

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор  
по УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.01**

Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы

Учебный план: 2026-2027 18.04.01 ИПХиЭ ТППиКМ ОО №2-1-96.plx

Кафедра: **32** Наноструктурных волокнистых и композиционных материалов им.  
А.И.Меоса

Направление подготовки:  
(специальность) 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки:  
(специализация) Технология получения полимерных композиционных и  
нанокomпозиционных материалов

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) |     | Контактная работа обучающихся |                   |                 | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоё<br>мкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-----|-------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                           |     | Лекции                        | Практ.<br>занятия | Лаб.<br>занятия |                |                   |                          |                                      |
| 1                         | УП  | 16                            | 16                | 16              | 33             | 27                | 3                        | Экзамен                              |
|                           | РПД | 16                            | 16                | 16              | 33             | 27                | 3                        |                                      |
| Итого                     | УП  | 16                            | 16                | 16              | 33             | 27                | 3                        |                                      |
|                           | РПД | 16                            | 16                | 16              | 33             | 27                | 3                        |                                      |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 910

Составитель (и):

кандидат технических наук, профессор

\_\_\_\_\_

Асташкина Ольга  
Владимировна

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой наноструктурных волокнистых  
и композиционных материалов им. а.и.меоса

\_\_\_\_\_

Асташкина Ольга  
Владимировна

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Асташкина Ольга  
Владимировна

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать у обучающегося компетенции, обеспечивающие освоение вопросов, связанных с процессами массопереноса в системах с участием твердой фазы

**1.2 Задачи дисциплины:**

- знакомство с основными понятиями в области процесса массопереноса с участием твердой фазы;
- знакомство с основными видами процессов определяющих массоперенос в системах с участием твердой фазы;
- изучение основных законов, определяющих массоперенос в системах с участием твердой фазы;
- знакомство с методиками и оборудованием для изучения процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Научно-исследовательская работа

Технология получения полимерных композиционных и нанокomпозиционных материалов

Философские проблемы науки и техники

Физико-химия наноструктурных наполнителей для полимерных композиционных материалов

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| <b>ОПК-2: Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты</b> |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Знать:</b> основные принципы массопереноса, действующие силы процесса, факторы, влияющие на процесс массопереноса в системах с участием твердой фазы                       |  |
| <b>Уметь:</b> использовать знания фундаментальных наук при проведении исследований массопереноса в системах с участием твердой фазы                                           |  |
| <b>Владеть:</b> навыками разработки планов исследований процессов массопереноса, влияния внешних и внутренних факторов на процесс массопереноса                               |  |

