

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ:



Проректор по учебной работе,  
качества образования – первый  
проректор

Хагуров Т.А.

2018г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.07.01 ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ В МЕМБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ**  
(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| Направление подготовки   | 04.03.01 Химия   |
| Направленность (профиль) | физическая химия |
| Программа подготовки     | академическая    |
| Форма обучения           | очная            |
| Квалификация выпускника  | бакалавр         |

Краснодар 2018

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты в мембранной технологии» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.03.01 Химия

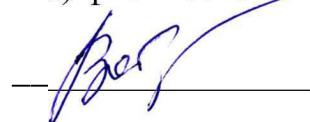
Программу составил:

Мельников С.С., доц. каф. физ. химии, канд. хим. наук



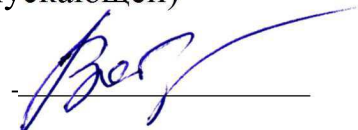
Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты в мембранной технологии» утверждена на заседании кафедры (разработчика) физической химии протокол № 11 от 10.04.2018 г.

Заведующий кафедрой, Заболоцкий В.И.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры (выпускающей) физической химии протокол № 11 от 10.04.2018 г.

Заведующий кафедрой, Заболоцкий В.И.

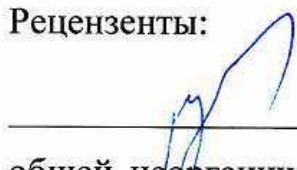


Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий протокол №5 от 20.04.2018 г.

Председатель УМК факультета, Стороженко Т. П.



Рецензенты:



Зеленов В. И., канд. хим. наук, доцент кафедры общей, неорганической химии и информационно-вычислительных технологий в химии ФГБОУ ВО «КубГУ».



Савицкий С. Ю., начальник технологического отдела ООО «НК Роснефть-НТЦ», канд. хим. наук

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).**

### **1.1 Цель освоения дисциплины.**

Получение студентами теоретических и практических знаний в области мембранной технологии, навыков практического применения мембранных аппаратов.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

Формирование у студентов знаний теоретических основ процессов, используемых в мембранной технологии, навыков практического применения мембранных аппаратов.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «Б1.В.ДВ.07.01 Процессы и аппараты в мембранной технологии» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Для ее изучения необходимо предварительное изучение дисциплины Б1.В.ДВ.10.01 «Физическая химия ионполимеров» или Б1.В.ДВ.10.02 «Применение ионполимеров в электрохимической технологии» и Б1.В.ДВ.08.01 «Мембраны и каталитические системы» или Б1.В.ДВ.08.02 «Химия воды и водоподготовка». Знания, приобретенные при освоении дисциплины, могут быть использованы при изучении дисциплин Б1.В.06 «Моделирование физико-химических систем и процессов», Б1.В.ДВ.09.01 «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии» или Б1.В.ДВ.09.02 «Химические нанореакторы», прохождения производственной практики (научно-исследовательская работа) и выполнении выпускной квалификационной работы.

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций

| №<br>п/<br>п | Индекс<br>компет<br>енции | Содержание<br>компетенции (или<br>её части)                                                                                       | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся<br>должны      |                                                                                              |                                                                                          |
|--------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |                           |                                                                                                                                   | знать                                                               | уметь                                                                                        | владеть                                                                                  |
| 1            | ОПК-1                     | способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач | - Основы мембранных процессов                                       | - Подбирать необходимые мембранные технологии в зависимости от требований к объектам очистки | - Навыками работы на современной компьютерной технике для решения профессиональных задач |
| 2            | ПК-1                      | способностью выполнять стандартные операции по предлагаемому методикам                                                            | - Стандартные методики, применяемые для изучения мембранных модулей | - Применять стандартные методики с целью получения данных о работе мембранных модулей        | - Методами обработки полученных данных                                                   |
| 4            | ПК-5                      | способностью получать и                                                                                                           | - Современные компьютерные                                          | - Получать результаты                                                                        | - Методами обработки                                                                     |

| №<br>п/<br>п | Индекс<br>компет<br>енции | Содержание<br>компетенции (или<br>её части)                                                                    | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся<br>должны        |                                                                            |                                                         |
|--------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|              |                           |                                                                                                                | знать                                                                 | уметь                                                                      | владеть                                                 |
|              |                           | обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий                    | программы для получения и обработки экспериментальных данных          | измерений с использованием современных компьютерных технологий             | полученных результатов                                  |
| 5            | ПК-7                      | владением методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств | - Физические и химические свойства применяемых в эксперименте веществ | - Обращаться с химическими веществами согласно правил техники безопасности | - Навыками техники безопасности при работе с веществами |

