

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
БУРЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ДОРЖИ БАНЗАРОВА

## ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

*Рекомендовано Учебно-методическим советом  
в качестве учебно-методического пособия  
для обучающихся по направлению подготовки 04.03.01 Химия*

В двух частях  
Часть 1

Улан-Удэ  
Издательство Бурятского госуниверситета  
2022

УДК 547 (075.8)

ББК 24.2я73

О-644

Утверждено к печати  
редакционно-издательским советом  
Бурятского государственного университета  
Протокол № 6 от 12 октября 2022 г.

*В. В. Хахинов,*  
доктор химических наук, профессор кафедры экологии  
и природопользования БГУ им. Доржи Банзарова

*Б. Ч. Холхоев,*  
кандидат химических наук, старший научный сотрудник  
лаборатории химии полимеров БИП СО РАН

О-664 **Органическая химия:** в 2 ч.: учебно-методическое  
пособие / составители О. Ж. Аюрова, О. М. Дмитриева,  
Ю. Г. Цырендоржиева. — Часть 1. — Улан-Удэ: Изда-  
тельство Бурятского госуниверситета, 2022. — 170 с.

ISBN 978-5-9793-1698-7

ISBN 978-5-9793-1699-4 (часть 1)

В пособии рассмотрены основные правила и методы экспери-  
ментальной работы в лаборатории органической химии. Пособие вклю-  
чает прописи синтезов органических соединений; в конце пособия при-  
веден список рекомендуемой литературы.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по  
направлению 04.03.01 Химия, изучающих курс «Органическая химия».

© О. Ж. Аюрова, О. М. Дмитриева,  
Ю. Г. Цырендоржиева, составление, 2022

ISBN 978-5-9793-1698-7

© Бурятский госуниверситет  
ISBN 978-5-9793-1699-4 (часть 1) им. Д. Банзарова, 2022

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс органической химии является второй профильной дисциплиной после неорганической химии в цикле химической подготовки студентов по направлению 04.03.01 Химия. Органическая химия является одной из важнейших дисциплин естественнонаучного блока, она ответственна за формирование мировоззрения, логики химического мышления.

Данная дисциплина входит в раздел Б1 «Дисциплины (модули)» по направлению 04.03.01 Химия.

В результате освоения дисциплины студент должен:

### **знать:**

- 1) место органической химии в системе наук;
- 2) основные теоретические положения и понятия органической химии: химическое строение, электронные конфигурации атомов, способы получения, свойства органических соединений;
- 3) сущность реакций и процессов, используемых в органической химии;
- 4) основные приемы, применяемые для очистки и выделения органических соединений;
- 5) номенклатуру органических соединений;

### **уметь:**

- 1) прогнозировать реакционную способность органических молекул с позиций современных электронных представлений;
- 2) идентифицировать и анализировать органические соединения при помощи химических, физико-химических и физических методов исследования;
- 3) ставить задачу исследования;
- 4) выбирать метод исследования;
- 5) использовать оборудование, необходимое для проведения экспериментов по органической химии;

### **владеть:**

- 1) методами планирования органического эксперимента;

2) методами прогнозирования реакционной способности органических молекул с позиций современных электронных представлений;

3) основными приемами, применяемыми для очистки и выделения органических соединений;

4) методами постановки химического эксперимента;

5) методами обработки полученных результатов.

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

- УК-1 — способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;

- ОПК-1 — способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений;

- ОПК-2 — способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием;

- ОПК-3 — способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники;

- ОПК-5 — способен использовать существующие программные продукты и информационные базы данных для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности;

- ОПК-6 — способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе;

- ПК-1 — способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации;

- ПК-2 — способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы.

Лабораторные занятия представляют собой одну из важнейших форм организации учебного процесса по совершенствованию подготовки будущего специалиста. Целью их является закрепление у студентов теоретического материала и привитие им навыков проведения лабораторного эксперимента и анализа происходящих химических процессов в соответствии с основными законами химии.

Настоящее учебно-методическое пособие (первая часть) составлено в соответствии с ФГОС ВО и программой курса органической химии для студентов химических специальностей вузов.

В первой части учебно-методического пособия изложены основные правила организации работы в лаборатории органической химии, а также правила охраны труда и техники безопасности при работе с химическими веществами, химической посудой, приборами и оборудованием. Описаны приемы сборки основных приборов и установок. Приведены методы синтеза органических веществ, которые включены в рабочую программу курса.

Задача этой части практикума — научить студентов различным методам выделения, очистки и идентификации органических соединений по их физическим константам и химическим свойствам, правильному ведению записей в лабораторном журнале, составлению отчетов по проведенной экспериментальной работе, познакомить с общим элементарным анализом органических соединений и установлением их эмпирических формул, а также выполнением синтеза органических соединений различных классов с их препаративным выделением и идентификацией.

Пособие снабжено краткими справочными данными о физико-химических свойствах наиболее распространенных соединений, используемых в лабораторных опытах, а также методиками приготовления некоторых реактивов.

# ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

## 1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ

### 1.1. Техника безопасности при работе в лаборатории

1. При проведении работ в лаборатории органической химии всегда следует помнить, что многие органические соединения огнеопасны, взрывоопасны, легколетучи, в той или иной мере ядовиты. Поэтому в процессе работы необходимо соблюдать чистоту, аккуратность, быть внимательным и не допускать попадания вещества на кожу, не касаться руками лица и глаз, не принимать пищу во время работы, а после работы тщательно мыть руки. Работать в лаборатории в одном лице категорически запрещается.

2. Не разрешается производить какие бы то ни было опыты в загрязненной посуде; посуду следует мыть сразу же после окончания опыта.

3. Категорически запрещается пробовать химические вещества на вкус; нюхать вещества можно лишь осторожно, не вдыхая полной грудью, не наклоняясь над сосудом, а направляя к себе пары или газ движением руки.

4. На всех банках, склянках и на любой другой посуде, в которой хранятся вещества, должно быть указано их название.

5. Во избежание попадания брызг в глаза не разрешается наклоняться над сосудом, в котором что-либо кипит или в который наливается какая-нибудь жидкость (особенно едкая). При работах, производимых с использованием вакуума или повышенного давления, при переливании кислот или растворов щелочей, при щелочном плавлении, при реакциях, сопровождающихся бурным вскипанием или взрывом, необходимо надевать предохранительные очки из толстого стекла или защитный щиток из органического стекла. Однако лучше всего такие операции проводить в вытяжном шкафу, закрыв дверцы шкафа так, чтобы лицо

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ	6
1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ	
1.1. Техника безопасности при работе в лаборатории	6
1.2. Организация рабочего места в лаборатории. Оформление полученных результатов.	10
2. ЛАБОРАТОРНАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ПОСУДА И ПРИБОРЫ	13
3. ПОДГОТОВКА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ	
3.1. Выделение и очистка органических соединений	27
Лабораторная работа 1	27
3.1.1. <i>Кристаллизация</i>	27
Опыт 1. Кристаллизация бензойной и щавелевой кислот	
3.1.2. <i>Экстракция</i>	31
Опыт 2. Экстракция гидрохинона диэтиловым эфиром	
3.1.3. <i>Возгонка</i>	35
Опыт 3. Очистка фталимида методом возгонки	
3.1.4. <i>Определение основных физических свойств органических соединений</i>	37
Лабораторная работа 2	37
Опыт 1. Определение температуры плавления	37
Опыт 2. Определение температуры кипения	40
Опыт 3. Определение показателя преломления	41
3.1.5. <i>Хроматография</i>	43
Лабораторная работа 3	56
Опыт 1. Определение аминокислот радиальной хроматографией	56
3.1.6. <i>Перегонка</i>	58
Лабораторная работа 4	61
Опыт 1. Фракционная перегонка	61
Опыт 2. Простая перегонка	63
4. ОБЩИЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	
4.1. Качественный анализ органических соединений	65
Лабораторная работа 5	65
Опыт 1. Определение наличия углерода и водорода в органическом соединении	65
Опыт 2. Определение азота в органическом соединении	66
Опыт 3. Определение галогенов в органических соединениях	68
4.2. Количественный анализ органических соединений (установление их эмпирических и молекулярных формул)	69
Опыт 4. Определение молекулярной массы по Раути	72
5. МЕТОДЫ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА	75
5.1. Синтезы с использованием ароматических соединений	86
Синтез фенола	96

Синтез хлорбензола	97
Синтез $\beta$ -нафтолоранжа	98
Получение <i>n</i> -нитроанилинового красного	99
Получение метилового оранжевого (гелиантина)	101
Получение фенилазосалициловой кислоты	102
5.2. Электрофильное замещение в ароматическом ряду	103
Синтез <i>m</i> -динитробензола	106
Синтез <i>m</i> -нитробензойной кислоты	108
Синтез сульфаниловой кислоты	109
Синтез дифенилметана	110
5.3. Реакции восстановления	111
Синтез фенилгидроксиламина	112
5.4. Реакции окисления-восстановления	114
Получение бензилового спирта и бензойной кислоты	120
Получение бензилового спирта	121
Получение бензойной кислоты	121
Получение бензохинона	122
Получение ацетона	123
Получение антрахинона	124
5.5. Реакции нуклеофильного замещения	125
Синтез бромистого этила	130
Синтез этилацетата	131
Синтез этилового эфира бензойной кислоты (этилбензоата)	132
5.6. Реакции ацелирования	133
Получение ацетанилида	134
Получение ацетилсалициловой кислоты (аспирина)	135
Получение фталимида	136
Получение ацетилглицина	137
5.7. Реакции элиминирования	137
Получение транс-стильбена	142
5.8. Реакции конденсации	142
Получение бензальанилина	146
Получение дибензальацетона	147
Получение фенолфталеина	148
Получение 2,4-динитрофенилгидразон циклогексана	149
Библиографический список	151
Приложение	
<i>Приложение 1.</i> Зависимость плотности антифриза и температуры его замерзания от содержания этиленгликоля.	153
<i>Приложение 2.</i> Показатель преломления для антифриза в зависимости от процентного содержания в нем этиленгликоля	154
<i>Приложение 3.</i> Органические вещества, используемые в лабораторном практикуме и их физические свойства.	155
<i>Приложение 4.</i> Методики приготовления некоторых реактивов.	165
<i>Приложение 5.</i> Наиболее употребительные твердые осушители, применяемые для высушивания органических соединений	167