

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ.Н.С.КУРНАКОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

(ИОНХ РАН)

«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор ИОНХ РАН  
чл.-корр.РАН В.К. Иванов  
« 9 8 5 5 9 » 2019 г.



## **Рабочая программа дисциплины**

### **РАЗДЕЛЕНИЕ ЖИДКИХ И ГАЗОВЫХ СИСТЕМ**

Направление подготовки  
**18.06.01 – ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Направленность (профиль)  
**Процессы и аппараты химических технологий**

Москва  
2019 г.

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

Целью и задачей дисциплины «Разделение жидких и газовых систем» является развитие у аспирантов профессиональных компетенций в области знаний о процессах и аппаратах адсорбции, абсорбции и ректификации, расчете и моделировании технологических процессов.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Настоящая дисциплина «Разделение жидких и газовых систем» входит в основную профессиональную образовательную программу высшего образования – программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 18.06.01 – Химическая технология по специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий.

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» и входит в вариативную часть в качестве дисциплины по выбору.

Данная дисциплина является одной из главных специальных дисциплин по профилю «Процессы и аппараты химических технологий», позволяющая проектировать и исследовать новое энерго- и ресурсосберегающее оборудование.

Для успешного освоения дисциплины аспирант должен:

*знать:*

- основные законы физики и гидромеханики, сохранения массы и энергии;
- основы гидродинамики, теплообмена;

*уметь:*

- выполнять расчеты по гидравлике, процессам тепло- и массопереноса, в том числе с применением ЭВМ;

*владеть:*

- аналитическими и численными методами решения задач тепло- и массопереноса в оборудовании разделения жидких и гетерогенных сред, компьютерного моделирования.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции:

*Универсальные компетенции:*

- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

*Общепрофессиональные компетенции:*

- способность и готовность к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области химических технологий (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования в области химических технологий, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

- способность и готовность к анализу, обобщению и публичному представлению результатов выполненных научных исследований (ОПК-3);

- способность и готовность к разработке новых методов исследования и их применение в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области химической технологии с учетом правил соблюдения авторских прав (ОПК-4);

- способность и готовность к использованию лабораторной и инструментальной базы для получения научных данных (ОПК-5).

*Профессиональные компетенции:*

- способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий (ПК-1).

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часа).

Дисциплина изучается на втором году обучения в аспирантуре. Дисциплина состоит из 3 разделов.

##### 4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак	КСР.		
1.	Разделение жидких и газовых систем	144	57	17	40	-	-	87	кандидатский экзамен по специальности

##### 4.2 Содержание дисциплины

###### 4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел Дисциплины	Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР	
1.	Адсорбция	4	8	-	-	18
2.	Абсорбция	4	8	-	-	18
3.	Ректификация	3	8	-	-	17
4.	Экстракция	3	8			17
5.	Гибридные процессы на основе экстракции,	3	8			17

ректификации, сорбции, хроматографии и кристаллизации					
---	--	--	--	--	--

#### 4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1.	Адсорбция	Общие сведения о процессе и области его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Изотермы адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Кинетика адсорбции. Динамика равновесной и неравновесной адсорбции. Расчет адсорберов. Десорбция, способы ее проведения и расчета. Схема проведения периодического и непрерывного процесса адсорбции. Ионный обмен.	Лекции, лабораторные, самостоятельная работа аспиранта
2.	Абсорбция	Общие сведения о процессе и области его применения. Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбции. Уравнение линии рабочих концентраций. Минимальный и оптимальный удельные расходы абсорбента. Неизотермическая абсорбция. Многокомпонентная абсорбция. Абсорбция, сопровождающаяся химической реакцией. Десорбция. Методы проведения десорбции абсорбента. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных установок. Конструкции абсорберов. Классификация. Пленочные и насадочные колонны (виды насадок, их характеристики). Выбор насадки. Тарельчатые колонны с организованным и неорганизованным слоем насадки. Выбор конструкции тарелки. Абсорберы с разбрызгиванием жидкости. Сравнительная характеристика абсорберов и тенденции их совершенствования.	Лекции, лабораторные, самостоятельная работа аспиранта
3.	Ректификация	Принцип ректификации. Схема установок периодической и непрерывной ректификации. Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных смесей. Уравнение линии рабочих концентраций укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны. Тепловой баланс ректификационной колонны. Зависимость	Лекции, лабораторные, самостоятельная работа аспиранта

		размеров колонны (высоты и диаметра) и расхода теплоты от величины флегмового числа. Совместный тепло- и массоперенос при ректификации. Современные аппараты для ректификации.	
4.	Экстракция	Основные понятия и принципы экстракционных процессов. Классы экстрагентов. Классификация экстракционных процессов. Закономерности межфазного распределения веществ в гетерогенных системах жидкость-жидкость. Экстракция в системе жидкость-твёрдое. Количественное описание экстракционных равновесий. Типы экстракционных реакций. Физическое распределение. Ионообменная экстракция. Экстракция по сольватному механизму. Экстракционные системы на основе ионных жидкостей. Экологически безопасные экстракционные системы. Кинетика экстракции. Аппаратурное оформление экстракционных процессов извлечения, разделения и очистки веществ.	Лекции, лабораторные, самостоятельная работа аспиранта
5.	Гибридные процессы на основе экстракции, ректификации, сорбции, хроматографии и кристаллизации	Физико-химические основы гибридных процессов разделения веществ. Основные принципы разработки гибридных процессов разделения веществ. Экстрактивная ректификация. Экстракционно-хроматографические процессы разделения веществ. Экстрактивная дистилляция. Экстракционно-пиролитический метод. Экстрактивная кристаллизация.	Лекции, лабораторные, самостоятельная работа аспиранта

## 5. Образовательные технологии

Основными образовательными технологиями, используемыми при реализации учебной работы, являются лекции, семинары ведущих отечественных и зарубежных ученых и консультации с преподавателями; проведение лабораторных работ в лаборатории, участие обучаемых в научной работе и выполнение исследовательских проектов.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Самостоятельная работа аспирантов предполагает проработку лекционного материала в читальном зале библиотеки, в лабораториях, с доступом к лабораторному оборудованию, приборам, базам данных, к ресурсам Интернет. Кроме того, аспирантам предлагается

конспектирование и проработка материала научных докладов на заседаниях Ученого Совета ИОНХ РАН, его секций, диссертационных советов по специальности, участие в работе научных конференций и школ, работу в библиотеке и на сайтах электронных изданий.

Форма контроля знаний – кандидатский экзамен в конце курса, включающий теоретические вопросы.

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины аспиранты используют основную и дополнительную литературу, рекомендованную преподавателем. Кроме того, преподаватель может рекомендовать аспиранту ознакомиться с дополнительными материалами методического характера.

Название электронного или печатного ресурса (основная или дополнительная)	Тип	Кол-во экз.
<b>Основная литература:</b> А.Т. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии.	печ.	2
Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. М.: «Высшая школа», 2003	печ.	1
Ульянов Б.А., Кулов Н.Н., Бадеников А.В. Процессы переноса в химической технологии. «Изд-во Ангарской государств.технич.академии» 2015г.-337с.	печ.	2
<b>Дополнительная литература:</b> Шервуд Т., Пигфорд Р., Уилки Ч. Массопередача. Пер. с англ. М.: «Химия», 1982.-696 с.	печ.	2
Кафаров В.В. Основы массопередачи. М.: «Высшая школа», 1979.	печ.	2
Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. М.: «Высшаяшкола», 1991.	печ.	1
Розен А. М. Теория разделения изотопов в колоннах. М.: Атомиздат, 1960.	печ.	2
Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. Теория и практика химическойэнерготехнологии. М.: « Химия», 1988.	печ.	1
Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов. Пер. с англ.- М: «Химия», 1969.-624с.	печ.	1
Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Справочное пособие. Пер. с англ.- 3-е изд. – Л.: «Химия», 1982.-592 с.	печ.	1

#### Интернет-ресурсы:

1. E-library – российская научная электронная библиотека в области науки, технологии, медицины и образования;
2. Web of Science – база данных для поиска научной информации в области естественных, общественных, гуманитарных наук и искусства;
3. Scopus - библиографическая и реферативная база данных и инструмент для отслеживания цитируемости статей, опубликованных в научных изданиях;
4. Springer – научные и научно-популярные журналы.

#### Программное обеспечение:

- СИСТЕМНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА: Microsoft Windows;
- ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА: Microsoft Office, Mozilla FireFox.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Институт общей и неорганической химии располагает материально-технической базой, соответствующей требованиям Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Аудитории для проведения занятий оснащены компьютерами и проекторами для показа мультимедийных презентаций. Компьютеры, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет и подключенные к международным и российским научным базам данных и электронной библиотеке с основными международными научными журналами.

Материально-техническая база соответствует действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы аспирантов.

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ;
2. Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 883 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.06.01 – Химическая технология (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 19.11.2013 №1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)».

### **Автор(ы) программы:**

Зам.директора ИОНХ РАН  
д.т.н.



А.А.Вошкин

Зав.НОЦ-зав.аспирантурой

А.Н.Терехова