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач. ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

| Вид учебной работы                                                    |                                      | Всего<br>часов | Семестры<br>(часы) |             |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------|--------------------|-------------|
|                                                                       |                                      |                | 5                  | 6           |
| <b>Контактная работа, в том числе:</b>                                |                                      |                |                    |             |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>                                    |                                      |                |                    |             |
| Занятия лекционного типа                                              |                                      | 36             | 18                 | 18          |
| Лабораторные занятия                                                  |                                      | 76             | 36                 | 40          |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)            |                                      | -              | -                  | -           |
|                                                                       |                                      | -              | -                  | -           |
| <b>Иная контактная работа:</b>                                        |                                      |                |                    |             |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                                 |                                      | 6              | 2                  | 4           |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                                        |                                      | 0,4            | 0,2                | 0,2         |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>                           |                                      |                |                    |             |
| Проработка учебного (теоретического) материала                        |                                      | 27             | 9                  | 18          |
| Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций) |                                      | 19,8           | -                  | 19,8        |
| Подготовка к текущему контролю                                        |                                      | 14,8           | 6,8                | 8           |
| <b>Контроль:</b>                                                      |                                      |                |                    |             |
| Подготовка к экзамену                                                 |                                      | -              | -                  | -           |
| <b>Общая трудоемкость</b>                                             | <b>час.</b>                          | <b>180</b>     | <b>72</b>          | <b>108</b>  |
|                                                                       | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>118,4</b>   | <b>56,2</b>        | <b>62,2</b> |
|                                                                       | <b>зач. ед</b>                       | <b>5</b>       | <b>2</b>           | <b>3</b>    |

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

| № | Наименование разделов                                               | Количество часов |                   |    |    |                             |
|---|---------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|-----------------------------|
|   |                                                                     | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Внеаудиторная работа<br>СРС |
|   |                                                                     |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                             |
| 1 | 2                                                                   | 3                | 4                 | 5  | 6  | 7                           |
| 1 | Введение. Основные сведения о мембранных процессах.                 | 15,8             | 4                 |    | 8  | 3,8                         |
| 2 | Типы мембранных процессов и механизмы массопереноса через мембраны. | 16               | 4                 |    | 8  | 4                           |
| 3 | Баромембранные процессы                                             | 26               | 6                 |    | 16 | 4                           |
| 4 | Диффузионные и термомембранные процессы                             | 12               | 4                 |    | 4  | 4                           |
|   | <i>Итого по дисциплине:</i>                                         | 69,8             | 18                |    | 36 | 15,8                        |

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре.

| № | Наименование разделов                             | Количество часов |                   |    |    |                             |
|---|---------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|-----------------------------|
|   |                                                   | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Внеаудиторная работа<br>СРС |
|   |                                                   |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                             |
| 1 | 2                                                 | 3                | 4                 | 5  | 6  | 7                           |
| 1 | Электромембранные процессы                        | 42               | 9                 |    | 20 | 13                          |
| 2 | Основные области применения мембранных технологий | 61,8             | 9                 |    | 20 | 32,8                        |
|   | <i>Итого по дисциплине:</i>                       | 103,8            | 18                |    | 36 | 45,8                        |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

| №  | Наименование раздела                                | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                        | Форма текущего контроля |
|----|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1  | 2                                                   | 3                                                                                                                                                                                                                                                         | 4                       |
| 1. | Введение. Основные сведения о мембранных процессах. | Области применения мембранной технологии и ее преимущества перед традиционными технологиями. История развития мембранной технологии. Современное состояние мембранных методов разделения и очистки веществ. Анализ рынка мембран и мембранных технологий. |                         |
| 2. | Типы мембранных                                     | Баромембранные, диффузионные,                                                                                                                                                                                                                             | ЛР                      |

|    |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|----|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|    | процессов и механизмы массопереноса через мембраны. | электромембранные, термомембранные процессы. Конвекция, диффузия, электромиграция. Концентрационная поляризация. Осадкообразование на мембране. Влияние поляризационных явлений на производительность мембран. Способы снижения влияния поляризационных явлений.                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
| 3. | Баромембранные процессы                             | Основные типы баромембранных процессов: микрофльтрация, ультрафльтрация, нанофльтрация, обратный осмос. Основные факторы, влияющие на процесс разделения. Микрофльтрация, ультрафльтрация. Строение микрофльтрационных и ультрафльтрационных мембран. Влияние параметров рабочего режима на процесс разделения. Обратный осмос. Механизм обратноосмотического разделения. Особенности строения обратноосмотических мембран. Влияние параметров рабочего режима на процесс разделения. Нанофльтрация.                                      | ЛР |
| 4. | Диффузионные и термомембранные процессы             | Разделение газовых смесей. Селективность пористых и непористых газоразделительных мембран. Диализ. Мембранная экстракция с использованием жидких мембран. Мембранная дистилляция. Первапорация (испарение через мембрану).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ЛР |
| 5. | Электромембранные процессы                          | Основные виды электромембранных процессов. Электродиализ. Конструкции электродиализных аппаратов. Электродиализные процессы и аппараты, предназначенные для обессоливания растворов, концентрирования электролитов. Электродиализные процессы и аппараты, предназначенные для получения деионизованной воды. Электродиализные процессы и аппараты, предназначенные для синтеза кислот и щелочей. Мембранный электролиз. Получение неорганических веществ мембранным электролизом. Получение органических веществ мембранным электролизом. | ЛР |
| 6. | Основные области применения мембранных технологий   | Применение мембран в водоподготовке: получение питьевой воды путем опреснения морских вод, повышение качества питьевой воды, получение особо чистой воды, обеззараживание и стерилизация воды. Применение мембран в медицине: получение очищенной, стерильной, апиrogenной воды для                                                                                                                                                                                                                                                       | Р  |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <p>приготовления вакцин, медицинских препаратов, промывки ампул, очистка крови методом диализа (аппарат искусственная почка), мембранная оксигенация крови, введение в организм лекарственных веществ, регулируемое капсулированием, выделение, очистка и концентрирование лекарственных препаратов в процессах получения лекарственных средств, физиотерапия (аппарат «Горный воздух»).</p> <p>Применение мембран в топливно-энергетическом комплексе: очистка и осушка попутного нефтяного газа, разделение компонентов нефтехимических производств.</p> <p>Применение мембран в микроэлектронной промышленности: получение особо чистой воды, глубокая очистка воздуха для «чистых» комнат. Применение мембран для очистки сточных вод: очистка сточных вод целлюлозно-бумажных, текстильных, гальванических производств, предприятий, производящих полимерные волокна, переработка жидких радиоактивных отходов. Применение мембран в аналитической химии: ион-селективные электроды, мембранные датчики на газы, мембранные методы аналитического разделения, разделение биогаза.</p> |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Семинарские занятия не предусмотрены учебным планом

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

| № | Наименование лабораторных работ                                                                                          | Форма текущего контроля                                    |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1 | 3                                                                                                                        | 4                                                          |
| 1 | Исследование процесса предподготовки исходного раствора перед его обработкой мембранным методом.                         | Отчет по лабораторной работе                               |
| 2 | Изучение процесса микрофльтрации.                                                                                        | Отчет по лабораторной работе                               |
| 3 | Изучение процесса переработки растворов солей методом обратного осмоса.                                                  | Отчет по лабораторной работе                               |
| 4 | Изучение разделения жидких неоднородных систем методом ультрафльтрации (УФ). Расчёт параметров процесса ультрафльтрации. | Отчет по лабораторной работе. Расчетно-графическое задание |
| 5 | Изучение процесса умягчения водопроводной воды методом нанофльтрации.                                                    | Отчет по лабораторной работе                               |

|    |                                                                                                                  |                              |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 6  | Исследование процесса нейтрализационного диализа.                                                                | Отчет по лабораторной работе |
| 7  | Исследование электродиализного процесса концентрирования электролита.                                            | Отчет по лабораторной работе |
| 8  | Исследование процесса получения деионизованной воды.                                                             | Отчет по лабораторной работе |
| 9  | Исследование процесса получения кислоты и щелочи из соли электродиализом с биполярными ионообменными мембранами. | Отчет по лабораторной работе |
| 10 | Получение энергии с использованием градиента концентрации, методом реверсивного электродиализа.                  | Отчет по лабораторной работе |
| 11 | Исследование основных характеристик топливного элемента.                                                         | Отчет по лабораторной работе |

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы - не предусмотрены

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| № | Вид СРС                                                               | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                   |
|---|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                                                                     | 3                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1 | Проработка учебного (теоретического) материала                        | Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с. |
| 2 | Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций) | Методические указания по организации самостоятельной работы студента, утвержденные кафедрой физической химии, протокол № 1 от 30.08.2017 г.                                                                                                 |
| 3 | Подготовка к текущему контролю                                        | Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с. |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии.

Для формирования профессиональных компетенций в процессе освоения курса используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование и развитие продуктивных познавательных действий студентов.

| Семестр | Вид занятия<br>(Л, ПР, ЛР) | Используемые интерактивные образовательные технологии         | Количество часов |
|---------|----------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|
| 5       | ЛР                         | Беседы                                                        | 2                |
|         |                            | Разбор ситуаций                                               | 6                |
|         |                            | Работа в малых группах                                        | 12               |
| 6       | ЛР                         | Беседы                                                        | 2                |
|         |                            | Разбор ситуаций                                               | 6                |
|         |                            | Работа в малых группах                                        | 12               |
|         |                            | Презентация рефератов (разработок) в формате мини-конференции | 10               |
| Итого:  |                            |                                                               | 50               |

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

#### 4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

##### ПРОВЕРОЧНАЯ РАБОТА № 1

по дисциплине «Процессы и аппараты в мембранной технологии»

Направление подготовки "04.03.01 Химия",

профиль подготовки – Физическая химия, 201\_-201\_ уч. г.

Раздел рабочей программы «Введение. Основные сведения о мембранных процессах»

Вариант 1

1. Укажите области применения мембранных технологий, а также их преимущества перед традиционными технологиями очистки.
2. Какие свойства мембран положены в основу их классификаций? Приведите три классификации мембран.
3. Механизмы массопереноса через мембраны - диффузия.

##### ПРОВЕРОЧНАЯ РАБОТА № 1

по дисциплине «Процессы и аппараты в мембранной технологии»

Направление подготовки "04.03.01 Химия",

профиль подготовки – Физическая химия, 201\_-201\_ уч. г.

Раздел рабочей программы «Введение. Основные сведения о мембранных процессах»

Вариант 2

1. Какие типы структур имеют мембраны, которые относятся к органическим?
2. Какие требования предъявляют к мембранам?
3. Механизмы массопереноса через мембраны - миграция.

ПРОВЕРОЧНАЯ РАБОТА № 2

по дисциплине «Процессы и аппараты в мембранной технологии»

Направление подготовки "04.03.01 Химия",

профиль подготовки – Физическая химия, 201\_-201\_ уч. г.

Раздел рабочей программы «Баромембранные процессы»

Вариант 1

1. Основные типы баромембранных процессов: микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос.
2. Основные факторы, влияющие на процессы баромембранного разделения.
3. Строение микрофильтрационных и ультрафильтрационных мембран.

ПРОВЕРОЧНАЯ РАБОТА № 2

по дисциплине «Процессы и аппараты в мембранной технологии»

Направление подготовки "04.03.01 Химия",

профиль подготовки – Физическая химия, 201\_-201\_ уч. г.

Раздел рабочей программы «Баромембранные процессы»

Вариант 2

1. Механизм обратноосмотического разделения.
2. Особенности строения обратноосмотических мембран.
3. Влияние параметров рабочего режима на процесс разделения.

ПРОВЕРОЧНАЯ РАБОТА № 3

по дисциплине «Процессы и аппараты в мембранной технологии»

Направление подготовки "04.03.01 Химия",

профиль подготовки – Физическая химия, 201\_-201\_ уч. г.

Раздел рабочей программы «Электромебранные процессы»

Вариант 1

1. Виды электромебранных процессов?
2. Электродиализные процессы и аппараты, предназначенные для обессоливания растворов, концентрирования электролитов.

ПРОВЕРОЧНАЯ РАБОТА № 3

по дисциплине «Процессы и аппараты в мембранной технологии»

Направление подготовки "04.03.01 Химия",

профиль подготовки – Физическая химия, 201\_-201\_ уч. г.

Раздел рабочей программы «Электромебранные процессы»

Вариант 2

1. Электродиализные процессы и аппараты, предназначенные для получения деионизованной воды.
2. Электродиализные процессы и аппараты, предназначенные для синтеза кислот и щелочей.

**Примерные темы рефератов:**

1. Топливные элементы, их классификация, процессы переноса в топливных элементах.
2. Применение мембран в водоподготовке: получение питьевой воды путем опреснения морских вод.
3. Применение мембран в водоподготовке: получение особо чистой воды.
4. Применение мембран в пищевой промышленности: концентрирование соков, очистка вина, пива.
5. Применение мембран в пищевой промышленности: переработка молочных продуктов.
6. Применение мембран в биотехнологии: извлечение целевых компонентов (ферментов, витаминов и пр.), концентрирование продуктов биотехнологических процессов.
7. Применение мембран в биотехнологии: организация непрерывных биотехнологических процессов, в которых происходит непрерывное извлечение целевых компонентов из биореактора (мембранный реактор).
8. Применение мембран в медицине: очистка крови методом диализа (аппарат искусственная почка).
9. Применение мембран в топливно-энергетическом комплексе: очистка и осушка попутного нефтяного газа.
10. Применение мембран для очистки сточных вод: очистка сточных вод целлюлозно-бумажных производств
11. Применение мембран для очистки сточных вод гальванических производств,
12. Применение мембран для переработки жидких радиоактивных отходов.

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

##### **Вопросы для подготовки к зачёту:**

Зачет проводится в форме устного опроса по вопросам, с предварительной подготовкой. Экзаменатор вправе задавать вопросы сверх билета.

1. Области применения мембранной технологии и ее преимущества перед традиционными технологиями разделения.
2. Какие известны мембранные методы разделения и очистки веществ?
3. Типы мембранных процессов: баромембранные, диффузионные, электромембранные, термомембранные.
4. Механизмы массопереноса через мембраны: конвекция, диффузия, электромиграция.
5. Основные типы баромембранных процессов: микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос.
6. Концентрационная поляризация в системе «мембрана – раствор».
7. Осадкообразование на мембране. Влияние поляризационных явлений на производительность мембран. Способы снижения влияния поляризационных явлений.
8. Основные факторы, влияющие на процессы баромембранного разделения.
9. Строение микрофильтрационных и ультрафильтрационных мембран. Влияние параметров рабочего режима на процесс разделения.
10. Механизм обратноосмотического разделения. Особенности строения обратноосмотических мембран. Влияние параметров рабочего режима на процесс разделения.
11. Нанофильтрация. Чем отличаются нанофильтрационные мембраны от обратноосмотических?
12. Мембранное разделение газовых смесей. Селективность пористых и непористых газоразделительных мембран.

13. Диализ.
14. Мембранная дистилляция.
15. Первапорация (испарение через мембрану).
16. Какие процессы называют электромембранными?
17. Какой процесс называется электродиализом? В чём его отличие от электролиза?
18. Конструкции электродиализных аппаратов.
19. Электродиализные процессы и аппараты, предназначенные для обессоливания растворов, концентрирования электролитов.
20. Электродиализные процессы и аппараты, предназначенные для получения деионизованной воды.
21. Электродиализные процессы и аппараты, предназначенные для синтеза кислот и щелочей.
22. Какой процесс называется мембранным электролизом?
23. Получение неорганических веществ мембранным электролизом.
24. Получение органических веществ мембранным электролизом.
25. Топливные элементы, их классификация, процессы переноса в топливных элементах.
26. Требования к мембранам для топливных элементов. Строение и свойства мембран, применяемых в топливных элементах.
27. Применение мембран в водоподготовке: получение питьевой воды путем опреснения морских вод, повышение качества питьевой воды, получение особо чистой воды, обеззараживание и стерилизация воды.
28. Применение мембран в пищевой промышленности: получение очищенной воды для технологических процессов, концентрирование соков, очистка вина, пива, переработка молочных продуктов, создание условий для длительного хранения овощей и фруктов.
29. Применение мембран в биотехнологии: стерилизация технологических сред, извлечение целевых компонентов (ферментов, витаминов и пр.), концентрирование продуктов биотехнологических процессов, организация непрерывных биотехнологических процессов, в которых происходит непрерывное извлечение целевых компонентов из биореактора (мембранный реактор).
30. Применение мембран в медицине: получение очищенной, стерильной, апиrogenной воды для приготовления вакцин, медицинских препаратов, промывки ампул, очистка крови методом диализа (аппарат искусственная почка), мембранная оксигенация крови, введение в организм лекарственных веществ, регулируемое капсулированием, выделение, очистка и концентрирование лекарственных препаратов в процессах получения лекарственных средств, физиотерапия (аппарат «Горный воздух»).
31. Применение мембран в топливно-энергетическом комплексе: очистка и осушка попутного нефтяного газа, разделение компонентов нефтехимических производств.
32. Применение мембран в микроэлектронной промышленности: получение особо чистой воды, глубокая очистка воздуха для «чистых» комнат.
33. Применение мембран для очистки сточных вод: очистка сточных вод целлюлозно-бумажных, текстильных, гальванических производств, предприятий, производящих полимерные волокна, переработка жидких радиоактивных отходов.
34. Применение мембран в аналитической химии: ион-селективные электроды, мембранные датчики на газы, мембранные методы аналитического разделения, разделение биогаза.

При выставлении зачёта учитывается:

- знание фактического материала по программе, в том числе; знание обязательной литературы, современных публикаций по программе курса, а также истории науки;
- степень активности студента на семинарских занятиях;
- логику, структуру, стиль ответа; культуру речи, манеру общения; готовность к дискуссии, аргументированность ответа; уровень самостоятельного мышления; умение приложить теорию к практике, решить задачи;
- наличие пропусков лекционных занятий по неуважительным причинам.

«Зачёт» ставится студенту, ответ которого свидетельствует о знании материала по программе, о знании рекомендованной литературы, а также содержит в целом правильное, но не всегда точное и аргументированное изложение материала.

«Не зачтено» ставится студенту, имеющему существенные пробелы в знании основного материала по программе, а также допустившему принципиальные ошибки при изложении материала.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

1. Свитцов, Алексей Александрович, Введение в мембранную технологию [Текст]: [пособие] / А. А. Свитцов. - М. : ДеЛи принт, 2007. - 207 с. : ил.
2. Мембраны и мембранные технологии / отв. ред. А. Б. Ярославцев. - Москва : Научный мир, 2013. - 611 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=468334&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1)

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань».

## **5.2 Дополнительная литература:**

1. Титова Л.М., Алексанян И.Ю., Нугманов А.Х.-Х. Массообменные процессы в химической и пищевой технологии. Лабораторные и практические занятия. СПб.: Лань, 2014. 224 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/53693/#1>
2. Мулдер М. Введение в мембранную технологию: / М. Мулдер; пер. с англ. А. Ю. Алентьева, Г. П. Ямпольской; под ред. В. П. Дубяги. - М.: Мир, 1999. - 513 с.

## **5.3. Периодические издания:**

- «Электрохимия»
- «Мембраны и мембранные технологии»
- «Коллоидный журнал»
- «Desalination»
- «Journal of Membrane Science»
- «Separation and Purification Technology»
- «Desalination and water treatment».

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).**

1. Русское мембранное общество «Мембраны и мембранные технологии»: <http://memtech.ru/index.php/ru/>.
2. КубГУ, кафедра физической химии: <http://www.kubsu.ru/University/departments/CHEM/physchem/>.
3. НОЦ Южный мембранный центр: [www.mtc.kubsu.ru](http://www.mtc.kubsu.ru).
4. ЗАО РМЦ «Югтехинформ» Лаборатория мембран и мембранных процессов: <http://techresearch.ru/lmmp.htm>.
5. РХТУ им. Д. И. Менделеева Технопарк: <http://enviropark.ru/course/category.php?id=15> ЗАО «НПК Медиана-Фильтр»: [http://www.mediana-filter.ru/reverse\\_osmos\\_nanofiltration.html](http://www.mediana-filter.ru/reverse_osmos_nanofiltration.html).

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).**

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

### **Общие рекомендации**

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

### **Работа с конспектом лекций**

Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

### **Выполнение лабораторных работ**

На занятии получите у преподавателя график выполнения лабораторных работ. Обзаведитесь всем необходимым методическим обеспечением.

