохранных мероприятий (I).	4
6	2	Методы сравнения альтернативных вариантов проектируемых природоохранных мероприятий (II).	4
7	2	Составление и использование в составе материалов ОВОС принципиальных технологических блок-схем проектируемых природоохранных мероприятий.	4
8	2	Составление и использование экологических ситуационных планов и карт-схем в составе материалов ОВОС.	4

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- выполнение домашних заданий;
- подготовку к контрольным тестам по материалу лекционного курса;
- подготовку реферата по тематике курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, WebofScience, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в конференциях и семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой по курсу.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольные работы. Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 20 баллов за каждую.

Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса: первый вопрос – задача 15 баллов, второй вопрос – тест 5 баллов.

Билет 1.1.

1. Тепловая электростанция выбрасывает в атмосферу $M_1=12$ т/час диоксида серы. Температура газовоздушной смеси $T_r=123$ °С. Высота трубы $H=175$ м, диаметр устья $D=5$ м, средняя скорость выхода газовоздушной смеси $W_0 = 10$ м/с. Электростанция расположена в Тульской области ($A=140$). Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца года $T_b=23$ °С. Принять коэффициент $\eta = 1$. Определить величину максимальной приземной концентрации примеси C_m и расстояние X_m , на котором она достигается. Те же величины рассчитать при скоростях ветра $u_1=2$ м/с и $u_2=10$ м/с.

2. Как изменится величина расчетного расстояния по оси факела до точки с максимальной концентрацией примеси X_m , определенное при круговой розе ветров, в случае необходимости учета максимальной вытянутости среднегодовой розы ветров $p_n/p_o = 2$?

Ответы: а) увеличится в 2 раза; б) уменьшится в 2 раза; в) увеличится в $\sqrt{2}$; г) уменьшится в $\sqrt{2}$; д) не изменится.

Билет 1.2.

1. Проанализировать источники выбросов загрязняющих веществ предприятия (см. таблицу). Определить класс источников выбросов. Определить приоритетность загрязняющих веществ и источников выбросов.

№ источника	Загрязняющие вещества	M, г/с	V ₁ , м ³ /с	H, м	D, м
1	CO NO ₂ BaCl ₂ (пыль)	3 0,5 10	50	80	2,5
2	Керосин CO NO ₂	12 7 1,5	15	50	1,5
3	SO ₂ NO ₂	4 1,8	10	20	0,6
4	MgCO ₃ CO NO ₂	50 1,5 2	7,5	15	0,5
5	Керосин SO ₂	25 8	20	25	0,8

В расчетах использовать следующие значения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ: CO – ПДК_{м.р}=5 мг/м³; NO₂ - ПДК_{м.р}=0,2 мг/м³; BaCl₂- 10ПДК_{с.с}=0,04 мг/м³; керосин - ВДК_{а.в}=1,2 мг/м³; SO₂ - ПДК_{м.р} =0,5 мг/м³.

2. Рассчитайте величину опасной скорости ветра u_m , если для холодного источника выбросов значение безразмерного коэффициента, учитывающего условия выхода газовой смеси из устья источника, $n = 2,2$.

Ответы: а) 2,2; б) 1,1; в) 1,0; г) 0,55; д) 0,50.

Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса: первый вопрос – задача 15 баллов, второй вопрос – тест 5 баллов.

Билет 2.1.

1. В реку хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового использования с расходом воды $Q = 20 \text{ м}^3/\text{с}$ непрерывно сбрасываются сточные воды из трех последовательно расположенных выпусков:

№ выпуска	$q, \text{ м}^3/\text{ч}$	[Ni], мг/л	[ОП-7], мг/л	[Zn], мг/л
1	5	200	25	500
2	100	15	300	40
3	25	70	20	250
C_{ϕ}		0,06	0,05	0,1

Где ОП-7 – синтетическое поверхностно-активное вещество (смесь полиэтиленгликолевых эфиров моно- и диалкилфенолов). Все вещества имеют разные лимитирующие признаки вредности (соответственно, санитарно-токсикологический, органолептический, общесанитарный). Расстояние между выпусками – 250 м, выпуск производится у берега, условия смешения средние ($\xi = 1$; $\varphi = 1,1$; $D = 0,005 \text{ м}^2/\text{с}$). Ближайший пункт водопользования находится в 2 километрах ниже по течению от последнего 3-го выпуска. Определить: Приоритетность загрязняющих веществ и источников их сбросов. Проверить правильность предположения $q \cdot C_{\text{ст}} = \text{НДС}$. При несоблюдении требований рассчитать НДС для источников сброса наиболее приоритетного загрязняющего вещества.

2. Оцените концентрацию загрязняющего вещества в расчетном створе, если при кратности общего разбавления $n = 10$ фоновая концентрация примеси $C_{\phi} = 2 \text{ ПДК}$, а концентрация примеси в сточных водах $C_{\text{ст}} = 12 \text{ ПДК}$.

Ответы: а) 6 ПДК; б) 3 ПДК в) 10 ПДК; г) 12 ПДК; д) 5 ПДК.

Билет 2.2.

1. В реку хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования сбрасываются сточные воды, содержащие соединения Cr (VI). Сброс происходит у берега (коэффициент извилистости $\varphi = 1,2$) условия смешения средние ($D = 0,005 \text{ м}^2/\text{с}$). Ближайший пункт водопользования находится в 1,5 км ниже по течению от места выпуска сточных вод. Фоновая концентрация соответствует 0,5ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения, $Q = 50 \text{ м}^3/\text{с}$, $q = 50 \text{ м}^3/\text{час}$, $C_{\text{ст}} = 50 \text{ мг/л}$. Определить: кратность основного разбавления и концентрацию примеси в контрольном створе.

2. Во сколько раз изменятся величины ПДС_і для проектируемых источников сбросов загрязняющих веществ, если значение фоновой концентрации $C_{\phi i}$ будет пересмотрено с 0,8 ПДК_і до 0,5 ПДК_і?

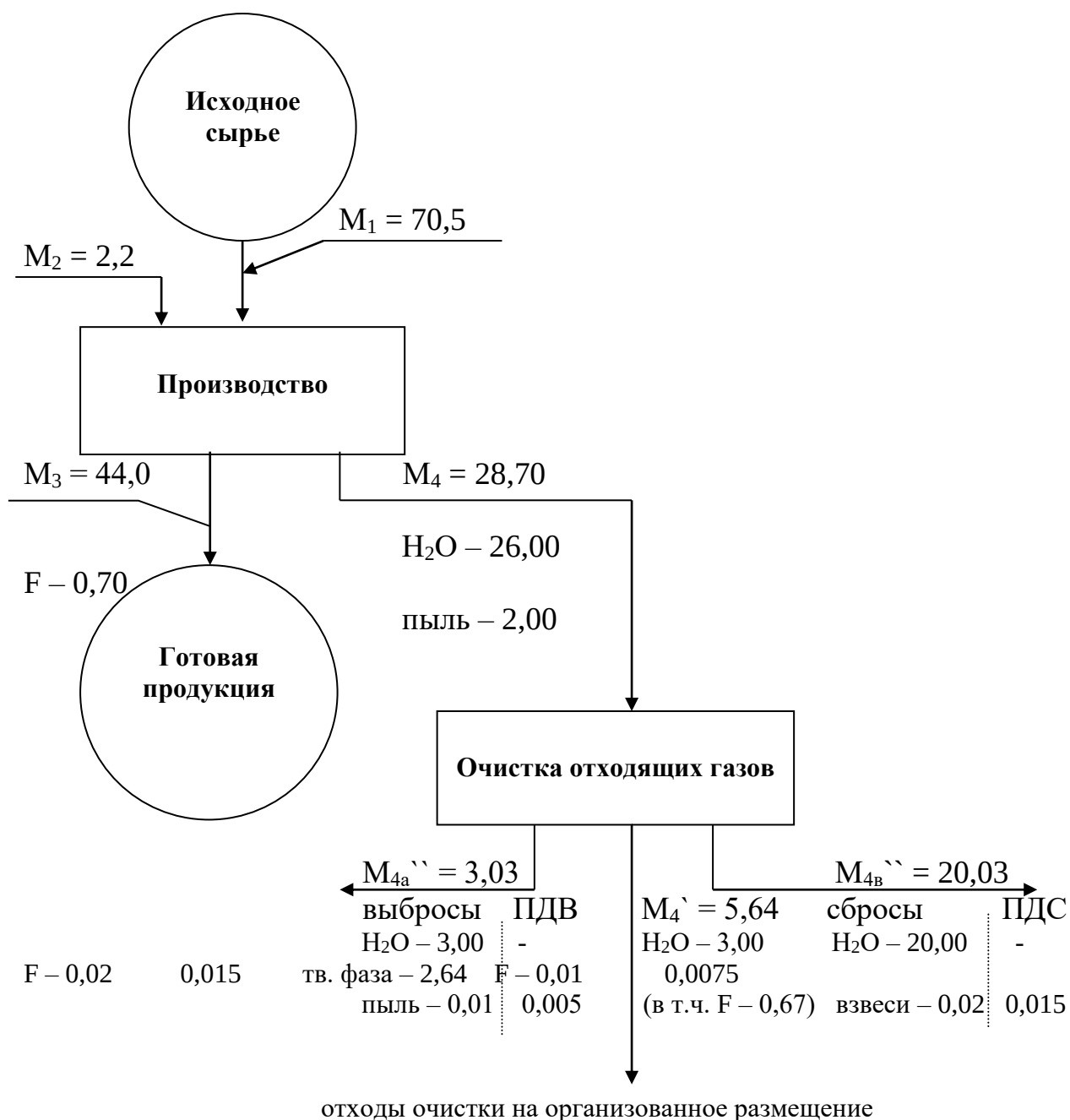
Ответы: а) увеличатся в 2,5 раза; б) понизятся в 2,5 раза; в) увеличатся в 1,6 раза; г) понизятся в 1,6 раза; д) не изменятся.

Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса: первый вопрос – задача 15 баллов, второй вопрос – тест 5 баллов.

Билет 3.1.

Дано:

Балансовая схема материальных потоков производства удобрений, т/ч.



Требуется:

Используя комплексный коэффициент экологичности технологических процессов, определить наиболее предпочтительный из следующих вариантов природоохранных мероприятий с близкими затратами на их осуществление:

- А) доведение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу до ПДВ.
В) доведение сбросов загрязняющих веществ в водоемы до ПДС.
С-1) внедрение замкнутой системы производственного водоснабжения с оборотным использованием воды.
С-2) внедрение замкнутой системы производственного водоснабжения с повторным использованием воды.
- В расчетах принять следующие значения предельно допустимых концентраций: растворимые соединения фтора в пересчете на F – ПДК_{м.р}=0,02 мг/м³; ПДК_{в.р}=0,75 г/м³; взвешенные вещества (пыль нетоксичная, взвеси) ПДК_{м.р}=0,5 мг/м³; ПДК_{в.р}=10 г/м³.
2. Какой из источников сброса сточных вод является более приоритетным: А (q'=100 м³/час; рН=4), В (q'=75 м³/час; рН=11) ?
Ответы: а) источник А; б) источник В; в) приоритетность источников одинакова.

Билет 3.2.

1. Дано:

Материальный баланс производства удобрений (т/ч): M₁ = 70,5; M₂ = 2,2; M₃ = 54,0; M₄ = 18,70 (H₂O – 17,00; F – 0,60; пыль – 1,10); M_{4а} = 2,11 (выбросы: H₂O – 2,00; F – 0,1; пыль – 0,01; ПДВ: F – 0,015; пыль – 0,005); M₄ = 3,45 (отходы очистки: H₂O – 2,00; тв. фаза – 1,45, в т.ч. F – 0,45); M_{4в} = 13,14 (сбросы: H₂O – 13,00; F – 0,05; взвеси – 0,09; ПДС: F – 0,0075; взвеси – 0,015).

Требуется:

Используя комплексный коэффициент экологичности технологических процессов, определить наиболее предпочтительный из следующих вариантов природоохранных мероприятий с близкими затратами на их осуществление:

- А) доведение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу до ПДВ.
В) доведение сбросов загрязняющих веществ в водоемы до ПДС.
С-1) внедрение замкнутой системы производственного водоснабжения с оборотным использованием воды.
С-2) внедрение замкнутой системы производственного водоснабжения с повторным использованием воды.

В расчетах принять следующие значения предельно допустимых концентраций: растворимые соединения фтора в пересчете на F – ПДК_{м.р}=0,02 мг/м³; ПДК_{в.р}=0,75 г/м³; взвешенные вещества (пыль нетоксичная, взвеси) ПДК_{м.р}=0,5 мг/м³; ПДК_{в.р}=10 г/м³.

2. Рассчитайте величину залпового сброса сточных вод в единицах относительной токсичной массы (етм), если объем сброса сточных вод q = 25 м³ и рН = 5,5.

Ответы: а) 2,5; б) 1,25; в) 0,5; г) 0,25; д) 0,025.

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)

Итоговый контроль по дисциплине проводится в форме устного опроса (зачет с оценкой). Билет для проведения зачета содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов.

1. Проектирование предприятий, зданий и сооружений: основные понятия. Этапы и стадии проектирования.
2. Понятие ОВОС. Основные цели и задачи ОВОС.
3. Законодательство Российской Федерации в области ОВОС.
4. Международное законодательство в области ОВОС.
5. Принципы оценки воздействия на окружающую среду.
6. Организация работ по проведению ОВОС.

7. Общая процедура ОВОС: основные этапы, виды работ, разрабатываемая документация
8. Основные участники ОВОС, их полномочия и ответственность
9. Подготовка и проведение общественных слушаний по материалам ОВОС
10. Подготовка и оформление протоколов общественных слушаний
11. Состав, подготовка и представление отчета по ОВОС
12. Оценка фоновое состояние окружающей среды и здоровья населения в районе размещения объекта намечаемой деятельности;
13. Организация мониторинга воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения
14. Оценка величины, интенсивности и продолжительности потенциального воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду и здоровье населения
15. Оценка величины, интенсивности и продолжительности потенциального воздействия намечаемой деятельности на атмосферный воздух
16. Оценка величины, интенсивности и продолжительности потенциального воздействия намечаемой деятельности на водные объекты
17. Оценка величины, интенсивности и продолжительности потенциального воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду, связанной с образованием, размещением и удалением отходов производства и потребления
18. Методы сравнения и экологической оценки альтернативных вариантов размещения площадки строительства
19. Методы сравнения и экологической оценки альтернативных вариантов основных технологических решений
20. Методы сравнения и оценки альтернативных вариантов решений по природоохранным мероприятиям
21. Применение метода «комплексного анализа различных сред» для сравнения вариантов проектных решений
22. Сравнение вариантов проектных решений на основе расчета комплексного коэффициента экологической эффективности природоохранных мероприятий
23. Сравнение вариантов проектных решений на основе расчета эколого-экономических показателей
24. Сравнение вариантов проектных решений на основе количественной оценки степени безотходности природоохранных мероприятий
25. Состав перечня проектируемых мероприятий по охране окружающей среды.
26. Рекомендации по предотвращению негативного воздействия на окружающую среду, разрабатываемые в рамках процедуры ОВОС.
27. Использование метода материальных балансов в ОВОС.
28. Инженерно-экологические изыскания как предварительный этап ОВОС.
29. Использование данных инженерно-экологических изысканий в ОВОС.
30. Экологических ситуационные планы и карты-схемы проектируемых промышленных объектов.
31. Порядок составления экологических ситуационных планов и карт-схем проектируемых объектов
32. Использование космических снимков для составления экологических ситуационных планов и карт-схем районов размещения объектов строительства
33. Использование экологических ситуационных планов и карт-схем в составе материалов ОВОС
34. Сравнение вариантов проектных решений с использованием принципиальных технологических блок-схем
35. Сравнение вариантов проектных решений на основе расчета комплексного коэффициента экологической эффективности природоохранных мероприятий.

36. Сравнение вариантов проектных решений на основе количественной оценки степени безотходности природоохранных мероприятий.
37. Применение метода «комплексного анализа различных сред» для сравнения вариантов проектных решений.
38. Использование материалов ОВОС для разработки Проекта мероприятий по охране окружающей среды.
39. Преимущества и выгоды, связанные с проведением ОВОС.
40. Проблемы использования и развития инструментов ОВОС в Российской Федерации.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Структура и пример билета для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «Оценка воздействия на окружающую среду» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разным разделам курса.

Пример билета для зачета с оценкой:

«УТВЕРЖДАЮ» Зав. кафедрой промышленной экологии _____ Н.Е. Кручинина	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра промышленной экологии
	18.03.01 Химическая технология Профиль – «Мембранная технология» Дисциплина - «Оценка воздействия на окружающую среду»
Билет № 1	
1. Цель и задачи оценки воздействия на окружающую среду 2. Составление и использование экологических ситуационных планов и карт-схем в составе материалов ОВОС.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Тарасова, Н.П. Оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду: учебное пособие / Н. П. Тарасова, Б.В.Ермоленко, В.А.Зайцев, С.В.Макаров. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 230 с.
2. Ермоленко, Б.В. Оценка воздействия на окружающую среду в проектах строительства производственных объектов. Курсовой проект: учебное пособие / Б.В. Ермоленко - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. - 296 с.
3. Стурман, В.И. Оценка воздействия на окружающую среду [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Стурман. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург: Лань, 2015. - 352 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/67472>. - Загл. с экрана.

Б. Дополнительная литература

1. Кузнецов, О.Ю. Проектирование энерго- и ресурсосберегающих технологий. Курсовой проект [Текст] : учебное пособие / О.Ю.Кузнецов, Б.В.Ермоленко, С. В. Макаров. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. - 216 с.
2. Колесников, Е. Ю. Оценка воздействия на окружающую среду. Экспертиза безопасности : учебник и практикум для вузов / Е. Ю. Колесников, Т. М. Колесникова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 469 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09296-7.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

1. Журнал «Экология производства», ISSN 2078-3981
2. Журнал «Справочник эколога», ISSN 2309-6268
3. Журнал «Экология и промышленность России», ISSN 1816-0395
4. Журнал «Вестник экологического образования», ISSN 2079-1623

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- Банк заданий для домашних и практических работ (общее число заданий -8, вариантов 24);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число тестов –3, вариантов – 15);
- банк вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 40).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Оценка воздействия на окружающую среду» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Не используются.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные дисковыми CD и DVD, принтерами и программными средствами; проектор и экран; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал (конспекты лекций) к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; нормативные и справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом

	Power Point Outlook			перехода на обновлённую версию продукта)
5	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА-223/2024	-	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел1. Общие вопросы оценки воздействия на окружающую среду проектов строительства.	Знает: Основные положения законодательства РФ (основные требования нормативных документов, регулирующих проведение ОВОС в Российской Федерации) и международного законодательства в области оценки воздействия на окружающую среду. Общую процедуру проектирования; основы планирования и организации деятельности в области оценки воздействия на окружающую среду проектов строительства; принципы ОВОС; общую процедуру проведения ОВОС, включая организацию общественных слушаний. Экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию предприятий, зданий, сооружений и иных объектов. Умеет: Подбирать основные нормативно-правовые и методические документы в области оценки воздействия на окружающую среду и работать с ними. Владеет: Системой профессиональных понятий и логических обоснований деятельности в области проектирования и оценки воздействия на окружающую среду. Основами разработки и использования документации ОВОС.	Оценка на зачете с оценкой.
Раздел2. Методы оценки воздействия на окружающую среду.	Знает: Экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию предприятий, зданий, сооружений и иных объектов. Умеет: Оценивать фоновое состояние окружающей среды и здоровья населения в районе размещения объекта	Оценки за контрольные работы №1, №2, №3. Оценка на зачете с

	намечаемой производственной деятельности. Подбирать основные нормативно-правовые и методические документы в области оценки воздействия на окружающую среду и работать с ними. Оценивать величину, интенсивность и продолжительность потенциального воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду и здоровье населения. Сравнивать и оценивать альтернативные варианты размещения площадки строительства и технологических решений, включая природоохранные мероприятия. Разрабатывать рекомендации по предотвращению негативного воздействия проектируемых объектов на окружающую среду в рамках процедуры ОВОС. Владеет: Системой профессиональных понятий и логических обоснований деятельности в области проектирования и оценки воздействия на окружающую среду. Основами современных инструментов ОВОС, включая методы оценки величины, интенсивности и продолжительности потенциального воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду и здоровье населения. Основами методов сравнения альтернативных вариантов проектных решений. Основами разработки и использования документации ОВОС. Приемами составления принципиальных технологических блок-схем проектируемых природоохранных мероприятий и их использования при проведении оценки воздействия на окружающую среду. Приемами составления экологических ситуационных планов и карт-схем проектируемых объектов при проведении оценки воздействия на окружающую среду. Основами организации мониторинга воздействия намечаемой производственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения.	оценкой.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Оценка воздействия на окружающую среду»**

**основной образовательной программы
18.03.01 Химическая технология**

«Мембранная технологич»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Промышленная экология»**

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена профессором кафедры промышленной экологии, д.т.н.
Н.Е. Кручининой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры промышленной экологии
«30» мая 2024 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (профиль «Рациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов»), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой промышленной экологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «*Промышленная экология*» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области естественно-научного цикла и цикла специальных дисциплин. Положения рассматриваемой дисциплины имеют связь с тематикой курсов «Основы экологии», «Общая химическая технология», «Коллоидная химия», «Физическая химия».

Цель дисциплины – приобретение обучающимися знаний и компетенций, профессиональных умений и навыков в области организации малоотходных промышленных производств на основе методов обезвреживания твердых, жидких и газообразных загрязняющих веществ.

Задачи дисциплины

- приобретение студентом практических знаний и навыков, необходимых для принятия обоснованных решений как в части организации и проведения технологических стадий, так и в части обеспечения природоохранных мероприятий;
- закрепление знаний по фундаментальным наукам и применение их в практической деятельности в области химической технологии и смежных отраслей промышленности для реализации принципов энерго- и ресурсосбережения.

Дисциплина «*Промышленная экология*» преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники , а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-

	ХИМИКО-технологического производства).	ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-41. Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	конструкторским разработкам)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы А /02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5)

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду;
- основные методы обезвреживания выбросов, сбросов и твердых отходов

Уметь:

- анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов);
- проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения.

Владеть:

- навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2,0	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Лекции	1,33	48	36
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Самостоятельная работа	0,42	15	11,25
Самостоятельное изучение разделов дисциплины			
Вид контроля:			
Зачет с оценкой	0,25	9,0	6,75
Контактная работа - промежуточная аттестация	0,25	0,2	0,15
Подготовка зачету с оценкой		8,8	6,6
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

	Академ. часов								
Раздел дисциплины	Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
Раздел 1. Иерархическая организация производственных процессов	6	-	3	-	-	-	-	-	3
1.1 Введение									
1.2 Общие закономерности производственных процессов									
1.3 Критерии оценки эффективности производства									
Раздел 2. Сырьевая база и основы технологий производства основных продуктов химической отрасли	36	-	30	-	-	-	-	-	6
2.1 Сырьевая база производства серной, фосфорной, азотной кислот и щелочей									
2.2 Технологии, анализ экологической опасности производств и методы обезвреживания сбросов и выбросов.									

Раздел 3. Экологические аспекты смежных с химической технологией производств									
3.1 Экологические аспекты бурения и эксплуатации газовых и нефтяных месторождений	15	-	12	-	-	-	-	-	3
3.2 Целлюлозно-бумажная промышленность России									
3.3 Сырьевая база, технология и экологические аспекты получения алюминия									
Раздел 4. Современные направления организации малоотходных технологических производств									
4.1 Мембранные технологии	6	-	3	-	-	-	-	-	3
4.2 Метод суперкритического окисления и другие безхлорные технологии									
4.3 Биотехнологические методы									
ИТОГО	63	-	48	-	-	-	-	-	15
Зачет с оценкой	9								
ИТОГО	72	-	48	-		-	-	-	15

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Иерархическая организация производственных процессов

1.1. Введение. Современное состояние и перспективы развития малоотходных технологий. Предмет промышленной экологии. Особенности предмета, отличающие курс от классической экологии.

1.2. Общие закономерности производственных процессов. Создание промышленных объединений, территориально-промышленных комплексов, эколого-промышленных парков. Ранжирование загрязняющих веществ. Учет нормирования (государственного и регионального) нагрузки на окружающую среду при организации малоотходного производства. Формирование эколого-экономических систем.

1.3. Критерии оценки эффективности производства. Понятие малоотходного и «безотходного» производства. Основные критерии и принципы создания малоотходных производств; комплексное использование ресурсов, цикличность материальных потоков, ограничение воздействия производства на окружающую среду. Рациональное использование энергии в производстве. Ограничения второго закона термодинамики. Организация замкнутых циклов в производстве. Материальные и энергетические балансы предприятий, комплексное использование сырья и энергии.

Раздел 2. Сырьевая база и основы технологий производства основных продуктов химической отрасли

2.1. Сырьевая база производства серной, фосфорной, азотной кислот и щелочей.

Объемы производства серной кислоты в мире и в РФ. Сырьевая база производства серной кислоты - самородная сера, пирит, сероводород, отходящие газы цветной металлургии. Фраш-процесс, Клаус-процесс, обжиг пирита и руд цветных металлов. Контактный способ производства кислоты. Технологические особенности процессов окисления диоксида серы, полученного из различных видов сырья. Энерго- и ресурсоэффективность процессов получения серной кислоты из пирита и сероводорода.

Объемы производства фосфорной кислоты в мире и РФ. Сырьевая база производства кислоты в РФ.

Объемы производства и сырьевая база производства азотной кислоты. Технология синтеза аммиака – метод Хабера-Боша.

Сырьевая база производства щелочей (NaOH, KOH) и объемы их производства в РФ.

2.2. Технологии, анализ экологической опасности производств и методы обезвреживания сбросов и выбросов.

Источники образования, объемы выбросов и сбросов в технологиях получения серной кислоты. Твердые отходы производства серной кислоты из пирита и возможные методы их утилизации. Извлечение меди и селена из отходов пиритного производства. Контроль выбросов в контактном способе производства серной кислоты. Основные методы обращения с выбросами SO₂. Нейтрализация сточных вод производства серной кислоты. Регенерация отработанной серной кислоты.

Загрязнение гидросферы в ходе флотации апатит-нефелиновых руд. Технологии получения экстракционной фосфорной кислоты, суперфосфата, двойного суперфосфата и комплексных минеральных удобрений на основе фосфорной кислоты. Загрязнение атмосферного воздуха соединениями фтора и методы борьбы с ним. Загрязнение литосферы твердым отходом производства кислоты, методы обращения с фосфогипсом. Нейтрализация сточных вод производств кислоты и фосфорсодержащих удобрений.

Сбросы и выбросы в производстве аммиака, методы обращения с ними. Технология производства азотной кислоты из аммиака. Понятие продувочного газа. Организация цикличного производства.

Экологические аспекты добычи солей и предварительная подготовка рассолов для электрохимического получения щелочей и хлора. Особенности получения щелочей в диафрагменных, ртутных и мембранных электролизерах и связанные с ними технологии

обезвреживания выбросов и сбросов. Получение синтетической соды по методу Сольве и проблема «белых морей».

Раздел 3. Экологические аспекты смежных с химической технологией производств

3.1. Экологические аспекты бурения и эксплуатации газовых и нефтяных месторождений. Организация нефте- и газодобычи в РФ - экологические аспекты бурения и эксплуатации газовых и нефтяных месторождений. Попутный нефтяной газ. Образование отходов при извлечении нефти. Обессоливание нефтей и транспортировка газовых и нефтяных потоков. Методы обращения с нефтезагрязненными водами и нефтешламами.

3.2. Целлюлозно-бумажная промышленность России. Традиционные сырьевые и энергетические ресурсы отрасли и современные тенденции в организации малоотходного производства бумаги. Крафт процесс – как пример регенерации энергии и материалов. Отбеливание бумажной массы и сопутствующие процессу экологические проблемы. Анализ жизненного цикла бумаги с позиций энерго- и ресурсосбережения.

3.3. Сырьевая база, технология и экологические аспекты получения алюминия. Российский алюминий на мировом рынке. Сырьевая база и технология получения глинозема по методу Байера. Красный шлам. Электрохимическое получение металлического алюминия. Загрязнение атмосферного воздуха фторсодержащими соединениями, образование аэрозолей. Методы минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Энерго- и ресурсосберегающие приемы в производстве металлического алюминия.

