

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт биологии и экологии

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

Смирнова Н.Н.

2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

направление подготовки / специальность

05.03.06 ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

направленность (профиль) подготовки

Экология и природопользование

г. Владимир

2020 год

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Органическая химия» является расширение и углубление базовых знаний в области химии.

Задачи: изучение основных теоретических закономерностей превращений органических соединений на примере основных классов органических соединений; приобретение способности пользоваться основными механизмами реакций и предсказывать направления реакций, предсказывать свойства соединений на основе их строения; приобретение практических навыков в проведении синтезов, выделении и очистке органических соединений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Органическая химия относится к обязательной части дисциплин учебного плана направления 05.03.06 Экология и природопользование.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
УК-8. Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций	УК-8.1 Знает причины, признаки и последствия опасностей, способы защиты от чрезвычайных ситуаций; основы безопасности жизнедеятельности, телефоны служб спасения	<i>Знает:</i> основы охраны труда и техники безопасности при проведении химических экспериментов	Тестовые вопросы
	УК-8.2 Умеет поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, оценивать вероятность возникновения потенциальной опасности и принимать меры по ее предупреждению; оказывать первую помощь в чрезвычайных ситуациях	<i>Умеет:</i> оценивать условия проведения химических экспериментов с целью предупреждения возникновения опасных ситуаций	
	УК-8.3. Владеет методами прогнозирования возникновения опасных или чрезвычайных ситуаций; навыками применения основных методов защиты в условиях чрезвычайных ситуаций	<i>Владеет:</i> навыками применения индивидуальных средств защиты при проведении химических экспериментов .	
ОПК-1. Способен применять базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле, естественно-научного и математического циклов при решении задач в области экологии и природопользования	ОПК-1.1 Знает основы фундаментальных наук о Земле, естественно-научного и математического циклов	<i>Знает:</i> основы классификации органических соединений, строение, способы получения и химические свойства различных классов органических соединений; теорию строения органических веществ, природу химических связей в органических веществах, механизмы протекания органических реакций.	Тестовые вопросы

	<p>ОПК-1.2. Умеет использовать базовые знания в области математики для обработки информации и анализа данных в области экологии и природопользования; применять базовые знания физических законов и анализа физических явлений для решения задач в области экологии и природопользования; применять базовые знания химии при проведении химико-аналитических исследований в области экологии и природопользования</p>	<p><i>Умеет:</i> самостоятельно ставить синтетическую задачу, выбирать оптимальные пути и методы синтеза и анализа, обсуждать результаты исследований, ориентироваться в современной литературе по органической химии; проводить стандартные органические синтезы, определение констант, подготовку образцов для физико-химических исследований, пользоваться справочной литературой по органической химии.</p>	
	<p>ОПК-1.3. Владеет знаниями биологии для решения задач в области экологии и природопользования; знаниями фундаментальных разделов наук о Земле для решения задач в области экологии и природопользования</p>	<p><i>Владеет:</i> теоретическими представлениями органической химии, знаниями о составе, строении и свойствах органических веществ – представителей основных классов органических соединений: углеводов, гомофункциональных соединений, гетерофункциональных соединений; основами органического синтеза и физико-химическими методами анализа органических соединений..</p>	

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет:

3 зачетных единицы, 108 часов

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	<i>Введение. Основные понятия. Методы выделения и очистки органических веществ</i> <i>Физико-химические методы анализа органических соединений</i>	3	1	2		8		4	
2	<i>Углеводороды.</i>								
2.1	Алканы	3	2	2				2	
2.2	Алкены	3	3-4	4				2	
2.3	Диены	3	5	2				2	
2.4	Алкины	3	6	2				2	ПК 1
2.5	Алициклические углеводороды	3	7	2				2	
2.6	Ароматические углеводороды	3	8-9	4				2	
3	<i>Галогенпроизводные.</i>								
3.1	Алифатические галогенпроизводные	3	10					2	
3.2	Ароматические галогенпроизводные	3	10					2	
4	<i>Гидроксилсодержащие производные</i>								
4.1	Спирты	3	10	2				2	
4.2	Фенолы	3	11	2				2	
5	<i>Простые эфиры</i>	3	11					2	
6	<i>Азотсодержащие производные</i>								
6.1	Нитросоединения	3	12					2	
6.2	Амины	3	12	2				2	ПК 2
6.3	Азо- и диазосоединения	3	13			4		2	
7	<i>Карбонильные соединения</i>								
7.1	Предельные карбонильные соединения	3	13	2				2	
7.2	Непредельные карбонильные соединения	3	14	0,5				2	
7.3	Ароматические карбонильные соединения	3	14	0,5				2	
8	<i>Карбоновые кислоты</i>								
8.1	Предельные карбоновые кислоты	3	15	2				2	

8.2	Непредельные карбоновые кислоты	3	16	1			2	
8.3	Ароматические карбоновые кислоты	3	16	1		6	2	
8.4	Многоосновные карбоновые кислоты	3	17	1			2	
9	<i>Гетерофункциональные соединения</i>							
9.1	Гидроксикислоты	3	17				2	
9.2	Аминокислоты	3	17-18	2			2	
9.3	Оксокислоты	3	18				2	
9.4	Углеводы	3	18	2			2	РК 3
Всего за 3 семестр				36		18	54	Зачет
Итого по дисциплине				36		18	54	Зачет

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Содержание. Способы изображения молекул органических соединений, молекулярные, структурные и электронные формулы.

