

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства  
(БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)



УТВЕРЖДАЮ:

Директор Биологического института

Биологический  
институт

Д.С. Воробьев

«21» марта 2022 г.

**Органическая химия**

по направлению подготовки

**06.03.02 Почвоведение**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Генезис и эволюция почв»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2021**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.15

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

С.П. Кулижский

Председатель УМК

А.Л. Борисенко

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 – способность для решения профессиональных задач использовать основные закономерности в области математики, физики, химии, наук о Земле, биологии и экологии, прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности.

– ПК-1 – Способен осуществлять процедуру экологического контроля (мониторинга) состояния компонентов окружающей среды.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Применяет знания основных общих закономерностей в области математики, физики, химии, наук о Земле, биологии и экологии для решения профессиональных задач.

ИОПК-1.2. Аргументирует использование методов естественных наук для решения задач профессиональной деятельности.

ИПК-1.2. Выполняет стандартные операции при использовании лабораторного оборудования, химической посуды и реактивов для исследования проб в рамках экологического контроля (мониторинга) в соответствии с правилами их эксплуатации.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

При изучении лекционного материала по органической химии, подготовке и проведении семинарских занятий студенты приобретают основные знания и умения. В ходе изучения дисциплины «Органическая химия» студент должен

– знать: основные понятия органической химии; закономерности строения органических соединений; основные механизмы реакций; методы синтеза наиболее важных соединений;

– уметь: записывать формулы органических соединений и реакций с их участием; составлять названия органических соединений;

– владеть: основными принципами связи химического строения органических соединений с их реакционной способностью.

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

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 3, экзамен.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Студенты предварительно проходят подготовку по дисциплинам «неорганическая химия» и «аналитическая химия», где приобретают необходимые профессиональные компетенции по атомно-молекулярной теории строения соединений, образования химических связей, их энергетики, а также принципам и методам аналитической химии (приемы анализа и количественного определения соединений).

«Органическая химия» является логическим продолжением в цепи дисциплин по принципу «от простого к более сложному» и сама является основой при дальнейшем изучении дисциплины «Биохимия» или родственных дисциплин.

До изучения дисциплины «Органическая химия» студенты должны знать атомно-молекулярную теорию строения, свойства атомов и принципы образования связей в молекулах, быть знакомыми с энергетическими характеристиками связей.

## 6. Язык реализации

Русский

## 7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

- лекции: 24 ч.;
- семинарские занятия: 6 ч.
- практические занятия: 0 ч.;
- лабораторные работы: 24 ч.  
в том числе практическая подготовка: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## 8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

**Тема 1. Введение.** Предмет органической химии. Её связь с биологией и медициной. Основные положения теории химического строения А.М. Бутлерова. Гомология. Изомерия и ее виды.

Способы построения названий органических соединений. Тривиальная номенклатура, заместительная номенклатура, ИЮПАК. Типы химической связи в органических соединениях. Способы изображения молекул органических соединений, структурные и электронные формулы (Г. Льюис). Представление о молекулярных орбиталях. Типы гибридизации атома углерода в органических соединениях.  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи атомов углерода, физические характеристики связей: длина, валентные углы, энергия. Гомолитический и гетеролитический разрыв связи. Свободные радикалы и их особые свойства. Электрофильные и нуклеофильные реагенты. Классификация органических реакций.

Индуктивный и мезомерный эффекты и способы изображения этих эффектов. Резонансные структуры, правила их построения. Влияние электронных эффектов заместителей на стабильность и реакционную способность органических соединений и промежуточных частиц.

**Тема 2. Углеводороды. Алканы.** Гомологический ряд, изомерия и номенклатура. Природные источники алканов. Методы синтеза: гидрирование непредельных углеводородов, щелочное плавление солей карбоновых кислот, из галогеналканов (реакция Вюрца). Природа C-C и C-H связей в алканах. Химические свойства: реакции галогенирования. Механизм цепных свободнорадикальных реакций галогенирования. Нитрование (М.И. Коновалов), сульфирование, сульфохлорирование и окисление. Селективность радикальных реакций. Термический и каталитический крекинг.

**Алкены.** Гомологический ряд, изомерия, номенклатура. Геометрическая изомерия (цис-, транс- и Z-, E- номенклатура). Природа двойной связи. Методы синтеза: из галогенпроизводных, из спиртов, крекингом алканов. Химические свойства алкенов: гидрирование, галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация. Электрофильное присоединение (AdE). Общее представление о механизме реакции.

Правило Марковникова и его современная трактовка. Присоединение HBr по Харашу (механизм). Окисление по Вагнеру и исчерпывающее окисление алкенов с помощью  $\text{KMnO}_4$ . Качественное обнаружение двойной связи. Полимеризация.

**Алкины.** Гомологический ряд, номенклатура, изомерия. Природа тройной связи. Химические свойства алкинов. Реакции присоединения по тройной связи: гидрирование, гидратация (М.Г. Кучеров), присоединение галогенов, галогеноводородов.  $\text{C}\equiv\text{N}$ -кислотность ацетилена. Реакции замещения ацетиленового атома водорода на металл. Магнийорганические производные алкинов (Ж.И. Йоич), их использование в органическом синтезе. Димеризация (винилацетилен) и циклотримеризация (бензол) ацетилена. Окисление алкинов.

**Алкадиены.** Типы диенов. Изолированные, кумулированные и сопряженные диены. Сопряженные двойные связи и их особые свойства. Молекулярные орбитали 1,3-диенов. Представители диенов: бутadiен-1,3 (дивинил), изопрен. Полимеризация диенов. Понятие о строении природного каучука. Вулканизация каучука.

**Алициклические соединения.** Циклоалканы и их кислородные производные: циклогексанол, циклогексанон. Конформации циклогексана (структуры типа «кресло» и «ванна»). Ароматизация производных циклогексана.

**Тема 3. Арены.** Строение бензола. Формула Кекуле. Молекулярные орбитали бензола. Концепция ароматичности. Правило Хюккеля. Небензойдные ароматические системы. Ароматические катионы и анионы. Свойства аренов. Каталитическое гидрирование аренов. Галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, ацилирование бензола. Электрофильный характер этих процессов. Представление о  $\sigma$ - и  $\pi$ - комплексах. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Их направляющее влияние. Хлорирование толуола в ядро и боковую цепь. Реакции присоединения к бензольному кольцу: гидрирование, галогенирование. Окисление алкилбензолов до карбоновых кислот. Изомерия дизамещенных бензолов. Понятие о полициклических ароматических соединениях с изолированными и конденсированными кольцами. Канцерогенные свойства. Природные соединения на основе фенантрена: алкалоиды, стероиды, витамины, гормоны.

**Тема 4. Галогенпроизводные углеводов.** Способы получения: галогенирование углеводов, замещение гидроксильной группы на галоген, присоединение галогенов и галогенводородов по кратным связям. Свойства: реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода в алкилгалогенидах как метод создания связи C–C, C–N, C–O, C–S, C–P (получение алкилгалогенидов, спиртов, тиолов, простых эфиров, нитросоединений, аминов, нитрилов, сложных эфиров и др.). Реакции элиминирования. Правило Зайцева. Качественные реакции.

**Тема 5. Спирты и фенолы. Одноатомные спирты.** Гомологический ряд, классификация, изомерия, номенклатура. Влияние ассоциации на их физические свойства. Получение: гидратация алкенов, гидролиз галогенпроизводных, восстановление карбонильных соединений, синтез с помощью магнийорганических соединений. Свойства спиртов. Спирты как слабые OH-кислоты. Реакции: образование алколюлятов, замещение гидроксильной группы на галоген, аминогруппу, внутримолекулярная и межмолекулярная дегидратация, этерификация (получение сложных эфиров), окисление. Диэтиловый эфир как представитель простых эфиров. Высшие спирты в природе. Понятие о строении восков.

**Полиатомные спирты.** Этиленгликоль. Получение, свойства. Глицерин. Получение, свойства и применение. Ксилит, сорбит, маннит, их связь с сахарами. Методы идентификации спиртов (получение производных, ИК-спектры).

**Фенолы.** Методы получения: замещение галогена на гидроксил, кумольный способ получения фенола в промышленности. Свойства фенолов. Фенолы как OH-кислоты. Взаимное влияние гидроксильной группы и бензольного кольца в молекуле фенола. Сравнение кислотного характера фенолов и спиртов, влияние заместителей на кислотность фенолов. Образование фенолятов, простых и сложных эфиров. Реакции электрофильного замещения в ароматическом кольце фенолов: галогенирование, нитрование. Пикриновая кислота. Окисление фенолов. Хиноидная структура как хромофорная группа. Качественное определение фенолов (получение производных, ИК).

**Тема 6. Альдегиды и кетоны.** Изомерия и номенклатура. Образование альдегидов и кетонов при окислении спиртов, при гидролизе дигалогенпроизводных, из кислот и их производных. Строение карбонильной группы, её полярность и поляризуемость. Свойства и реакции. Общие представления о механизме нуклеофильного присоединения по карбонильной группе альдегидов и кетонов. Присоединение к оксосоединениям водорода, воды, синильной кислоты, бисульфита натрия, магнийорганических соединений. Реакции

с гидроксиламином, гидразином и его производными. Полуацетали, ацетали. Реакции с участием  $\alpha$ -водородного атома. Галоидирование, тригалогениды, галоформная реакция. Альдольная и кротоновая конденсация (представление о механизме). Образование тримеров и полимеров (параформ, паральдегид). Окисление альдегидов и кетонов. Реакция «серебряного зеркала» как качественная реакция на альдегиды. Идентификация оксосоединений по ИК-спектрам, ЯМР-спектрам.

**Тема 7. Карбоновые кислоты** и их производные. Классификация, номенклатура, изомерия. Образование кислот при окислении углеводов, спиртов, альдегидов, кетонов, при гидролизе функциональных производных. Строение карбоксильной группы и карбоксилат-иона. Физико-химические свойства кислот: ассоциация, диссоциация. Кислотность, её зависимость от электронных эффектов заместителей. Соли, галогенангидриды, ангидриды, амиды, нитрилы, сложные эфиры. Их взаимные превращения. Этерификация и омыление сложных эфиров. Галогенирование кислот по углеводородному радикалу. Методы идентификации кислот. Производные угольной кислоты: фосген, мочевины.

**Двухосновные кислоты.** Общие методы их синтеза. Характерные реакции дикарбоновых кислот. Адипиновая кислота как полупродукт производства нейлона.

**Ароматические кислоты.** Получение их окислением боковых цепей в алкилбензолах. Бензойная кислота. Фталевая кислота (получение из нафталина) и её ангидрид. Терепталевая кислота (получение из пксилола) и синтетическое волокно на её основе (лавсан). Салициловая кислота и её производные (салол, аспирин). Диметилфталат и мдиэтилтолуамид как инсекторепелленты.

**Непредельные кислоты.** Полимеры на основе производных акриловой и метакриловой кислот (плексиглас, нитрон). Фумаровая и малеиновая кислоты. Различия физических и химических свойств геометрических изомеров. Понятие о строении липидов.

**Гидрокси- и кетокислоты.** Образование гидроксикислот при окислении гликолей, при восстановлении кетокислот, при гидролизе галогензамещенных кислот, циангидриновым методом, при окислении  $\text{C}\text{H}$  - связи карбоновых кислот, при гидратации непредельных карбоновых кислот. Дегидратация  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - гидроксикислот. Лактиды. Лактоны.

Гликолевая, молочная, лимонная, винные кислоты: нахождение в природе и свойства. Стереои́зомерия молочной и винных кислот. Хиральный атом углерода. Оптически активные вещества. Антиподы (энантиомеры), рацематы, диастереоизомеры. Использование глицеринового альдегида для установления относительной конфигурации оптически активных веществ. Определение абсолютной конфигурации. Проекционные формулы. Разделение рацематов. Пировиноградная кислота, её строение, свойства.

**Тема 8. Углеводы (сахара).** Моносахариды, олигосахариды, полисахариды. Классификация моносахаридов. Альдозы (альдопентозы, альдогексозы) и кетозы. Альдопентозы (рибоза, арабиноза, ксилоза) и альдогексозы (глюкоза, манноза, галактоза), их строение и нахождение в природе. Фруктоза как пример кетозы. Её строение, свойства, нахождение в природе, генетическая связь с глюкозой. D- и L-ряды сахаров, их стереохимическое отношение к D-глицериновому альдегиду. Стереохимия альдоз и кетоз в проекциях Фишера. Циклические полуацетали альдогексоз - глюкопиранозы и глюкофуранозы. Гликозидный гидроксил.  $\alpha$ - и  $\beta$ - аномеры. Кольчато-цепная таутомерия и мутаротация. Формулы Хеурса. Конформации пиранозного цикла. Реакции моносахаридов: окисление, восстановление, ацилирование, с гидроксиламином,  $\text{HCN}$ .

Понятие о гликозидах и агликонах. Сахароза, мальтоза и целлобиоза как примеры дисахаридов (биоз). Полисахариды – целлюлоза, крахмал, инулин, гликоген.

**Тема 9. Амины.** Классификация, изомерия, номенклатура. Образование из аминокислот. Получение: алкилирование аммиака и аминов по Гофману, восстановление азотистых соединений.