Раздел 4. Современные направления организации малоотходных технологических производств

4.1. Мембранные технологии. Строение мембран. Методы обратного осмоса, ультрафильтрации. Использование мембранных технологий в опреснении, обессоливании и очистке вод.

4.2. Метод суперкритического окисления и другие безхлорные технологии. Теоретические основы суперкритического окисления. Обезвреживание загрязняющих веществ УФ излучением, пероксидом водорода, озоном и комбинацией этих методов.

4.3. Биотехнологические методы. Биологическая очистка сточных вод в аэробных и анаэробных условиях.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:					
1	– основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду		+	+	+	+
2	– основные методы обезвреживания выбросов, сбросов и твердых отходов		+			
	Уметь:					
3	- анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов)		+	+	+	+
4	– проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения		+	+	+	+
	Владеть:					
5	– навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду		+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>компетенции и индикаторы их достижения:</i>						
11	– ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	+	+	+	+
12	– ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1. Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий.	+	+	+	+
		ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия учебным планом не предусмотрены

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по разделам курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче экзамена по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов), и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

В рамках рассматриваемого курса реферативно-аналитическая работа не предусматривается.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 6 контрольных работ. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 10 баллов за каждую.

Рейтинговая работа №1. Производство серной и фосфорной кислот

Вариант № 1.

1. Приведите блок-схему процесса переработки фосфогипса в цемент и серную кислоту. Укажите химические превращения, сопровождающие этот процесс. Каковы ограничения реализации этого процесса в промышленности?
2. Основным сырьем для производства серной кислоты в РФ в настоящее время является... Приведите реакции, обеспечивающие получение сернистого газа по

данной технологии. Укажите основные источники загрязнения окружающей среды при производстве сернистого газа и методы борьбы с ними.

Вариант № 2

1. Опишите технологию переработки пиритных огарков с целью выделения из них меди, указав основные химические превращения.
2. Приведите блок-схему синтеза фосфорной кислоты из апатит-нефелиновых руд. Обозначьте источники загрязнения окружающей среды и назовите основные загрязняющие вещества. Какие методы применяются для борьбы с загрязнением окружающей среды?

Рейтинговая работа №2. Производство аммиака и азотной кислоты

Вариант № 1.

1. Охарактеризуйте сырьевую базу синтеза аммиака. Обоснуйте с позиций энерго- и ресурсосбережения наиболее экономичный и экологичный способ получения синтез-газа
2. Приведите основные методы очистки отходящих газов от оксидов азота.

Вариант № 2.

1. Проанализируйте влияние температуры и давления на выход целевого продукта в технологии синтеза аммиака. Приведите значения этих параметров в современных промышленных процессах синтеза
2. Приведите блок-схему производства азотной кислоты окислением аммиака, указав источники загрязнения окружающей среды и перечислив основные методы борьбы с этими загрязнениями.

Рейтинговая работа № 3. Производство щелочей, хлора и соды.

Вариант № 1

1. Что такое галитовые моря? В какой технологии образуется этот отход? Приведите блок-схему процесса с обязательным указанием других образующихся отходов.
2. Какие отходы образуются при реализации диафрагменного метода получения щелочи, каковы способы минимизации их воздействия на окружающую среду?

Вариант № 2

1. Сравните способы получения хлорида калия методами подземного растворения и пенной флотации с точки зрения их воздействия на окружающую среду. Укажите способы минимизации этого воздействия.
2. Какие отходы сопровождают процесс получения щелочи в ртутных электролизерах? Каковы способы обращения с ними?

Рейтинговая работа № 4. Экологические аспекты нефтедобычи и транспортировки нефти. Целлюлозно-бумажная промышленность как пример организации энерго- и ресурсосберегающих технологий

Вариант № 1

1. Опишите процесс подготовки древесной массы, предвещающий ее варку, и возникающие при этом экологические проблемы
2. Что такое электрообессоливающие установки? Какие отходы образуются при их работе и каковы методы обращения с этими отходами?

Вариант 2

1. Опишите процесс варки древесины в Крафт-процессе и возникающие при этом отходы
1. Что такое буровой раствор? Методы обращения с буровыми растворами

Рейтинговая работа № 5. Современные методы обезвреживания сточных вод

Вариант № 1

1. Что такое «красный шлам». Обращение с «красными шламами».
2. Охарактеризуйте ограничения применения обратноосмотических установок в очистке сточных вод

Вариант 2

1. Укажите экологические проблемы, возникающие при производстве алюминия из глинозема и способы их решения.
2. Проблемы утилизации вторичного ила

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – экзамен)

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 2 вопроса по 20 баллов каждый.

Примеры контрольных вопросов для итогового освоения дисциплины (экзамен)

1. Основные экологические проблемы производства апатитового концентрата и пути их решения.
2. Белый, черный и зеленый щелок в Крафт-процессе. Образование и обращение с ними.
3. Основные методы очистки отходящих газов от твердых частиц и аэрозолей. Приведите примеры химико-технологических производств, в которых возникает такая необходимость.
4. Основные экологические проблемы производства фосфорной кислоты из апатитового концентрата и пути их решения.
5. Основные способы получения сырья для синтеза аммиака. Экологические аспекты.
6. Приведите примеры реагентной очистки сточных вод различных производств.
7. Основные способы получения сырья для синтеза аммиака. Экологические аспекты.
8. Экологические проблемы и пути их решения в производстве едкого натра и хлора в диафрагменных и мембранных электролизерах.
9. Сравните различные методы очистки отходящих газов от оксидов азота. Приведите примеры химико-технологических производств, в которых возникает такая необходимость.
10. Экологические аспекты производства соды
11. Экологические проблемы и пути их решения в производстве едкого натра и хлора в ртутных электролизерах.
12. Сравните различные методы очистки отходящих газов от оксидов серы. Приведите примеры химико-технологических производств, в которых возникает такая необходимость.
13. Приведите примеры биологической очистки сточных вод различных производств.
14. Основные экологические проблемы и пути их решения в производстве хлорида натрия.
15. Экологические аспекты нефтедобычи.
16. Экологические проблемы производства алюминия
17. Основные методы и экологические аспекты получения отбеленной целлюлозы

18. Основные экологические проблемы и пути их решения в производстве серной кислоты из пирита и серы.
19. Флотационные методы в химико-технологических производствах. Приведите конкретные примеры, указав возникающие при этом экологические проблемы
20. Энерго- и ресурсосбережение в процессах подготовки древесного сырья

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (5 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Промышленная экология» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разным разделам курса. Все вопросы билета предусматривают развернутые ответы студента.

Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 20 баллов, второй – 20 баллов.

Пример билета для зачета с оценкой

«Утверждаю» Заведующий кафедрой промышленной экологии Кручинина Н.Е.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Направление подготовки бакалавров 18.03.01 Дисциплина «Промышленная экология»
Экзаменационный билет № 1	
1. Основные экологические проблемы производства апатитового концентрата и пути их решения. 2. Белый, черный и зеленый щелок в Крафт-процессе. Образование и обращение с ними.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

А. Основная литература

1. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности. Атмосфера: учебник для академического бакалавриата. 5-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2018. 218 с.
2. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности. Гидросфера: учебник для академического бакалавриата. 5-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2018. 283 с.

Б. Дополнительная литература

1. Нистратов А.В., Клушин В.Н., Крылова Е.В. Техника защиты окружающей среды. Очистка сточных вод. Сборник задач: уч. пособие. г. Москва: Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. 64 с.

2. Ветошкин, А. Г. Технологии защиты окружающей среды от отходов производства и потребления : учебное пособие для вузов / А. Г. Ветошкин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-8790-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/180866> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ветошкин, А. Г. Инженерная защита водной среды : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1628-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168663> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Десятов, А. В. Мембранные методы очистки природных и сточных вод [Текст] : методические материалы для курсового и дипломного проектирования / А. В. Десятов, Н. Е. Кручинина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 159 с.
5. Милютин, В. В. Современные методы очистки техногенных сточных вод от токсичных примесей [Текст] : учебное пособие / В. В. Милютин, М. Б. Алехина, Б. Е. Рябчиков. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. - 131 с

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

Журнал «Экология производства», ISSN 2078-3981

Журнал «Справочник эколога», ISSN 2309-6268

Журнал «Экология и промышленность России», ISSN 1816-0395

Журнал «Химическая промышленность сегодня»

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

<http://www.mnr.gov.ru> - Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации

<http://www.gosnadzor.ru> – Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

<http://www.ecocom.ru/arhiv/ecocom/officinf.html> (Государственный доклад о состоянии окружающей среды).

<http://rus-stat.ru> - «Россия в окружающем мире» (ежегодник)

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8, (общее число слайдов – 109);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 60);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 60).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Промышленная экология основных химических производств» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Презентации лекционного материала.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Для чтения курса лекций имеются компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства; подключение к локальной сети с выходом в Интернет.

Для самостоятельной работы каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к нескольким электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам), содержащим все издания основной литературы, перечисленные в Учебной программе дисциплины, сформированным на основании прямых договорных отношений с правообладателями.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине, методические рекомендации к практическим занятиям; раздаточный материал к лекционным курсам; электронные учебные издания, научно-популярные электронные издания.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; технологические справочники.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
3	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
5	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА-223/2024		12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Иерархическая организация производственных процессов	Знает: - основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду - основные методы обезвреживания выбросов, сбросов и твердых отходов Умеет: - анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов) - проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения Владеет: - навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду	Зачет с оценкой
Раздел 2. Сырьевая база и основы технологий производства основных продуктов химической отрасли	Знает: - основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду Умеет: - анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов) - проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения Владеет: - навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду	Рейтинговые контрольные работы. Зачет с оценкой
Раздел 3. Экологические аспекты смежных с химической	Знает: - основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду	Рейтинговые контрольные работы, Зачет с оценкой

технологией производств	Умеет: - анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов) - проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения Владеет: - навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду	
Раздел 4. Современные направления организации малоотходных технологических производств	Знает: - основы химических и смежных с ними технологий производств с позиций их воздействия на окружающую среду Умеет: - анализировать данные по источникам выбросов (сбросов) загрязняющих веществ; выделять приоритетные загрязняющие вещества и источники их выбросов (сбросов) - проводить оценку энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ с учетом экономической целесообразности их применения Владеет: - навыками сравнительного анализа при составлении принципиальных схем по очистке выбросов (сбросов) промышленных производств с целью минимизации их воздействия на окружающую среду	Рейтинговые контрольные работы. Зачет с оценкой

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Промышленная экология»**

**основной образовательной программы
18.03.01 Химическая технология**

«Мембранная технология»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Сопряженные мембранные процессы»**

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Москва 2024

Программа составлена

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

К.х.н., доцент кафедры мембранной технологии Г.А. Дибров

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
« 08 » мая 2024 г., протокол № 9

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Сопряженные мембранные процессы»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – формирование знаний для решения научных и прикладных задач по разработке и реализации энерго- и ресурсосбережения путём интеграции сопряженных мембранных процессов, и традиционных процессов разделения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Задачи дисциплины – формирование и углубление знаний в области теоретических основ сопряженных мембранных процессов разделения; освоение методов расчета сопряженных мембранных процессов и аппаратов для их осуществления; формирование навыков выбора оптимальных сочетаний традиционных и мембранных методов для реализации энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Дисциплина *«Сопряженные мембранные процессы»* преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	

разработке технологической документации	исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- принципы разработки процессов и технологических схем;
- специфику конструкций аппаратов и установок;
- влияние технологических параметров на технико-экономические характеристики;

Уметь:

- обоснованно выбирать рациональные технологические процессы;
- рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность;

Владеть:

- навыками разработки технологических схем.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	0,67	24	18
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0,67	24	18
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Первапорация.	24	6	12	-	4
2.	Мембранная дистилляция.	12	2	6	-	4
3.	Мембранный катализ и мембранные реакторы.	8	2	3	-	4
4.	Мембранный биореактор.	12	2	6	-	4
5.	Мембранные контакторы.	8	2	3	-	4
6.	Топливные элементы.	8	2	2	-	4
	ИТОГО	72	16	32	-	24
	Экзамен	36				
	ИТОГО	108				

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Первапорация (испарение через мембрану).

Терминология. История развития. Общие принципы разработки. Задачи разделения, типы и способы проведения, варианты аппаратного оформления. Характеристики эффективности разделения. Принципы выбора мембран и материалов для мембран и способы их модификации. Механизм и факторы, определяющие эффективность разделения: природа и состав разделяемой смеси; температура; толщина мембраны; внешнелдиффузионные сопротивления и остаточное давление под мембраной. Методы исследования и расчета, примеры практического применения и их анализ, технико-экономические показатели.

Раздел 2. Мембранная дистилляция.

Терминология. История развития. Характеристики эффективности разделения. Варианты реализации и их сопоставление. Мембраны: материалы и способы получения; структура пор. Механизм. Факторы, определяющие гидродинамический и тепловой режим в напорном и дренажном каналах, тепло – и массоперенос через мембрану: давление, температура, природа и концентрация разделяемой жидкости (капиллярные явления); поверхностно-активные вещества. Методы исследования и расчета, примеры практического применения и их анализ, технико-экономические показатели.

Раздел 3. Мембранный катализ (МК) и мембранные реакторы (МР).

Терминология. Классификация. История развития МК. Типы мембранных катализаторов: монолитные; металлические мембраны; оксидные мембраны, ион-проницаемые мембраны; пористые, цеолитные мембраны; композитные; системы катализатор – мембрана. Конструкции МР: с металлическими мембранами; с металлосодержащими мембранными катализаторами на различных носителях. Преимущества проведения каталитических реакций в МР. Реакции с использованием мембранных катализаторов: гидрирование и дегидрирование; процессы получения водорода - конверсия водяного газа; паровой риформинг метана; сухой риформинг метана; парциальное окисление метана; паровой риформинг метанола; окислительный паровой риформинг метанола; паровой риформинг этанола. Методы исследования МК и расчета МР. Примеры практического применения МР и их анализ, технико-экономические показатели.

Раздел 4. Мембранный биореактор.

Терминология. Способы реализации. Динамика развития и существующее положение. Принцип работы. Мембранные материалы и их свойства. Технологические аспекты: снижение влияния концентрационной поляризации; промывка/очистка и химическая регенерация мембран; режимы/регламенты работы; способы оптимизации. Примеры технологических схем, их анализ и расчет.

Раздел 5. Мембранные контакторы.

Терминология. История развития. Оксигенаторы крови. Мембранные оксигенаторы: текущее состояние и перспективы. Мембранные контакторы: газ-жидкость; жидкость/жидкость; с изменением фаз. Примеры технологических схем, их анализ и расчет.

Раздел 6. Топливные элементы (ТЭ).

Основные источники энергии. Химические источники тока, ТЭ: щелочные; с прямым окислением метанола; с электролитом из расплава карбоната лития и натрия; фосфорнокислые; с протонообменной мембраной; обратимые; с твердым электролитом. Мембраны и мембранные материалы. Сферы применения, технико-экономические аспекты.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	Знать: (перечень из п.2)							
1	принципы разработки процессов и технологических схем;		+			+	+	
2	специфику конструкций аппаратов и установок;				+	+	+	+
3	влияние технологических параметров на технико-экономические характеристики;		+	+				
	Уметь: (перечень из п.2)							
4	обоснованно выбирать рациональные технологические процессы;		+			+		
5	рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность			+	+		+	+
	Владеть: (перечень из п.2)							
6	навыками разработки технологических схем		+	+	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)								
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)						
12	– ПК-1. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	+			+	+	
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	+	+	+	+	+	+
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	+	+	+	+	+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Практическое занятие 1. Расчет температуры кипения и давления насыщенного пара	3
2	1	Практическое занятие 2. Расчет общего и парциального давления паров и мольных долей компонентов в паровой фазе над жидкой смесью	3
3	2	Практическое занятие 3. Расчет состава конденсированного пермеата	3
4	2	Практическое занятие 4. Расчет также проницаемости мембраны и идеального фактора разделения	3
5	2	Практическое занятие 5. Расчет площади мембраны, состава пермеата и доли отбора	3
6	3	Практическое занятие 6. Мембранная дистилляция	6
7	3	Практическое занятие 7. Мембранные контакторы	3
8	4	Практическое занятие 8. Мембранные реакторы	3
9	4	Практическое занятие 9. Мембранные биореакторы	6
10	4	Практическое занятие 10. Топливные элементы	3

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Сопряженные мембранные процессы*» Учебным планом не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *экзамена* (7 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1-4 (8 семестр) составляет 15 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать нормальную температуру кипения (в °C) трихлорэтилена, а также температуру кипения при давлении в 1,5 раза превышающем нормальное. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
трихлорэтилен	16,1827	3028,13	-43,15

2. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать нормальную температуру кипения (в °C) трихлорэтилена, а также температуру кипения при давлении в 2 раза превышающем нормальное. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
трихлорэтилен	16,1827	3028,13	-43,15

3. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать нормальную температуру кипения (в °C) хлороформа, а также температуру кипения при давлении в 2 раза превышающем нормальное. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
хлороформ	15,9732	2696,79	-46,16

4. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать нормальную температуру кипения (в °C) метанола, а также температуру кипения при давлении в 2 раза превышающем нормальное. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
метанол	18,5875	3626,55	-34,29

5. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать нормальную температуру кипения (в °C) трихлорэтилена, а также температуру кипения при давлении в 1,5 раза превышающем нормальное. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
трихлорэтилен	16,1827	3028,13	-43,15

Вопрос 1.2.

1. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать давление паров (в мм.рт.ст.) этанола при температурах $T_1=25$ °C и $T_2=70$ °C. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
этанол	18,9119	3803,98	-41,68

2. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать давление паров (в мм.рт.ст.) трихлорэтилена при температурах $T_1=70$ °C и $T_2=100$ °C. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
трихлорэтилен	16,1827	3028,13	-43,15

3. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать давление паров (в мм.рт.ст.) метанола при температурах $T_1=25$ °C и $T_2=70$ °C. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C

метанол	18,5875	3626,55	-34,29

4. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать давление паров (в мм.рт.ст.) трихлорэтилена при температурах $T_1=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $T_2=70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
трихлорэтилен	16,1827	3028,13	-43,15

5. Используя уравнение Антуана необходимо рассчитать давление паров (в мм.рт.ст.) этанола при температурах $T_1=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $T_2=70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
этанол	18,9119	3803,98	-41,68

Вопрос 1.3.

1. Рассчитайте общее и парциальное давление паров и мольные доли компонентов в паровой фазе над жидкой смесью этанол-вода (0,15/0,85 мольных долей) при температурах $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ напишите в форме таблицы.

T= 25 °C				T= 60 °C			
мольная доля		коэффициент активности		мольная доля		коэффициент активности	
EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O
0,15	0,85	2,6427	1,0786	0,15	0,85	2,6587	1,074

2. Рассчитайте общее и парциальное давление паров и мольные доли компонентов в паровой фазе над жидкой смесью этанол-вода (0,15/0,85 мольных долей) при температурах $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ напишите в форме таблицы.

T= 25 °C				T= 60 °C			
мольная доля		коэффициент активности		мольная доля		коэффициент активности	
EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O
0,15	0,85	2,6427	1,0786	0,15	0,85	2,6587	1,074

3. Рассчитайте парциальное и общее давление паров, а также мольные доли компонентов в паровой фазе над жидкой смесью этанол-вода (0,15/0,85 мольных долей) при температурах $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ напишите в форме таблицы.

T= 25 °C				T= 60 °C			
мольная доля		коэффициент активности		мольная доля		коэффициент активности	
EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O
0,15	0,85	2,6427	1,0786	0,15	0,85	2,6587	1,074

Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
вода	18,3036	3816,44	-46,13
этанол	18,9119	3803,98	-41,68

4. Рассчитайте парциальное и общее давление паров, а также мольные доли компонентов в паровой фазе над жидкой смесью этанол-вода (0,8/0,2 мольных долей) при температурах $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ответ напишите в форме таблицы.

T= 25 °C				T= 60 °C			
мольная доля		коэффициент активности		мольная доля		коэффициент активности	
EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O
0,8	0,2	1,0297	1,9752	0,8	0,2	1,0326	2,0217

Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C

вода	18,3036	3816,44	-46,13
этанол	18,9119	3803,98	-41,68

5. Рассчитайте парциальное и общее давление паров, а также мольные доли компонентов в паровой фазе над жидкой смесью этанол-вода (0,55/0,45 мольных долей) при температурах 25 °C и 60 °C. Ответ напишите в форме таблицы.

T= 25 °C				T= 60 °C			
мольная доля		коэффициент активности		мольная доля		коэффициент активности	
EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O	EtOH	H ₂ O
0,55	0,45	1,1544	1,5673	0,55	0,45	1,1715	1,5634

Константы уравнения Антуана:

наименование	A	B	C
вода	18,3036	3816,44	-46,13
этанол	18,9119	3803,98	-41,68

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, 8 баллов за 1 вопрос, 7 баллов за 2 вопрос.

Вопрос 2.1

1. В процессе вакуумной ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) первапорации смеси вода-этанол (95% масс, этанола) использовали мембрану с селективным слоем из поливинилового спирта (ПВС). При температуре 75 °C мембрана продемонстрировала поток $J=0,1$ кг/м²*ч и коэффициент разделения $S_c(\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH})=45$. Рассчитайте состав конденсированного пермеата, который отводили в приемную емкость, а также проницаемость мембраны по этанолу и воде и идеальный фактор разделения. Константы уравнения Антуана и коэффициенты активности:

наименование	A	B	C	γ
вода	18,3036	3816,44	-46,13	2,5284
этанол	18,9119	3803,98	-41,68	1,0025

2. В процессе вакуумной ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) первапорации смеси вода-этанол (95% масс, этанола) использовали мембрану с селективным слоем из поливинилового спирта (ПВС). При температуре 75 °C мембрана продемонстрировала поток $J=0,06$ кг/м²*ч и коэффициент разделения $S_c(\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH})=4100$. Рассчитайте состав конденсированного пермеата, который отводили в приемную емкость, а также проницаемость мембраны по этанолу и воде и идеальный фактор разделения. Константы уравнения Антуана и коэффициенты активности:

наименование	A	B	C	γ
вода	18,3036	3816,44	-46,13	2,5284
этанол	18,9119	3803,98	-41,68	1,0025

3. В процессе вакуумной ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) первапорации смеси вода-этанол (95% масс, этанола) использовали мембрану с селективным слоем из поливинилового спирта (ПВС). При температуре 75 °C мембрана продемонстрировала поток $J=3$ кг/м²*ч и коэффициент разделения $S_c(\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH})=25$. Рассчитайте состав конденсированного пермеата, который отводили в приемную емкость, а также проницаемость мембраны по этанолу и воде и идеальный фактор разделения. Константы уравнения Антуана и коэффициенты активности:

наименование	A	B	C	γ
вода	18,3036	3816,44	-46,13	2,5284
этанол	18,9119	3803,98	-41,68	1,0025

4. В процессе вакуумной ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) первапорации смеси вода-этанол (95% масс, этанола) использовали мембрану с селективным слоем из поливинилового спирта (ПВС). При температуре 50 °С мембрана продемонстрировала поток $J=0,26$ кг/м²*ч и коэффициент разделения $S_c(\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH})=50$. Рассчитайте состав конденсированного пермеата, который отводили в приемную емкость, а также проницаемость мембраны по этанолу и воде и идеальный фактор разделения. Константы уравнения Антуана и коэффициенты активности:

наименование	A	B	C	γ
вода	18,3036	3816,44	-46,13	2,4794
этанол	18,9119	3803,98	-41,68	1,0025

5. В процессе вакуумной ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) первапорации смеси вода-этанол (95% масс, этанола) использовали мембрану с селективным слоем из поливинилового спирта (ПВС). При температуре 30 °С мембрана продемонстрировала поток $J=0,43$ кг/м²*ч и коэффициент разделения $S_c(\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH})=190$. Рассчитайте состав конденсированного пермеата, который отводили в приемную емкость, а также проницаемость мембраны по этанолу и воде и идеальный фактор разделения. Константы уравнения Антуана и коэффициенты активности:

наименование	A	B	C	γ
вода	18,3036	3816,44	-46,13	2,4195
этанол	18,9119	3803,98	-41,68	1,0025

Вопрос 2.2

1. Терминология. Допущения модели растворение-диффузия. Профиль химического потенциала, давления и активности в мембране.
2. Массоперенос в первапорации: модель сопротивлений, пример влияния граничных слоев. Влияние температуры.
3. Первапорация: движущая сила процесса, вывод уравнения для потока.
4. Рабочие характеристики эффективности первапорационного разделения.
5. История развития первапорации. Задачи и типы разделения.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 2 вопроса, 8 баллов за 1 вопрос, 7 баллов за 2 вопрос.

Вопрос 3.1

1. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной первапорации ($P_{\text{perm}}=0$ мм.рт.ст.) 3 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $2,24 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha=104,8$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75

y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

2. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 4 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $1,9 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 9552,5$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12
x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

3. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 5 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $54,31 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 58,2$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12

паров, кПа										
x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

4. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 6 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 50 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $19,17 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 123,4$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 50 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	29,538	29,568	29,594	29,616	29,647	29,664	29,666	29,613	29,485	29,293
x(H ₂ O), моль/моль	0,010	0,020	0,030	0,040	0,060	0,080	0,100	0,150	0,200	0,250
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,032	0,043	0,062	0,081	0,099	0,140	0,177	0,210
давление паров, кПа	29,047	28,754	28,423	28,058	27,664	27,240	26,782	26,279	25,706	25,017
x(H ₂ O), моль/моль	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750
y(H ₂ O), моль/моль	0,239	0,266	0,290	0,312	0,332	0,351	0,369	0,387	0,406	0,427
давление паров, кПа	24,129	22,888	21,009	19,969	18,689	17,095	16,150	15,087	13,888	12,531
x(H ₂ O), моль/моль	0,800	0,850	0,900	0,920	0,940	0,960	0,970	0,980	0,990	1,000
y(H ₂ O), моль/моль	0,454	0,491	0,551	0,587	0,637	0,707	0,755	0,815	0,894	1,000

5. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 7 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 40 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $119,22 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 499,3$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 40 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	17,936	17,951	17,963	17,973	17,986	17,989	17,985	17,938	17,848	17,720
x(H ₂ O), моль/моль	0,010	0,020	0,030	0,040	0,060	0,080	0,100	0,150	0,200	0,250

y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,032	0,042	0,061	0,080	0,097	0,138	0,174	0,206
давление паров, кПа	17,561	17,374	17,165	16,937	16,691	16,428	16,143	15,829	15,470	15,038
x(H ₂ O), моль/моль	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750
y(H ₂ O), моль/моль	0,235	0,261	0,285	0,307	0,327	0,346	0,364	0,382	0,401	0,423
давление паров, кПа	14,480	13,706	12,546	11,911	11,136	10,180	9,617	8,987	8,280	7,485
x(H ₂ O), моль/моль	0,800	0,850	0,900	0,920	0,940	0,960	0,970	0,980	0,990	1,000
y(H ₂ O), моль/моль	0,450	0,489	0,550	0,588	0,638	0,709	0,757	0,817	0,895	1,000

Вопрос 3.2

1. Мембранные реакторы: определение, классификация, типы материалов, их достоинства и недостатки.
2. Мембранные реакторы: определение, механизмы в разделении МР с пористыми и непористыми мембранами.
3. Функции мембранных реакторов, с примерами процессов.
4. Классификация МР по функции и расположению мембраны.
5. Промышленные методы получения водорода.

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 7,5 баллов за вопрос.

Вопрос 4.1

1. Мембранные реакторы: определение, классификация, типы материалов, их достоинства и недостатки
2. Функции мембранных реакторов, с примерами процессов.
3. Мембранные реакторы: определение, МР на основе палладия.
4. Функции мембранных реакторов, с примерами процессов.
5. Классификация МР по функции и расположению мембраны.

Вопрос 4.2

1. Топливные элементы, терминология, щелочной топливный элемент.
2. Топливный элемент с протонообменной мембраной, устройство.
3. Мембранные реакторы: определение, механизмы в разделении МР с пористыми и непористыми мембранами.
4. Мембранные биореакторы, основные определения, активный ил, схема очистки сточных вод активным илом.
5. Мембранные реакторы: определение, классификация, типы материалов, их достоинства и недостатки.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.
1 вопрос – 15 баллов, вопрос 2 – 25 баллов.

1. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 3 моль/с смеси этанол/вода (95%

мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $2,24 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha=104,8$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12
x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

2. Мембранные реакторы: определение, классификация, типы материалов, их достоинства и недостатки.

3. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 4 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $1,9 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha=9552,5$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12
x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

4. Мембранные реакторы: определение, механизмы в разделении МР с пористыми и непористыми мембранами.

5. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 5 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $54,31 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 58,2$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1

6. Функции мембранных реакторов, с примерами процессов.

7. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 6 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 50 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $19,17 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 123,4$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 50 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	29,538	29,568	29,594	29,616	29,647	29,664	29,666	29,613	29,485	29,293
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,010	0,020	0,030	0,040	0,060	0,080	0,100	0,150	0,200	0,250
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,011	0,022	0,032	0,043	0,062	0,081	0,099	0,140	0,177	0,210
давление паров, кПа	29,047	28,754	28,423	28,058	27,664	27,240	26,782	26,279	25,706	25,017
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750
$y(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,239	0,266	0,290	0,312	0,332	0,351	0,369	0,387	0,406	0,427
давление паров, кПа	24,129	22,888	21,009	19,969	18,689	17,095	16,150	15,087	13,888	12,531
$x(\text{H}_2\text{O})$, моль/моль	0,800	0,850	0,900	0,920	0,940	0,960	0,970	0,980	0,990	1,000

y(H ₂ O), моль/моль	0,454	0,491	0,551	0,587	0,637	0,707	0,755	0,815	0,894	1,000

8.Классификация МР по функции и расположению мембраны.

9.Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.) 7 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 40 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $119,22 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha=499,3$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 40 °С приведены в таблице:

давление паров, кПа	17,936	17,951	17,963	17,973	17,986	17,989	17,985	17,938	17,848	17,720
x(H ₂ O), моль/моль	0,010	0,020	0,030	0,040	0,060	0,080	0,100	0,150	0,200	0,250
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,032	0,042	0,061	0,080	0,097	0,138	0,174	0,206
давление паров, кПа	17,561	17,374	17,165	16,937	16,691	16,428	16,143	15,829	15,470	15,038
x(H ₂ O), моль/моль	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750
y(H ₂ O), моль/моль	0,235	0,261	0,285	0,307	0,327	0,346	0,364	0,382	0,401	0,423
давление паров, кПа	14,480	13,706	12,546	11,911	11,136	10,180	9,617	8,987	8,280	7,485
x(H ₂ O), моль/моль	0,800	0,850	0,900	0,920	0,940	0,960	0,970	0,980	0,990	1,000
y(H ₂ O), моль/моль	0,450	0,489	0,550	0,588	0,638	0,709	0,757	0,817	0,895	1,000

10.Промышленные методы получения водорода.

для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной перапарации ($P_{\text{perm}} = 0$ мм.рт.ст.)

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (8 семестр).

Экзамен по дисциплине «*Сопряжённые мембранные процессы*» проводится в 8 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для **экзамена** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена

«Утверждаю» _____ (Должность, наименование кафедры) _____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Кафедра мембранной технологии 18.03.01 «Химическая технология» Профиль – «Мембранная технология» Сопряженные мембранные процессы																																																																																																			
1. Рассчитайте площадь мембран, которая потребуется для получения этанола (99% мол) в процессе вакуумной первапорации ($P_{perm} = 0$ мм.рт.ст.) 3 моль/с смеси этанол/вода (95% мол. этанола) при температуре 75 °С. Используют мембрану из ПВС с проницаемостью по воде $2,24 \cdot 10^{-7}$ моль/(м²·с·Па) и идеальной селективностью $\alpha = 104,8$. Допускается, что в мембранном элементе массоперенос соответствует модели идеального смешения. Какова будет при этом доля отбора и состав пермеата? Расчетные данные по равновесию жидкость-пар для смеси вода-этанол при 75 °С приведены в таблице: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;">давление паров, кПа</td> <td>88,93</td><td>89,03</td><td>89,12</td><td>89,19</td><td>89,31</td><td>89,38</td><td>89,41</td><td>89,31</td><td>88,99</td><td>88,47</td> </tr> <tr> <td>x(H₂O), моль/моль</td> <td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,03</td><td>0,04</td><td>0,06</td><td>0,08</td><td>0,1</td><td>0,15</td><td>0,2</td><td>0,25</td> </tr> <tr> <td>y(H₂O), моль/моль</td> <td>0,011</td><td>0,022</td><td>0,033</td><td>0,043</td><td>0,063</td><td>0,082</td><td>0,1</td><td>0,143</td><td>0,18</td><td>0,214</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">давление паров, кПа</td> <td>87,78</td><td>86,95</td><td>85,99</td><td>84,93</td><td>83,77</td><td>82,52</td><td>81,18</td><td>79,72</td><td>78,07</td><td>76,12</td> </tr> <tr> <td>x(H₂O), моль/моль</td> <td>0,3</td><td>0,35</td><td>0,4</td><td>0,45</td><td>0,5</td><td>0,55</td><td>0,6</td><td>0,65</td><td>0,7</td><td>0,75</td> </tr> <tr> <td>y(H₂O), моль/моль</td> <td>0,245</td><td>0,272</td><td>0,297</td><td>0,32</td><td>0,341</td><td>0,361</td><td>0,379</td><td>0,398</td><td>0,417</td><td>0,437</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">давление паров, кПа</td> <td>73,63</td><td>70,15</td><td>64,79</td><td>61,76</td><td>57,97</td><td>53,14</td><td>50,23</td><td>46,91</td><td>43,12</td><td>38,75</td> </tr> <tr> <td>x(H₂O), моль/моль</td> <td>0,8</td><td>0,85</td><td>0,9</td><td>0,92</td><td>0,94</td><td>0,96</td><td>0,97</td><td>0,98</td><td>0,99</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>y(H₂O), моль/моль</td> <td>0,462</td><td>0,497</td><td>0,554</td><td>0,588</td><td>0,635</td><td>0,704</td><td>0,75</td><td>0,811</td><td>0,89</td><td>1</td> </tr> </table>		давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47	x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25	y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214	давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12	x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437	давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75	x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1	y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1
давление паров, кПа	88,93	89,03	89,12	89,19	89,31	89,38	89,41	89,31	88,99	88,47																																																																																										
x(H ₂ O), моль/моль	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25																																																																																										
y(H ₂ O), моль/моль	0,011	0,022	0,033	0,043	0,063	0,082	0,1	0,143	0,18	0,214																																																																																										
давление паров, кПа	87,78	86,95	85,99	84,93	83,77	82,52	81,18	79,72	78,07	76,12																																																																																										
x(H ₂ O), моль/моль	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75																																																																																										
y(H ₂ O), моль/моль	0,245	0,272	0,297	0,32	0,341	0,361	0,379	0,398	0,417	0,437																																																																																										
давление паров, кПа	73,63	70,15	64,79	61,76	57,97	53,14	50,23	46,91	43,12	38,75																																																																																										
x(H ₂ O), моль/моль	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1																																																																																										
y(H ₂ O), моль/моль	0,462	0,497	0,554	0,588	0,635	0,704	0,75	0,811	0,89	1																																																																																										
2. Мембранные реакторы: определение, классификация, типы материалов, их достоинства и недостатки.																																																																																																				

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Каграманов, Г. Г. Диффузионные мембранные процессы. Мембранное разделение газов: учебное пособие / Г. Г. Каграманов. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. - 138 с.
2. Каграманов, Г. Г. Диффузионные мембранные процессы. Диализ: учебные пособия / Г. Г. Каграманов, Е. Н. Фарносова. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 112 с.

Б. Дополнительная литература

1. Первапорация: учеб. пособие / Г. А. Дибров, Г. Г. Каграманов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. – 52 с.
2. Козадеров О. А., Введенский А. В. Современные химические источники тока, Издательство «Лань», 2021. -132 с.
3. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛи принт, 2007, 207 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 г. составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Сопряженные мембранные процессы*» проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы обучающегося

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Первапорация.	<i>Знает:</i> принципы разработки процессов и технологических схем; влияние технологических параметров на технико-экономические характеристики; <i>Умеет:</i> обоснованно выбирать рациональные технологические процессы <i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем	Оценка за контрольную работу №1, 2, 3 (8 семестр)
Раздел 2. Мембранная дистилляция.	<i>Знает:</i> влияние технологических параметров на технико-экономические характеристики; <i>Умеет:</i> рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность <i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем	Оценка за контрольную работу №3 (8 семестр)
Раздел 3. Мембранный катализ и мембранные реакторы.	<i>Знает:</i> специфику конструкций аппаратов и установок; <i>Умеет:</i> рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность <i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем	Оценка за контрольную работу №4 (8 семестр)
Раздел 4. Мембранный биореактор.	<i>Знает:</i> принципы разработки процессов и технологических схем; специфику конструкций аппаратов и установок; <i>Умеет:</i> обоснованно выбирать рациональные технологические процессы; <i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем	Оценка за контрольную работу №4 (8 семестр)

Раздел 5. Мембранные контакторы.	<i>Знает:</i> принципы разработки процессов и технологических схем; специфику конструкций аппаратов и установок; <i>Умеет:</i> рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность <i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем	Оценка за контрольную работу №4 (8 семестр)
Раздел 6. Топливные элементы.	<i>Знает:</i> специфику конструкций аппаратов и установок; <i>Умеет:</i> рассчитывать аппараты и технико-экономическую эффективность; <i>Владеет:</i> навыками разработки технологических схем	Оценка за контрольную работу №4 (8 семестр) Оценка за экзамен (8 семестр)

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Сопряженные мембранные процессы»

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Технико-экономический анализ»**

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена

К.т.н., доцент кафедры мембранной технологии А.А. Свитцов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
« 08 » мая 2024 г., протокол № 9

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Технико-экономический анализ»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии, а также такие дисциплины, как промышленная экология, основы экономики и управления производством, основы менеджмента и маркетинга, моделирование химико-технологических процессов, и дисциплины специализации.

Цель дисциплины – дать студентам представление и знания о технико-экономическом анализе, прежде всего проектируемых установок и производств различных отраслей промышленности, использующих мембранные процессы разделения.

Задачи дисциплины – дать студентам основы знаний о технологии и методике проектирования как об инновационном процессе, показать взаимосвязь и взаимовлияние основных разделов технического проекта – инженерного, организационного и экономического. Практический результат дисциплины – подготовить студента к выполнению квалификационной работы бакалавра, заданной в форме технического проекта.

Дисциплина *«Технико-экономический анализ»* преподается в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	

разработке технологической документации	исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- методы бизнес-планирования химико-технологических производств;
 - принципы организации производства в химической технологии и биотехнологии;
 - методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства химических веществ;
 - системы проектирования химико-технологических процессов и отдельных узлов и технологической схемы;
 - технологию и общие принципы осуществления химико-технологических процессов;
- различные способы рекуперации и утилизации газовых, жидких и твердых отходов производства химических веществ

Уметь:

- использовать методы исследования и определения параметров химико-технологических процессов;
- анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции;
- анализировать результаты экспериментов по заданным методикам;
- анализировать результаты экспериментов.

Владеть:

- методами термодинамического анализа промышленных тепловыделяющих, теплоиспользующих и теплосиловых установок;
- методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков;
- методами составления тепловых и материальных балансов химических аппаратов и установок;
- методами кинетического анализа и моделирования химических реакторов;
- методами расчета тепловых, массообменных и реакционных аппаратов и определения их основных размеров;
- методами выбора и расчета аппаратов для очистки до необходимого уровня сточных вод и газовых выбросов предприятий химической отрасли.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,88	32	24
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Самостоятельная работа	2,12	76	57
Контактная самостоятельная работа (АттК из УП для зач / зач с оц.)	2,12	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,6	56,7
Вид контроля:			

Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Общие вопросы	10	2	-	-	8
2.	Методы технико-экономического анализа	14	2	2	-	10
3.	Особенности применения инженерного и технико-экономического анализа основных процессов химической технологии	24	4	4	-	16
4.	.Технический проект как раздел бизнес-плана	24	4	4	-	16
5.	Организационный план как раздел бизнес-плана	16	2	2	-	12
6.	Финансовый план как раздел бизнес-плана	20	2	4	-	14
	ИТОГО	108	16	16	-	76
	Экзамен	-	-	-	-	-
	ИТОГО	108				

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Общие вопросы

Технико-экономический анализ действующих и проектируемых производств – как метод оптимизации затрат на производство, как метод решения задач энерго- и ресурсосбережения.

Понятие об инвестиционном проектировании. Фазы цикла проекта. Бизнес-план - как пакет технических, финансовых и организационных документов для оптимальной реализации проекта. Разделы бизнес-плана.

Научные, технические и профессиональные требования к проектанту. Учет социальных, политических и экономических аспектов при разработке проектов. Элементы изобретательства в техническом проектировании, методы развития навыков изобретательства. Инженерный анализ и принятие решений - ответственные этапы проектирования.

Раздел 2. Методы технико-экономического анализа

Исследование операций. Целевая функция. Многокритериальная задача. Вариационное исчисление, линейное, нелинейное и динамическое программирование.

Оптимизация, критерии оптимизации. Оптимальная производительность при минимальной себестоимости продукта. Минимальная себестоимость при заданной производительности.

Раздел 3. Особенности применения инженерного и технико-экономического анализа основных процессов химической технологии

Гидравлические и гидромеханические процессы как объект оптимизации. Учет затрат на преодоление трения и местных сопротивлений при перекачивании жидкостей. Учет затрат на перемешивание жидкостей. Расчет оптимальных диаметров трубопроводов. Расчет и выбор насосов, компрессоров, вентиляторов с оптимальными параметрами. Расчет и выбор фильтров, циклонов, отстойников, емкостей с учетом минимизации затрат.

Теплообменные процессы и оборудование как объект оптимизации. Расчет теплообменной аппаратуры с учетом оптимальных гидродинамических и конструктивных параметров. Расчет приведенных затрат как функции площади теплообмена, параметров теплоносителей, их расходов. Ограничения, накладываемые температурой и расходом теплоносителей. Окончательный выбор теплообменников с нормализованной площадью и их поверочный расчет.

Массообменные процессы и аппараты как объект оптимизации. Расчет массообменной аппаратуры с учетом оптимальных расходных, кинетических и конструктивных параметров. Ограничения, накладываемые предельными скоростями фаз, неравномерностью распределения потоков, обратным перемешиванием. Выбор оптимальных контактных элементов с учетом их эффективности и стоимости, габаритов аппарата.

Химические и биохимические реакторы как объект оптимизации. Расчет и выбор реакторов с учетом оптимальных кинетических, гидромеханических и конструктивных параметров, а также условий протекания реакции – фазового состояния реагентов, температуры и давления. Оптимизация объема единичного реактора с учетом заданной производительности производства, расходов на перемешивание, теплообмен, процедур загрузки и выгрузки.

Раздел 4. Технический проект как раздел бизнес-плана

Технический проект (ТП) – как связь между научной разработкой и промышленным производством. Этапы технического проекта. Научное обоснование ТП. Информационная модель технологии, авторские права.

Подготовка к выполнению ТП. Составление договора с заказчиком, разделы договора, определение стоимости разработки ТП. Сбор исходных данных и составление технического задания (ТЗ). Государственные стандарты на ТЗ.

Синтез химико-технологической схемы производства. Методы синтеза ХТС: эвристический, эволюционный, интегрально-гипотетический. Построение блок-схемы производства.

Материальный и тепловой балансы производства. Расчет фонда продолжительности работы. Расчет часовой производительности по блокам схемы. Сочетание периодически и непрерывно работающих блоков.

Расчет и подбор оборудования. Технологический и конструкционный расчет основного оборудования. Подбор и поверочный расчет вспомогательного оборудования. Выбор конструкционных материалов с учетом агрессивности среды, ресурса работы оборудования и стоимости материалов. Государственные стандарты на выполнение чертежей оборудования.

Аппаратурно-технологическая схема производства. Расчет и выбор трубопроводов и арматуры. Контроль и автоматизация производства: выбор мест замера параметров, расчет пределов варьирования, выбор методов замера, принятие решений по уровню автоматизации управления.

Решения по охране труда и технике безопасности. Разработка перечня опасностей и мер по их предупреждению. Разработка инструкций.

Строительная часть ТП. Принятие решений по размещению производства в зданиях. Расчет площади, кубатуры и этажности зданий. Принципы компоновки оборудования. Требования к отделке помещений.

Экологическая часть ТП. Разработка перечня опасностей и мер по их предупреждению. Принятие технологических решений по методам обезвреживания, утилизации и повторного использования отходов.

Раздел 5. Организационный план как раздел бизнес-плана

Описание предприятия, принятие решений по организационно-правовой форме. Уставной фонд предприятия, место размещения предприятия. Миссия и цели предприятия. Оценка обеспеченности ресурсами. План производства. Разработка организационной структуры, расчет численности персонала, принципы кадровой политики. Принятие мер по обеспечению безопасности предприятия. Экологический менеджмент на предприятии.

Представление продукции предприятия. Жизненный цикл продукции, авторские права. Планирование НИОКР на предприятии. Обеспечение качества продукции.

Исследование рынка продукции. Определение емкости рынка, сегментирование рынка. Определение мотивации покупателя продукции. Разработка политики ценообразования на предприятии. Определение конкурентов на рынке и принятие решений по повышению конкурентоспособности продукции.

Тактический маркетинг продукции. Разработка схем товародвижения, организация рекламы, приемы «паблик рилейшнз».

Риски на всех фазах цикла проекта. Выявление ассортимента рисков, разработка методов профилактики рисков. Оценка возможных размеров убытков при проявлении рисков.

Раздел 6. Финансовый план как раздел бизнес-плана

Задачи финансового плана. Расчет потребных капитальных затрат: обеспечение производства помещением и оборудованием, расчет прочих затрат на стадии реализации проекта.

Схема финансирования проекта: разработка план-графика работ и затрат, определение источников финансирования.

Расчет прогнозного экономического баланса производства. Расчет издержек производства на стадии эксплуатации: материальные затраты, затраты на энергию, оплату труда, амортизационные отчисления, прочие затраты. Расчет себестоимости продукции. Определение цены продукции, расчет выручки от реализации продукции. Расчет величины прибыли, принятие решений по ее распределению.

Оценка экономической состоятельности проекта: расчет рентабельности, точки безубыточности, срока окупаемости.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	Знать: (перечень из п.2)						
1	методы бизнес-планирования химико-технологических производств	+	+				
2	принципы организации производства в химической технологии и биотехнологии					+	+
3	методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства химических веществ				+		
4	системы проектирования химико-технологических процессов и отдельных узлов и технологической схемы			+			
5	технологию и общие принципы осуществления химико-технологических процессов				+	+	+
6	различные способы рекуперации и утилизации газовых, жидких и твердых отходов производства химических веществ					+	+
	Уметь: (перечень из п.2)						
7	использовать методы исследования и определения параметров химико-технологических процессов	+	+				
8	анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции				+		
9	анализировать результаты экспериментов по заданным методикам		+			+	+
10	анализировать результаты экспериментов		+				
	Владеть: (перечень из п.2)						
11	методами термодинамического анализа промышленных тепловыделяющих, теплоиспользующих и теплосиловых установок		+	+			
12	методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков			+		+	+
13	методами составления тепловых и материальных балансов химических аппаратов и установок				+		
14	методами кинетического анализа и моделирования химических реакторов;				+		
15	методами расчета тепловых, массообменных и реакционных аппаратов и определения их основных размеров;				+		
16	методами выбора и расчета аппаратов для очистки до необходимого уровня сточных вод и газовых выбросов предприятий химической отрасли.	+		+	+		

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)</u>									
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)							
12	– ПК-1. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	+	+					
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	+		+	+	+	+	+
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства			+				

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ раздела дисциплины	№ п/п	Темы семинарских занятий	Часы
2	1	Освоение методики разработки технического задания на выполнение технического проекта.	2
3	2	Сравнение двух критериев оптимальности: - принцип наилучшего использования сырья; - принцип оптимального использования энергии.	2
3	3	Синтез технологической схемы с использованием декомпозиционного и эвристического методов.	2
4	4	Разработка циклограммы производства и расчет материального баланса технологической схемы с использованием блок-схемы.	2
4	5	Расчет гидравлического сопротивления напорных каналов мембранной установки и подбор насосов.	2
5	6	Выбор организационно-правовых форм предприятия.	2
6	7	Расчет капитальных затрат на производство. Расчет прогнозного баланса производства.	2
6	8	Расчет экономической состоятельности проекта: рентабельности, точки безубыточности, срока окупаемости.	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Технико-экономический анализ*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче **зачет с оценкой** (8 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с

указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Характеристики и свойства гетерогенных смесей, поступающих на мембранное разделение.
2. Оборудование для предподготовки разделяемых смесей.
3. Характеристики и свойства гомогенных смесей, поступающих на мембранное разделение.
4. Критерии выбора мембран для решения конкретных задач разделения.
5. Критерии выбора мембранных модулей для решения конкретных задач разделения.
6. Правила и особенности эксплуатации мембранных промышленных установок.
7. Правила технического регулирования мембранного оборудования и получаемых продуктов.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 6 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за все контрольные работы (8 семестр) составляет 10 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 5 вопроса, по 2 баллов за вопрос.

1. Эмульсия представляет собой дисперсную систему типа
2. Коллоидная химия - это
3. Поверхностное натяжение жидкостей представляет собой
4. Дисперсность – это
5. Порогом коагуляции называется

Вопрос 1.2.

1. Суспензия представляет собой дисперсную систему типа
2. Лиофильные дисперсные системы – это
3. Адсорбцией является
4. Поверхностная энергия, которой обладают объекты коллоидной химии, рассчитывается как
5. Прочность пространственной сетки в связнодисперсных системах зависит от

Вопрос 1.3.

1. Молекулы ПАВ - это органические соединения, состоящие из
2. Назовите причины, которые могут привести к коагуляции коллоидной системы
3. Тиксотропия - это
4. Поверхностное натяжение – это
5. Основной причиной образования ДЭС является

Вопрос 1.4.

1. Солюбилизация - это
2. Прочность пространственной сетки в связнодисперсных системах зависит от

3. Ползучесть – это
4. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) - это концентрация, при которой
5. Образующийся электрический слой называется двойным, потому что

Вопрос 1.5.

1. При самопроизвольном образовании ДЭС поверхностное натяжение
2. Формула для расчета толщины диффузной части ДЭС
3. Современная теория рассматривает слой противоионов ДЭС как
4. Мицеллообразование зависит от следующих свойств молекул ПАВ
5. Толщина диффузного слоя - это расстояние, на котором потенциал диффузной части ДЭС

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Принцип действия центрифуги.
2. Что такое адсорбер и какими они бывают по принципу действия?
3. Как работает флотатор.
4. Методы обеззараживания растворов.
5. Разновидности конструкций теплообменников.

Вопрос 2.2

1. Как устроен пластинчатый теплообменник?
2. Что такое катионит и принцип его действия.
3. Что такое анионит и принцип его действия.
4. Назовите способы удаления механических примесей из жидких сред.
5. Что называют объемным фильтрованием?

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3 Контрольная работа содержит 3 вопроса, 2 балла за 1 вопрос, по 4 балла за 2 и 3 вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Что такое «ржавчина» и чем она чревата в системах водоподготовки.
2. Особенности строения молекулы воды, определяющие ее взаимодействие с молекулами и ионами.
3. Почему происходит ассоциация молекул воды?
4. Механизм высаливания ВМС из раствора.
5. Гидратные оболочки ионов, граница полной гидратации.

Вопрос 3.2.

1. Устройство осмометра.
2. Принцип работы осмотической машины.
3. Различия между сухим остатком и минерализованным остатком.
4. От чего зависит кислотность водного раствора?
5. Что такое «органолептические свойства воды» и каковы правила их оценки.

Вопрос 3.3.

1. На чем основан кондуктометрический метод анализа и каковы условия его проведения.
2. От чего зависит кислотность водного раствора?
3. Что характеризует величина оптической плотности раствора?
4. Что такое «минерализация» и каковы требования по данному показателю для питьевой воды в России.
5. Что определяет разницу между параметрами ХПК и БПК.

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 2,4 баллов за вопрос.

Вопрос 4.1.

1. Назначение процессов ультрафильтрации и микрофильтрации.
2. Суть явления концентрационной поляризации.
3. Какие факторы определяют соотношение расходов пермеата и концентрата на выходе из мембранного аппарата?
4. Отличие электродеионизации от электродиализа.
5. Какие свойства мембран учитываются при их выборе для конкретного применения?

Вопрос 4.2.

1. Как устанавливают паспортную удельную производительность мембраны?
2. Объясните термин «фазоинверсионные мембранные процессы».
3. Отличие электродеионизации от электродиализа.
4. Объясните термин «фазоинверсионные мембранные процессы».
5. Специфические требования к мембранам при их применении в пищевой и фармацевтической промышленности.

Вопрос 4.3.

1. Зачем добиваются анизотропии мембран?
2. Что определяет название метода «сухое формование мембран»?
3. Специфические требования к мембранам при их применении в пищевой и фармацевтической промышленности.
4. Краткое описание технологии трубчатых полимерных мембран.
5. «Кривая задержания» как характеристика мембраны.

Вопрос 4.4.

1. Краткое описание технологии капиллярных мембран.
2. Основные этапы получения композитных мембран.
3. Краткое описание технологии трубчатых полимерных мембран.
4. Как устанавливают паспортную удельную производительность мембраны?
5. Основные этапы получения трековых мембран.

Раздел 5. Примеры вопросов к контрольной работе № 5. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 5.1.

1. Какая цель достигается при наворачивании нескольких элементов на одну пермеатотводящую трубку в рулонных мембранных модулях?
2. Какими техническими решениями можно достичь турбулизации потока в мембранных модулях различного типа?
3. Почему процесс обратного осмоса не проводят на капиллярных мембранных модулях?
4. Почему необходимо обеспечить минимальное гидравлическое сопротивление в мембранном модуле?
5. Какую конструкцию мембранного модуля следует выбрать и почему для разделения растворов с повышенной вязкостью?

Вопрос 5.2.

1. Сочетаются ли в одной технологической схеме водоподготовки обратный осмос и электродеионизация?
2. Влияет ли устройство водозабора на состав технологической схемы водоподготовки?
3. Почему надо учитывать жесткость исходной воды при ее мембранном обессоливании?
4. Что такое «осветление воды» и какими методами оно достигается?
5. Основные этапы синтеза технологической схемы водоподготовки.

Раздел 6. Примеры вопросов к контрольной работе № 6. Контрольная работа содержит 3 вопроса, 2 балла за 1 вопрос, по 4 балла за 2 и 3 вопрос.

Вопрос 6.1.

1. Возможные причины гидроудара в установке.
2. Наиболее вероятные нарушения в работе мембранной установки и их причины.
3. Какие действия необходимо провести с мембранной установкой при необходимости прекращения ее работы на длительное время.
4. Причины разрушения полимерных мембран.
5. Укажите параметры, которые необходимо контролировать при автоматизированной работе мембранной установки.

Вопрос 6.2.

1. Могут ли картриджные фильтры использоваться для намывной фильтрации и почему.
2. Приведите основные параметры фильтровального процесса, укажите, какие из них являются характеристиками исключительно фильтрующего материала.
3. В чем сходство и в чем различие объемного и поверхностного фильтрования.
4. Опишите устройство и принцип регенерации кольцевых фильтров.
5. Приведите пример и принцип действия фильтра непрерывного действия.

Вопрос 6.3.

1. Поры какого типа бывают в сорбентах и какие из них обеспечивают сорбционную емкость.
2. Какой тип сорбентов проще регенерировать и почему.
3. Приведите классификацию сорбентов с примерами.
4. Характеризуется ли ионообменная смола высокой прочностью на истирание и почему.
5. Опишите механизм сорбции и обозначьте лимитирующую стадию.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

1. Научное обоснование инвестиционного проекта.
2. Принципы расчета перекачивающего оборудования.
3. Принципы синтеза химико-технологических схем.
4. Принципы расчета теплообменного оборудования.
5. Критерии оптимальности функционирования ХТС.
6. Принципы расчета сепарационного оборудования.
7. Построение блок-схемы производства.
8. Принципы расчета фильтров.
9. Принципы расчета материального баланса.
10. Принципы расчета обезжелезивателя.
11. Принципы расчета теплового баланса.
12. Принципы расчета кристаллизаторов
13. Разработка блока мембранного разделения: выбор мембран, рабочих параметров, режимов регенерации.
14. Принципы расчета сорбционного оборудования.
15. Принципы расчета мембранных установок различного типа.
16. Разработка КИПиА мембранных установок.
17. Выбор и расчет вспомогательного оборудования мембранных установок.
18. Разработка строительной части технического проекта.
19. Выбор конструкционных материалов для оборудования.
20. Расчет капитальных затрат инвестиционного проекта.