Типы углеродного скелета, ациклические, циклические и гетероциклические соединения. Изомерия. Гомология.

Основные функциональные группы и классы органических соединений.

Основы номенклатуры органических соединений

Заместительная номенклатура ИЮПАК. Основные принципы построения названий органических соединений, родоначальная структура, характеристические группы. Названия нефункциональных заместителей, функциональных групп, предельных и непредельных радикалов. Старшинство функциональных групп.

Основные правила составления заместительных названий органических соединений, выбор и нумерация главной цепи, правило наименьших локантов.

Названия основных классов органических соединений, сложных поли- и гетерофункциональных соединений.

Типы связей, промежуточные частицы в органических реакциях.

Электронные эффекты.

Кислоты и основания.

Углерод, электронная конфигурация; гибридизация углерода в органических соединениях. Типы химических связей в органических соединениях (σ , π -связь). Физические характеристики связей: энергия, длина, полярность, поляризуемость.

Гомолитический, гетероциклический разрыв связей.

Понятие о промежуточных частицах, строение промежуточных частиц (радикалы, карбокатионы, карбанионы).

Инфракрасная спектроскопия. Природа ИК-спектров, способы их изображения, характеристические частоты поглощения.

Электронная спектроскопия. Природа спектров, типы электронных переходов, понятие о хромофорных группировках, способ изображения УФ спектров. **Спектры протонного магнитного резонанса.** Природа, основные характеристики: химический сдвиг, интенсивность, мультиплетность сигналов протонов; спин-спиновое взаимодействие.

Масс-спектрометрия. Основные принципы, молекулярный ион, изотопный состав ионов, основные пути фрагментации важнейших классов органических соединений.

Раздел 2. УГЛЕВОДОРОДЫ

Тема 2.1. Алканы

Содержание. Строение, гомология, природа С-С и С-Н связей, изомерия, геометрия молекулы, межатомные расстояния. Вращение вокруг С-С связей. Понятие о конформациях на

примере конформаций этана и бутана. Понятие о пространственных препятствиях. Конформации *гош*-, *анти*-, заслоненные.

Химические свойства алканов. Гомо- и гетеролитический разрыв связи. Хлорирование метана. Механизм цепной радикальной реакции. Относительные скорости хлорирования C-H связей различного типа (первичных, вторичных, третичных). Строение алкильных радикалов, их стабильность. Гиперконъюгация. Селективность хлорирования и бромирования алканов. Избирательность реакции и температура. Другие радикальные реакции алканов. Крекинг термический. Окисление, горение.

Методы получения алканов (использование металлорганических соединений, гидрирование непредельных соединений, электролиз солей карбоновых кислот).

Тема 2.2. Алкены

Содержание. Электронное строение двойной связи C=C. Энергия σ - и π -связи в этилене. Геометрическая изомерия: *цис-транс*-номенклатура.

Гидрирование алкенов.

Понятие о нуклеофильных и электрофильных реагентах.

Электрофильное присоединение к алкенам. Общее представление о механизме реакций, ониевые ионы, скорость определяющая стадия. Стереоселективность процесса.

Присоединение хлора и брома к алкенам. Механизм, стереохимия, влияние заместителей на стереохимию присоединения

Гидрогалогенирование. Региоселективность электрофильного присоединения к алкенам. Правило Марковникова. Стабильность интермедиата (карбокатиона). Влияние заместителей при C=C связи на скорость присоединения. Исключения из формального правила Марковникова: (1) присоединение к электронодефицитным алкенам, (2) присоединение боранов, (3) радикальное присоединение. Расширенное толкование правила Марковникова.

Озонолиз алкенов. Окислительное и восстановительное расщепление озонидов.

Окисление алкенов до диолов и эпоксидов: гидрокселирование перманганатом калия по Вагнеру, тетраоксидом осмия, гидрокселирование через гидролиз эпоксидов по Прилежаеву. Свободнорадикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Хараши, инициаторы реакции, механизм.. Аллильное галогенирование: получение хлористого аллила из пропилена в газовой фазе.

Полимеризация алкенов: катионная, анионная, радикальная. Синтез алкенов: реакции элиминирования, стереоселективное гидрирование алкинов, реакция Виттига-Хорнера, метатезис алкенов, реакция Хека, крекинг и дегидрирование алканов.

Тема 2.3. Алкадиены

Содержание. Диены: а) сопряжённые, б) аллены. *s-цис*- и *s-транс*-конформации. 1,2- и 1,4-присоединение к сопряженным диенам. Кинетически и термодинамически контролируемые реакции. Реакция Дильса-Альдера как метод образования C-C связей и синтеза шестичленных циклов. Диены и диенофилы. Механизм реакции.

Методы получения сопряженных диенов в промышленности и в лаборатории, использование реакций, катализируемых переходными металлами и их комплексами.

Тема 2.4. Алкины

Содержание. Электронная природа тройной углерод-углеродной связи. Строение ацетилена. Стереоселективное гидрирование алкинов. CН-кислотность алкинов. Использование ацетиленидов в органическом синтезе. Электрофильное присоединение к алкинам. Сравнение реакционной способности алкенов и алкинов. Гидратация алкинов (реакция Кучерова).

Окислительная димеризация терминальных алкинов в присутствии соединений меди. Нуклеофильное присоединение к алкинам. Синтез виниловых эфиров.