Строение аминов. Амины как основания. Сравнение основных свойств первичных, вторичных и третичных алифатических и ароматических аминов. Влияние на основность аминов заместителей в ароматическом ядре. Реакции аминов: алкилирование, ацилирование, взаимодействие с азотистой кислотой, четвертичные аммониевые основания и их соли. Галогенирование, нитрование, сульфирование ароматических аминов, защита аминогруппы. Сульфаниловая кислота, понятие о сульфамидных препаратах. Качественное определение азота и аминогруппы.

#### **Тема 10. Природные и синтетические полимеры.**

**Аминокислоты. Белки.** Строение, изомерия, амфотерность моноаминокарбоновых кислот. Природные аминокислоты. Их стереохимия и химические свойства. Сравнение свойств  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -аминокислот. Образование пептидов. Представители  $\alpha$ -аминокислот: глицин, аланин, фенилаланин, валин, лейцин. Дикарбоновые аминокислоты: аспарагиновая, глутаминовая кислоты. Аминокислоты с дополнительной функциональной группой: серин, треонин, тирозин, лизин, орнитин, метионин, цистеин, аспарагин. Аминокислоты гетероциклического ряда: пролин, гистидин, триптофан. Качественные реакции аминокислот.

**Белки.** Общие представления о составе, строении, физических и химических свойствах. Синтез белков, практическое, теоретическое, философское значение. Качественные реакции белков.

#### **Синтетические полиамиды: нейлон, капрон.**

**Тема 11. Гетероциклические соединения.** Классификация гетероциклов, номенклатура. Пятичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Фуран, тиофен, пиррол. Ароматичность. Реакции электрофильного замещения: нитрование, сульфирование, галогенирование, ацилирование, алкилирование. Ориентация при SE.

Ацидофобность. Тиофен и его гомологи в природе. Фуран и фурфурол как продукты превращения углеводов. Понятие о строении хлорофилла и гемоглобина. Индол как структурное ядро триптофана, серотонина.

Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Пиридин. Различие свойств пиррольного и пиридинового атомов азота. Пассивность пиридина в реакциях SE при вступлении заместителя в пиридиновое кольцо. Ориентация. Пиридин как основание. Образование солей. N-алкилирование. Никотиновая кислота и никотинамид (витамин PP) как фрагмент коэнзима А.

Циклы с несколькими гетероатомами. Понятие о строении пиримидина и его производных (цитозин, тиамин, урацил) и пуриновых оснований (аденин, гуанин).

#### **Тема 12. Нуклеиновые кислоты.**

Понятие о строении ДНК и РНК. Гидролиз нуклеиновых кислот. Нуклеотиды. Нуклеозиды. Вторичная структура нуклеиновых кислот – двойная спираль.

### **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, опросов при проведении семинарских занятий, проверки отчетов по лабораторным работам, а также опросам при проведении лабораторных работ, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

### **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

**Экзамен в третьем семестре** проводится в письменной форме по тестовым билетам. Билет содержит 20 вопросов, охватывающих все темы программы дисциплины, Структура билета соответствует структуре компетенций дисциплины и позволяет оценить достижение всех запланированных индикаторов – результатов обучения. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов



гидроксипентанамид

метилбутаноилхлорид

гидроксибутаннитрил

**10. Какие соединения получают при озонировании алкенов (после разложения водой):**

A) карбоновые кислоты

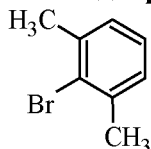
B) кетоспирты

C) двухатомные спирты

D) альдегиды и кетоны

E) одноатомные спирты

**11. Подберите название для соединения:**



A)

2,4-

диметилбромбензол

B)

4-бром-5,6-

диметилбензол

C)

1,3-диметил-2-

бромбензол

D)

4,6-диметил-5-

бромбензол

**12. Укажите заместители I рода:**

1) CH<sub>3</sub>O-;

2) F-;

3) NH<sub>2</sub>-

4) NO<sub>2</sub>-;

5) Br-

A) 1,3,4

B) 1,2,3

C) 1,2,5

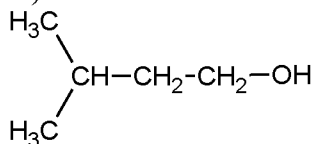
D) 2,4,5

E)