Перед посещением лаборатории изучите теорию вопроса, предполагаемого к исследованию, ознакомьтесь с руководством по соответствующей работе и подготовьте протокол проведения работы, в который занесите:

- название работы;
- заготовки таблиц для заполнения экспериментальными данными наблюдений;

- уравнения химических реакций превращений, которые будут осуществлены при выполнении эксперимента;
- расчетные формулы.

Оформление отчетов должно проводиться после окончания работы в лаборатории.

Для подготовки к защите отчета следует проанализировать экспериментальные результаты, сопоставить их с известными теоретическими положениями или справочными данными, обобщить результаты исследований в виде выводов по работе, подготовить ответы на вопросы, приводимые в методических указаниях к выполнению лабораторных работ.

### **Методические рекомендации преподавателям по методике проведения основных видов учебных занятий**

#### **Лекции**

Методика чтения лекций

Лекции являются одним из основных методов обучения по дисциплине, которые должны решать следующие задачи:

- изложить важнейший материал программы курса, освещающий основные моменты;
- развить у студентов потребность к самостоятельной работе над учебной и научной литературой.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее главных положений. Рекомендуется на первой лекции довести до внимания студентов структуру курса и его разделы, а в дальнейшем указывать начало каждого раздела, суть и его задачи, а, закончив изложение, подводить итог по этому разделу, чтобы связать его со следующим.

Содержание лекций определяется рабочей программой курса. Крайне желательно, чтобы каждая лекция охватывала и исчерпывала определенную тему курса и представляла собой логически вполне законченную работу. Лучше сократить тему, но не допускать перерыва ее в таком месте, когда основная идея еще полностью не раскрыта.

#### **Лабораторные занятия**

Целями проведения лабораторных работ являются:

- установление связей теории с практикой в форме экспериментального подтверждения положений теории;
- обучение студентов умению анализировать полученные результаты;
- контроль самостоятельной работы студентов по освоению курса;
- обучение навыкам профессиональной деятельности

Цели лабораторного практикума достигаются наилучшим образом в том случае, если выполнению эксперимента предшествует определенная подготовительная внеаудиторная работа. Поэтому преподаватель обязан довести до всех студентов график выполнения лабораторных работ с тем, чтобы они могли заниматься целенаправленной домашней подготовкой.

Перед началом очередного занятия преподаватель должен удостовериться в готовности студентов к выполнению лабораторной работы путем короткого собеседования и проверки наличия у студентов заготовленных протоколов проведения работы.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты;  
Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

### **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.**

Microsoft Windows 8, 10.

Пакет Microsoft Office Professional Plus (программа для демонстрации и создания презентаций «Microsoft Power Point»; электронные таблицы «Microsoft Excel».).

Программное обеспечение для слабовидящих.

Программа для расчёта характеристик обратноосмотических модулей ROSA (freeware).

### **8.3 Перечень информационных справочных систем:**

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» <http://www.consultant.ru>
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU <http://www.elibrary.ru>
3. ЭБС Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com> ,
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) ,
5. ЭБС «Юрайт» <http://www.biblio-online.ru> ,
6. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com) ,
7. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru> .

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

| №  | Вид работ                       | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащённость                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия              | Лекционная аудитория, оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 2. | Лабораторные занятия            | Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения:<br>Сканирующий спектрофотометр Leki SS2109UV<br>Спектрофотометр Leki SS2107<br>Микроскоп оптический Altami<br>Кондуктометр «Эксперт-002» - 1 шт; Весы аналитические «Adventures Pro» - 1 шт; Турбидиметр Hanna – 1шт; Вискозиметр Brookfield – 1 шт; Вискозиметр капиллярный ВПЖ-2 – 3шт; Весы лабораторные – 1 шт; Весы торсионные – 1 шт; Мешалка с подогревом «Ика С-МАВ HS7» Шейкер лабораторный LS110 – 1 шт; pH-метр Hanna Hi2211 – 3 шт; Мультиметр – 1 шт; Источник питания постоянного тока стабилизированный Б5-49; Кондуктометр портативный Hanna HI 9033 – 2 шт; Насос перистальтический многоканальный – 1 шт; Насос перистальтический одноканальный LS 301 – 2 шт; Мультитест ИПП-101-1 – 2 шт; ПК-2шт |
| 3. | Текущий контроль, промежуточная | Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|    |                        |                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | аттестация             | соответствующим программным обеспечением (ПО).                                                                                                                                                                                             |
| 4. | Самостоятельная работа | Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. |