21. Организационный план инвестиционного проекта.
22. Расчет эксплуатационных затрат инвестиционного проекта.
23. Финансовый план инвестиционного проекта.
24. Расчет себестоимости продукции.
25. Фазы инвестиционного проекта.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (8 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «*Технико-экономический анализ*» проводится в 8 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачета с оценкой

«Утверждаю» _____ (Должность, наименование кафедры) _____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра мембранной технологии
	18.03.01 «Химическая технология» Профиль – «Мембранная технология»
	Технико-экономический анализ
Билет № 1	
1. Научное обоснование инвестиционного проекта. 2. Принципы расчета перекачивающего оборудования.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Свитцов, А. А. Мембранное разделение смесей. Теория и практика.: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2020. - 269 с.
2. Фазылова Д. И., Шишкина Н. Н., Яруллин Р. С., Кияненко Е. А. Мембранные процессы разделения: учебное пособие. - Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – 112 с.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию, М., ДеЛи принт, 2007, 207 с.
2. Кочаров Р.Г., Каграманов Г.Г. Расчет установок мембранного разделения жидких смесей: методические указания. - РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. - 128 с.
3. Свитцов А. А. Мембранное разделение смесей. Проектирование и расчет: учебное пособие / А. А. Свитцов. - М.: ДЕЛИ, 2021. - 208 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 г. составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Технико-экономический анализ*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе:	Контракт №175-262ЭА/2019 от	150 лицензий для активации на рабочих	12 месяцев (ежегодное продление)

	• Word • Excel • Power Point • Outlook	30.12.2019	станциях	подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Общие вопросы	знать: методы бизнес-планирования химико-технологических производств уметь: использовать методы исследования и определения параметров химико-технологических процессов владеть: методами выбора и расчета аппаратов для очистки до необходимого уровня сточных вод и газовых выбросов предприятий химической отрасли	Работа на практических занятиях. Оценка за контрольную работу №1
Раздел 2. Методы технико-экономического анализа	знать: методы бизнес-планирования химико-технологических производств уметь: использовать методы исследования и определения параметров химико-технологических процессов; анализировать результаты экспериментов по заданным методикам владеть: методами термодинамического анализа промышленных тепловыделяющих, теплоиспользующих и теплосиловых установок	Работа на практических занятиях. Оценка за контрольную работу №2
Раздел 3. Особенности применения инженерного и технико-экономического анализа основных процессов химической технологии	знать: системы проектирования химико-технологических процессов и отдельных узлов и технологической схемы владеть: методами термодинамического анализа промышленных тепловыделяющих, теплоиспользующих и теплосиловых установок; методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков; методами выбора и расчета аппаратов для очистки до необходимого уровня сточных вод и газовых выбросов предприятий химической отрасли.	Работа на практических занятиях. Оценка за контрольную работу №3
Раздел 4. Технический проект как раздел	знать: методы моделирования и оптимизации технологических	Работа на практических занятиях.

бизнес-плана	процессов производства химических веществ; технологию и общие принципы осуществления химико-технологических процессов уметь: анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции владеть: методами составления тепловых и материальных балансов химических аппаратов и установок; методами расчета тепловых, массообменных и реакционных аппаратов и определения их основных размеров; методами выбора и расчета аппаратов для очистки до необходимого уровня сточных вод и газовых выбросов предприятий химической отрасли.	Оценка за контрольную работу №4
Раздел 5. Организационный план как раздел бизнес-плана Раздел 6. Финансовый план как раздел бизнес-плана	знать: методы бизнес-планирования химико-технологических производств; принципы организации производства в химической технологии и биотехнологии; технология и общие принципы осуществления химико-технологических процессов; различные способы рекуперации и утилизации газовых, жидких и твердых отходов производства химических веществ уметь: анализировать результаты экспериментов по заданным методикам владеть: методами определения гидродинамических характеристик и гидродинамической структуры потоков	Работа на практических занятиях. Оценка за контрольную работу №5 и №6 Оценка за экзамен.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Технико-экономический анализ»**

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Технологии минимизации антропогенного воздействия
на окружающую среду»**

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена доцентом кафедры промышленной экологии, к.х.н. Е.В. Костылевой и доцентом кафедры промышленной экологии, к.т.н. А.В. Нистратовым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
промышленной экологии

«30» мая 2024 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»** (ФГОС ВО), Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Технологии минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин учебного плана (Б.1.В.08) и рассчитана на изучение в 6 семестре. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области промышленной экологии.

Цель дисциплины - закрепление и практическое применение теоретических знаний о технологиях минимизации воздействия на окружающую среду, полученных обучающимися при освоении дисциплин «Промышленная экология», получение навыков экспериментальной работы и расчета параметров процесса, его эффективности.

Задачи дисциплины:

- ознакомление и получение навыков работы с лабораторными установками – моделями реальных технологических процессов;
- освоение методов анализа технологических сред;
- освоение методов расчета технологических параметров и эффективности процесса на основе полученных экспериментальных данных.

Дисциплина **«Технологии минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду»** преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада,	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,
			ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада	
			ПК-2.3. Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	

		готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау		Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- методы очистки сточных вод и газовоздушных выбросов, переработки твердых промышленных отходов;
- методы анализа технологических параметров и полученных целевых продуктов, освоенные в процессе занятий на экспериментальных моделях;
- теоретические основы освоенных в процессе занятий технологических процессов и аналитических методик.

Уметь:

- организовать и осуществить эксперимент;
- получить расчетные параметры по экспериментальным данным;
- сделать вывод об эффективности процесса и оценить влияние на нее различных факторов.

Владеть:

- навыками экспериментальной работы и методами расчета параметров процесса и его эффективности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	1,33	48	36
Лекции	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	1,33	48	36
Самостоятельная работа	1,42	51	38,25
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,42	51	38,25
Вид контроля:			
Зачет	0,25	9,0	6,75
Контактная работа - промежуточная аттестация	0,25	0,2	0,15
Подготовка зачету с оценкой		8,8	6,6
Вид итогового контроля:		Зачет	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Аналитическая часть лабораторных работ	48	24	-	-	-	-	24	24	24
2.	Раздел 2. Технологическая часть работ лабораторных работ	51	24	-	-	-	-	24	24	27
	ИТОГО	99	48	-	-	-	-	48	48	51
	Зачет	9								
	ИТОГО	108	48					48	48	51

4.2 Содержание разделов дисциплины

Дисциплина включает в себя лабораторные работы:

- по контролю и очистке газовых выбросов;
- очистке сточных вод (на примере модельных растворов) с использованием реагентных, адсорбционных, ионообменных, электрохимических, механических и других методов очистки;
- переработке промышленных отходов.

Каждая работа включает 2 раздела (части).

Раздел 1. Аналитическая часть лабораторных работ

Предназначена для отработки методов анализа соответствующих технологических сред и/или полученных продуктов. Она включает:

- приготовление стандартных и калибровочных растворов;
- получение и расчет калибровочного уравнения;
- определение физико-химических характеристик сырья и полученных продуктов.

Осваиваются следующие методы анализа: спектрофотометрические, хроматографические, потенциометрические и другие.

Раздел 2. Технологическая часть лабораторных работ

Она включает:

- приготовление необходимых растворов и/или материалов;
- ознакомление и подготовку к работе экспериментальной установки;
- проведение эксперимента;
- отбор текущих и конечных проб, их анализ;
- расчет параметров процесса с использованием полученных экспериментальных данных;
- построение графических зависимостей (если необходимо);
- расчет параметров, характеризующих эффективность процесса.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
	Знать:			
1	- методы очистки сточных вод и газовоздушных выбросов, переработки твердых промышленных отходов;			+
2	- методы анализа технологических параметров и полученных целевых продуктов, освоенные в процессе занятий на экспериментальных моделях;		+	+
3	- теоретические основы освоенных в процессе занятий технологических процессов и аналитических методик.		+	+
	Уметь:			
4	- организовать и осуществить эксперимент;		+	+
5	- получить расчетные параметры по экспериментальным данным;		+	+
6	- сделать вывод об эффективности процесса и оценить влияние на нее различных факторов.			+
	Владеть:			
7	- навыками экспериментальной работы и методами расчета параметров процесса и его эффективности.		+	+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения		
8	ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством)	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками	+	+
		ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада	+	+

	документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.3. Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Мембранная технология» практические занятия не предусмотрены.

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплинах «Промышленная экология», а также дает знания о методах анализа технологических параметров и полученных целевых продуктов, освоенных в процессе занятий.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 100 баллов). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примерный перечень лабораторных работ

1.	Исследование процесса доочистки медьсодержащих сточных вод гальванического производства методом электрофлотации
	Фотометрическое определение меди с купризоном.
2.	Определение эффективности работы тонкослойного отстойника.
	Турбидиметрическое определение содержания взвешенных веществ в воде.
3.	Реагентная очистка сточных вод, содержащих шестивалентный хром
	Фотометрическое определение шестивалентного хрома.
4.	Очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ методом пенной сепарации.
	Спектрофотометрическое определение неионогенных ПАВ.
5.	Ионообменная очистка сточных вод от шестивалентного хрома.
	Фотометрическое определение хрома с дифенилкарбазидом.
6.	Очистка сточных вод от эмульгированных масел в фильтрах с зернистой загрузкой.
	Спектрофотометрическое определение суммарного содержания нефтепродуктов в сточных водах.
7.	Обесцвечивание отбросных фильтратов производства органических красителей.
	Фотометрический метод определения красителей в технологических растворах и производственных сточных водах.
8.	Сорбционная очистка сточных вод, содержащих органические примеси
	Термоокислительные методы определения содержания органических веществ в сточных водах. Газохроматографическое определение общего и органического углерода в сточных водах.
9.	Получение угля-сырца из промышленных отходов растительного происхождения.
	Определение общей пористости и удельной поверхности углеродных материалов.
10.	Рекуперация паров летучих растворителей (на примере н-бутанола)
	Определение содержания паров летучих растворителей с помощью интерферометра
11.	Изучение возможности биохимической очистки сточных вод по скорости дыхания активного ила
	Определение скорости потребления кислорода микроорганизмами с использованием кислородного датчика
12.	Исследование процесса коагуляционной очистки сточных вод
	Турбидиметрическое определение содержания взвешенных веществ и

	фотометрическое определение цветности водных сред
13	Исследование процесса обратноосмотического опреснения воды
	Определение электропроводности водных растворов

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- подготовку к выполнению лабораторной работы: ознакомление с описанием установок и методик эксперимента;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- выполнение индивидуального задания;
- подготовку к защите работы.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение и защиту лабораторных работ.

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрен устный опрос по каждой лабораторной работе. Максимальная оценка составляет 100 баллов.

Примеры вопросов к аналитической части работы «Фотометрические методы анализа»

1. Почему некорректно использовать для расчета содержания вещества значения оптической плотности, если они выходят за пределы оптических плотностей при построении калибровочной прямой?
2. Как определить содержание вещества в растворе, если полученные в эксперименте значения оптической плотности лежат в области малого поглощения?
3. Какой фотометрический метод используется для определения содержания вещества в растворе, если полученные значения оптической плотности лежат в области больших поглощений, не используя разбавление раствора?
4. Химические реакции для фотометрического анализа, требования к ним.

Примеры вопросов к лабораторной работе «Исследование процесса доочистки медьсодержащих сточных вод гальванического производства методом электрофлотации»

1. Объясните принцип осветления воды электрофлотацией.
2. Факторы, определяющие степень электрофлотационной очистки сточных вод.

3. Какие реакции протекают на электродах в электрофлотаторе?
4. Сравните электрофлотацию и другие известные вам методы осветления воды по эффективности очистки и затратам.

Примеры вопросы к лабораторной работе «Определение эффективности работы тонкослойного отстойника»

1. Опишите устройство тонкослойного отстойника.
2. Назовите факторы, влияющие на эффективность очистки воды в тонкослойном отстойнике.
3. Какие типы отстойников и их характеристики вы знаете?
4. Назовите преимущества и недостатки отстаивания по сравнению с другими методами осветления воды.

Примеры вопросов к лабораторной работе «Реагентная очистка вод, содержащих шестивалентный хром»

1. Запишите реакции, протекающие при восстановлении хрома (VI) и осаждении хрома (III).
2. Какие аппараты следует использовать для полного удаления соединений хрома из сточной воды?
3. Проанализируйте экологические и экономические преимущества и недостатки реагентной очистки воды от соединений хрома.
4. Какие факторы влияют на эффективность процесса восстановления хрома (VI)?

Примеры вопросов к лабораторной работе «Очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ методом пенной сепарации»

1. В чем состоит сущность метода пенной сепарации?
2. Какие параметры процесса, характеризующие его эффективность, рассчитываются по экспериментальным данным, каков их смысл?
3. Какое влияние оказывает на процесс выделения ПАВ в пенный продукт pH очищаемой воды, какое значение pH и почему является оптимальным?
4. Основные причины и последствия загрязнения окружающей среды ПАВ.

Примеры вопросов к лабораторной работе «Ионообменная очистка сточных вод от шестивалентного хрома»

1. В чем состоит сущность метода ионообменного извлечения компонентов из водных сред?
2. Какие стадии составляют процесс ионообменной сорбции?
3. Что такое ДОЕ и ПДОЕ?
4. Основные источники поступления соединений хрома в окружающую среду?

Примеры вопросов к лабораторной работе «Очистка сточных вод от эмульгированных масел в фильтрах с зернистой загрузкой»

1. В каких случаях для очистки сточных вод от нефтепродуктов используются фильтры с зернистой загрузкой?
2. Какой (какие) механизм лежит в основе очистки сточных вод от эмульгированных масел в фильтрах с зернистой загрузкой?
3. Какие фильтрующие загрузки могут быть использованы, какие требования к ним предъявляются?
4. Назовите основные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов, их достоинства, недостатки и ограничения применения.

Примеры вопросов к лабораторной работе «Обесцвечивание отбросных фильтратов производства органических красителей»

1. Какие основные методы могут быть использованы для очистки сточных вод от органических красителей?
2. Назовите основные источники поступления органических красителей в окружающую среду.
3. Каков механизм удаления красителя из сточной воды исследованным методом?
4. Какие основные материальные потоки образуются в результате применения исследованного метода обесцвечивания сточных вод?

Примеры вопросов к лабораторным работам «Сорбционная очистка сточных вод, содержащих органические примеси», «Термоокислительные методы определения содержания органических веществ в сточных водах. Газохроматографическое определение общего и органического углерода в сточных водах».

1. Какие параметры характеризуют эффективность сорбционных процессов очистки сточных вод? В чем их смысл?
2. В каких случаях применяется сорбционная очистка сточных вод от органических примесей?
3. Какие существуют способы реализации метода сорбционной очистки сточных вод? Их достоинства и недостатки.
4. В чем состоит сущность применяемого в работе метода определения органических веществ?

Примеры вопросов к лабораторным работам «Получение угля-сырца из промышленных отходов растительного происхождения», «Определение общей пористости и удельной поверхности углеродных материалов»

1. Каковы требования к сырью для получения активных углей?
2. Какие превращения происходят с сырьём при пиролизе и с углём-сырцом при активации?
3. Каково влияние конечной температуры на выходы и элементный состав продуктов пиролиза?
4. Объясните принцип пикнометрического определения истинной плотности пористых материалов.

Примеры вопросов к лабораторным работам «Рекуперация паров летучих растворителей», «Определение содержания паров летучих растворителей с помощью интерферометра»

1. Каковы требования к адсорбентам для рекуперации паров растворителей?
2. Как на практике организуют контакт адсорбента с очищаемым потоком?
3. Что называют статической и динамической ёмкостью (активностью) адсорбента?
4. Какими методами анализируют содержание н-бутанола в смеси с воздухом?

Примеры вопросов к лабораторной работе «Изучение возможности биохимической очистки сточных вод по скорости дыхания активного ила»

1. Какими показателями характеризуется способность сточной воды к биохимической очистке?
2. Записать схемы процессов, на которые микроорганизмы расходуют кислород (включая нитрификацию).
3. От каких факторов зависит эффективность биохимической очистки?
4. От чего и как зависит концентрация растворённого в воде кислорода?

Примеры вопросов к лабораторным работам «Исследование процесса коагуляционной очистки сточных вод», «Турбидиметрическое определение содержания взвешенных веществ и фотометрическое определение цветности водных сред»

1. Основные источники загрязнения воды взвешенными веществами, растворенными органическими соединениями. Перечислить источники техногенного и природного происхождения.
2. Какие реагенты наиболее часто используют для очистки природной или сточной воды, какие преимущества или недостатки присущи традиционным реагентам?
3. На чем основан принцип метода определения содержания взвешенных веществ (мутности), используемого в работе?
4. Чем обусловлена цветность производственных сточных вод, природных вод?

Примеры вопросов к лабораторной работе «Исследование процесса обратноосмотического опреснения воды»

1. Какие технологии очистки воды от растворенных солей вы знаете? Сравните их преимущества и недостатки.
2. Что такое осмос? Поясните принцип действия установки обратного осмоса.
3. Дайте определения параметров работы обратноосмотической установки: эффективное давление, проницаемость (удельная производительность), селективность мембраны.
4. Какие требования предъявляются к воде, подаваемой на стадию обратного осмоса? Какие методы очистки применяют для удаления загрязняющих ее веществ?

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет)

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Технологии минимизации антропогенного воздействия на гидросферу. Лабораторный практикум: учеб. пособие / А.В. Нистратов, Е.Н. Кузин, Е.В. Костылева, Н.Е. Кручинина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. – 144 с.
2. Лабораторный практикум по курсу «Промышленная экология»: учебное пособие / Н.Е. Кручинина, Н.А. Тимашева, Н.А. Иванцова, Е.В. Костылева. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 144 с.

Б. Дополнительная литература

1. Иванцова Н. А. Специальные технологии очистки воды от органических экотоксикантов: учеб. пособие /Н. А. Иванцова, Е. Н. Кузин, Е. В. Костылева. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2022. - 120 с.

2. Родионов, А. И. Технологические процессы экологической безопасности. Атмосфера [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата. 5-е изд., испр. и доп. / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер - М.: изд-во Юрайт, 2018. URL: <https://urait.ru/book/tehnologicheskie-processy-ekologicheskoy-bezopasnosti-atmosfera-431319>.

3. Родионов, А. И. Технологические процессы экологической безопасности. Гидросфера [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата. 5-е изд., испр. и доп. / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер - М.: изд-во Юрайт, 2018. URL: <https://urait.ru/book/tehnologicheskie-processy-ekologicheskoy-bezopasnosti-gidrosfera-441546>.

4. Мухин В.М. Производство и применение углеродных адсорбентов [Текст]: учеб. пособие/ В.М. Мухин, В.Н. Клушин. – М.: РХТУ, 2012 – 305 с.

5. Алехина, М. Б. Промышленные адсорбенты [Текст] : учебное пособие / М. Б. Алехина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

– Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

– Журнал «Вода: химия и экология» ISSN 2072-8158

– Журнал «Водоочистка» ISSN 2072-2710

– Журнал «Экология и промышленность России» ISSN 2413-6042

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины (При необходимости)

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

– банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 125);

– банк индивидуальных заданий для контроля освоения дисциплины (общее число заданий – 50).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Технологии минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду» проводятся в форме лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лабораторное помещение для проведения лабораторных работ, оснащенное розетками, электроплитками, водяными холодильниками, насосами для вакуумной фильтрации и вытяжной вентиляцией.

Комплекты лабораторной посуды из стекла. Магнитные мешалки, весы, фотоколориметры, спектрофотометр, потенциометры, нефелометр, газовый хроматограф.

Лабораторные установки: стенд отстойник тонкослойный; стенд флотации (электрофлотации и напорной флотации); стенд очистки воздуха от органических соединений; установка сорбционной очистки воды; установка ионообменной очистки сточной воды; установка очистки воды от ПАВ; стенд получения угля-сырца; установка реагентной очистки сточных вод от шестивалентного хрома; установка очистки воды от эмульгированных масел; лабораторный флокулятор; модуль обратного осмоса.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Описания лабораторных работ, описания лабораторных установок и инструкции по работе с ними, инструкции по работе с аналитическими приборами.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине, инженерно-экологические справочные издания.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
3	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Microsoft Office Standard 2019 В составе:	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих	12 месяцев (ежегодное продление)

	• Word • Excel • Power Point Outlook		станциях	подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
5	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА-223/2024		12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Аналитическая часть лабораторных работ	<i>Знает:</i> - методы анализа технологических параметров и полученных целевых продуктов, освоенные в процессе занятий на экспериментальных моделях; - теоретические основы освоенных в процессе занятий аналитических методик. <i>Умеет:</i> - организовать и осуществить эксперимент; - получить расчетные параметры по экспериментальным данным. <i>Владеет:</i> - навыками экспериментальной работы.	Выполнение и защита лабораторных работ. Итоговая зачетная оценка.
Раздел 2. Технологическая часть лабораторных работ	<i>Знает:</i> - методы очистки сточных вод и газовоздушных выбросов, переработки твердых промышленных отходов; - методы анализа технологических параметров и полученных целевых продуктов, освоенные в процессе занятий на экспериментальных моделях; - теоретические основы освоенных в процессе занятий технологических процессов и	Выполнение и защита лабораторных работ. Итоговая зачетная оценка.

	аналитических методик. <i>Умеет:</i> - организовать и осуществить эксперимент; - получить расчетные параметры по экспериментальным данным; - сделать вывод об эффективности процесса и оценить влияние на нее различных факторов. <i>Владеет:</i> - навыками экспериментальной работы и методами расчета параметров процесса и его эффективности.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Технологии минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду»
основной образовательной программы
18.03.01 Химическая технология
«Мембранная технология»
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология воды»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
« 08 » мая 2024 г., протокол № 9

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Технология воды»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии, а также предметах специализации, таких как введение в мембранную технологию, баромембранные процессы, диффузионные мембранные процессы.

Цель дисциплины – освоение студентами общих принципов построения технологических схем комплексных систем очистки (КСО) жидких технологических сред на основе мембранных процессов на примерах водоподготовки: обеспечения требуемого качества очистки и утилизация вредных примесей.

Задачи дисциплины – дать студентам обобщенные знания о принципах проектирования технологических схем систем водоподготовки и водоочистки для различных отраслей промышленности.

Дисциплина *«Технология воды»* преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	

разработке технологической документации	исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- Основные нормативные требования к качеству очистки воды в различных сферах применения и уметь найти полный перечень современных требований (ГОСТы, ОСТы, Фармакопейные статьи, GMP и другие литературные источники.
 - Методы анализа содержащихся в природной воде основных примесей и оценки достоверности анализа.
 - Перечень используемых реагентов и «химизм» отдельных процессов, используемых в системах подготовки и очистки воды.
 - Особенности применения изученных ранее и в данном курсе методов технологического расчета отдельных стадий в комплексной системе очистки воды.
 - Пределы осуществления отдельных методов очистки (диапазоны устойчивой работы в зависимости от вида и концентрации примесей.)
 - Типы и конструктивные особенности основного и вспомогательного оборудования, применяемого на стадиях очистки
- Типовые технологические схемы комплексных систем очистки, используемых в различных отраслях промышленности

Уметь:

- На основании протокола анализа содержания примесей в исходной смеси и требований к качеству очистки предложить:
- Технологическую схему комплексной системы очистки,
- Подобрать соответствующее оборудование и фильтровальные материалы для каждой стадии очистки,
- Рассчитать габариты оборудования, объемы загрузок зернистых фильтровальных материалов, а также требуемое количество фильтрующих (объемных) или мембранных элементов;
- Подобрать насосы, трубопроводы, арматуру и КиП для управления процессом очистки.

Владеть:

- Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в природной воде и приемами оценки достоверности анализа.
- Экспериментальными методами исследования селективности мембран; степени извлечения при использовании зернистых фильтровальных материалов; параметров фильтрования; коллоидного индекса.
- Методом построения технологических схем для различных отраслей промышленности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Самостоятельная работа	2,22	80	60
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,4	0,3

Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Раздел 1. Синтез технологических схем комплексных систем очистки (КСО) жидких на основе мембранных процессов.	30	8	10	-	21
1.1	Раздел 2. Мониторинг	14	6	4	-	13
1.2	Раздел 3. Краткий обзор процессов очистки и концентрирования водных растворов.	33	10	9	-	22
1.3	Раздел 4. Анализ вариантов комплексных систем водоподготовки на основе мембранных процессов	31	8	9	-	23
	ИТОГО	144	32	32	-	80
	Экзамен	-				
	ИТОГО	144				

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Синтез технологических схем комплексных систем очистки (КСО) жидких смесей на основе мембранных процессов.

Задача синтеза КСО, направленная на определение минимального потребления энергии системой и поиск оптимальных условий проведения составляющих систему отдельных процессов.

Ограничения, обусловленные широким спектром свойств примесей, при устранении на основе информационно-термодинамического принципа системного анализа двух типов неопределенностей - топологии, т.е. очередности отдельных процессов в системе очистки и конечных состояний потоков, которые реализуются на выходе из системы.

Задача синтеза КСО, т.е. решение проблемы топологии, при заданных конечных состояниях потоков (нормативные требования соответствующих сфер применения - ГОСТы, ОСТы, Фармакопейные статьи, и др.).

Технико-экономические и экологические критерии – внешние управляющие параметры синтеза КСО, сопряженной с технологической и экологической «нишами».

Необходимость утилизации вредных примесей. Экологические критерии и требования. Обеспечение высоких степеней разделения очищаемого и утилизируемого потоков за счет большой доли отбора извлекаемых компонентов с высокой степенью очистки от примесей.

Реализация приведенного режима разделения на основе секционирования аппаратов в соответствии с одним из вариантов (секция – ступень - каскад).

Раздел 2. Мониторинг примесей. Экспериментальные и расчетные методики., нормативы.

Классификация примесей, содержащихся в водных растворах. Краткий обзор методик анализа примесей. Оформление результатов анализа водных растворов.

Требования к качеству предварительной очистки водных растворов перед стадиями обратного осмоса, ультра-, нано-, микрофильтрации и электродеионизации:

- расчет параметров фильтрования (индекс закупоривания, коллоидный индекс, модифицированный индекс загрязненности);

- расчет допустимых концентраций неорганических компонентов, образующих труднорастворимые осадки.

Требования к качеству очистки воды (ГОСТы, ОСТы, Фармакопейные статьи, и др.).

Раздел 3. Краткий обзор процессов очистки и концентрирования водных растворов.

Организация водозаборов из поверхностных водоемов, артезианских скважин и производственных коллекторов.

Осаждение. Конструкции отстойников и нефтеловушек. Расчет габаритов аппаратов

Флотация. Принципы осуществления и расчет процесса. Напорная, реагентная и электрофлотация. Обзор конструкций флотаторов.

Процессы коагуляции и флокуляции. Реагенты. Расчет процессов. Конструкции аппаратов.

Механическая осветлительная фильтрация. Характеристики зернистых слоев. Выбор режимов фильтрования и регенерации. Конструкции фильтров.

Фильтрация с намывными инертными и структурированными слоями.

Характеристики порошковых материалов и структурирующих агентов. Технологические операции. Конструкции аппаратов.

Методы обезжелезивания, дехлорирования и очистки жидких смесей от органических примесей. Конструкции аппаратов.

Мембранные методы разделения жидких смесей. Выбор аппаратов, мембран и режимов их эксплуатации в зависимости от сфер применения. Предотвращение образования осадков на мембране. Методы коррекции растворов и регенерации мембран. Рецептуры коррекционных и моющих растворов. Техническое обслуживание мембранных установок.

Умягчение и глубокое обессоливание воды методами ионного обмена. (Na-, H-катионирование и катионирование с голодной регенерацией). Аниониты. Приемы, направленные на обеспечение необратимости процессов глубокого обессоливания воды (особенности применения смешанных слоев ионитов и электродеионизации). Выбор реагентов и приемы регенерации смешанных слоев ионитов. Конструкции ионообменных и электродеионизационных аппаратов, режимы их эксплуатации.

Декарбонизация. Расчет процесса. Конструкции декарбонизаторов.

Раздел 4. Анализ вариантов комплексных систем водоподготовки на основе мембранных процессов

Анализ вариантов технологических схем подготовки воды сбалансированного солевого состава:

- Подготовка воды питьевого качества;
- Опреснение морских и солоноватых вод;

Дедуктивный анализ вариантов технологических схем подготовки особо чистой (сверхчистой) воды:

- Подготовка особо чистой воды для микроэлектроники. Требования к качеству воды, особенности технологии очистки и аппаратурного оформления в зависимости от степени интеграции больших и сверхбольших интегральных схем (БИС и СБИС).

- Подготовка деминерализованной воды для теплоэнергетики. Требования к качеству воды в зависимости от систем теплоснабжения.

- Подготовка, хранение и распределение «Воды очищенной» и «Воды для инъекций» и фармацевтике.

Проектирование и исполнение систем подготовки, хранения и распределения особо чистой воды и воды для инъекций в соответствии с GMP. Требования к чистоте помещений (классы чистоты помещений). Валидация

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать: (перечень из п.2)				
1	Основные нормативные требования к качеству очистки воды в различных сферах применения и уметь найти полный перечень современных требований (ГОСТы, ОСТы, Фармакопейные статьи, GMP и другие литературные источники.	+			
2	Методы анализа содержащихся в природной воде основных примесей и оценки достоверности анализа.	+	+		
3	Перечень используемых реагентов и «химизм» отдельных процессов, используемых в системах подготовки и очистки воды.		+	+	+
4	Особенности применения изученных ранее и в данной дисциплине методов технологического расчета отдельных стадий в комплексной системе очистки воды .	+		+	
5	Пределы осуществления отдельных методов очистки (диапазоны устойчивой работы в зависимости от вида и концентрации примесей.)	+		+	
6	Типы и конструктивные особенности основного и вспомогательного оборудования, применяемого на стадиях очистки			+	+
7	Типовые технологические схемы комплексных систем очистки, используемых в различных отраслях промышленности.		+		+
	Уметь: (перечень из п.2)				
8	На основании протокола анализа содержания примесей в исходной смеси и требований к качеству очистки предложить: технологическую схему комплексной системы очистки,	+			
9	Подобрать соответствующее оборудование и фильтровальные материалы для каждой стадии очистки,	+		+	
10	Рассчитать габариты оборудования, объемы загрузок зернистых фильтровальных материалов, а также требуемое количество фильтрующих (объемных) или мембранных элементов;		+	+	
11	Подобрать насосы, трубопроводы, арматуру и КиП для управления процессом очистки.				+
	Владеть: (перечень из п.2)				
12	Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в природной воде и приемами оценки достоверности анализа.	+	+		

13	Экспериментальными методами исследования селективности мембран; степени извлечения при использовании зернистых фильтровальных материалов; параметров фильтрования; коллоидного индекса.	+			+
14	Методом построения технологических схем для различных отраслей промышленности.			+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)					
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)			
15	– ПК-1. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий			+
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования		+	
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства		+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	Темы практических занятий	Часы
1	Синтез технологических схем комплексных систем очистки (КСО) жидких смесей на основе мембранных процессов.	3
2	Алгоритм синтеза, начальные и конечные состояния очищаемых сред на отдельных стадиях очистки и концентрирования.	3
3	Требования к качеству очистки воды, направляемой на стадию обратного осмоса. (коллоидный индекс и индекс Ланжелье.)	3
4	Обоснование выбора методов, используемых на стадии предварительной очистки, и их последовательности.	4
5	Обоснование доли отбора целевого продукта в ступени мембранного разделения в зависимости от начального и конечного состояний разделяемой смеси.	3
6	Обеспечение требований по п.5. за счет структурной организации (секция, ступень, каскад) стадии мембранного разделения.	3
7	Синтез технологических схем комплексных систем водоподготовки для пищевой промышленности. на основе мембранных процессов.	3
8	Синтез технологических схем систем опреснения морской воды.	3
9	Синтез технологических схем комплексных систем водоподготовки для микроэлектроники, теплоэнергетики, медицины и фармацевтики.	3
10	Расчет оборудования и режимов эксплуатации систем хранения и распределения воды используемой в медицине, фармацевтике и микроэлектронике.	4

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Технология воды*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (7 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал,

законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1-2 (7 семестр) составляет 30 баллов за каждую.

Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Предложите с необходимым обоснованием стадий технологическую схему подготовки питьевой воды из среднеминерализованных артезианских вод (общее солесодержание 1,5 г/л) $JH_0 = 10-12$ ммоль экв/л. Содержание $Fe^{2+} = 10-15$ мг/л.
2. Приведите алгоритм синтеза технологических схем (перечень мероприятий необходимых и достаточных для разработки комплексных систем очистки воды).
3. Приведите технологическую схему (с обоснованием отдельных стадий) глубокого обессоливания воды, после стадии обратного осмоса. Обоснуйте выбор ионообменных смол.
4. Приведите алгоритм синтеза технологических схем (перечень мероприятий необходимых и достаточных для разработки комплексных систем очистки воды).
5. Приведите технологическую схему (с обоснованием отдельных стадий) глубокого обессоливания воды, после стадии обратного осмоса. Обоснуйте выбор ионообменных смол для умягчения воды.

Вопрос 1.2.

1. Приведите конструкцию (стилизированный рисунок) фильтра смешанного действия, обоснуйте последовательность осуществления регенерации смол и выбор реагентов.
2. Приведите известную Вам конструкцию механического фильтра, позволяющего осуществлять интенсивную обратную промывку без уноса зернистого слоя.
3. Приведите конструкцию (стилизированный рисунок) осветлителя, применяемого в процессах известкования и коагуляции, и обоснуйте выбор реагентов.
4. Приведите конструкцию (стилизированный рисунок) катионообменного аппарата, и обоснуйте выбор реагентов Н-катионирования воды.
5. Приведите любую из известных Вам конструкций микрофильтрационных аппаратов. Дайте характеристику фильтрующих элементов.

Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за каждый вопрос.

Вопрос 2.1

1. Предложите технологическую схему подготовки воды для пищевой промышленности. Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/дм³, общая жесткость около

7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 10 м³/час.

Требуется:

1.1. Составить материальный баланс по потокам и общему солесодержанию, основываясь на, рекомендованных в лекциях или других литературных источниках, включая интернет, долях отбора и степенях извлечения.

2. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 15 мкСм/см). Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 30 м³/час.

Требуется:

2.1. Составить материальный баланс по потокам и общему солесодержанию, основываясь на, рекомендованных в лекциях или других литературных источниках, включая интернет, долях отбора, степенях извлечения и селективностях мембран.

3. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 2 мкСм/см). Исходная вода из городской сети, общее солесодержание 350 мг/ дм³, общая жесткость около 5.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ менее 0,3 мг/ дм³, производительность по пермеату 5 м³/час.

Требуется:

3.1. Составить материальный баланс по потокам и общему солесодержанию, основываясь на, рекомендованных в лекциях или других литературных источниках, включая интернет, долях отбора, степенях извлечения и селективностях мембран.

4. Предложите технологическую схему подготовки воды для пищевой промышленности Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 30 м³/час.

Требуется:

4.1. Составить материальный баланс по потокам и общему солесодержанию, основываясь на, рекомендованных в лекциях или других литературных источниках, включая интернет, долях отбора и степенях извлечения.

5.. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 2 мкСм/см). Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 50 м³/час.

Требуется:

51. Составить материальный баланс по потокам и общему солесодержанию, основываясь на, рекомендованных в лекциях или других литературных источниках, включая интернет, долях отбора, степенях извлечения и селективностях мембран.

Вопрос 2.2

1. Предложите технологическую схему подготовки воды для пищевой промышленности Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 10 м³/час.

1.2. Рассчитать габариты оборудования и объемы загрузок фильтровальных материалов.

2. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 15 мкСм/см). Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 30 м³/час.

2.2. Рассчитать число аппаратов и обратноосмотических элементов на стадии обратного осмоса

3. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 2 мкСм/см). Исходная вода из городской сети, общее солесодержание 350 мг/ дм³, общая жесткость около 5.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ менее 0,3 мг/ дм³, производительность по пермеату 5 м³/час.

3.2. Рассчитать габариты оборудования и объемы загрузок фильтровальных материалов на стадии предварительной очистки, а также число аппаратов и обратноосмотических элементов на стадии обратного осмоса.

4. Предложите технологическую схему подготовки воды для пищевой промышленности. Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 30 м³/час.

4.2. Рассчитать габариты оборудования и объемы загрузок фильтровальных материалов.

5. Предложите технологическую схему подготовки деминерализованной воды (удельная электрическая проводимость не более 2 мкСм/см). Исходная вода артезианская, общее солесодержание 600 мг/ дм³, общая жесткость около 7.5 ммоль экв/л (мг-экв/дм³), содержание Fe²⁺ более 10 мг/ дм³, производительность по пермеату 50 м³/час.

5.2. Рассчитать число аппаратов и обратноосмотических элементов на стадии обратного осмоса

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 15 баллов.

1. Выведите с допущениями и пояснениями расчетные формулы, необходимые для проведения секционирования мембранной установки в условиях, когда удельная производительность мембран не меняется. Опишите последовательность проведения операции секционирования.

2. Выберите (с обоснованием) конструкцию мембранного аппарата для процесса, характеризуемого малой производительностью и высокой скоростью загрязнения мембран. Изобразите выбранный аппарат, опишите его устройство и работу, укажите достоинства и недостатки.

3. При рабочем давлении 5 МПа и температуре 20⁰С ацетатцеллюлозная мембрана имеет удельную производительность по чистой воде 20 кг/(м² · час), на растворе хлористого лития с концентрацией 3,968 моль/л воды удельная производительность этой мембраны обращается в ноль, а при концентрации хлористого лития в объеме раствора 0,2 моль/л воды и КП=2 она составляет 11,8 кг/(м² · час). Какова истинная селективность мембраны при этой концентрации, если осмотическое давление растворов хлористого лития прямо пропорционально концентрации, а при концентрации 0,2 моль/л воды оно равно 0,92 МПа?

4. Выведите с необходимыми пояснениями и допущениями расчетные формулы для определения концентрации компонентов в очищенном растворе и пермеате в процессе непрерывной диафильтрации с перекрестным током очищаемого раствора и растворителя при использовании мембранных аппаратов идеального вытеснения.

5. Выберите (с обоснованием) конструкцию мембранного аппарата для процесса обратного осмоса, характеризуемого высокой производительностью и качественной предварительной очисткой, предотвращающей попадание в аппарат взвешенных частиц. Изобразите выбранный аппарат, опишите его устройство и работу, укажите достоинства и недостатки.

6. Ацетатцеллюлозная мембрана при рабочем давлении 5 МПа и температуре 20 °С имеет истинную селективность на 0,01 М растворе хлористого кальция 0,98 и на 0,01 М хлористого калия 0,92. При использовании этой мембраны в аппарате обратного осмоса для концентрирования раствора хлористого натрия от концентрации 0,01 до 0,1 моль/л раствора при тех же давлении и температуре наблюдаемая селективность составила 0,92. теплоты гидратации ионов хлора, калия, натрия и кальция равны соответственно 352, 339, 423 и 1616 кДж/моль. Определите величину концентрационной поляризации в мембранном аппарате.
7. Получите на основе уравнений переноса воды и растворенного вещества через мембрану в процессе обратного осмоса выражения, описывающие удельную производительность и селективность высокоселективных мембран, и на их основе рассмотрите влияние рабочего давления и температуры на уплотняющихся и жёстких мембранах.
8. Дайте подробное описание классификации баромембранных установок, приведя, где необходимо, схемы установок.
9. В аппарате обратного осмоса при КП=2 концентрация разделяемого раствора возрастает в три раза при снижении его расхода по длине напорного канала в четыре раза. Во сколько раз будет возрастать концентрация раствора, если при прочих равных условиях снизить КП практически до 1?
10. Механизм разделения в баромембранных процессах. Расчет истинной селективности обратноосмотических мембран при разделении неконцентрированных бинарных растворов сильных электролитов.
11. Дайте определение и опишите основное и вспомогательное оборудование баромембранных установок. Охарактеризуйте функциональные узлы мембранной установки, подробно указав назначение узла автоматики.
12. В процессе обратного осмоса разделяемый раствор проходит в напорном канале щелевого сечения с высотой 1 мм. Истинная селективность мембраны 0,96, удельная производительность в рабочих условиях 18 л/(м² · час), величина диффузионных критериев Нуссельта и Прандтля соответственно 10 и 500. Кинематическая вязкость раствора при рабочих условиях $1 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Определите наблюдаемую селективность.
13. Выведите с допущениями и пояснениями расчетные формулы, необходимые для проведения секционирования мембранной установки в условиях, когда удельная производительность мембран не меняется. Опишите последовательность проведения операции секционирования.
14. Выберите (с обоснованием) конструкцию мембранного аппарата для процесса, характеризуемого малой производительностью и высокой скоростью загрязнения мембран. Изобразите выбранный аппарат, опишите его устройство и работу, укажите достоинства и недостатки.
15. При рабочем давлении 5 МПа и температуре 20°С ацетатцеллюлозная мембрана имеет удельную производительность по чистой воде 20 кг/(м² · час), на растворе хлористого лития с концентрацией 3,968 моль/л воды удельная производительность этой мембраны обращается в ноль, а при концентрации хлористого лития в объёме раствора 0,2 моль/л воды и КП=2 она составляет 11,8 кг/(м² · час). Какова истинная селективность мембраны при этой концентрации, если осмотическое давление растворов хлористого лития прямо пропорционально концентрации, а при концентрации 0,2 моль/л воды оно равно 0,92 МПа?

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (7 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «***Технология воды***» проводится в 7 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для ***зачета с оценкой*** состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для *зачета с оценкой*

«Утверждаю»	Министерство науки и высшего образования РФ
(Должность, наименование кафедры)	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
(Подпись) (И. О. Фамилия)	Кафедра мембранной технологии
«__» _____ 20__ г.	18.03.01 «Химическая технология» Профиль –
	«Мембранная технология»
	Технология воды
Билет № 1	
1. Выведите с необходимыми допущениями и пояснениями выражение, определяющее величину концентрационной поляризации при турбулентном течении разделяемого раствора в напорном канале аппарата обратного осмоса.	
2. Выберите (с обоснованием) конструкцию мембранного аппарата для процесса, характеризуемого малой производительностью и необходимостью частой замены мембран. Изобразите выбранный аппарат, опишите его устройство и работу, укажите достоинства и недостатки.	
3. В аппарате обратного осмоса используются мембраны с удельной производительностью по чистой воде $22 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$ при рабочем давлении 5 МПа и температуре 20°C . При разделении раствора хлористого магния на этой мембране при тех же давлении и температуре удельная производительность составила $15,33 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$, а истинная селективность 0,95. При этом концентрация растворенного вещества у поверхности мембраны 0,2 моль/л воды, чему соответствует осмотическое давление 1,28 МПа. Считая, что осмотическое давление прямо пропорционально концентрации, определите координационное число гидратации иона магния, если для иона хлора оно равно 8. Вязкость пермеата равна вязкости воды.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Фазылова Д. И., Шишкина Н. Н., Яруллин Р. С., Кияненко Е. А. Мембранные процессы разделения: учебное пособие. - Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – 112 с.
2. Шачнева Е. Ю. Водоподготовка и химия воды - Издательство "Лань", 2021. – 104 с.
3. Орлов Н. С. Промышленное применение мембранных процессов: учебное пособие - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 111 с.

Б. Дополнительная литература

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию. - М.: «ДеЛи принт», 2007 – 208 с.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др.; Ред. Ю.И. Дытнерский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1991. - 496 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 г. составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Технология воды*» проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
 учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
 электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Модуль 1. Синтез технологических схем комплексных систем очистки (КСО) жидких смесей на основе мембранных процессов.	<i>Знает:</i> - Основные нормативные требования к качеству очистки воды в различных сферах применения и уметь найти полный перечень современных требований (ГОСТы, ОСТы, Фармакопейные статьи, GMP и другие литературные источники - Методы анализа содержащихся в природной воде основных примесей и оценки достоверности анализа. - Особенности применения изученных ранее и в данной дисциплине методов технологического расчета отдельных стадий в комплексной системе очистки воды . - Пределы осуществления отдельных методов очистки (диапазоны устойчивой работы в зависимости от вида и концентрации примесей.) <i>Умеет:</i> - На основании протокола анализа содержания примесей в исходной смеси и требований к качеству очистки предложить: технологическую схему комплексной системы очистки - Подобрать соответствующее оборудование и фильтровальные материалы для каждой стадии очистки <i>Владеет:</i> - Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в природной воде и приемами оценки достоверности анализа. - Экспериментальными методами исследования селективности мембран; степени извлечения при использовании зернистых фильтровальных материалов; параметров фильтрования; коллоидного индекса.	Зачет с оценкой
Модуль 2. Мониторинг примесей. Экспериментальные и расчетные методики, нормативы.	<i>Знает:</i> - Методы анализа содержащихся в природной воде основных примесей и оценки достоверности анализа. - Перечень используемых реагентов и	Зачет с оценкой

	«химизм» отдельных процессов, используемых в системах подготовки и очистки воды - Типовые технологические схемы комплексных систем очистки, используемых в различных отраслях промышленности. <i>Умеет:</i> - Рассчитать габариты оборудования, объемы загрузок зернистых фильтровальных материалов, а также требуемое количество фильтрующих (объемных) или мембранных элементов; <i>Владеет:</i> - Методами количественного анализа основных примесей, содержащихся в природной воде и приемами оценки достоверности анализа.	
Модуль 3. Краткий обзор процессов очистки и концентрирования водных растворов.	<i>Знает:</i> - Перечень используемых реагентов и «химизм» отдельных процессов, используемых в системах подготовки и очистки воды. - Особенности применения изученных ранее и в данной дисциплине методов технологического расчета отдельных стадий в комплексной системе очистки воды . - Пределы осуществления отдельных методов очистки (диапазоны устойчивой работы в зависимости от вида и концентрации примесей.) - Типы и конструктивные особенности основного и вспомогательного оборудования, применяемого на стадиях очистки <i>Умеет:</i> - Подобрать соответствующее оборудование и фильтровальные материалы для каждой стадии очистки, - Рассчитать габариты оборудования, объемы загрузок зернистых фильтровальных материалов, а также требуемое количество фильтрующих (объемных) или мембранных элементов; <i>Владеет:</i> - Методом построения технологических схем для различных отраслей промышленности.	Зачет с оценкой
Модуль 4. Анализ вариантов комплексных систем	<i>Знает</i> - Перечень используемых реагентов и «химизм» отдельных процессов,	Зачет с оценкой

подготовки чистых технологических сред на основе жидкофазных мембранных процессов	используемых в системах подготовки и очистки воды. - Типы и конструктивные особенности основного и вспомогательного оборудования, применяемого на стадиях очистки - Типовые технологические схемы комплексных систем очистки, используемых в различных отраслях промышленности. <i>Умеет:</i> - Подобрать насосы, трубопроводы, арматуру и КиП для управления процессом очистки. <i>Владеет:</i> - Экспериментальными методами исследования селективности мембран; степени извлечения при использовании зернистых фильтровальных материалов; параметров фильтрования; коллоидного индекса. - Методом построения технологических схем для различных отраслей промышленности.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Технология воды»

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Химия окружающей среды»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена доцентом кафедры промышленной экологии,
к.х.н. Н.А. Иванцовой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры промышленной экологии
«30» мая 2024 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриата по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой промышленной экологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение в одном семестре.

Дисциплина «Химия окружающей среды» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин учебного плана (Б1.В.ДВ. 01.02).

1. Цель дисциплины – формирование комплекса систематизированных знаний о химических элементах и их соединениях, а также закономерностях, которым подчиняются различные химические реакции между веществами в окружающей среде.

Задачи дисциплины:

– заложить основу знаний о закономерностях образования, трансформации и миграции веществ под воздействием естественных процессов рассеивания и концентрирования химических элементов во взаимосвязанной системе геосфер, обуславливаемых существующими формами движения материи;

– развить и систематизировать знания о распространенности, реакциях, миграции химических элементов и их соединений в окружающей среде с учетом антропогенных факторов.

Дисциплина «Химия окружающей среды» преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта). Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-
		ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	
			ПК-1.3. Владеет навыками реализации программ экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде	
			ПК-41. Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	

		синтетических и природных продуктов	ПК-4.2. Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы А /02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
			ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

Знать:

- методы экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде.

Уметь:

- оценивать негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду.

Владеть:

- навыками реализации программ экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5,0	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
Лекции	0,88	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,88	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
Самостоятельная работа	2,22	80	60
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,22	80	60
Вид контроля:			
Экзамен	1,0	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1,0	0,3	0,225
Подготовка к экзамену		35,7	26,775
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Раздел 1. Введение	7	4	1	-	2
2.	Раздел 2. Физико-химические процессы в атмосфере.	30	6	4	-	20
3.	Раздел 3. Физико-химические процессы в гидросфере.	38	8	10	-	20
4.	Раздел 4. Физико-химические процессы в литосфере.	34	6	8	-	20
5.	Раздел 5. Физико-химические процессы на путях миграции вредных веществ в геосферах.	35	8	9	-	18
	ИТОГО	144	32	32	-	80

	Экзамен	36				
	ИТОГО	180	32	32	-	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение.

Понятие химии окружающей среды. Химические превращения и эволюционные процессы на Земле. Связь с другими химическими и смежными науками. Современные представления о возникновении Вселенной и жизни на планете Земля. Симметрия и асимметрия окружающего мира. Понятие хиральной чистоты биосферы.

Раздел 2. Физико-химические процессы в атмосфере.

Состав атмосферы, содержание микро- и макропримесей. Физико-химические процессы в атмосфере. Формирование ионосферы Земли. Озон в атмосфере. Процессы образования и гибели озона. Понятие "нулевого цикла" озона, причины его нарушения. Причины и последствия возникновения озоновой "дыры" над Антарктидой. Прогноз состояния озонового слоя. Пути уменьшения антропогенного влияния на озоновый слой планеты. Международное сотрудничество в области изучения и охраны озонового слоя. Кинетические параметры процессов окисления примесей. Образование свободных радикалов, их роль в процессах трансформации примесей в тропосфере. Пути поступления и стока соединений серы и азота. Особенности процессов переноса соединений серы и азота в тропосфере. Органические соединения в атмосфере. Источники поступления и стока органических соединений. Процессы трансформации органических соединений в тропосфере. Дисперсные системы в атмосфере. Температурные инверсии и устойчивость атмосферы. Особенности протекания фотохимических реакций в воздухе городов. Сходство и различие причин образования смога в Лондоне и Лос-Анджелесе. Радиационный баланс планеты. Парниковый эффект и парниковые газы. Причины и возможные последствия увеличения концентрации парниковых газов в атмосфере. Альбедо Земли. Влияние аэрозолей на климат. Понятие "ядерная ночь", "ядерная зима". Проблема сохранения климата и ее международные аспекты. Глобальное изменение климата.

Раздел 3. Физико-химические процессы в гидросфере.

Гидрологический цикл и строение гидросферы. Аномальные свойства воды. Основные виды природных вод и способы их классификации. Формирование состава природных вод. Главные анионы и катионы. Органические вещества в природных водах. Растворимость газов. Критерии устойчивости минералов. Жесткость и щелочность природных вод. Закисление водоемов. Эволюция химического состава океана. Солевой баланс океана. Главные компоненты и солевой состав вод океана. Соленость и закономерности её распределения в океанах. Окислительно-восстановительный потенциал природных вод. Границы устойчивости воды. Влияние pH и растворенного кислорода на окислительно-восстановительный потенциал и значение p_e . Диаграммы p_e - pH для модельных и природных систем. Редокс-буферность природных вод. Стратификация природных водоемов. Олиготрофные и эвтрофные состояния водоемов. Особенности окислительно-восстановительных процессов в олиготрофных и эвтрофных водоемах, океане, Черном море. Кинетика основных окислительно-восстановительных процессов в природных водоемах. Редокс-процессы с участием пероксида водорода и свободных радикалов. Источники образования пероксида водорода и свободных радикалов в водоемах. Процессы комплексообразования в природных водах. Комплексообразователи природного и антропогенного происхождения.

Раздел 4. Физико-химические процессы в литосфере.

Современное представление о строении литосферы и элементном составе земной коры. Горные породы и породообразующие минералы. Процессы выветривания и почвообразования. Почвообразующие факторы. Современное представление о почве, термины и определения. Почвенный профиль, почвенный горизонт. Физико-химические процессы в почве. Твердая часть почвы. Механические элементы почвы. Влажность и воздухоёмкость почвы. Классификация почв по механическому составу. Химический состав и свойства почв. Элементный состав почвы. Органические вещества в почве. Гумус. Фракционный состав гумуса. Гуминовые и фульво-кислоты. Органоминеральные соединения почвы. Поглощительная способность почв. Почвенный поглощающий комплекс. Ионный обмен в почве. Обменные катионы почв. Ёмкость катионного обмена. Засоление почв, причины и методы борьбы. Кислотность и щелочность почв. Актуальная и потенциальная кислотность почв. Причины закисления почв и меры борьбы. Соединения азота и фосфора в почвенном слое. Трансформация соединений азота и фосфора в почвенном слое.

Раздел 5. Физико-химические процессы на путях миграции вредных веществ в геосферах. Понятие о процессах миграции элементов, их концентрирования и рассеяния в окружающей среде. Биогеохимические барьеры. Понятие о кругооборотах веществ в природе. Виды кругооборотов. Глобальные кругообороты азота и фосфора в природе. Основные отличия кругооборотов азота и фосфора. Влияние антропогенной деятельности на кругообороты азота и фосфора. Основные экологические проблемы, связанные с использованием азотных и фосфорных удобрений в сельском хозяйстве. Радионуклиды в окружающей среде. Естественные источники радиации. Источники радиации, созданные человеком. Особо опасные антропогенные органические соединения. Нефть и продукты ее переработки. Хлорсодержащие органические соединения. Процессы трансформации и пути миграции особо опасных органических соединений в биосфере. Тяжелые металлы и их соединения в окружающей среде. Пути поступления в биосферу. Процессы химической трансформации соединений тяжелых металлов в окружающей среде. Понятие о суперэко-токсикантах. Виды. Полиароматические углеводороды. Пестициды. Полихлорированные бифенилы, полихлорированные дибензофураны, диоксины. Источники поступления суперэко-токсикантов и радиоактивных нуклидов в окружающую среду. Анализ наиболее сложных, требующих дальнейшего изучения проблем химии окружающей среды.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	Знать:						
1	- методы экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде		+				
	Уметь:						
2	- оценивать негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду.		+	+	+	+	+
	Владеть:						
3	- навыками реализации программ экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде.		+	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:							
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК					
4	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	+	+	+	+	+
		ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты	+	+	+	+	+
		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	+	+	+	+	+

5	ПК-4. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1. Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	+	+	+	+	+
		ПК-4.2. Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	+	+	+	+	+
		ПК-4.3. Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Практическое занятие 1. Построение стандартной модели взаимодействий элементарных частиц.	1
2	2	Практическое занятие 2. Построение схем для иллюстрации условного распределения температур в геосферах первого и второго порядка	2
3	2	Практическое занятие 3. Построение схем для иллюстрации алгоритма реакций окисления органических микропримесей в газовой фазе тропосферы; тропосферного цикла соединений азота и диоксида серы;	3
4	2	Практическое занятие 4. Построение схем для иллюстрации температурных инверсий в атмосфере, условий образования смогов	2
5	3	Практическое занятие 5. Формирование состава природных вод	1
6	3	Практическое занятие 6. Границы устойчивости воды. Влияние pH и растворенного кислорода на окислительно-восстановительный потенциал и значение p_e .	2
7	3	Практическое занятие 7. Кинетика основных окислительно-восстановительных процессов в природных водоемах	1
8	3	Практическое занятие 8. Процессы комплексообразования в природных водах	1
9	4	Практическое занятие 9. Фазы почв, состав и свойства	2
10	4	Практическое занятие 10. Минеральные и органические вещества в почве	2
11	4	Практическое занятие 11. Поглощательная способность почв	1
12	4	Практическое занятие 12. Соединения азота и фосфора в почвенном слое	2
13	4	Практическое занятие 13. Закономерности распределения химических элементов в верхних слоях литосферы	2
14	4	Практическое занятие 14. Закономерности распределения химических элементов в подземных водах	3
15	4	Практическое занятие 15. Построение схем иллюстрирующих условия, необходимые для появления анаэробного бассейна и залежей гидратов метана в океане	2
16	5	Практическое занятие 16. Процессы трансформации и пути миграции особо опасных химических соединений в биосфере	3
17	5	Практическое занятие 17. Анализ наиболее сложных, требующих дальнейшего изучения проблем химии окружающей среды	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия обучающихся в бакалавриате по дисциплине «Химия окружающей среды» не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

В рамках рассматриваемого курса реферативно-аналитическая работа не предусматривается.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля освоения дисциплины предусмотрены три контрольные работы. Каждая контрольная работа состоит из двадцати вопросов. Каждый вопрос содержит пять ответов, один из которых правильный. Оценка за каждый правильный ответ – 1 балл.