Методы синтеза алкинов: использование реакций элиминирования, ацетиленидов металлов, реакции, катализируемые переходными металлами, миграция тройной связи, реакция Фаворского-Реппе.

Тема 2.5. Алициклические углеводороды

Содержание. Классификация алициклов. Типы напряжения в циклоалканах и подразделение циклов на малые, средние циклы и макроциклы. Строение циклопропана, циклобутана, циклопентана, циклогексана. Конформационный анализ циклогексана. Аксиальные и экваториальные связи в конформации "кресло" циклогексана. Конформации моно- и дизамещенных производных циклогексана. Влияние конформационного положения функциональных групп на их реакционную способность на примере реакций замещения, отщепления и окисления.

Методы синтеза соединений ряда циклопропана и циклобутана. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом. Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана. Синтез соединений со средним размером цикла.

Тема 2.6. Ароматические углеводороды

Содержание. Строение бензола. Формула Кекуле. Ароматичность. Правило Хюккеля. Критерии ароматичности: энергетический, структурный, магнитный. Признаки ароматичности (реакционная способность).

Промышленные источники ароматических углеводородов. Риформинг. Лабораторные методы синтеза: кросс-сочетание, тримеризация ацетиленов, кетонов, реакция Фриделя-Крафтса, ароматизация циклоалканов, восстановление жирноароматических кетонов.

Свойства кольца и алифатической боковой цепи в ароматических углеводородах. Гидрирование. Восстановление по Бёрчу. Свободнорадикальное галогенирование толуола и его гомологов. Окисление боковой цепи алкилбензолов и поликонденсированных ароматических углеводородов.

Электрофильное замещение в ароматическом ряду.

Классификация реакций ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме реакций. Представление о π - и σ -комплексах. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Согласованная и несогласованная ориентация.

Нитрование. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и его замещенных. Галогенирование. Галогенирующие агенты. Механизм реакции галогенирования аренов и их производных. Сульфирование. Сульфирующие агенты. Механизм реакции

Алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты. Механизм реакции. Полиалкилирование. Побочные процессы – изомеризация алкилирующего агента и конечных продуктов.

Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Ацилирующие агенты. Механизм реакции.

Раздел 3. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Тема 3.1. Галогенопроизводные алифатического ряда

Содержание. Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода в алкилгалогенидах, как метод создания связи углерод-углерод, углерод-азот, углерод-кислород, углерод-сера, углерод-фосфор: получение алкилгалогенидов, спиртов, тиолов, простых эфиров, нитросоединений, аминов, нитрилов, сложных эфиров и др. Типы нуклеофилов: анионы, нейтральные молекулы, растворители. Уходящие группы. Классификация по механизму: $SN1$ и $SN2$. Влияние пространственных факторов на скорость реакций. Карбокатионы, факторы, определяющие их устойчивость. Перегруппировки карбокатионов. Методы генерирования карбокатионов. Понятие о ионных парах.

Винил-, фенил-, аллил- и бензил- галогениды и α -галогенкарбонильные соединения в реакциях нуклеофильного замещения.

Природа нуклеофила. Нуклеофильность и основность. Поляризуемость и сольватация нуклеофила. Мягкость и жесткость нуклеофила. Конкуренция SN и E реакций. α -Эффект. Влияние природы растворителя на протекание реакций нуклеофильного замещения, биполярные, апротонные растворители. Влияние природы уходящей группы. Оценка нуклеофугности группы. Методы создания хорошей уходящей группы: протонирование, эфиры сильных неорганических кислот, электрофильный катализ. Важнейшие примеры синтетического использования реакций нуклеофильного замещения. Методы синтеза алкилгалогенидов.

Реакции элиминирования.

Конкуренция с реакциями нуклеофильного замещения. Механизмы элиминирования (E1, E2). Основные закономерности протекания этих реакций: правила Гофмана и Зайцева. Использование реакций элиминирования для синтеза алкенов, диенов и алкинов.

Тема 3.2. Галогенопроизводные ароматического ряда

Содержание. Механизм присоединения-отщепления SN_{Ar} , примеры реакций и активизирующее влияние электроноакцепторных заместителей.

Механизм отщепления-присоединения на примере превращения галогенбензолов в фенолы и ароматические амины.

Раздел 4. ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ

Тема 4.1. Спирты

Содержание. Способы синтеза одноатомных спиртов: из алкенов, алкилгалогенидов, с использованием реактивов Гриньяра, восстановлением карбонильных соединений. Промышленные способы синтеза метанола, этанола.

Свойства спиртов.

Спирты, как слабые OH-кислоты и как основания Льюиса. Эфиры спиртов и неорганических кислот (серной, фосфорной, фосфористой). Замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген. Реакция спиртов с галогенидами фосфора и хлористым тиоилом. Механизм и стереохимия замещения. Дегидратация спиртов. Окисление спиртов. Важнейшие методы и реагенты, применяемые для окисления спиртов.

Двухатомные спирты.

Особенности химических свойств. Применение диолов.

Методы синтеза диолов: гидроксילирование алкенов, использование реакции Фаворского-Реппе, восстановление α, ω -дикарбоновых кислот или их эфиров, восстановительная димеризация кетонов.

Тема 4.2. Фенолы

Содержание. Методы синтеза фенолов: щелочное плавление солей сульфокислот, арилгалогенидов, диазосоединений, кумольный метод. Свойства фенолов: кислотность, таутомерия, синтез простых и сложных эфиров, перегруппировка Фриса, электрофильное замещение, в том числе карбоксилирование по Кольбе, формилирование по Реймеру-Тиману, Вильсмейеру, перегруппировка аллиловых эфиров фенолов (Кляйзена), окисление фенолов, ароксильные радикалы.

Раздел 5. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ

Содержание. Синтез из спиртов, алкенов и алкилгалогенидов. Свойства: комплексы с кислотами Льюиса, ращепление кислотами, литийорганическими соединениями, образование перекисей. Оксираны. Раскрытие цикла в оксиранах.

Раздел 6. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

Тема 6.1. Нитросоединения

Содержание. Синтез алифатических нитросоединений: нитрование, реакция с нитритами, окисление аминогруппы. Свойства нитросоединений: СН-кислотность, таутомерия, конденсация с карбонильными соединениями. Восстановление в амины. Важнейшие промежуточные продукты восстановления нитробензола в кислой и щелочной среде.

Тема 6.2. Амины

Содержание. Синтез: алкилирование аммиака и аминов, синтез Габриэля, восстановление азотсодержащих соединений, восстановительное аминирование.

Свойства аминов. Основность, реакции: алкилирование, ацилирование, нуклеофильное присоединение к карбонильной группе. Защита аминогруппы. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману. Взаимодействие первичных, вторичных и третичных алифатических и ароматических аминов с азотистой кислотой. Окисление аминов. Реакции электрофильного замещения в бензольном ядре ароматических аминов.

Тема 6.3. Диазосоединения

Содержание. Диазо- и азо- соединения. Соли диазония. Диазотирование первичных ароматических аминов. Агенты диазотирования. Нитрозирование вторичных и третичных аминов. Поведение солей диазония в щелочной среде.

Реакции диазосоединений с выделением азота. Термическое разложение арилдиазония (реакция Шимана и образование фенолов), реакция с иодид-ионом, замещение диазогруппы на водород. Реакция Зандмейера для введения галоген-, циано-, нитрогрупп. Реакции диазосоединений без выделения азота: восстановление, азосочетание (требования к азо- и диазокомпонентам). Примеры азокрасителей (метилоранж).

Раздел 7. КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Содержание. Методы получения альдегидов и кетонов: окисление спиртов, озонлиз алкенов, использование реакций гидроборирования, магнийорганических соединений, купратов, окислительное расщепление диолов, пинаколиновая перегруппировка, восстановление карбоновых кислот и их производных, пиролиз солей карбоновых кислот, гидролиз *гем*-дигалогенидов, реакция Кучерова, Вакер-процесс*, гидроформилирование алкенов. Синтез карбонильных соединений с помощью реакций конденсации, с использованием ацетоуксусного эфира. Особые способы синтеза ароматических карбонильных соединений.

Строение альдегидов и кетонов. Физические свойства альдегидов, сравнение со спиртами. Сравнение энергий одинарных и двойных связей углерод-углерод и углерод-кислород.

Присоединение нуклеофилов к карбонильной группе. Различия в реакционной способности между альдегидами и кетонами. Эффекты заместителей. Обратимость реакции, механизм. Примеры реакций: гидратация, присоединение спиртов, гидросульфита натрия, цианистого водорода, ацетиленов. Присоединение азотистых нуклеофилов. Имины. Оксимы, гидразоны. Уротропин.

Реакция карбонильных соединений с магний- и литийорганическими соединениями.

Восстановление карбонильных соединений, особенности использования LiAlH_4 и NaBH_4 . Превращение $\text{C}=\text{O}$ группы в CH_2 .

Реакция Канниццаро.

Реакции, протекающие через образование енольной формы.

Влияние $\text{C}=\text{O}$ на кислотность α -СН связей в карбонильных соединениях (КС). Сравнение кислотности КС и спиртов. Енолизация, катализируемая кислотами и основаниями.

Галогенирование карбонильных соединений. Галоформная реакция.

Альдольная конденсация в кислой и щелочной среде. Кротоновая конденсация. Понятие «метиленовой» и «карбонильной» компоненты. Недостатки классического варианта альдольно-кротоновой конденсации. Направленная альдольная конденсация.

Реакция Перкина. Бензоиновая конденсация.

α, β -Непредельные альдегиды и кетоны. Способы синтеза. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения на примере аминов, цианистого водорода, металлорганических соединений,

Окисление карбонильных соединений. Использование хроматов, перманганата калия, солей серебра, автоокисление альдегидов.

Сложноэфирная конденсация.

Раздел 8. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ

Содержание. Способы синтеза карбоновых кислот: окисление спиртов, карбонильных соединений, непредельных и алкилароматических соединений; гидролиз нитрилов и других производных; использование металлоорганических соединений; синтеза с малоновым и ацетоуксусным эфиром, галоформная реакция; промышленные способы синтеза важнейших кислот.

Важнейшие свойства карбоновых кислот. Строение карбоксильной группы. Физико-химические свойства кислот: ассоциация, диссоциация, влияние заместителей на кислотность, замещение гидроксильной группы, восстановление, синтез производных. Декарбоксилирование: термическое, по Кольбе, реакция Бородина-Хунсдиккера, пиролизическая кетонизация. Реакции по α -атому (Гелль-Фольгард-Зелинский).

Производные карбоновых кислот. Галогенангидриды. Синтез хлорангидридов из кислот.

Ангидриды карбоновых кислот и кетены. Важнейшие свойства. Сложные эфиры. Синтез и свойства.

Синтез амидов карбоновых кислот. Свойства: гидролиз, дегидратация, восстановление. Нитрилы. Синтез. Свойства: гидролиз, кислотность α -СН связей.

Непредельные кислоты. Синтез: реакции Кневенагеля, Виттига, Перкина, Хека, из β -оксикислот. Жиры.

Двухосновные кислоты. Синтез важнейших дикарбоновых кислот. Особенности химических свойств и использование в синтезе. Синтезы с использованием малонового эфира. Фталевая и терефталевая кислоты, получение в промышленности. Фталимид и его использование в синтезе. Фумаровая и малеиновая кислоты, их эфиры и использование в синтезе.

Раздел 9. ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Тема 9.1. Гидроксикислоты

Содержание. α , β , γ -гидроксикислоты. Способы получения: из галогенозамещённых кислот (гидролиз), из карбонильных соединений через гидроксинитрилы (α -гидроксикислоты). Получение β -гидроксикислот по реакции Реформатского.

Физические и химические свойства. Особенности свойств α -, β -, и γ -гидроксикислот. Лактиды. Лактоны. Молочная кислота. Винные кислоты.стереоизомерия молочных и винных кислот.

Тема 9.2. Аминокислоты, пептиды и белки

Содержание. α , β , γ -аминокислоты. Конфигурация природных L-аминокислот. Амфотерность, изоэлектрическая точка. Электрофорез.

Химические свойства -СООН и -NH₂ групп. Хелаты. Бетаины. Поведение при нагревании (ср. с оксикислотами). Синтез сложных эфиров и N-ацилирование – путь к пептидному синтезу

Важнейшие способы синтеза аминокислот: из галогенкарбоновых кислот. Белки. Четыре уровня организации нативных белков.

Тема 9.3. Оксокислоты

Содержание. Свойства ацетоуксусного эфира (АУЭ). Таутомерия. Влияние растворителей на положение равновесия. Синтезы с использованием АУЭ. Кетонное и кислотное расщепление. АУЭ. Дианион АУЭ и его раздельное алкилирование.

Тема 9.4. Углеводы

Содержание. Классификация углеводов: по количеству атомов С; по наличию С=О или СНО групп; по количеству циклических фрагментов. Альдозы и кетозы. Стереохимия альдоз

и кетоз в проекциях Фишера. Циклические полуацетали альдогексоз: глюкопиранозы и глюкофуранозы, α - и β -аномеры. Формулы Хеуорса для аномерных моносахаридов. Стереохимия. Кольчато-цепная таутомерия углеводов. Эпимеры, аномеры, мутаротация. Химические свойства глюкозы как альдегидспирта: D-фруктоза как представитель кетоз. Дисахариды. Мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара. Полисахариды - крахмал, гликоген, целлюлоза, нитроклетчатка. Вискозное волокно, производство бумаги.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ. МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ.

Содержание. Простая перегонка при атмосферном давлении. Экстракция твердых веществ. Определение основных физико-химических показателей органических веществ (температура плавления, показатель преломления).

Раздел 6. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ.

Тема 6.3. Диазосоединения.

Содержание. Синтез β -нафтолоранжа

Раздел 8. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ.

Тема 8.3. Ароматические карбоновые кислоты.

Содержание. Синтез бензойной кислоты

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль осуществляется по результатам проведения следующих контрольных мероприятий:

Рейтинг-контроль №1 Темы: Алканы, Алкены

1. Напишите реакции получения 2-метилпропана:

- 1) По реакции Вюрца
- 2) По реакции Дюма
- 3) По реакции Кольбе

Для 2-метилпропана напишите реакции: галогенирования, нитрования, сульфоокисления, дегидрирования, горения.

Для всех реакций укажите условия протекания.

Составьте возможные реакции, проходящие при крекинге 2-метилпропана.

2. Получите 2-метилбутен-2 из соответствующего спирта, галогенопроизводного, дигалогенопроизводного. Для полученного 2-метилбутена-2 напишите реакции с водородом, раствором брома, бромоводородом с получением продукта по правилу Марковникова и против правила Марковникова, водой, окисления в мягких и жестких условиях, полимеризации. Для всех реакций укажите условия протекания.

3. Напишите уравнения реакций, соответствующих схемам:

- 1) $CH_3COONa \longrightarrow CH_4 \longrightarrow A \longrightarrow C_2H_6 \longrightarrow C_2H_4 \longrightarrow C_2H_6 \longrightarrow CO_2$
 2) Этан \rightarrow А \rightarrow хлорэтан \rightarrow А \rightarrow этанол \rightarrow А \rightarrow 1,2-дибромэтан \rightarrow А \rightarrow этандиол-1,2

Рейтинг-контроль №2

Темы: Алкины, Ароматические углеводороды, Галогенопроизводные углеводородов

1. Напишите реакции получения ацетилена из метана и карбида кальция. Из ацетилена получите пропин (в две стадии). Для пропина напишите реакции:

- 1) бромирования
- 2) гидробромирования
- 3) гидратации
- 4) гидрирования
- 5) окисления перманганатом калия в кислой среде
- 6) циклической тримеризации

2. Получите бензол из ацетилена. Из бензола получите *o*-нитротолуол и *n*-нитротолуол. Одно из веществ (любое) окислите перманганатом калия в кислой среде.