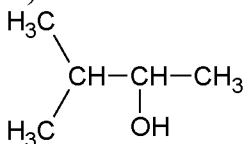
1,2,3,5

**13. Укажите третичные спирты:**

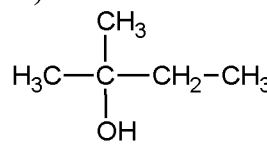
A)



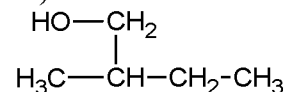
B)



C)



D)



**14. Какое из производных фенола является наиболее слабой кислотой:**

A) орто-нитрофенол

B) 2,4-динитрофенол

C) пара-нитрофенол

D) пара-бромфенол

E) пара-метоксифенол

**15. С какими из соединений будет реагировать фенол:**

1) HNO<sub>3</sub>

2) NaOH (в воде)

3) NaCl

4) Br<sub>2</sub>

5) CH<sub>3</sub>COCl

A) 1,2,3,5

B) 1,2,3

C) 1,3,4

D) 2,4,5

E) со всеми, кроме 3

**16. Если CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>Br прореагирует с Na, то образуется:**

A) CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>

B) ацетон

C) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>

D) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH

E) CH<sub>2</sub>OH-CH<sub>2</sub>OH

**17. С какими из соединений будет реагировать уксусный альдегид:**

1) этанол

2) NaHSO<sub>3</sub>

3) KCN

4) CH<sub>3</sub>COOH

5) NaCl

A) 1,2,3

B) 1,3,4

C) 1,2,3,5

D) 2,4,5

E) со всеми, кроме 3

**18. Если уксусный альдегид прореагирует с одной молекулой этанола, то образуется:**

A) оксинитрил

B) полуацеталь

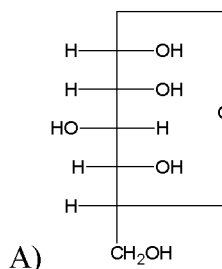
C) ацеталь

D) гем-диол

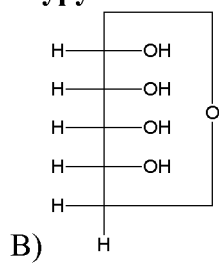
E) сложный эфир

(циангидрин)

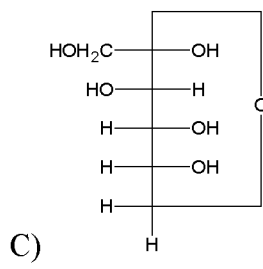
**19. Укажите структуру глюкозы:**



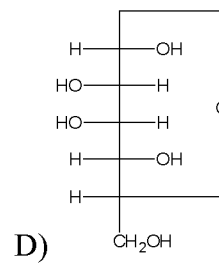
A)



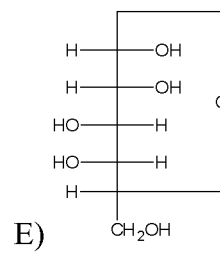
B)



C)



D)



E)

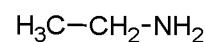
**20. Среди показанных соединений укажите амины:**

A

B

C)

D)







<http://ido.tsu.ru/schools/chem/lib/chem/umk/org/index.php> - УМК «Органическая химия» для школы «Юный Химик» и студентов химических и нехимических специальностей ТГУ

<http://orgchem.tsu.ru> – онлайн-учебно-методические материалы по курсу «Органическая химия» для студентов химических и нехимических специальностей ТГУ;

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4037](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4037) – Шабаров Ю. С. Органическая химия

<http://sun.tsu.ru/limit/2016/000049461/000049461.djvu> - Лабораторные работы в органическом практикуме. Агрономов А. Е., Шабаров Ю. С.

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (GoogleDocs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –

<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –

<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

- лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации (аудитория № 207 6-го учебного корпуса ТГУ). В аудитории имеется интерактивная доска;

- лабораторная аудитория (№ 322, 6-го учебного корпуса ТГУ)

- лаборатория органического синтеза (№ 323, 6-го учебного корпуса ТГУ)

Все лаборатории оснащены вытяжными шкафами, стеклянной и фарфоровой лабораторной посудой, измерительным инструментом (весы, термометры, рН-метры, УФ-спектрофотометр и т.д.). Кроме того, в лабораториях имеется нагревательное оборудование (электроплитки и термостатирующие шкафы), оборудование для фильтрации под вакуумом и роторные испарители, встряхиватели, мешалки с магнитным приводом и другое оборудование.

### **15. Информация о разработчиках**

Кравцова Светлана Степановна, канд. хим. наук, доцент, каф. органической химии ТГУ, доцент.