

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

«29» \_\_\_ 06 \_\_\_ 2021 года

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.01**

Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы

Учебный план: ФГОС 3++18.04.01\_Технология получения полимерных композиционных и  
нанокomпозиционных материалов №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: Технология получения полимерных композиционных и  
(специализация) 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. занятия |                |                   |                          |                                      |         |
| 1                         | УП                            | 17                | 17           | 17             | 30                | 27                       | 3                                    | Экзамен |
|                           | РПД                           | 17                | 17           | 17             | 30                | 27                       | 3                                    |         |
| Итого                     | УП                            | 17                | 17           | 17             | 30                | 27                       | 3                                    |         |
|                           | РПД                           | 17                | 17           | 17             | 30                | 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 Министерства образования и науки Российской Федерации от 07.08.2020 г. № 910

Составитель (и):

кандидат технических наук, Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Лысенко Александр  
Александрович

От кафедры составителя:

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

\_\_\_\_\_

Лысенко Александр  
Александрович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Лысенко Александр  
Александрович

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформулировать 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 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

|  |  |    |      |    |      |    |  |
|--|--|----|------|----|------|----|--|
| Тема 4. Массоперенос в жидкостях и газах примеры и механизмы;<br>Практическое занятие: Гелевые иониты, получение, свойства, и области применения;  |  | 2  | 1    |    | 3    | ИЛ |  |
| Раздел 2. Сорбенты общие понятия, классификация  |  |    |      |    |      |    |  |
| Тема 5. Сорбенты. Классификация сорбентов. Примеры, свойства цеолитов;<br>Практическое занятие: Скорости сорбционных процессов на гранульных и волокнистых активированных углях;   |  | 2  | 2    |    | 3    |    |  |
| Тема 6. Углеродные сорбенты, получение, свойства и области применения;<br>Лабораторная работа: Изучение процесса сорбции красителя метиленового голубого углеродными сорбентами различной структуры<br>Практическое занятие: Скорости сорбционных процессов на гранульных и волокнистых ионитах; |  | 1  | 2    | 4  | 2    |    |  |
| Тема 7. Ионообменный сорбент, получение, свойства и области использования;<br>Практическое занятие: Статика и динамика сорбционных процессов;<br>Лабораторная работа: Изучение кинетики сорбции красителя метиленового голубого сорбентами различной структуры                                   |  | 2  | 2    | 3  | 2    |    |  |
| Раздел 3. Мембраны и пористые тела общие понятия, свойства и области применения  |  |    |      |    |      |    |  |
| Тема 8. Мембраны. Массоперенос через мембраны. Примеры и механизмы;<br>Практическое занятие: Поры. Пористые материалы.   |  | 2  | 2    |    | 2    |    |  |
| Тема 9. Трековые мембраны. Получение, свойства и области применения;<br>Практическое занятие: Диффузия в гелях. Трековые мембраны;   |  | 2  | 2    |    | 2    |    |  |
| Тема 10. Активные и пассивные фильтры. Механизмы разделения веществ на фильтрах;<br>Практическое занятие: Как характеризуется сорбент. Критерии выбора эффективных сорбентов;  |  | 1  | 1    |    | 4    |    |  |
| Тема 11. Методы оценки пористой структуры сорбентов;<br>Лабораторная работа: Изучение пористой структуры углеродных материалов методом сорбции паров толуола.  |  | 2  |      | 2  | 2    |    |  |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)  |  | 17 | 17   | 15 | 30   |    |  |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)  |  |    | 2,5  |    | 24,5 |    |  |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>  |  |    | 53,5 |    | 54,5 |    |  |

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

| Код компетенции | Показатели оценивания результатов обучения   | Наименование оценочного средства  |
|-----------------|--|---|
| ОПК-2           | <p>излагает основные положения массопереноса, виды процессов массопереноса, понятия фаза, граница раздела фаз, показатели определяющие процесс массопереноса: скорость, температура, время и другие;</p> <p>использует знания, полученные в процессе обучения, для постановки эксперимента по изучению процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы и анализу полученных данных;</p> <p>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.</p> | <p>Вопросы для устного собеседования.</p> <p>Практико-ориентированное задание</p> |

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания        | Критерии оценивания сформированности компетенций   |                   |
|-------------------------|--|-------------------|
|                         | Устное собеседование   | Письменная работа |
| 5 (отлично)             | Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области, умение использовать теоретические знания для решения практических задач.   |                   |
| 4 (хорошо)              | Ответ полный и правильный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но допущены в ответах небольшие погрешности, которые устраняются только в результате собеседования  |                   |
| 3 (удовлетворительно)   | Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом при неполных, слабо аргументированных ответах. Присутствуют неточности в ответах, пробелы в знаниях по некоторым темам, существенные ошибки, которые могут быть найдены и частично устранены в результате собеседования |                   |
| 2 (неудовлетворительно) | Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки.   |                   |

##### 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

##### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

| № 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 | Процессы ионизации, общие принципы. Плазма, понятие и способы создания |
| 12 | Сорбционные процессы, понятие, области применения.                     |
| 13 | Понятие десорбции.   |
| 14 | Аппаратурное оформление процессов сорбции и десорбции                  |
| 15 | Сорбционная емкость статическая и динамическая.                        |
| 16 | Процессы растворения, общие принципы и области применения              |

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрены

### 5.2.3 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.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 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»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится по билетам. Каждый билет содержит 2 вопроса. Время подготовки на каждый вопрос 40 минут.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

| Автор  | Заглавие   | Издательство   | Год издания | Ссылка  |
|--|--|--|-------------|---|
| <b>6.1.1 Основная учебная литература</b>                           |  |  |             |   |
| Гребенников С. Ф.,<br>Эльтеков Ю. А.                               | Сорбция в полимерных системах                                  | СПб.: СПбГУПТД   | 2014        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1967">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1967</a>           |
| Буринский, С. В.   | Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы      | Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна | 2017        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/102554.html">http://www.iprbookshop.ru/102554.html</a>   |
| Ягодковский 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> |
| Лысенко А.А.,<br>Штягина Л.М.,<br>Асташкина О.В.,<br>Марценюк В.В. | Оборудование для получения и переработки полимерных материалов | Санкт-Петербург: СПбГУПТД  | 2019        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019316">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019316</a>     |

| <b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>   |  |   |      |   |
|--|--|---|------|---|
| Вернер, Эбелинг, Андреас, Фёрстер, Фортов, В., Грязнов, В., Полищук, А., Колесниченко, Ю. В. | Теплофизические свойства горячей плотной плазмы  | Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований | 2019 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/92008.html">http://www.iprbookshop.ru/92008.html</a>   |
| Берсенёва, В. С., Бакулев, В. А., Иванцовой, М. Н.   | Сорбционные методы выделения продуктов биосинтеза  | Екатеринбург: Издательство Уральского университета                                    | 2018 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/106785.html">http://www.iprbookshop.ru/106785.html</a>                                       |
| Разинов, А. И., Суханов, П. П.   | Процессы массопереноса с участием твердой фазы   | Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет          | 2012 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/62144.html">http://www.iprbookshop.ru/62144.html</a>   |
| Лысенко А.А., Кузнецов А.Ю.  | Методы исследования наноструктурных полимерных материалов  | СПб.: СПбГУПТД  | 2017 | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017627">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017627</a> |
| Лысенко А.А., Асташкина О.В., Русова Н.В., Кузнецов А.Ю.                                     | Полимерные композиционные материалы со специальными свойствами. Сорбционно-активные композиционные материалы | СПб.: СПбГУПТД  | 2018 | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018223">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018223</a> |
| Гришин, Н. С., Поникаров, И. И., Поникаров, С. И., Гришин, Д. Н., Поникаров, И. И.           | Экстракция в поле переменных сил. Гидродинамика, массопередача, аппараты. Часть 1                            | Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет          | 2012 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/62350.html">http://www.iprbookshop.ru/62350.html</a>   |

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

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Раздел. Информатика и информационные технологии» [Электронный ресурс]. URL: [http://window.edu.ru/catalog/?p\\_rubr=2.2.75.6](http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75.6)

База данных Минэкономразвития РФ «Информационные системы Министерства в сети Интернет» [Электронный ресурс]. URL: <http://economy.gov.ru/minec/about/systems/infosystems/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

Эколог, ПДВ – Эколог, Котельные, АТП – Эколог

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

Лаборатории кафедры, оснащенные научным оборудованием: аналитические и технические весы, рН-метры, печи высокотемпературной обработки, химические бани водяные, песчаные, парафиновые, масляные, титровальная горка.

| Аудитория         | Оснащение                        |
|-------------------|----------------------------------|
| Учебная аудитория | Специализированная мебель, доска |