## 3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий                                                                                                                                                                                                                                | Семестр<br>(курс для<br>ЗАО) | Контактная работа |               |                | СР<br>(часы) | Форма<br>текущего<br>контроля |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------|----------------|--------------|-------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                              | Лек.<br>(часы)    | Пр.<br>(часы) | Лаб.<br>(часы) |              |                               |
| Раздел 1.<br>Общие понятия и определения по курсу процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы                                                                                                                                                                              | 1                            |                   |               |                |              | Л                             |
| Тема 1. Понятие массопереноса в системах с участием твердой фазы. Виды массопереноса. Практическое занятие: Сублимация (примеры возгоняющихся веществ). Что такое конденсация                                                                                                            |                              | 1                 | 2             |                | 4            |                               |
| Тема 2. Диффузия (примеры, характеризующие диффузию в газах, жидкостях, гелях и твердых телах); Лабораторная работа: Изучение процесса экстракции, влияние структуры твердой фазы. Практическое занятие: Экстракция, понятие и факторы ее определяющие.                                  |                              | 2                 | 2             | 2              | 4            |                               |
| Лабораторная работа: Изучение процесса экстракции, влияние структуры твердой фазы.                                                                                                                                                                                                       |                              |                   |               |                |              |                               |
| Тема 3. Массоперенос в твёрдых телах. Примеры и механизмы переноса. Общие закономерности массопереноса в системах с твердой фазой; Лабораторная работа: Экстракция. Влияние температуры процесса на скорость экстракции. Практическое занятие: Диффузия и удержание сорбирующих веществ; |                              | 1                 | 1             | 3              | 3            |                               |
| Тема 4. Массоперенос в жидкостях и газах. Примеры и механизмы переноса; Практическое занятие: Гелевые иониты, получение, свойства, и области применения;                                                                                                                                 |                              | 2                 | 1             |                | 4            |                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |      |    |    |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------|----|----|------|
| Раздел 2. Сорбенты общие понятия, классификация                                                                                                                                                                                                                                            |  |      |    |    |      |
| Тема 5. Сорбенты. Классификация сорбентов. Примеры, свойства цеолитов; Практическое занятие: Скорости сорбционных процессов на гранульных и волокнистых активированных материалах;                                                                                                         |  | 2    | 1  |    | 4    |
| Тема 6. Углеродные сорбенты, получение, свойства и области применения; Лабораторная работа: Изучение процесса сорбции красителя метиленового голубого углеродными сорбентами различной структуры Практическое занятие: Скорости сорбционных процессов на гранульных и волокнистых ионитах; |  | 1    | 1  | 4  | 4    |
| Тема 7. Ионообменный сорбент, получение, свойства и области использования; Практическое занятие: Статика и динамика сорбционных процессов; Лабораторная работа: Изучение кинетики сорбции красителя метиленового голубого сорбентами различной структуры                                   |  | 2    | 1  | 4  | 3    |
| Раздел 3. Мембраны и пористые тела общие понятия, свойства и области применения                                                                                                                                                                                                            |  |      |    |    |      |
| Тема 8. Мембраны. Массоперенос через мембраны. Примеры и механизмы; Практическое занятие: Поры. Пористые материалы.                                                                                                                                                                        |  | 2    | 1  |    | 2    |
| Тема 9. Трековые мембраны. Получение, свойства и области применения; Практическое занятие: Диффузия в гелях. Трековые мембраны;                                                                                                                                                            |  | 2    | 2  |    | 2    |
| Тема 10. Активные и пассивные фильтры. Механизмы разделения веществ на фильтрах; Практическое занятие: Как характеризуется сорбент. Критерии выбора эффективных сорбентов                                                                                                                  |  | 1    | 1  |    | 2    |
| Тема 11. Методы оценки пористой структуры сорбентов; Лабораторная работа: Изучение пористой структуры углеродных материалов методом сорбции паров толуола.                                                                                                                                 |  |      | 3  | 3  | 1    |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)                                                                                                                                                                                                                                                        |  | 16   | 16 | 16 | 33   |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)                                                                                                                                                                                                                                          |  | 2,5  |    |    | 24,5 |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>                                                                                                                                                                                                                                          |  | 50,5 |    |    | 57,5 |

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5 БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

Использование балльно-рейтинговой системы не предусмотрено.

#### 6. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

##### 6.1 Показатели оценивания

| Код компетенции | Показатели оценивания результатов обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-2           | излагает основные положения массопереноса, виды процессов массопереноса, понятия фаза, граница раздела фаз, показатели определяющие процесс массопереноса: скорость, температура, время и другие; использует знания, полученные в процессе обучения, для постановки эксперимента по изучению процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы и анализу полученных данных; при работе в научной лаборатории планирует эксперименты по изучению процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы, по изучению влияния различных внешних и внутренних факторов на процессы массопереноса. |

##### 6.2 Система и критерии оценивания

|                  |                                                  |
|------------------|--------------------------------------------------|
| Шкала оценивания | Критерии оценивания сформированности компетенций |
|------------------|--------------------------------------------------|

|                         | Устное собеседование                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Письменная работа |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 5 (отлично)             | Полный, исчерпывающий ответ, демонстрирующий глубокое понимание предмета                                                                                                                                                                                                                                                                               |                   |
| 4 (хорошо)              | Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Ответ стандартный, в целом качественный                                                                                                                                                                                                                                |                   |
| 3 (удовлетворительно)   | Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. Имеются ошибки по нескольким темам, незнание важных терминов                                                                                                |                   |
| 2 (неудовлетворительно) | Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека |                   |
|                         | человека                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                   |