3. а) Получите 2-хлорпропан из пропана, пропилена, соответствующего спирта. Из 2-хлорпропана получите спирт, простой эфир, сложный эфир, нитросоединение, нитрил, амин, алкен.

б) Получите бромбензол из бензола. Для бромбензола напишите реакции: с водным раствором NaOH

- 1) с CH_3ONa
- 2) с $CH_3Br + Na$
- 3) с CH_3Br (в присутствии $AlBr_3$)

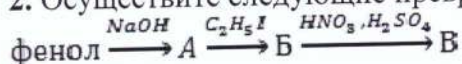
Рейтинг-контроль №3

Темы: Спирты, Фенолы, Карбонильные соединения, Карбоновые кислоты

1. Напишите реакции получения 2-бутанола из алкена, галогенопроизводного, карбонильного соединения. Для 2-бутанола напишите реакции:

- 1) металлическим натрием
- 2) с уксусной кислотой
- 3) с хлороводородом
- 4) дегидратации (внутримолекулярной и межмолекулярной)
- 5) окисления перманганатом калия в кислой среде или оксидом меди

2. Осуществите следующие превращения:



3. На 1,1-дихлорпропан подействуйте избытком водного раствора щелочи. Полученный продукт введите в реакцию:

- 1) с метанолом (CH_3OH)
- 2) с синильной кислотой (HCN)
- 3) с гидросульфитом натрия ($NaHSO_3$)
- 4) с аммиачным раствором оксида серебра ($[Ag(NH_3)_2]OH$)
- 5) с водородом

4. Для пропановой кислоты напишите реакции получения ангидрида, галогенангидрида, амида, нитрила. Для бензойной кислоты напишите реакцию получения сложного эфира. Для щавелевой кислоты напишите реакцию получения соли.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Вопросы для подготовки к зачету

1. Гомологический ряд алканов. Строение и общая характеристика свойств. Реакции замещения: галогенирование, нитрование.
2. Гомологический ряд алкенов. Строение и общая характеристика свойств. Реакции электрофильного присоединения.
3. Направление присоединения кислот к несимметричным алкенам (правило Марковникова и его современное объяснение). Строение, относительная устойчивость и реакционная способность карбокатионов. Перекисный эффект Караша и его объяснение.
4. Реакции высокотемпературного галогенирования алкенов. Строение и относительная устойчивость радикалов аллильного типа.
5. Окисление и озонолиз алкенов.
6. Мономеры, олигомеры, полимеры. Полимеризация и сополимеризация алкенов и диенов. Понятие о натуральном и синтетическом каучуках.
7. Строение сопряженных диенов. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения к диеновым углеводородам. Зависимость направления присоединения от температуры.
8. Гомологический ряд алкинов. Строение и общая характеристика свойств. Реакции присоединения водорода, галогенов, галогеноводородов, кислот и HCN.
9. Строение и причина кислых свойств алкинов с концевой тройной связью. Получение ацетиленидов. Присоединение спиртов и воды.
10. Алициклические углеводороды. Современные представления о строении циклоалканов. Конформации циклогексана.
11. Химические свойства циклоалканов: гидрирование, галогенирование, гидрогалогенирование. Связь между строением и реакционной способностью циклоалканов.
12. Строение бензола и общая характеристика свойств ароматических углеводородов. Механизм электрофильного замещения.
13. Реакции галогенирования, нитрования, сульфирования, алкилирования и ацилирования бензола.
14. Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения в ароматических соединениях; активирующие и дезактивирующие о-, п- ориентанты.
15. Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения в ароматических соединениях; дезактивирующие м- ориентанты.
16. Дизамещенные бензолы: согласованная и несогласованная ориентация.
17. Получение из галогеналканов: спиртов, простых и сложных эфиров, нитритов, нитрилов, аминов. Реакции галогеналканов с металлами (Na, Mg).
18. Получение магнийорганических соединений (реактивы Гриньяра). Их строение и свойства: взаимодействие с ацетиленовыми углеводородами с концевой тройной связью, спиртами, кислотами, карбонильными соединениями, диоксидом углерода.
19. Строение одноатомных спиртов. Спирты как ассоциированные жидкости. Причина кислотности спиртов. Реакции образования алколюлятов.
20. Химические свойства спиртов: реакции с галогеноводородными кислотами, PCl_5 , внутри- и межмолекулярная дегидратация, ацилирование и окисление.
21. Получение симметричных и несимметричных простых эфиров (планирование синтеза Вильямсона). Химические свойства простых эфиров: основность, образование оксониевых комплексов, расщепление.
22. Одноатомные фенолы. Причина кислых свойств фенолов. Электрофильное замещение в ядро фенолов.

23. Строение нитрогруппы. Таутомерные превращения нитроалканов. Подвижность водорода при α -углеродном атоме. Восстановление нитросоединений
24. Строение аминов: гибридизация атома азота, конфигурация молекулы амина, межмолекулярные водородные связи. Связь между строением и основностью амина.
25. Реакции аминов с кислотами, алкилирование и ацилирование аминов. Реакции с азотистой кислотой. Реакции ароматических аминов с альдегидами.
26. Диазосоединения: строение и получение. Реакции с выделением и без выделения азота.
27. Строение карбонильной группы. Химические свойства алифатических карбонильных соединений: присоединение спиртов, гидросульфита натрия, синильной кислоты, пятихлористого фосфора, реактивов Гриньяра.
28. Реакции альдегидов и кетонов с аммиаком и его производными: гидразином, гидроксиламином, фенилгидразином.
29. Причина реакционной способности водорода у α -углеродного атома. Кето-енольная таутомерия. Механизм альдольно-кратоновой конденсации.
30. Окисление и восстановление альдегидов и кетонов. Реакция Канниццаро.
31. Строение и особенности химических свойств α,β -непредельных альдегидов и кетонов (реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения).
32. Реакционная способность ароматических альдегидов и кетонов в реакциях нуклеофильного присоединения (реакция с синильной кислотой и гидросульфитом натрия). Окисление и восстановление.
33. Реакции конденсации ароматических альдегидов и кетонов: конденсация с алифатическими альдегидами и кетонами, реакция Перкина, перекрестная реакция Канниццаро. Их механизмы.
34. Строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона. Кислотные свойства одноосновных карбоновых кислот. Реакции кислот с металлами, щелочами, карбонатами, реактивами Гриньяра.
35. Реакция этерификации. Декарбоксилирование и восстановление кислот.
36. Получение производных кислот: солей, амидов, нитрилов, ангидридов и галогенангидридов, сложных эфиров. Гидролиз производных кислот.
37. Особенности химических свойств α,β -непредельных кислот. Акриловая и метакриловая кислоты, акрилонитрил.
38. Особенности физических и химических свойств двухосновных кислот. Кислотность. Реакции декарбокслирования.
39. Малоновый эфир и синтезы на его основе.
40. Кислотные свойства ароматических карбоновых кислот. Влияние природы и расположения заместителей на силу кислот.
41. Гидроксикислоты: особенности химических свойств α,β,γ - гидроксикислот.
42. Аминокислоты: особенности физических и химических свойств α,β,γ - аминокислот. Биполярный ион.
43. Углеводы: классификация, строение, конфигурация.
44. Моносахариды: глюкоза и фруктоза.
45. Химические свойства углеводов: восстановление, окисление, реакции с синильной кислотой.
46. Алкилирование, ацилирование углеводов,
47. Взаимодействие углеводов с производными аммиака (гидроксиламином, фенилгидразином).
48. Дисахариды: лактоза, мальтоза, целлобиоза, сахароза. Строение, свойства и распространение в природе.
49. Полисахариды: крахмал. Строение, свойства и распространение в природе.
50. Полисахариды: целлюлоза. Строение, свойства

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа – важнейшая составляющая образовательного процесса, определяющая в конечном итоге степень усвоения студентом теоретического материала. В процессе освоения курса Органическая химия самостоятельная работа заключается в следующем:

1. Подготовка к лекциям с использованием конспектов и рекомендованной литературы.
2. Подготовка к лабораторным занятиям и оформление отчетов по лабораторным работам с использованием рекомендованной литературы (учебного пособия для выполнения лабораторных работ).
3. Подготовка к текущему контролю (решение задач). Варианты заданий представлены в рекомендованных сборниках задач.
4. Изучение некоторых разделов дисциплины, которые в лекционном курсе не рассмотрены или рассмотрены недостаточно полно. При этом используется рекомендованная литература.
5. Подготовка к промежуточному контролю с использованием рекомендованной литературы, конспектов лекций, отчетов по лабораторным работам и согласно перечню вопросов для проведения промежуточного контроля.

Разделы дисциплины для самостоятельного изучения

1. Раздел 1. Тема 1.3. Физические методы анализа органических веществ
2. Раздел 2. Тема 2.5. Ациклические углеводороды
3. Раздел 3. Галогенпроизводные
4. Раздел 5. Простые эфиры
5. Раздел 6.Тема 6.1. Нитросоединения
6. Раздел 9.Тема 9.1. Гидроксикислоты
7. Раздел 9.Тема 9.3. Оксокислоты
8. Раздел 9.Тема 9.4. Углеводы

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Наличие в электронном каталоге ЭБС	
Основная литература			
1. Зурабян, С. Э. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. - 384 с. : ил. - 384 с. - ISBN 978-5-9704-5296-7.	2019	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970452967.html	
2. Карлов, С. С. Задачи по общему курсу органической химии с решениями для бакалавров : учебное пособие / Карлов С. С. , Нуриев В. Н. , Теренин В. И. , Зайцева Г. С. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 496 с.	2020	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018940.html	
3. Ермолаева, Елена Вадимовна. Контрольные задания по органической химии / Е. В. Ермолаева, И. С. Акчурина, Л. А. Дуденкова ; Владимирский государственный универси-	2009	http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1327/3/00971.pdf	

тет (ВлГУ), Кафедра полимерных материалов. — Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2009. — 44 с.		
4. Ермолаева, Елена Вадимовна. Основы синтезов органических соединений : учебное пособие / Е. В. Ермолаева, И. С. Акчурина, Е. С. Ильина ; Владимирский государственный университет (ВлГУ). — Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010. — 104 с. : ил., табл.	2010	http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1860/3/00739.pdf
Дополнительная литература		
1. Травень, В. Ф. Органическая химия. В 3 т. Т. I : учебное пособие для вузов / Травень В. Ф. - 7-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 401 с.	2020	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017462.html
2. Травень, В. Ф. Органическая химия. В 3 т. Т. II : учебное пособие для вузов / Травень В. Ф. - 7-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 550 с. - Режим доступа : по подписке.	2020	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017479.html
3. Травень, В. Ф. Органическая химия. В 3 т. Т. III : учебное пособие для вузов / Травень В. Ф. - 7-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 391 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". (Учебник для высшей школы) - ISBN 978-5-00101-748-6.	2020	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017486.html
4. Травень, В. Ф. Задачи по органической химии : учебное пособие / Травень В. Ф., Сухоруков А. Ю., Пожарская Н. А. - 2-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 267 с.	2020	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018957.html
5. Степанов, М. Б. Решение типовых задач по органической химии для различных классов соединений : метод. указания / М. Б. Степанов, Л. А. Хмарцева, Е. А. Якушева, Е. В. Быстрицкая, А. М. Голубев. - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - 69 с. - ISBN 978-5-7038-3688-0	2013	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703836880.html

6.2. Периодические издания

1. Журнал органической химии. СПб.: Наука. ISSN (PRINT): 0514-7492. Импакт-фактор (РИНЦ): 0,848

6.3. Интернет-ресурсы

1. <https://www.chem21.info/info/1920487/>
2. <https://wiki2.org/ru>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, оснащенные мультимедийным оборудованием. Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории органической химии.

Лаборатория органической химии оснащена следующим оборудованием: шкаф вытяжной; шкаф сушильный ШС-80-01 СПУ; рефрактометр ИРФ-454 Б2М; весы; аналитические SCL 150; прибор вакуумного фильтрования ПВФ 35-НБ; колбонагреватели LOIP LH-250; баня масляно-песчаная электрическая; баня для горячего фильтрования; термостат LW-4; гомогенизатор MPW-324; устройство просушивания химической посуды ЭКРОС 2000; комплект химической посуды и реактивы.

Перечень имеющегося лицензионного программного обеспечения: Windows 7; Microsoft Open License 62857078; MS Office 2010 Microsoft Open License 65902316

Рабочую программу составил Ермолаева Е.В., доцент

(ФИО, должность, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) ген. директор ООО «ЭластПУ» Романов С.В.

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химических технологий

Протокол № 1 от 30.08.21 года

Заведующий кафедрой ХТ Панов Ю.Т.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 05.03.06 Экология и природопользование

Протокол № 1 от 30.08.21 года

Председатель комиссии Трифорова Т.А., зав. кафедрой БиЭ

(ФИО, должность, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины *Органическая химия*
образовательной программы направления подготовки *05.03.06. Экология и природопользование*,
направленность: *Экология и природопользование (бакалавриат)*

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой _____ / _____

Подпись

ФИО

Рецензия
на рабочую программу дисциплины «Органическая химия»
для студентов направления 05.03.06 «Экология и природопользование»
(автор доцент Ермолаева Е.В.)

На рецензирование представлена рабочая программа дисциплины «Органическая химия» доцента кафедры химических технологий Ермолаевой Е.В. для студентов направления 05.03.06 «Экология и природопользование».

В рабочей программе четко сформулирована цель освоения студентами данной дисциплины и задачи, выполнение которых позволяет достигнуть обозначенную цель.

В соответствии с ФГОС ВО в программе перечислены компетенции, в формировании которых участвует данная дисциплина. Определены и четко согласованы с соответствующими компетенциями результаты образования.

Объем дисциплины (в зачетных единицах и часах) соответствует учебному плану направления. Тематический план дисциплины представлен с разбиением по неделям с указанием количества всех форм занятий, в том числе в интерактивной форме. Перечислены контрольные мероприятия текущей и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины. В части содержания дисциплины тематический план представлен достаточно подробно, что позволяет составить представление о материале лекционного курса, тематике лабораторных занятий и сделать вывод о том, что содержание дисциплины полностью соответствует современным тенденциям развития науки и техники в области химии.

В рабочей программе содержатся оценочные средства в виде заданий рейтинг-контроля, вопросов к зачету, тематики лабораторных работ, которые позволяют преподавателю объективно оценить результаты освоения дисциплины в процессе и в конце обучения. Даны методические указания и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента как неотъемлемой составной части образовательного процесса.

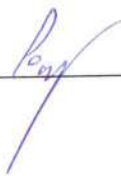
Описаны технологии обучения, применяемые автором для активизации образовательного процесса для всех форм занятий: лекций, лабораторных занятий, самостоятельной работы.

В рабочей программе перечислена учебно-методическая литература, рекомендованная автором для изучения дисциплины: основная, которая формирует основные результаты образования и заявленные компетенции, и дополнительная (в том числе интернет-ресурсы), необходимая для более глубокого освоения основных положений дисциплины и развития творческих и интеллектуальных способностей студентов.

Заявленное в рабочей программе материально-техническое обеспечение позволяет реализовать заявленные задачи дисциплины и достигнуть поставленную цель.

Таким образом, представленная рабочая программа дисциплины «Органическая химия» доцента кафедры химических технологий составлена в полном соответствии с требованиями ФГОС ВО и может быть использована при подготовке бакалавров направления 05.03.06 «Экология и природопользование».

Рецензент _____



_____ ген. директор ООО «ЭластПУ» к.т.н. Романов С.В.