Разделы 1 и 2. Максимальная оценка – 20 баллов.

1. Вещество определяют как вид материи, состоящей из бесструктурных фундаментальных частиц, к числу которых относят:
А. Электроны; Б. Лептоны; В. Андроны; Г. Нуклоны; Д. Барионы
2. Вещество определяют как вид материи, состоящей из бесструктурных фундаментальных частиц, к числу которых относят:
А. Протоны; Б. Кварки; В. Андроны; Г. Нуклоны; Д. Барионы
3. Вещество определяют как вид материи, состоящей из бесструктурных фундаментальных частиц, к числу которых относят:
А. Барионы; Б. Андроны; В. Нуклоны; Г. Протоны; Д. Лептоны
4. За свойства материи отвечают дискретные бесструктурные образования калибровочные бозоны, к числу которых относят:
А. Барионы; Б. Андроны; В. Нуклоны; Г. Кварки; Д. Фотоны
5. За свойства материи отвечают дискретные бесструктурные образования калибровочные бозоны, к числу которых относят:
А. Глюоны; Б. Андроны; В. Нуклоны; Г. Кварки; Д. Барионы
6. За свойства материи отвечают дискретные бесструктурные образования

калибровочные бозоны, к числу которых относят:

А. Андроны; Б. Гравитоны; В. Нуклоны; Г. Кварки; Д. Барионы

7. В качестве геосфер первого порядка выделяют следующий перечень геосфер:

А. Литосферу, атмосферу, гидросферу, мезосферу и ноосферу

Б. Литосферу, атмосферу, гидросферу, биосферу и ноосферу

В. Атмосферу, гидросферу, биосферу, ноосферу и астеносферу

Г. Атмосферу, гидросферу, литосферу, биосферу и мезосферу

Д. Гидросферу, литосферу, атмосферу, биосферу и экзосферу

8. К числу квазипостоянных компонентов атмосферы относят следующий перечень веществ:

А. Озон, кислород, аргон, углекислый газ, неон, гелий, криптон и водород

Б. Азот, кислород, аргон, углекислый газ, неон, гелий, криптон и водород

В. Аммиак, азот, кислород, аргон, углекислый газ, неон, гелий и криптон

Г. Азот, кислород, аргон, двуокись серы, неон, гелий, криптон и водород

Д. Азот, кислород, аргон, углекислый газ, неон, гелий, криптон и окислы азота

9. Выберите правильное сочетание геосфер второго порядка в атмосфере по мере удаления от поверхности Земли:

А. Тропосфера, мезосфера, стратосфера, термосфера;

Б. Мезосфера, термосфера, тропосфера, стратосфера;

В. Тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера;

Г. Тропосфера, стратосфера, термосфера, мезосфера;

Д. Стратосфера, тропосфера, термосфера, мезосфера

10. Выберите типичный размер дождевых капель в атмосфере:

А. 0,5 мм; Б. 0,7 мм; В. 1,0 мм; Г. 1,5 мм; Д. 1,2 мм

11. Выберите размер наиболее стабильных частиц аэрозоля, при котором коагуляция частиц аэрозоля в атмосферных условиях протекает настолько медленно, что возможна консервация проб:

А. 0,05 мм; Б. 0,07 мкм; В. 0,01 мкм; Г. 0,03 мм; Д. 0,02 мкм

12. Выберите размер частиц аэрозоля, которые в контексте атмосферных аэрозолей называют «большими» и на которые одинаково слабое воздействие оказывают как броуновское движение, так и гравитационное осаждение:

А. 0,5 мм; Б. 0,7 мкм; В. 0,1 мкм; Г. 0,3 мм; Д. 0,2 мкм

13. Солнечная гравитация больше земной гравитации в:

А. 19 раз; Б. 78 раз; В. 123 раза; Г. 28 раз; Д. 52 раза

14. Средний период вращения солнца за месяц составляет примерно:

А. Два оборота; Б. Три оборота; В. Десять оборотов; Г. Один оборот; Д. Семь оборотов

15. Масса солнца больше массы земли ориентировочно в:

А. 78 тыс. раз; Б. 333 тыс. раз; В. 201 тыс. раз; Г. 138 тыс. раз; Д. 512 тыс. раз

16. Активность солнца проявляется в периодическом появлении в солнечной атмосфере различных образований, включая протуберанцы, которые возникают в:

А. Короне; Б. Фотосфере; В. Зоне радиации; Г. Зоне конвекции; Д. Хромосфере

17. В солнечной активности, оказывающей существенное влияние на физические процессы в земной атмосфере и биосфере в целом, существует периодичность, приблизительно

А. 10-летняя; Б. 11-летняя; В. 14-летняя; Г. 15-летняя; Д. 20-летняя

18. Солнечные пятна, число которых и размер являются показателем солнечной активности, то есть способности солнца выбрасывать корпускулярное излучение (плазму) возникают в:

А. Короне; Б. Фотосфере; В. Зоне радиации; Г. Зоне конвекции; Д. Хромосфере

19. Выберите геосферу второго порядка, в пределах которой солнечная радиация ионизирует компоненты верхней части атмосферы земли:

А. Тропосфера; Б. Ионосфера; В. Мезосфера; Г. Стратосфера; Д. Магнитосфера

20. Выберите геосферу второго порядка, где атмосфера земли характеризуется глобальной температурной инверсией:
 А. Тропосфера; Б. Стратосфера; В. Мезосфера; Г. Ионосфера; Д. Магнитосфера
21. Выберите геосферу второго порядка, где атмосфера земли характеризуется глобальной температурной инверсией:
 А. Тропосфера; Б. Магнитосфера; В. Мезосфера; Г. Ионосфера; Д. Термосфера
22. В ионосфере к числу основных первичных ионов относят положительные ионы:
 А. He^+ ; Б. O^+ ; В. H^+ ; Г. NO^+ ; Д. NH_4^+
23. В ионосфере к числу основных первичных ионов относят положительные ионы:
 А. He^+ ; Б. NH_4^+ ; В. H^+ ; Г. NO^+ ; Д. N_2^+
24. В ионосфере к числу основных первичных ионов относят положительные ионы:
 А. He^+ ; Б. O_2^+ ; В. H^+ ; Г. NO^+ ; Д. NH_4^+
25. Основой для оценки неблагоприятного влияния атмосферных загрязнений на организм человека в результате резорбтивного действия служит:
 А. Среднесуточная ПДК загрязняющего вещества;
 Б. Максимально разовая ПДК загрязняющего вещества;
 В. Фоновая концентрация загрязняющего вещества;
 Г. ПДК загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны;
 Д. ОБУВ загрязняющего вещества
26. Основой для оценки неблагоприятного влияния атмосферных загрязнений на организм человека в результате рефлекторного действия служит:
 А. Фоновая концентрация загрязняющего вещества;
 Б. Максимально разовая ПДК загрязняющего вещества;
 В. Среднесуточная ПДК загрязняющего вещества;
 Г. ПДК загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны;
 Д. ОБУВ загрязняющего вещества
27. Основой для обоснования требований к разработке оздоровительных мероприятий по охране атмосферного воздуха проектируемых, реконструируемых и опытных малотоннажных производств служит:
 А. ОБУВ загрязняющего вещества;
 Б. Максимально разовая ПДК загрязняющего вещества;
 В. Фоновая концентрация загрязняющего вещества;
 Г. ПДК загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны;
 Д. Среднесуточная ПДК загрязняющего вещества
28. Нулевым циклом озона называют совокупность реакций протекающих по схемам:
 А. $\text{O}_3 + \text{O}(^1\text{D}) \rightarrow 2\text{O}_2$ и $\text{O}_2 + h\nu \rightarrow \text{O}(^1\text{D}) + \text{O}(^3\text{P})$
 Б. $\text{O}_2 + \text{O}(^3\text{P}) + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M}^*$ и $\text{O}_3 + h\nu \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}(^3\text{P})$
 В. $\text{O}_2 + \text{O}(^3\text{P}) + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M}^*$ и $\text{O}_3 + h\nu \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}(^1\text{D})$
 Г. $\text{O}_3 + h\nu \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}(^3\text{P})$ и $\text{O}_3 + h\nu \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}(^1\text{D})$
 Д. $\text{O}_3 + \text{O}(^1\text{D}) \rightarrow 2\text{O}_2$ и $\text{O}_3 + h\nu \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}(^3\text{P})$
29. В опасных зонах стратосферы, где наиболее вероятно формирование водородного цикла разрушения озона, связанного с образованием «активных» гидроксидных радикалов, играющих ключевую роль в водородном цикле, существует эффективный механизм нейтрализации гидроксидного радикала, за счет его реакции с метаном. При этом конечной стадией окисления метана и его гомологов в атмосфере является:
 А. Оксид углерода; Б. Метоксильный радикал; В. Диоксид углерода;
 Г. Метилпероксидный радикал; Д. Формальдегид,
30. Среди оксидов азота тропосферы опасность для озонового слоя представляет лишь:
 А. Пентаоксид азота; Б. Гемиоксид азота; В. Тетраоксид азота;
 Г. Триоксид азота; Д. Диоксид азота

31. В каком из циклов разрушения озона озоноразрушающие вещества представляют наибольшую опасность для озонового слоя Земли:
А. Нулевым; Б. Водородном; В. Бромном; Г. Хлорном; Д. Азотном
32. С какой длиной волн ультрафиолетового спектра солнечная радиация практически не поглощается озоном, но фактически необходима человеку для формирования витамина Д:
А. Менее, чем 200 нанометров; Б. 180-200 нанометров; В. 200-250 нанометров; Г. Больше, чем 320 нанометров; Д. 280-320 нанометров
33. На какой высоте от уровня моря в атмосфере озон практически отсутствует:
А. 25-30 км; Б. Менее 15км; В. Более 85 км; Г. 20-25 км; Д. Более 50 км
34. Среди представителей оксидов азота в условиях тропосферы к устойчивым относятся:
А. Пентаоксиды диазота; Б. Тетраоксиды диазота; В. Триоксиды диазота; Г. Гемиоксиды азота; Д. Все перечисленные представители оксидов азота
35. Среди представителей оксидов азота в условиях тропосферы к устойчивым относятся:
А. Пентаоксиды диазота; Б. Тетраоксиды диазота; В. Триоксиды диазота; Г. Монооксиды азота; Д. Все перечисленные представители оксидов азота
36. Среди представителей оксидов азота в условиях тропосферы к устойчивым относятся:
А. Пентаоксиды диазота; Б. Тетраоксиды диазота; В. Триоксиды диазота; Г. Диоксиды азота; Д. Все перечисленные представители оксидов азота
37. Среди представителей оксидов азота в условиях тропосферы к неустойчивым относятся:
А. Все перечисленные далее представители оксидов азота; Б. Гемиоксиды азота; В. Монооксиды азота; Г. Диоксиды азота; Д. Пентаоксиды диазота
38. Среди представителей оксидов азота в условиях тропосферы к неустойчивым относятся:
А. Все перечисленные далее представители оксидов азота; Б. Тетраоксиды диазота; В. Монооксиды азота; Г. Диоксиды азота; Д. Гемиоксиды азота;
39. Среди представителей оксидов азота в условиях тропосферы к неустойчивым относятся:
А. Все перечисленные далее представители оксидов азота; Б. Триоксиды диазота; В. Монооксиды азота; Г. Диоксиды азота; Д. Гемиоксиды азота;
40. Концентрация сероводорода над океанами колеблется в пределах:
А. От 0,083 до 0,097 мкг/м³; Б. От 0,0076 до 0,076 мкг/м³; В. От 0,0059 до 0,0098 мкг/м³; Г. От 0,05 до 0,09 мкг/м³; Д. От 0,01 до 0,05 мкг/м³
41. Концентрация сероводорода над континентами колеблется в пределах:
А. От 0,008 до 0,012 мкг/м³; Б. От 0,05 до 0,1 мкг/м³; В. От 0,007 до 0,009 мкг/м³; Г. От 0,01 до 0,04 мкг/м³; Д. От 0,008 до 0,012 мкг/м³
42. Относительно общего количества всех неорганических соединений серы с сероводородом в атмосферу по различным оценкам поступает:
А. От 10 до 15%; Б. От 23 до 49%; В. От 50 до 59%; Г. От 17 до 23%; Д. От 7 до 19%
43. В основе Лос-Анджелесского смога лежат реакции:
А. Разложения; Б. Соединения; В. Окисления; Г. Замещения; Д. Восстановления
44. В основе Лондонского смога лежат реакции:
А. Разложения; Б. Соединения; В. Восстановления; Г. Окисления; Д. Замещения
45. Основные загрязняющие вещества в составе Лос-Анджелесского смога:
А. О₃; Б. NO; В. NO₂; Г. СО; Д. Все перечисленные вещества
46. Доля диоксида углерода в парниковом эффекте составляет в настоящее время около:
А. 19%; Б. 6%; В. 35%; Г. 21%; Д. 64%
- 16.2. Доля метана в парниковом эффекте составляет в настоящее время около:
А. 6%; Б. 35%; В. 64%; Г. 21%; Д. 19%
47. Доля гемиоксид азота в парниковом эффекте составляет в настоящее время около:
А. 64%; Б. 6%; В. 35%; Г. 21%; Д. 19%

48. Относительный парниковый потенциал углекислого газа (по данным Г.Н. Голубева) характеризуется величиной:
А. 1; Б. 12; В. 290; Г. 15; Д. 32
49. Относительный парниковый потенциал метана (по данным Г.Н. Голубева) характеризуется величиной:
А. 12; Б. 1; В. 290; Г. 15; Д. 32
50. Относительный парниковый потенциал гемеиоксида азота (по данным Г.Н. Голубева) характеризуется величиной:
А. 1; Б. 290; В. 12; Г. 15; Д. 32
51. Средняя величина альбеде Земли лежит в пределах:
А. 15-20%; Б. 35-45%; В. 40-50%; Г. 5-10%; Д. 25-30%;
52. Величина альбеде плотного чистого сухого снега лежит в пределах:
А. 60-70%; Б. 86-95%; В. 95-100%; Г. 70-80%; Д. 80-85%
53. Величина альбеде загрязнённого снега лежит в пределах:
А. 5-10%; Б. 35-45%; В. 60-70%; Г. 40-50%; Д. 25-30%
54. Образование гидроксидного радикала ОН в результате прямой фотодиссоциации воды под воздействием жесткого излучения является характерным процессом для:
А. Тропосферы и стратосферы; Б. Стратосферы и мезосферы; В. Тропосферы и тропопаузы;
Г. Стратосферы и тропопаузы; Д. Слоев Е и D ионосферы днем
55. Как природные, так и антропогенные выбросы оксидов азота преимущественно содержат:
А. Диоксид азота; Б. Монооксид азота; В. Триоксид диазота; Г. Тетраоксид диазота; Д. Пентаоксид диазота
56. Была ли превышена средняя для заданного района концентрация озона, равная 35 мкг/м³, если содержание озона в атмосфере над географической точкой изучаемого района составило 350 е.Д.?
А. Да, в 1,3 раза; Б. Единицы измерений несопоставимы; В. Нет, эти значения равны;
Г. Нет, она была в 1,2 раза меньше; Д. Да, концентрация была на 10% больше
57. Увеличение солнечной активности сопровождается:
А. Заметным увеличением температуры в приземном слое атмосферы;
Б. Значительным ростом в спектре Солнца доли жесткого излучения.
В. Значительным увеличением потока солнечной энергии;
Г. Значительным ростом доли видимого излучения в спектре Солнца;
Д. Значительным ростом доли инфракрасного излучения в спектре Солнца
58. Окислительную способность воздуха тропосферы в основном определяют:
А. Кислород; Б. Озон; В. Оксиды азота; Г. Жесткое излучение; Д. Свободные радикалы
59. Каждый из атомов хлора, образовавшийся в процессе разрушения под действием солнечного света каждой молекулы фреона, пока не уйдет из стратосферы, способен разрушить около 100 000 молекул:
А. Метана; Б. Озона; В. Кислорода; Г. Углекислого газа; Д. Аргона
60. Какое соединение, присутствующее в атмосфере Земли, улавливает наибольшую долю ее теплового излучения?
А. NO₂; Б. CO₂; В. H₂O; Г. CCl_xF_{4-x}; Д. CH₄.

Раздел 3. Максимальная оценка – 20 баллов.

1. Из общей массы гидросферы доля пресных вод составляет:
а) до 1%; б) от 2 до 5%; в) до 20%; г) от 20 до 30%; д) более 30%.
2. Природная вода с гигиенической точки зрения считается пресной, если её 1 литр содержит:
а) менее 2 г растворенных солей; б) менее 5 г растворенных солей; в) менее 3 г растворенных солей; г) менее 1 г растворенных солей; а) менее 10 г растворенных солей.

3. Организм человека состоит из воды в среднем на 65% от веса тела. Для поддержания баланса в организме, взрослый человек должен употреблять воды в сутки в среднем около:

а) 1.5 л; б) 2.5 л; в) 1.5 л г) 3.5 л; д) 4.5 л.

4. К главным ионам, доля которых в любых природных поверхностных водах превышает 95% от общей массы катионов или анионов, относятся следующие группы анионов и катионов:

а) Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} ; б) Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Fe^{3+} ; в) Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} .

г) SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- ;

д) SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , H_2PO_4^- .

5. Среди уникальных свойств воды, играющих одну из ведущих ролей в поддержании жизни на Земле, прежде всего, выделяют аномальный вид температурной зависимости плотности воды.

Максимум плотности воды наблюдается при температуре около:

а) 4°C ; б) 0°C ; в) 3°C ; г) 5°C ; д) 2°C ;

6. Какое аномальное свойство воды сглаживает на Земле сезонные переходы:

а) высокое поверхностное натяжение; б) вид температурной зависимости плотности воды;

в) диэлектрическая проницаемость; г) теплоёмкость; д) повышенная энтальпия.

7. Какие наборы значений pH соответствуют атмосферным и поверхностным водам, находящимся в равновесии с CO_2 атмосферы и кальцитом, при условии отсутствия других примесей, оказывающих влияние на кислотно-основное равновесие в природных водах?

а) 5,7 и 8,3; б) 6,0 и 5,6; в) 6,0 и 7,0; г) 4,5 и 8,3; д) 7,0 и 7,0.

8. Какое аномальное свойство определяет самую большую растворяющую способность воды:

а) высокое поверхностное натяжение; б) вид температурной зависимости плотности воды;

в) теплоёмкость; г) диэлектрическая проницаемость; д) повышенная энтальпия.

9. Какое аномальное свойство обеспечивает способность воды подниматься вверх по капиллярам, преодолевая силу земного притяжения, вплоть до высоты 10-12 м от уровня почвенных вод:

а) высокое поверхностное натяжение; б) вид температурной зависимости плотности воды;

в) теплоёмкость; г) диэлектрическая проницаемость; д) повышенная энтальпия.

10. Значение щелочности природных вод определяется суммой концентраций ионов:

а) анионов и катионов; б) анионов; в) CO_3^{2-} и SO_4^{2-} ;

г) HCO_3^- , OH^- и удвоенной концентрации CO_3^{2-} ;

д) HCO_3^- , OH^- и удвоенной концентрации SO_4^{2-} .

11. Какой ион в составе природных вод относится к группе главных ионов:

а) Fe^{2+} ; б) Mn^{2+} ; в) NO_2^- ; Fe^{2+} ; г) HSiO_3^- д) SO_4^{2-}

12. Какой ион в составе природных вод относится к группе главных ионов:

а) Fe^{2+} ; б) Mn^{2+} ; в) NO_2^- ; Fe^{2+} ; г) HCO_3^- ; д) HSiO_3^-

13. Выберите правильный набор катионов, определяющий жесткость природной воды:

а) Na^+ , K^+ ; б) Fe^{2+} ; Ca^{2+} , Na^+ ; в) Ca^{2+} , Mg^{2+} ; г) Na^+ , K^+ ; д) Ca^{2+} , Na^+ .

14. Какую оценку присваивают воде, у которой вкус, привкус или запах не ощущается:

а) 1 балл; б) 2 балла; в) 0 баллов; г) 3 балла; д) 5 баллов.

15. Какую оценку присваивают воде, когда вкус, привкус или запах слабый и замечается потребителем, если обратить на это его внимание:

а) 2 балла; б) 1 балл; в) 0 баллов; г) 3 балла; д) 5 баллов.

16. Сколько мг гидрокарбонат-иона содержится в каждом литре воды, если ее щелочность равна $1,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л и pH = 7?

а) 91,5 мг/л; б) 1,5 мг/л; в) 1500 мг/л; г) 105,0 мг/л; д) необходимы дополнительные сведения о концентрациях ионов щелочных металлов в растворе.

17. Какую оценку присваивают воде, когда вкус, привкус или запах заметный, легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде:

- а) 2 балла; б) 1 балл; в) 3 балла; г) 4 балла; д) 5 баллов.
18. Какую оценку присваивают воде, когда вкус, привкус или запах отчетливый, обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья:
а) 2 балла; б) 1 балл; в) 3 балла; г) 4 балла; д) 5 баллов.
19. Назовите причину наиболее частого и значительного пересыщения природных вод кислородом:
а) гистерезис; б) понижение температуры; в) фотосинтез; г) абсорбция кислорода из атмосферы под воздействием турбулентности; д) дыхание бактерий.
20. Какую оценку присваивают воде, когда вкус, привкус или запах очень сильный, настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению:
а) 5 баллов; б) 4 балла; в) 3 балла; г) 2 балла; д) 0 баллов.
21. Какую оценку присваивают воде, если вкус, привкус или запах очень слабый, не ощущается потребителем, но обнаруживается при лабораторном исследовании:
а) 1 балл; б) 4 балла; в) 3 балла; г) 2 балла; д) 0 баллов.
22. Какое значение pH будет характерным для капель атмосферной влаги в случае увеличения концентрации углекислого газа в атмосфере до 600 млн^{-1} , при отсутствии других кислых газов, температуре 25°C и нормальном атмосферном давлении [константа Генри для CO_2 $K_H = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ моль}/(\text{л} \cdot \text{Па})$, константа диссоциации угольной кислоты по первой ступени $K_1 = 3,02 \cdot 10^{-7}$]?
а) 5,6; б) 3,5; в) 8,3; г) 6,7; д) 4,7.
23. Какое из вкусовых ощущений определяют понятием привкус:
а) кислый; б) щелочной; в) горький; г) солёный; д) сладкий.
24. Какое из вкусовых ощущений определяют понятием привкус:
а) кислый; б) сладкий; в) горький; г) солёный; д) металлический.
25. Каково среднее время пребывания воды в атмосфере, если по оценкам специалистов в атмосфере находится 12900 км^3 воды, а на поверхность суши и океана выпадает в виде атмосферных осадков в среднем $577 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$ воды в год?
а) 8,16 дня; б) 104 дня; в) 0,64 дня; г) 44,72 дня; д) 6,53 дня.
26. Какое из вкусовых ощущений определяют понятием привкус:
а) кислый; б) солёный; в) горький; г) вяжущий; д) сладкий.
27. Общее содержание нелетучих минеральных и частично органических соединений характеризуется сухим остатком. Он определяется упариванием пробы и высушиванием остатка при:
а) 1005°C ; б) 550°C ; в) 105°C ; г) 200°C ; д) 275°C .
28. К биогенным элементам природной воды относятся:
а) азот, фосфор и кремний в органических соединениях
б) азот, фосфор и кремний в различных соединениях
в) азот, фосфор и кремний в неорганических соединениях
г) азот, фосфор и железо в различных соединениях
д) азот, фосфор и йод в органических соединениях.
29. При титровании пробы воды соляной или серной кислотами в присутствии Фенолфталеина pH перехода:
а) 4,2-4,3; б) 10,3-10,5; в) 8,2-8,4; г) 5,7-5,8; д) 11,0-11,5.
в) 8,2-8,4
30. При титровании пробы воды соляной или серной кислотами в присутствии Метилоранжа pH перехода:
а) 11,0-11,5; б) 10,3-10,5; в) 8,2-8,4; г) 5,7-5,8; д) 4,2-4,3;
31. Микроэлементы в природных водах имеют следующее название:
а) радиоактивные элементы; б) коллоидные растворы; в) главные элементы;
г) элементы рассеяния; д) биогенные элементы.
32. Группу микроэлементов условно разделяют на пять подгрупп. Помимо типичных катионов, ионов тяжелых металлов, амфотерных комплексообразователей и типичных

анионов в эту группу еще входят:

- а) соединения кремния; б) соединения фосфора; в) радиоактивные элементы;
- г) соединения азота; д) редкие элементы.

33. Группу микроэлементов условно разделяют на пять подгрупп. Помимо типичных катионов, амфотерных комплексообразователей, радиоактивных элементов и типичных анионов в эту группу еще входят:

- а) ионы тяжелых металлов; б) соединения кремния; в) соединения фосфора;
- г) соединения азота; д) редкие элементы.

34. Главные катионы и анионы природных вод при построении диаграммы гипотетического

состава располагают на параллельных шкалах в такой последовательности:

- а) Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ; б) Mg^{2+} , Na^+ , Ca^{2+} и Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ;
- в) Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} ; г) Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- ;
- д) Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , и HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-

35. Одной из важнейших закономерностей состава природных вод служит смена с увеличением минерализации преобладающих катионов по схеме:

- а) $\text{Ca} < \text{Na} < \text{K} < \text{Mg}$; б) $\text{Na} < \text{Mg} < \text{K} < \text{Ca}$; в) $\text{Mg} < \text{Ca} < \text{K} < \text{Na}$; г) $\text{Ca} < \text{Mg} < \text{K} < \text{Na}$; д) $\text{K} < \text{Mg} < \text{Ca} < \text{Na}$.

36. Одной из важнейших закономерностей состава природных вод служит смена с увеличением минерализации преобладающих анионов по схеме:

- а) $\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{HCO}_3^-$; б) $\text{SO}_4^{2-} < \text{HCO}_3^- < \text{Cl}^-$; в) $\text{HCO}_3^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{Cl}^-$; г) $\text{HCO}_3^- < \text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-}$; д) $\text{SO}_4^{2-} < \text{Cl}^- < \text{HCO}_3^-$.

37. Расход кислоты при титровании с фенолфталеином эквивалентен содержанию в воде:

- а) гидратов; б) карбонатов; в) гидратов и половины карбонатов;
- г) карбонатов и гидрокарбонатов; д) гидрокарбонатов.

38. Компоненты карбонатной системы подвижных равновесий при величине pH равной или

ниже 4 представлены соединениями:

- а) углекислым газом и гидрокарбонатами б) только углекислым газом;
- в) только гидрокарбонатами; г) гидрокарбонатами и карбонатами; д) только карбонатами.

39. Компоненты карбонатной системы подвижных равновесий при величине pH 8,3-8,4 представлены соединениями:

- а) углекислым газом и гидрокарбонатами б) только углекислым газом;
- в) только карбонатами; г) гидрокарбонатами и карбонатами; д) только гидрокарбонатами.

40. Из газов в поверхностных водах наиболее распространены:

- а) аргон и азот; б) кислород и углекислый газ; в) аргон и другие инертные газы;
- г) сероводород и метан; д) азот и кислород.

41. Из газов в подземных водах наиболее распространены:

- а) аргон и азот; б) сероводород и метан; в) аргон и другие инертные газы;
- г) кислород и углекислый газ; д) азот и кислород.

42. Из газов наиболее постоянным по содержанию в природных водах является растворенный: а) кислород; б) углекислый газ; в) сероводород; г) азот; д) метан.

43. При расчете содержания компонентов в природных водах не пользуются активностями,

когда общая минерализация воды:

- а) более 1000 мг/л; б) до 10000 мг/л; в) до 100 мг/л; г) до 500 мг/л; д) до 1000 мг/л.

44. Определение щелочности по фенолфталеину и метилоранжу позволяет вычислить компоненты общей щелочности воды, исходя из соотношения между общей щелочностью и

щелочностью по фенолфталеину. Если в результате анализа щелочность воды по фенолфталеину оказалась равна нулю, то в этом случае вода содержит:

- а) гидраты, карбонаты и гидрокарбонаты; б) карбонаты и гидраты;

- в) гидраты и половину карбонатов; г) только гидрокарбонаты; д) гидрокарбонаты и гидраты.
45. Определение щелочности по фенолфталеину и метилоранжу позволяет вычислить компоненты общей щелочности воды, исходя из соотношения между общей щелочностью и щелочностью по фенолфталеину. Если в результате анализа двукратная величина щелочности пробы воды по фенолфталеину, меньше ее общей щелочности, то в этом случае вода содержит: а) гидраты, карбонаты и гидрокарбонаты; б) гидрокарбонаты и карбонаты, а гидраты отсутствуют; в) гидраты и половину карбонатов; г) только гидрокарбонаты; д) гидрокарбонаты и гидраты.
46. Определение щелочности по фенолфталеину и метилоранжу позволяет вычислить компоненты общей щелочности воды, исходя из соотношения между общей щелочностью и щелочностью по фенолфталеину. Общий расход кислоты от начала титрования с фенолфталеином, до его окончания с метилоранжем эквивалентен содержанию в воде: а) гидратов, карбонатов и гидрокарбонатов; б) карбонатов и гидратов; в) гидратов, половины карбонатов и гидрокарбонатов; г) карбонатов и гидрокарбонатов; д) гидрокарбонатов и гидратов.
47. Определение щелочности по фенолфталеину и метилоранжу позволяет вычислить компоненты общей щелочности воды, исходя из соотношения между общей щелочностью и щелочностью по фенолфталеину. Если в результате анализа двукратная величина щелочности воды по фенолфталеину равна общей щелочности, то вода содержит: а) только карбонаты; б) гидрокарбонаты и карбонаты; в) гидраты и половину карбонатов; г) только гидрокарбонаты; д) гидрокарбонаты и гидраты.
48. Определение щелочности по фенолфталеину и метилоранжу позволяет вычислить компоненты общей щелочности воды, исходя из соотношения между общей щелочностью и щелочностью по фенолфталеину. Если в результате анализа щелочность воды по фенолфталеину равна значению общей щелочности, то вода содержит: а) только карбонаты; б) гидрокарбонаты и карбонаты; в) гидраты и половину карбонатов; г) только гидраты; д) гидрокарбонаты и гидраты.
49. К прямым факторам, определяющим формирование химического состава природных вод, которые непосредственно воздействуют на воду, относятся: а) климат, минералы, водный режим и рельеф б) климат, растительность, гидрогеологические и гидродинамические условия в) горные породы, почвы, живые организмы и деятельность человека г) рельеф, водный режим, живые организмы и деятельность человека д) горные породы, почвы, гидрогеологические и гидродинамические условия
50. Какой из перечисленных факторов, определяющих формирование химического состава природных вод, является косвенным: а) горные породы; б) почвы; в) живые организмы; г) климат; д) деятельность человека.
51. Какой из перечисленных факторов, определяющих формирование химического состава природных вод, является косвенным: а) рельеф; б) почвы; в) живые организмы; г) горные породы; д) деятельность человека.
52. Согласно классификации Алекина кислые воды не могут быть отнесены к водам типа: а) один; б) два; в) три; г) три «а»; д) три «б».
53. Какой из перечисленных факторов, определяющих формирование химического состава природных вод, является прямым: а) климат; б) почвы; в) растительность; г) водный режим; д) гидрогеологическая обстановка.

54. Какой из перечисленных факторов, определяющих формирование химического состава природных вод, является прямым:
а) климат; б) водный режим; в) растительность; г) живые организмы;
д) гидрогеологическая обстановка.
55. Выберите правильное сочетание сходных признаков биологического и биолого-технического круговоротов углерода:
а) сложный метаморфоз и ассимиляция; б) сложный метаморфоз и сгорание; в) дыхание и гумификация; г) гумификация и сложный метаморфоз; д) ассимиляция и усвоение.
56. Какие из названных двух показателей вредности применяют для характеристики концентрации вредного вещества как в воде водного объекта рыбохозяйственного значения, так и хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования:
а) органолептический и токсикологический; б) санитарный и рыбохозяйственный;
в) санитарно-токсикологический и обще-санитарный;
г) органолептический и санитарно-токсикологический;
д) рыбохозяйственный и токсикологический.
57. К какой категории относятся водные объекты рыбохозяйственного значения, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода:
а) высшей; б) первой; в) второй; г) третьей; д) низшей.
58. Распад органического вещества в природных водах называют:
а) сложным метаморфозом; б) процессом минерализации; в) процессом гумификации;
г) процессом ассимиляции; д) процессом усвоения.
59. Конечным неорганическим продуктом сложного процесса минерализации, содержащим азот органических веществ, являются: а) нитратные ионы; б) нитритные ионы;
в) триоксид азота; г) гемииоксид азота; д) ионы аммония.
60. Какова в среднем концентрация органического вещества в речной воде:
а) 3 мг/л; б) 10 м/л; в) 15 мг/л; г) 20 мг/л; д) 25мг/л.

Разделы 4 и 5. Максимальная оценка – 20 баллов.

1. Кислые почвы могут быть мелиорированы добавлением:
а) CaSO_4 ; б) KNO_3 ; в) CaCO_3 ; г) FeCl_3 ; д) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
2. По абсолютному содержанию в почвах все химические элементы объединяют в 4 группы. Первая группа - Главные элементы. К их числу относят:
а) алюминий и железо; б) кальций и кислород; в) кремний и кислород;
г) кремний и кальций; д) кремний и углерод.
3. По абсолютному содержанию в почвах все химические элементы объединяют в 4 группы. Вторая группа - Типичные макроэлементы. К их числу относят:
а) Ti, Mn, N, P, S, H; б) Sr, B, Cu, Cr, Ni, Co, Se; в) Ti, Mn, N, Sr, B, Cu, Cr;
г) Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, C; д) P, S, H, Cr, Ni, Co, Se.
4. Автохтонное поступление органического вещества в озеро связано с:
а) высокой продуктивностью в самом озере; б) сильной заболоченностью бассейна озера;
в) составом пород бассейна озера; г) составом пород притоков озера;
д) состоянием грунтовых вод, поступающих в озеро.
5. В силу географических климатических и рельефных особенностей расположения непосредственно в мировой океан не может поступать:
а) половина материкового стока; б) четверть материкового стока;
в) десятая часть материкового стока; г) пятая часть материкового стока;
д) третья часть материкового стока.
6. Озеро, содержание солей в воде которого достигла концентрации достаточной для выпадения легкорастворимых солей называется:

- а) самосадочным; б) рапным; в) сухим озером; г) трофным; д) дистрофным
7. Почва отличается от горной породы наличием:
- а) песков и органической составляющей; б) глин и песков различной степени дисперсности;
- в) глин и органической составляющей; г) алюмосиликатов и органоминеральной составляющей; д) органической и органоминеральной составляющей
8. В зависимости от условий образования горные породы принято делить на три главные группы: магматические, осадочные и метаморфические. Земная кора сложена из магматических пород на:
- а) 55%; б) 70%; в) 75%; г) 85%; д) 95%.
9. В зависимости от условий образования горные породы принято делить на три главные группы: магматические, осадочные и метаморфические. Осадочные горные породы составляют от массы земной коры:
- а) 5%; б) 7%; в) 1%; г) 4%; д) 2%.
10. Какие наборы значений pH соответствуют атмосферным и поверхностным водам, находящимся в равновесии с CO₂ атмосферы и кальцитом почвы, при отсутствии других примесей, оказывающих влияние на кислотно-основное равновесие в природных водах?
- а) 6,0 и 5,6; б) 6,0 и 7,0; в) 5,7 и 8,3; г) 4,5 и 8,3; д) 7,0 и 7,0.
11. Группу главных элементов почвы, содержание которых исчисляется десятками процентов, составляют:
- а) кремний и натрий; б) кремний и кальций; в) кислород и натрий;
- г) кремний и кислород; д) кислород и железо.
12. Группу типичных макроэлементов почвы, содержание которых меняется от десятых долей до нескольких процентов, составляют:
- а) Fe, Ca, Mg, Ti, Mn, N, K; б) Al, Ca, Mg, Ti, Mn, N, K; в) Mg, K, Na, C, Ti, Mn, N;
- г) Sr, B, Cu, Cr, Ni, Co, Se; д) Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, C.
13. Какое из утверждений правильно характеризует грунтовые воды:
- а) зоны распространения и возможного загрязнения грунтовых вод не совпадают;
- б) грунтовые воды находятся в зоне аэрации и лежат между двумя водоупорными слоями;
- в) грунтовые воды относятся к напорным подземным водам;
- г) основную опасность для загрязнения грунтовых вод соединениями тяжелых металлов представляют выбросы автотранспорта;
- д) грунтовыми называют подземные воды, залегающие выше первого от поверхности земли водоупорного слоя, имеющего значительную площадь распространения.
14. Переходную группу элементов почвы, содержание которых варьирует в пределах от сотых до десятых долей процента, составляют:
- а) Sr, B, Cu, Cr, Ni, Co; б) Ti, Mn, N, P, S, H; в) Mg, K, Na, C, Ti, Mn;
- г) Sc, Ga, Be, Nb, Tl; д) Al, Fe, Ca, Mg, K, Na.
15. Группу ультрамикроэлементов почвы включающую элементы, присутствующие в миллионных долях процента, составляют:
- а) Sr, B, Cu, Cr, Ni и др.; б) Sc, Ga, Be, Nb, Tl и др.; в) Mg, K, Na, C, Ti, Mn и др;
- г) Sc, Ga, Be, Nb, Tl и др; д) Al, Fe, Ca, Mg, K, Na и др.
16. Какое из утверждений неправильно характеризует артезианские воды?
- а) зоны распространения и возможного загрязнения артезианских вод не совпадают;
- б) основную опасность для загрязнения артезианских вод соединениями тяжелых металлов представляют выбросы автотранспорта;
- в) артезианские воды чаще всего относятся к напорным подземным водам;
- г) артезианские воды находятся между двумя водоупорными слоями;
- д) артезианские воды могут иметь различный солевой состав.
17. Группу микроэлементов почвы, включающую элементы, содержание которых менее одной тысячной доли процента, составляют:
- а) Fe, Ca, Mg, Ti, Mn, N, K и др; б) Al, Ca, Mg, Ti, Mn, N, K и др; в) Mg, K, Na, C, Ti, Mn, N

и др; г) Sc, Ga, Be, Nb, Tl и др; д) Sr, B, Cu, Cr, Ni, Co, Se и др.

18. В современных условиях на земной поверхности не образуются:

- а) гидрокарбонатные воды; б) гидрокарбонатно-кремнеземные грунтовые воды;
- в) гидрокарбонатно-кальциевые воды; г) хлоридно-кальциевые воды;
- д) сульфатные и хлоридные воды.

19. Из газов в подземных водах наиболее распространены

- а) аргон и азот; б) кислород и углекислый газ; в) аргон и другие инертные газы;
- г) сероводород и метан; д) азот и кислород.

20. Из растворенных газов в океанской воде, как и в других поверхностных водных объектах, наибольшее значение имеет:

- а) азот; б) кислород; в) углекислый газ; г) сероводород; д) метан.

21. Во время весеннего и осеннего водообмена содержание растворенного кислорода во всем озере в основном соответствует равновесным значениям, характерным для приземного воздуха и воды при температуре:

- а) 2,2 °C; б) 4 °C; в) близкой к 0 °C; г) 28 °C; д) близкой к 36,6 °C.

22. Использование химических удобрений сопряжено с некоторым риском, поскольку:

- а) большинство удобрений не обеспечивает растения всеми необходимыми питательными веществами;
- б) удобрения плохо растворимы в дождевой воде;
- в) при смыве с полей удобрения могут вызвать эвтрофикацию водоемов;
- г) удобрения токсичны для деревьев и лесных растений;
- д) удобрения слишком дороги для многих фермеров.

23. Наиболее подвижной частью литосферы являются:

- а) моря; б) ледники; в) подземные воды; г) реки; д) грунтовые воды.

24. Малая по сравнению с другими водными объектами минерализация воды является характерной чертой:

- а) озёр; б) артезианских бассейнов; в) почвенных вод; г) рек; д) грунтовых вод.

25. Концентрация солей в морской воде, выраженная в промилле ‰, характеризует

- а) количество граммов вещества в 1 кг раствора; б) количество граммов вещества в 1 л раствора; в) количество миллиграммов вещества в 1 мл раствора;
- г) количество килограммов вещества в 1 л раствора;
- д) количество килограммов вещества в 1 м³ раствора.

26. К главным компонентам океанской воды, кроме главных ионов Cl, SO₄, HCO₃, CO₃, Na, Mg, Ca и K, в отличие от пресных вод, отнесены еще ионы:

- а) Sr, Cu, Cr; б) Ti, Mn, N; в) Br, F, и Sr; г) P, S, H; д) Co, Ni, Se.

27. Количественные соотношения между ионами в океанской воде отличны от речной.

В ней содержание катионов всегда подчиняется неравенствам

- а) $Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+$; б) $Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+ > Na^+$; в) $Na^+ > K^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+}$;
- г) $Ca^{2+} > K^+ > Na^+ > Mg^{2+}$; д) $K^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^+$.

28. Металимнион в озере расположен непосредственно:

- а) над эпилимнионом; б) под термоклином; в) над донными отложениями;
- г) под эпилимнионом; д) под гипolimнионом.

29. Количественные соотношения между ионами в океанской воде отличны от речной.

В ней содержание анионов всегда подчиняется неравенствам:

- а) $CO_3^{2-} > Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$; б) $HCO_3^- > CO_3^{2-} > Cl^- > SO_4^{2-}$; в) $SO_4^{2-} > CO_3^{2-} > Cl^- > HCO_3^-$;
- г) $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^- > CO_3^{2-}$; д) $Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{2-} > CO_3^{2-}$.

30. В воде открытого океана независимо от абсолютной концентрации количественные соотношения между концентрациями главных ионов всегда

- а) больше щёлочности; б) меньше щёлочности; в) одинаковы;
- г) равны жёсткости; д) меньше жёсткости.

31. Повышение минерального состава фильтрующихся через почву воды атмосферных осадков происходит за счет:

- а) вымывания почвенного раствора; б) растворения кристаллических солей;
 в) фильтрации через обменный комплекс почв и растворения кристаллических солей;
 г) фильтрации через обменный комплекс почв;
 д) вымывания почвенного раствора и растворения кристаллических солей;
32. Величина парциального давления CO_2 в океанской воде изменяется в различных частях океана, особенно в поверхностных слоях. Она зависит от соотношения групп процессов, увеличивающих или уменьшающих концентрацию CO_2 . К увеличению парциального давления углекислого газа ведут:
 а) повышение температуры воды; б) понижение температуры воды;
 в) понижение солености воды; г) фотосинтез; д) растворение карбоната кальция.
33. Величина парциального давления CO_2 в океанской воде изменяется в различных частях океана, особенно в поверхностных слоях. Она зависит от соотношения групп процессов, увеличивающих или уменьшающих концентрацию CO_2 . К уменьшению парциального давления углекислого газа ведут:
 а) понижение температуры воды; б) повышение температуры воды; в) подъем глубинных вод; г) повышение солености; д) осаждение карбоната кальция.
34. Устойчивости пересыщенных растворов CaCO_3 способствует:
 а) присутствие в растворе гумусовых веществ;
 б) зарождение водных организмов, использующих CaCO_3 для построения своего скелета;
 в) усиление фотосинтеза ассимилирующих микроорганизмов; г) замерзание и оттаивание воды; д) внесение в раствор мельчайших кристаллических частиц CaCO_3 .
35. Способностью в большей степени пропускать к поверхности Земли коротковолновую солнечную радиацию по сравнению с обратно направленным длинноволновым, тепловым излучением, испускаемым Землей нагретой Солнцем, отличаются газы в атмосфере, молекулы которых содержат в своем составе:
 а) 1 атом; б) 2 атома; в) 3 и более атомов; г) менее 2 атомов; д) от 1 до 2 атомов
36. Парниковый эффект - один из глобальных механизмов жизнеобеспечения на Земле. Средняя температура поверхности Земли без парникового эффекта была бы:
 а) минус 8 $^{\circ}\text{C}$; б) минус 28 $^{\circ}\text{C}$; в) минус 48 $^{\circ}\text{C}$; г) минус 18 $^{\circ}\text{C}$; д) минус 38 $^{\circ}\text{C}$.
37. Выберите правильный набор биогенных элементов природной воды:
 а) азот, фосфор и кремний в органических соединениях;
 б) азот, фосфор и кремний в различных соединениях;
 в) азот, фосфор и кремний в неорганических соединениях;
 г) азот, фосфор и железо в различных соединениях;
 д) азот, фосфор и йод в органических соединениях.
38. Углерод образует в литосфере в самородном виде две полиморфные разновидности:
 а) графит и алмаз; б) графит и нефть; в) графит и каменный уголь;
 г) нефть и каменный уголь; д) алмаз и каменный уголь.
39. Представитель биогенных элементов азот накапливается преимущественно:
 а) в осадочных и глинистых породах; б) в живых организмах и почвах;
 в) в изверженных и глинистых породах; г) в магматических и глинистых породах;
 д) в осадочных и изверженных породах.
40. Энергия поглощения глинистыми минералами катионов природной воды возрастает в ряду селективности:
 а) $\text{Li}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Ba}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Fe}^{3+}$;
 б) $\text{Fe}^{3+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Al}^{3+}$;
 в) $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Ba}^{2+} > \text{Fe}^{3+}$;
 г) $\text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Fe}^{3+}$;
 д) $\text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Li}^+ > \text{Ba}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Fe}^{3+}$;
41. Особенности миграции и аккумуляции фосфора в биосфере заключаются в практически полном отсутствии в биокруговороте его:
 а) органических соединений; б) минеральных соединений; в) растворимых соединений;

г) природных соединений; д) газообразных соединений.

42. Геохимический барьер называют биогеохимическим, если интенсивное закрепление значительного числа макро- и микроэлементов вызвано:

а) фильтрационными эффектами; б) адсорбционными эффектами; в) термодинамическими эффектами; г) живыми организмами; д) испарительными эффектами.

43. Как правильно называются морские воды в соответствии с классификацией природных вод, разработанной О. А. Алекиным?

а) сульфатно-кальциевые, 3-й группы; б) хлоридно-натриевые, 3-й группы;
в) карбонатно-натриевые, 1-й группы; г) сульфатно-натриевые, 3-й группы;
д) карбонатно-кальциевые, 4-й группы.

44. Геохимический барьер называют механическим, если интенсивное закрепление значительного числа макро- и микроэлементов вызвано:

а) фильтрационными эффектами; б) адсорбционными эффектами; в) термодинамическими эффектами; г) живыми организмами; д) испарительными эффектами.

45. Как известно метан играет важную роль в тепловом балансе Земли. Хотя его концентрация в атмосфере примерно в 200 раз ниже, чем концентрация CO₂, но парниковая активность выше, чем у углекислого газа примерно:

а) в 7 раз; б) в 21 раз; в) в 17 раз; г) в 28 раз; д) в 35 раз.

46. Каково содержание растворенного кислорода в глубинной зоне океана ниже 1400-1600 м в любое время года?

а) примерно такое же, как у поверхности; б) в 1,5 раза больше, чем у поверхности;
в) соответствует 70-80% насыщения; г) соответствует равновесным значениям, отвечающим внешней температуре; д) равно нулю.

47. В конце 80-х годов прошлого века, по общей степени опасности для биосферы среди всех антропогенных факторов на первое место вышли:

а) диоксины; б) хлорсодержащие углеводороды; в) тяжёлые металлы;
г) полициклические ароматические углеводороды; д) фталаты.

48. Зимним периодом обратной стратификации воды в озере называют период:

а) когда вся толща воды в озере приобретает одинаковую температуру, близкую к 40С;
б) когда температура понижается от поверхности (где она может достигать 28-300С) ко дну (где ее величина около 40С или более);
в) когда вся толща воды в озере приобретает одинаковую температуру близкую к 150С;
г) когда температура воды в озере увеличивается от поверхности, где она близка к 00С, ко дну; д) когда вся толща воды в озере приобретает температуру поверхностного слоя, где она может достигать 28-300С.

49. Каким может быть содержание растворенного кислорода у дна глубокого эвтрофного озера на территории с умеренным климатом в конце периода стратификации?

а) примерно такое же, как у поверхности; б) составляет 50-70% от насыщения;
в) больше, чем у поверхности; г) соответствует равновесным значениям, отвечающим внешней температуре; д) равно нулю.

50. Периодом прямой летней стратификации воды в озере называют период:

а) когда температура понижается от поверхности (где она может достигать 28-300С) ко дну (где ее величина около 40С или более);
б) когда вся толща воды в озере приобретает одинаковую температуру, близкую к 40С;
в) когда вся толща воды в озере приобретает одинаковую температуру близкую к 150С;
г) когда температура воды в озере увеличивается от поверхности, где она близка к 00С, ко дну; д) когда вся толща воды в озере приобретает температуру поверхностного слоя, где она может достигать 28-300С.

51. Периодом осеннего водообмена в озере называют период, когда вся толща воды в озере приобретает одинаковую температуру, близкую к 40С;

а) когда температура понижается от поверхности (где она может достигать 28-300С) ко дну (где ее величина около 40С или более);

- б) когда вся толща воды в озере приобретает одинаковую температуру, близкую к 40С;
 в) когда вся толща воды в озере приобретает одинаковую температуру близкую к 150С;
 г) когда температура воды в озере увеличивается от поверхности, где она близка к 00С, ко дну; д) когда вся толща воды в озере приобретает температуру поверхностного слоя, где она может достигать 28-300С.
52. Какова общая жесткость воды Мирового океана, содержащей (мг/л) Na^+ – 10560, Mg^{2+} – 1270, Ca^{2+} – 400, K^+ – 380, Cl^- – 18980, SO_4^{2-} – 2650, HCO_3^- – 140, Br^- – 65; F^- – 1:
 а) 124,4 мг-экв./л; б) 12610 мг/л; в) 1670 мг-экв./л; г) 10 градусов жесткости; д) 2,3 моль/л.
53. Какое название по признаку трофичности имеют озера с малой трофичностью и негумифицированной водой:
 а) эвтрофные; б) мезотрофные; в) дистрофные; г) полигумозные; д) олиготрофные.
54. Какое название по признаку трофичности имеют озера со слабо развитыми возможностями питания водных организмов:
 а) эвтрофные; б) мезотрофные; в) полигумозные; г) дистрофные; д) олиготрофные.
55. Каково значение щелочности воды Мирового океана [воды Мирового океана содержат (в мг/л) Na^+ –10560; Mg^{2+} – 1270; Ca^{2+} – 400; K^+ – 380; Cl^- – 18980; SO_4^{2-} – 2650; HCO_3^- – 140; Br^- – 65]?: а) 2,29 моль/л; б) 140 мг/л; в) $2,29 \cdot 10^{-3}$ моль/л; г) 206 мг-экв./л; д) 10960 мг/л.
56. Какое название по признаку трофичности имеют озера с хорошо развитыми возможностями питания водных организмов:
 а) полигумозные; б) мезотрофные; в) эвтрофные; г) дистрофные; д) олиготрофные.
57. Распределение кислорода по глубинам сложно и, поскольку источники его находятся на поверхности, связано с динамикой водных масс. Исходя из величин концентрации кислорода океан подразделяют по глубинам на:
 а) три зоны; б) шесть зон; в) четыре зоны; г) пять зон; д) семь зон.
58. Эвтрофикация водоемов приводит:
 а) к росту биомассы сине-зеленых водорослей, приводящему впоследствии к уменьшению концентрации кислорода;
 б) к уменьшению количества растворенного кислорода в результате связывания его с молекулами загрязняющих веществ;
 в) к прямому угнетению и гибели популяций животных и растений в результате их отравления токсичными загрязняющими веществами;
 г) к улучшению гомеостаза экосистемы;
 д) правильными являются несколько из перечисленных выше ответов.
59. Единственным источником поступления в глубинную зону океана кислорода служат
 а) биохимические процессы при распаде органических остатков; б) фотосинтез;
 в) сезонные изменения содержания кислорода в верхней зоне океана;
 г) поступление органического вещества с поверхности океана;
 д) глубинные течения арктического и антарктического происхождения.
60. Среди газов в океанской воде наибольшей концентрацией обладает:
 а) двуокись углерода; б) сероводород; в) метан; г) азот; д) аргон.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)

Максимальная оценка – 40 баллов

Зачет с оценкой по дисциплине «Химия окружающей среды» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы. Билет состоит из двух вопросов, относящихся к разным разделам курса. Ответы на вопросы экзаменационного билета оцениваются каждый по 20 баллов, суммарно 40 баллов.

Разделы 1 и 2

1. Земная кора. Строение и состав главных элементов. Высшая стадия развития.

2. Строение, состав и температурный профиль атмосферы.
3. Основы санитарно-гигиенического нормирования качества воздушной среды.
4. Соединения азота в атмосфере. Химические превращения на путях поступления и стока.
5. Соединения серы в атмосфере. Химические превращения на путях поступления и стока.
6. Аэрозоли. Классификация и влияние на климат. Альбедо Земли.
7. Аэрозоли. Устойчивость и распределение частиц по размерам.
8. Температурные инверсии и устойчивость атмосферы.
9. Ионосфера. Основные реакции рекомбинации ионов в слоях ионосферы.
10. Реакции образования и распада озона в атмосфере с краткой характеристикой высотного, сезонного и географического изменения его содержания.
11. Анализ причин образования озоновых дыр над Антарктидой.
12. Нулевой, водородный и азотный циклы озона. Реакции образования и гибели озона.
13. Нулевой, хлорный и бромный циклы озона. Реакции образования и гибели озона.
14. Органические соединения в атмосфере. Химические превращения на путях поступления и стока.
15. Парниковые газы. Характеристика, причины и возможные последствия увеличения концентрации парниковых газов в атмосфере Земли.
16. Парниковый эффект. Естественные составляющие, текущее состояние и антропогенные последствия усиления парникового эффекта.
17. Микропримеси в тропосфере. Основные реакции с участием микропримесей.
18. Сравнительный анализ смогов, впервые возникших в атмосфере городов Лондон и Лос-Анджелес. Химические реакции, ведущие к образованию нарицательных смогов.
19. Химические реакции при сжигании топлива и их продукты, формирующие в атмосфере городов смог, впервые возникший в атмосфере Лондона.
20. Химические реакции при сжигании топлива и их продукты, формирующие в атмосфере городов фотохимический смог.

Раздел 3

1. Гидросфера. Механизм влагооборота природной воды на Земле и группа основных компонентов, формирующих ее химический состав в этом процессе.
2. Качество вод и виды водопользования.
3. Аномальные свойства воды и их роль в поддержании жизни на Земле.
4. Первоисточники состава природных вод. Происхождение анионов и катионов.
5. Главные компоненты природных вод. Формы в растворе. Растворимость и распространенность в природе.
6. Карбонатная система равновесий производных угольной кислоты. Частные уравнения равновесий в поверхностных водах.
7. Карбонатная система равновесий производных угольной кислоты в поверхностных водах. Расчет по активностям.
8. Щелочность природных вод. Определение компонентов щелочности по фенолфталеину и метилоранжу.
9. Ионы водорода в составе природных вод. Водородный показатель. Основные этапы закисления вод.
10. Окислительно-восстановительный потенциал. Основные типы геохимических обстановок в природных водах.
11. Органическое вещество природных вод. Определение и способы оценки содержания.
12. Органическое вещество природных вод. Гуминовые и фульвокислоты.
13. Органическое вещество природных вод. Разложение белковых веществ, процесс минерализации.

14. Биогенные элементы. Формы содержания и процессы трансформации соединений азота.
15. Биогенные элементы. Формы содержания и процессы трансформации соединений фосфора и кремния.
16. Микроэлементы природных вод. Состав и значение.
17. Микроэлементы природных вод. Формы содержания.
18. Микроэлементы природных вод из подгруппы радиоактивных элементов. Формы содержания и источники поступления.
19. Классификация состава природных вод Алекина. Схема и основные принципы.
20. Диаграмма гипотетического состава солей природных вод.

Разделы 4 и 5

1. Строение и элементарный состав литосферы. Кларки химических элементов.
2. Горные породы и минералы. Структура, классификация, химический состав и формулы типичных представителей.
3. Выветривание горных пород и минералов. Глинистые породы, как основной продукт этого процесса.
4. Химическое выветривание пород в присутствии воды. Гидролиз алюмосиликатов.
5. Химическое выветривание пород в присутствии воды. Окисление сульфидов.
6. Глинистые породы. Поглощающий комплекс глинистых пород.
7. Почвы. Фазовый состав и строение.
8. Поглотительная способность почв. Почвенно-поглощающий комплекс. Обменная поглотительная способность.
9. Органические вещества почвы. Гуминовые и фульвокислоты.
10. Геохимическая характеристика формирования состава грунтовых вод.
11. Геохимическая характеристика формирования состава вод артезианских бассейнов.
12. Геохимическая характеристика формирования состава речных вод.
13. Сток растворенных веществ земной коры континентов. Ионный сток.
14. Геохимические особенности формирования состава вод озер. Основные составляющие гидрохимического баланса.
15. Геохимические особенности формирования минерального состава вод соляных озер. Основные составляющие солевого баланса.
16. Особенности гидрохимического режима озер под воздействием термической стратификации.
17. Геохимические условия эвтрофикации водных объектов. Олиготрофные и эвтрофные озера.
18. Геохимические особенности формирования состава вод водохранилищ.
19. Геохимические особенности формирования состава океанской воды. Главные ионы и соленость. Закон Дитмара.
20. Химическая стратификация. Геохимические условия появления анаэробных бассейнов в океане.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет состоит из 2 контрольных вопросов, относящихся к разным разделам курса. Ответы на оба вопроса билета оцениваются из 40 баллов.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю» Зав. кафедрой промышленной экологии Н.Е. Кручинина _____ (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра промышленной экологии
	Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология Профиль – «Мембранная технология»
	Химия окружающей среды
Билет № 7	
1. Земная кора. Строение и состав главных элементов. Высшая стадия развития.	
2. Первоисточники состава природных вод. Происхождение анионов и катионов.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Химия окружающей среды: учебное пособие / Кузнецов О.Ю., Кручинина Н.Е., Иванцова Н.А., Гриневич В.И., Костров В. В. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. – 188 с.

Б. Дополнительная литература

1. Задачи и вопросы по химии окружающей среды: учебное пособие / Тарасова Н. П., Кузнецов В. А., Сметанников Ю. В., Малков А. В., Додонова А. А. – М.: Мир, 2002. – 368 с.
2. Топалова, О. В. Химия окружающей среды : учебное пособие для вузов / О. В. Топалова, Л. А. Пимнева. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-8730-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179620> (дата обращения: 22.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Вода: химия и экология». ISSN 2072-8158.
- Журнал «Экологическая химия». ISSN 0869-3498.
- Журнал «Инженерная экология». ISSN 02-04 – 3483.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- window.edu.ru/resource/169/37169
- nashol.com/2015082986263/himiya...sredi-krupnova-t...
- biblio-online.ru/book/himiya-okruzhayuschey-sredy...

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 300);
- банк раздаточного материала (общее число листов – 1700).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Химия окружающей среды» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Презентации лекционного материала.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Для чтения курса лекций имеются компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства; подключение к локальной сети с выходом в Интернет.

Для самостоятельной работы каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к нескольким электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам), содержащим все издания основной литературы, перечисленные в Учебной программе дисциплины, сформированным на основании прямых договорных отношений с правообладателями.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине, методические рекомендации к практическим занятиям; раздаточный материал к лекционным курсам; электронные учебные издания, научно-популярные электронные издания.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; технологические справочники.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
3	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
4	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
5	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА-223/2024		12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1 Введение	<i>Знает:</i> - методы экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде. <i>Умеет:</i> - оценивать негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду. <i>Владеет:</i> - навыками реализации программ экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде.	Оценка за контрольную работу № 1 (составная часть оценки на зачёте).
Раздел 2 Физико-химические процессы в атмосфере	<i>Знает:</i> - методы экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде. <i>Умеет:</i> - оценивать негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду. <i>Владеет:</i> - навыками реализации программ экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде.	Оценка за контрольную работу № 1. (составная часть оценки на зачёте).
Раздел 3 Физико-химические процессы в гидросфере	<i>Знает:</i> - методы экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде. <i>Умеет:</i> - оценивать негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду. <i>Владеет:</i> - навыками реализации программ экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде.	Оценка за контрольную работу № 2 (составная часть оценки на зачёте).
Раздел 4 Физико-химические процессы в литосфере	<i>Знает:</i> - методы экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде. <i>Умеет:</i> - оценивать негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду. <i>Владеет:</i> - навыками реализации программ экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде.	Оценка за контрольную работу № 3 (составная часть оценки на зачёте).

Раздел 5 Физико-химические процессы на путях миграции вредных веществ в геосферах	<i>Знает:</i> - методы экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде. <i>Умеет:</i> - оценивать негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду. <i>Владеет:</i> - навыками реализации программ экологического мониторинга с учетом поведения загрязняющих веществ в окружающей среде.	Составная часть оценки на зачёте.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Химия окружающей среды»**

**основной образовательной программы
18.03.01 Химическая технология**

«Мембранная технология»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Электромембранные процессы»**

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки – «Мембранная технология»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2024

Программа составлена:

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Г.Г. Каграманов

К.т.н., доцент кафедры мембранной технологии С.И. Ильина

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии
« 08 » мая 2024 г., протокол № 9

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 «Химическая технология»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *мембранной технологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Электромембранные процессы»* относится к Блоку 1. Дисциплины (модули), к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической, аналитической, коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии и общей химической технологии.

Цель дисциплины – овладение знаниями в области теории протекания ионообменного и различных электромембранных процессов, а также овладение навыками применения теоретических законов к решению практических вопросов химической технологии.

Задачи дисциплины – формирование способности к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач в области применения электромембранных методов, готовности к разработке новых методов исследования и их применение в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области электромембранного разделения с учетом правил соблюдения авторских прав.

Дисциплина *«Электромембранные процессы»* преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-	ПК-4 Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	

разработке технологической документации	исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- механизмы протекания ионообменных и электромембранных процессов;
- факторы, влияющие на протекание ионообменных и электромембранных процессов;
- основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов.

Уметь:

- проводить оценку правильности проектных решений по оптимальному применению ионообменных и электромембранных процессов в различных технологических схемах;
- проводить расчет и подбор ионообменных и электромембранных аппаратов.

Владеть:

- методами сравнения вариантов проектных решений;
- навыками проектирования и расчета ионообменных и электромембранных установок.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
Лекции	0,89	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	32	24
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Раздел 1. Движение жидкости в аппаратах.	29	8	6	-	15
1.1	Гидродинамика в плоскокамерных аппаратах.	9	2	2	-	5
1.2	Гидродинамика в рулонных аппаратах.	10	3	2	-	5
1.3	Движение жидкости через зернистые слои.	10	3	2	-	5
2.	Раздел 2. Ионный обмен.	25	8	2	-	15
2.1	Основные термины и понятия. Классификация.	5	2	-	-	3
2.2	Свойства ионитов.	6	2	-	-	4
2.3	Механизм ионного обмена.	6	2	-	-	4
2.4	Расчёт ионообменной установки.	8	2	2	-	4
3.	Раздел 3. Электромембранные методы разделения	29	8	6	-	15
3.1	Основные термины и понятия. Классификация.	8	3	-	-	5
3.2	Механизм электромембранного разделения.	11	4	2	-	5
3.3	Расчёт электродиализных установок.	10	1	4	-	5
4.	Раздел 4. Комплексные технологические схемы с использованием электромембранных процессов разделения.	25	8	2	-	15
4.1	Требования к исходным растворам, подаваемым на электромембранные модули.	8	3	-	-	5
4.2	Организация потоков в электромембранных аппаратах.	7	2	-	-	5
4.3	Совместное использование электродиализас другими процессами.	10	3	2	-	5
	ИТОГО	108	32	16	-	60
	Экзамен					
	ИТОГО	108	32	16	-	60

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Движение жидкости в аппаратах

- 1.1. Гидродинамика в плоскокамерных аппаратах.
- 1.2. Гидродинамика в рулонных аппаратах.
- 1.3. Движение жидкости через зернистые слои.

Раздел 2. Ионный обмен

- 2.1. Основные термины и понятия. Классификация.
- 2.2. Свойства ионитов.
- 2.3. Механизм ионного обмена.
- 2.4. Расчёт ионообменной установки.

Раздел 3. Электромембранные методы разделения

- 3.1. Основные термины и понятия. Классификация.
- 3.2. Механизм электромембранного разделения.
- 3.3. Расчёт электродиализных установок.

Раздел 4. Комплексные технологические схемы с использованием электромембранных процессов разделения.

- 4.1. Требования к исходным растворам, подаваемым на электромембранные модули.
- 4.2. Организация потоков в электромембранных аппаратах.
- 4.3. Совместное использование электродиализа с другими процессами.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	
	Знать: (перечень из п.2)					
1	механизмы протекания ионообменных и электромембранных процессов;		+	+		
2	факторы, влияющие на протекание ионообменных и электромембранных процессов;	+			+	
3	основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов.	+	+	+	+	
	Уметь: (перечень из п.2)					
4	проводить оценку правильности проектных решений по оптимальному применению ионообменных и электромембранных процессов в различных технологических схемах;				+	
5	проводить расчет и подбор ионообменных и электромембранных аппаратов.		+	+		
	Владеть: (перечень из п.2)					
6	методами сравнения вариантов проектных решений;				+	
7	навыками проектирования и расчета ионообменных и электромембранных установок.		+	+		
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)						
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)				
12	– ПК-1. Способен разработать, рассчитать и спроектировать инновационные технические решения по выделению и очистке синтетических и природных продуктов	ПК-4.1 Знает принцип разработки технологических процессов, традиционные и инновационные методы и оборудование для оснащения производственных линий				+
		ПК-4.2 Умеет выполнять балансовые расчеты производства, расчеты и выбор оборудования	+			+
		ПК-4.3 Владеет методами оптимизации технических решений, ресурсосбережения, решения экологических проблем производства		+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Практическое занятие 1. Гидродинамика в каналах различной конфигурации. Уравнение Дарси. Способы измерения расхода. Расчёт и подбор насосов. Выбор точек присоединения контрольно-измерительных приборов.	2
2	1	Практическое занятие 2. Движение жидкости через зернистые слои. Гидромеханика неподвижного и псевдооживленного слоя.	2
3	1	Практическое занятие 3. Фильтрация. Скорость фильтрации. Параметры, влияющие на скорость фильтрации.	2
4	2	Практическое занятие 1. Расчёт ионнообменной установки.	2
5	3	Практическое занятие 1 Механизм электромембранного разделения. Расчёт предельной плотности тока. Определение выхода по току	2
6	3	Практическое занятие 2. Расчёт проточной электродиализной установки.	2
7	3	Практическое занятие 3. Расчёт электродиализной установки с рециркуляцией.	2
8	4	Практическое занятие 1. Основы технико-экономического расчёта электродиализных аппаратов в технологических схемах.	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Электромембранные процессы*» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и подготовку к семинарам и выполнению контрольных и домашних работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной научно-технической, патентной и нормативной литературы, а также работу с электронно-библиотечными системами включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;

- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционной дисциплины;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (7 семестр).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Ионообменная хроматография
2. Выделение чистых компонентов из дезактивированных кубовых остатков АЭС и их повторное использование.
3. Производство протеина с использованием электродиализа.
4. Применение электродиализа для биологической стабилизации виноградных вин и соков.
5. Применение ионного обмена при очистке сточных вод от тяжёлых металлов.
6. Применение ионного обмена в очистке сточных вод.
7. Применение ионообменных смол в фармацевтике.
8. Комплексные схемы переработки жидких радиоактивных отходов.
9. Извлечение радиоактивных элементов с помощью ионитов.
10. Механизм и кинетика процессов ионного обмена.
11. Фильтры смешанного действия.
12. Опреснение воды электродиализом.
13. Уголь как адсорбент.
14. Обратный электродиализ.
15. Расчёт ионообменных установок.
16. Необратимая диссоциация молекул воды на межфазной границе ионообменной мембраны и раствора электролита при электродиализе.
17. Иониты с палладием для извлечения кислорода из воды.
18. Жидкие иониты.
19. Опреснение морской воды электродиализом.
20. Получение ионитов.
21. Деионизированная вода. Применение в промышленности и современные методы очистки. Электродеионизация.
22. Биполярные ионообменные мембраны.
23. Применение ионообменных мембран для удаления ионов тяжёлых и благородных металлов из воды с последующим восстановлением.
24. Применение электродиализа для получения регенерационных растворов в ионообменном процессе деминерализации молочной сыворотки.
25. Применение ионообменных смол в фармацевтике.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1, 2, 3 (7 семестр) составляет 20 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1

1. Для адсорбционной очистки органической жидкости (ацетон) от примесей в адсорбер диаметром 0,9 м загружено 230 кг активированного угля. Призматические гранулы угля имеют в основании квадрат со стороной 1,5 мм и высоту 4 мм. Кажущаяся плотность частиц 600 кг/м^3 ; насыпная плотность гранул 300 кг/м^3 . Производительность аппарата по очищаемой жидкости 100 т/ч при температуре 30°C . Определить режим течения жидкости в слое и гидравлическое сопротивление слоя.
2. Для адсорбционной очистки органической жидкости (ацетон) от примесей в адсорбер диаметром 0,9 м загружено 230 кг активированного угля. Призматические гранулы угля имеют в основании квадрат со стороной 1,5 мм и высоту 4 мм. Кажущаяся плотность частиц 600 кг/м^3 ; насыпная плотность гранул 300 кг/м^3 . Производительность аппарата по очищаемой жидкости 100 т/ч при температуре 30°C . Определить режим течения жидкости в слое и гидравлическое сопротивление слоя.
3. Для адсорбционной очистки органической жидкости (ацетон) от примесей в адсорбер диаметром 0,8 м загружено 230 кг активированного угля. Призматические гранулы угля имеют в основании квадрат со стороной 1,5 мм и высоту 4 мм. Кажущаяся плотность частиц 600 кг/м^3 ; насыпная плотность гранул 300 кг/м^3 . Производительность аппарата по очищаемой жидкости 100 т/ч при температуре 30°C . Определить режим течения жидкости в слое и гидравлическое сопротивление слоя.
4. Для адсорбционной очистки органической жидкости (ацетон) от примесей в адсорбер диаметром 0,1 м загружено 230 кг активированного угля. Призматические гранулы угля имеют в основании квадрат со стороной 1,5 мм и высоту 4 мм. Кажущаяся плотность частиц 600 кг/м^3 ; насыпная плотность гранул 300 кг/м^3 . Производительность аппарата по очищаемой жидкости 100 т/ч при температуре 30°C . Определить режим течения жидкости в слое и гидравлическое сопротивление слоя.
5. Для адсорбционной очистки органической жидкости (ацетон) от примесей в адсорбер диаметром 0,9 м загружено 220 кг активированного угля. Призматические гранулы угля имеют в основании квадрат со стороной 1,5 мм и высоту 4 мм. Кажущаяся плотность частиц 600 кг/м^3 ; насыпная плотность гранул 300 кг/м^3 . Производительность аппарата по очищаемой жидкости 100 т/ч при температуре 30°C . Определить режим течения жидкости в слое и гидравлическое сопротивление слоя.

Вопрос 1.2.

1. При фильтровании водной суспензии при температуре 25 °С получен осадок, имеющий до просушки влажность 20 % масс. Твёрдые частицы осадка имеют плотность 1400 кг/м³; размер частиц (диаметр эквивалентного шара) 150 мкм; фактор формы 0,35 м²/м². Определить удельное сопротивление слоя осадка.
2. При фильтровании водной суспензии при температуре 25 °С получен осадок, имеющий до просушки влажность 20 % масс. Твёрдые частицы осадка имеют плотность 1400 кг/м³; размер частиц (диаметр эквивалентного шара) 150 мкм; фактор формы 0,35 м²/м². Определить удельное сопротивление слоя осадка.
3. При фильтровании водной суспензии при температуре 25 °С получен осадок, имеющий до просушки влажность 20 % масс. Твёрдые частицы осадка имеют плотность 1400 кг/м³; размер частиц (диаметр эквивалентного шара) 150 мкм; фактор формы 0,35 м²/м². Определить удельное сопротивление слоя осадка.
4. При фильтровании водной суспензии при температуре 25 °С получен осадок, имеющий до просушки влажность 20 % масс. Твёрдые частицы осадка имеют плотность 1400 кг/м³; размер частиц (диаметр эквивалентного шара) 150 мкм; фактор формы 0,35 м²/м². Определить удельное сопротивление слоя осадка.
5. При фильтровании водной суспензии при температуре 25 °С получен осадок, имеющий до просушки влажность 20 % масс. Твёрдые частицы осадка имеют плотность 1400 кг/м³; размер частиц (диаметр эквивалентного шара) 150 мкм; фактор формы 0,35 м²/м². Определить удельное сопротивление слоя осадка.

Вопрос 1.3

1. Фильтровальная перегородка из пористого материала толщиной 2 мм имеет поры диаметром 4 мкм. На каждый квадратный миллиметр поверхности перегородки приходится 34 тысяч пор. Определить сопротивление фильтровальной перегородки.
2. Фильтровальная перегородка из пористого материала толщиной 2 мм имеет поры диаметром 4 мкм. На каждый квадратный миллиметр поверхности перегородки приходится 34 тысяч пор. Определить сопротивление фильтровальной перегородки.
3. Фильтровальная перегородка из пористого материала толщиной 2 мм имеет поры диаметром 4 мкм. На каждый квадратный миллиметр поверхности перегородки приходится 34 тысяч пор. Определить сопротивление фильтровальной перегородки.
4. Фильтровальная перегородка из пористого материала толщиной 2 мм имеет поры диаметром 4 мкм. На каждый квадратный миллиметр поверхности перегородки приходится 34 тысяч пор. Определить сопротивление фильтровальной перегородки.
5. Фильтровальная перегородка из пористого материала толщиной 2 мм имеет поры диаметром 4 мкм. На каждый квадратный миллиметр поверхности перегородки приходится 34 тысяч пор. Определить сопротивление фильтровальной перегородки.

Вопрос 1.4

1. Определить перепад давления на фильтре площадью 5 м^2 , изготовленном из фильтровальной перегородки, рассмотренной в задаче 3, если в процессе фильтрования на фильтре образовался осадок, рассмотренный в задаче 2, толщиной 7 мм. Производительность фильтра по фильтрату $35 \text{ м}^3/\text{ч}$.
2. Определить перепад давления на фильтре площадью 5 м^2 , изготовленном из фильтровальной перегородки, рассмотренной в задаче 3, если в процессе фильтрования на фильтре образовался осадок, рассмотренный в задаче 2, толщиной 7 мм. Производительность фильтра по фильтрату $35 \text{ м}^3/\text{ч}$.
3. Определить перепад давления на фильтре площадью 5 м^2 , изготовленном из фильтровальной перегородки, рассмотренной в задаче 3, если в процессе фильтрования на фильтре образовался осадок, рассмотренный в задаче 2, толщиной 7 мм. Производительность фильтра по фильтрату $35 \text{ м}^3/\text{ч}$.
4. Определить перепад давления на фильтре площадью 5 м^2 , изготовленном из фильтровальной перегородки, рассмотренной в задаче 3, если в процессе фильтрования на фильтре образовался осадок, рассмотренный в задаче 2, толщиной 7 мм. Производительность фильтра по фильтрату $35 \text{ м}^3/\text{ч}$.
5. Определить перепад давления на фильтре площадью 5 м^2 , изготовленном из фильтровальной перегородки, рассмотренной в задаче 3, если в процессе фильтрования на фильтре образовался осадок, рассмотренный в задаче 2, толщиной 7 мм. Производительность фильтра по фильтрату $35 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 5 вопроса, по 4 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Определение: «Ионный обмен».
2. Определение: «Иониты».
3. Определение: «Противоион».
4. Определение: «Фиксированный ион».
5. Определение: «Катионит».

Вопрос 2.2.

1. Классификация ионитов по природе ионогенных групп.
2. Классификация ионитов по силе ионизации ионогенных групп.
3. Классификация ионитов по природе матрицы ионитов.
4. Классификация ионитов по типу матрицы ионитов.
5. Классификация ионитов по силе ионизации ионогенных групп.

Вопрос 2.3.

1. Механизм ионного обмена. Гелевая кинетика.
2. Механизм ионного обмена. Плёночная кинетика.

Вопрос 2.4.

1. Основные характеристики ионитов.

Вопрос 2.5.

1. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью $1,8 \text{ г-экв/л}$ требуется для умягчения воды расходом $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ с жесткостью 8 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.

2. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью 1,9 г-экв/л требуется для умягчения воды расходом 3,5 м³/ч с жесткостью 9 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.
3. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью 1,8 г-экв/л требуется для умягчения воды расходом 4 м³/ч с жесткостью 10 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.
4. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью 2 г-экв/л требуется для умягчения воды расходом 4,5 м³/ч с жесткостью 8,5 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.
5. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью 1,8 г-экв/л требуется для умягчения воды расходом 5 м³/ч с жесткостью 9 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 1 вопроса, по 20 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Какой объём смолы с ионообменной ёмкостью 1,8 г-экв/л требуется для умягчения воды расходом 5 м³/ч с жесткостью 9 мг-экв/л за 1 час. Считать, что запас составляет 20%. Расширение слоя за счет набухаемости не учитывать.
2. Требуется рассчитать электродиализную установку проточного типа производительностью 20 м³/час. Вода для опреснения с солесодержанием 18 г/л (по NaCl) подаётся в аппарат. На выходе солесодержание должно составлять 0,15 г/л.
3. Требуется рассчитать электродиализную установку циркуляционного типа производительностью 10 м³/час. Исходная сыrovотка подаётся в аппарат с концентрацией 9,9 г/л. Концентрация минеральных веществ на выходе из аппарата должна составлять 0,99 г/л. Коэффициент экранирования мембраны рамкой принять равным 0,75.
4. Требуется рассчитать электродиализную установку проточного типа производительностью 25 м³/час. Вода для опреснения с солесодержанием 18 г/л (по NaCl) подаётся в аппарат. На выходе солесодержание должно составлять 0,15 г/л.
5. Требуется рассчитать электродиализную установку циркуляционного типа производительностью 15 м³/час. Исходная сыrovотка подаётся в аппарат с концентрацией 9,9 г/л. Концентрация минеральных веществ на выходе из аппарата должна составлять 0,99 г/л. Коэффициент экранирования мембраны рамкой принять равным 0,75.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 16 баллов, вопрос 2 – 16 баллов, вопрос 3 – 8 баллов.

1. Электропроводность ионитов. Конвективная электропроводность
2. Зависимость напряжения от плотности тока на разных стадиях поляризации.
3. Какова будет концентрация дилуата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 3,2 г/л и расходом 7 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 5 А. Выход по току 65 %.

4. Селективность ионитов.
5. Электродиализ с биполярными мембранами.
6. Какова будет концентрация диллюата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 5 г/л и расходом 6,5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 7 А. Выход по току 66,2 %.
7. Ионообменное равновесие.
8. Предотвращение образования отложений на мембранах.
9. Какова будет концентрация диллюата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 3,2 г/л и расходом 6 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 5 А. Выход по току 60 %.
10. Обменная емкость ионитов.
11. Мембраны в электромембранных процессах.
12. Какова будет концентрация диллюата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 4,6 г/л и расходом 5,5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 7 А. Выход по току 68,8 %.
13. Классификация ионитов по материалу матрицы.
14. Электродеионизация.
15. Какова будет концентрация диллюата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 5 г/л и расходом 5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 6 А. Выход по току 62,4 %.
16. Регенерация ионитов.
17. Принципы расчета электродиализной установки.
18. Какова будет концентрация диллюата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 3,4 г/л и расходом 7 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 5,5 А. Выход по току 63,8 %.
19. Принципы расчета ионообменного умягчения.
20. Электродиализное концентрирование.
21. Какова будет концентрация диллюата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 3,8 г/л и расходом 6,5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 6 А. Выход по току 67,4 %.
22. Практическое применение ионного обмена.
23. Электродиализное обессоливание.
24. Какова будет концентрация диллюата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 4,6 г/л и расходом 6 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 5,5 А. Выход по току 67,6 %.
25. Механизм ионного обмена. Лимитирующая стадия.
26. Электродеионизация.
27. Какова будет концентрация диллюата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 4,8 г/л и расходом 5,5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 6,5 А. Выход по току 63,6 %.
28. Классификация ионитов по силе ионизации ионообменных групп.
29. Толщина диффузионного слоя. Факторы, влияющие на толщину диффузионного слоя.
30. Какова будет концентрация диллюата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 4,8 г/л и расходом 5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 6 А. Выход по току 62,6 %.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (7 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «***Электромембранные процессы***» проводится в 7 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для ***зачета с оценкой*** состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для *зачета с оценкой*

«Утверждаю» _____ (Должность, наименование кафедры) _____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра мембранной технологии
	18.03.01 «Химическая технология»
	Профиль – «Мембранная технология»
	Электромембранные процессы
Билет № 1 1. Обменная емкость ионитов. 2. Мембраны в электромембранных процессах. 3. Какова будет концентрация дилюата, если при обессоливании раствора NaCl с исходной концентрацией 4,8 г/л и расходом 5,5 л/ч, поддерживать на ячейке силу тока 7 А. Выход по току 65,6 %.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Фазылова Д. И., Шишкина Н. Н., Яруллин Р. С., Кияненко Е. А. Мембранные процессы разделения: учебное пособие. - Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – 112 с.

Б. Дополнительная литература

1. Орлов Н. С. Промышленное применение мембранных процессов: учебное пособие / Н. С. Орлов. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 111 с.
2. Бытовые водоочистные устройства: учебное пособие / Г. В. Терпугов [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. - 59 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» ISSN 2072-2710
- Журнал «Химическая Промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Fibers» ISSN 2079-6439
- Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.membrane.msk.ru>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <https://ru.espacenet.com/>
- <https://www.elsevier.com/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 г. составляет 1 559 436 экз..

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Электромембранные процессы*» проводятся в форме лекций, семинарских занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Если необходима наглядная демонстрация каких-либо материалов, то для семинарских занятий используются электронные средства демонстрации, имеющиеся на кафедре: компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран, наглядные образцы мембран, модулей на их основе и оборудования.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для освоения дисциплины используются следующие печатные и электронные информационные ресурсы:

- учебники и учебные пособия по основным разделам дисциплины;
- учебно-методические разработки кафедры в печатном и электронном виде;
- электронные презентации к разделам лекционных дисциплин.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с

	• Excel • Power Point • Outlook			правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Движение жидкости в аппаратах.	<i>Знает:</i> – факторы, влияющие на протекание ионообменных и электромембранных процессов; – основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов	Оценка за контрольную работу №1 (7 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (7 семестр)
Раздел 2. Ионный обмен.	<i>Знает:</i> – механизмы протекания ионообменных и электромембранных процессов; – основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов <i>Умеет:</i> – проводить расчет и подбор ионообменных и электромембранных аппаратов. <i>Владеет:</i> – навыками проектирования и расчета ионообменных и электромембранных установок.	Оценка за контрольную работу №2 (7 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (7 семестр)
Раздел 3. Электромембранные методы разделения	<i>Знает:</i> – механизмы протекания ионообменных и электромембранных процессов; – основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов <i>Умеет:</i> – проводить расчет и подбор ионообменных и электромембранных аппаратов. <i>Владеет:</i> – навыками проектирования и расчета ионообменных и электромембранных установок.	Оценка за контрольную работу №3 (7 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (7 семестр)

Раздел 4. Комплексные технологические схемы с использованием электромембранных процессов разделения.	<i>Знает:</i> – факторы, влияющие на протекание ионообменных и электромембранных процессов; – основы расчета ионообменных и электромембранных аппаратов. <i>Умеет:</i> – проводить оценку правильности проектных решений по оптимальному применению ионообменных и электромембранных процессов в различных технологических схемах; <i>Владеет:</i> – методами сравнения вариантов проектных решений	Оценка за реферат (7 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (7 семестр)

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Электромембранные процессы»

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Мембранная технология»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.



РХТУ им. Д.И. Менделеева
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Комарницкая Елена Анатольевна
Проректор по образованию,
Ректорат

Подписан: 02:07:2025 14:54:15