### 6.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

#### 6.3.1 Типовые контрольные вопросы

| № п/п     | Формулировки вопросов                                                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------|
| Семестр 1 |                                                                        |
| 1         | Понятие массопереноса в системах с участием твердой фазы               |
| 2         | Понятие фаза и граница раздела фаз                                     |
| 3         | Диффузия и факторы ее определяющие                                     |
| 4         | Скорость диффузии, чем определяется                                    |
| 5         | Процесс экстракции, общие принципы области применения                  |
| 6         | Процессы сублимации, общие принципы, области применения                |
| 7         | Процессы сушки, общие принципы, области применения                     |
| 8         | Процессы кристаллизации, общие принципы, области применения            |
| 9         | Процессы отверждения, общие принципы и области применения              |
| 10        | Процессы растворения, общие принципы и области применения              |
| 11        | Сорбционные процессы, понятие, области применения.                     |
| 12        | Понятие десорбции.                                                     |
| 13        | Аппаратурное оформление процессов сорбции и десорбции                  |
| 14        | Сорбционная емкость статическая и динамическая.                        |
| 15        | Процессы ионизации, общие принципы. Плазма, понятие и способы создания |

#### 6.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

#### 6.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Сравнить 2 графика кинетики сорбции сорбата из водной жидкой среды различными сорбентами и определить у какого из выбранных сорбентов скорость процесса выше.

Сравнить 2 графика кинетики сорбции сорбата из водной жидкой среды различными сорбентами и определить у какого из выбранных сорбентов сорбционная емкость больше.

## 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

### 6.4.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 6.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + Письменная ☐ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

### 6.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- возможность пользоваться словарями, справочниками, иными материалами;
- время на подготовку 60 минут,
- время на ответ 20 минут.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Учебная литература

| Автор                                                                        | Заглавие                                                                                                | Издательство                                                        | Год издания | Ссылка                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>7.1.1 Основная учебная литература</b>                                     |                                                                                                         |                                                                     |             |                                                                                                                                     |
| О. В. Асташкина, А. А. Лысенко, Н. Ф. Уварова, Д. А. Петрова                 | Практические аспекты сорбционных процессов                                                              | Санкт-Петербург: СПбГУПТД                                           | 2022        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202245">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202245</a>       |
| Дворецкий, С. И., Дворецкий, Д. С., Акулинин, Е. И., Голубятников, О. О.     | Моделирование и оптимизация циклических адсорбционных процессов для разделения и очистки газовых смесей | Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ | 2021        | <a href="https://www.iprbooks.hop.ru/123030.html">https://www.iprbooks.hop.ru/123030.html</a>                                       |
| <b>7.1.2 Дополнительная учебная литература</b>                               |                                                                                                         |                                                                     |             |                                                                                                                                     |
| Ягдовский В. Д.                                                              | Адсорбция : учебное пособие — 2-е изд., электрон.                                                       | Москва: Лаборатория знаний                                          | 2020        | <a href="https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=350292">https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=350292</a> |
| Д. А. Петрова, Т. Ю. Анущенко, Н. Ф. Уварова, О. В. Асташкина, А. А. Лысенко | Процессы массопереноса с участием твердой фазы                                                          | Санкт-Петербург: СПбГУПТД                                           | 2023        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202345">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202345</a>       |

### 7.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1 Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

2 Научная электронная библиотека открытого доступа «Киберленинка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru>

### 7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

### 7.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лабораторные работы проводятся в аудиториях кафедры наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов, оборудованных необходимым оборудованием, приборами и реактивами.

| Аудитория            | Оснащение                                                     |
|----------------------|---------------------------------------------------------------|
| Лекционная аудитория | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска |