

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

*Факультет физико-математических и естественных наук*

**ПРОГРАММА  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

**Направление подготовки: 04.06.01 «Химические науки»**

**Направленность программы (профиль)**

- Organic chemistry: Chemistry of heterocyclic compounds /Органическая химия:химия гетероциклических соединений

**Квалификация выпускника**

Исследователь. Преподаватель – исследователь

2021 г.

## **1. Общие положения**

1.1. Ответственность и порядок действий по подготовке и проведению государственных итоговых испытаний в РУДН, а также перечень, очередность, сроки прохождения документов, необходимых для осуществления государственной итоговой аттестации, между структурными подразделениями определяет Порядок проведения итоговой государственной аттестации обучающихся.

1.2. Государственная итоговая аттестация по программе подготовки по направлению 04.06.01 «Химические науки» включает государственный экзамен по химии (неорганической/органической/физической в соответствии с профилем программы) и защиту научной квалификационной работы в виде научного доклада.

1.3. Результаты любого из видов аттестационных испытаний, включенных в государственную итоговую аттестацию, определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

## **2. Цели и задачи государственной итоговой аттестации**

2.1. **Целью** государственной итоговой аттестации является определение соответствия результатов освоения обучающимися основных образовательных программ по направлению 04.06.01 «Химические науки» (квалификация Исследователь. Преподаватель – исследователь) требованиям ОС ВО РУДН.

Государственная итоговая аттестация включает государственный экзамен, установленный Ученым советом университета, и защиту научной квалификационной работы (диссертации, НКР).

2.2. **Задачами** государственной итоговой аттестации являются:

- проверка качества обучения личности основным естественнонаучным законам и явлениям, необходимым в профессиональной деятельности;
- определение уровня теоретической и практической подготовленности выпускника к выполнению профессиональных задач в соответствии с получаемой квалификацией;
- установление степени стремления личности к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства;
- проверка сформированности устойчивой мотивации к профессиональной деятельности в соответствии с предусмотренными ОС ВО РУДН видами профессиональной деятельности;
- проверка способности находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готовность нести за них ответственность;
- обеспечение интеграции образования и научно-технической деятельности, повышение эффективности использования научно-технических достижений, реформирование научной сферы и стимулирование инновационной деятельности;
- обеспечение качества подготовки в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

## **3. Программа государственного экзамена**

3.1. Государственный экзамен по направлению 04.06.01 «Химические науки» проводится в устной форме с использованием экзаменационных билетов.

3.2. В рамках государственного экзамена проверяется степень освоения выпускников следующих компетенций: УК-1; УК-5; ОПК-3; ПК-1; ПК-3; ПК-4

### ***Универсальных компетенций:***

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

– способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5)

**Общепрофессиональных компетенций:**

– готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-3).

**Профессиональных компетенций:**

– Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области химии, владение культурой научного исследования в области химии (ПК-1);

– Наличие опыта профессионального участия в научных дискуссиях, умением представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций в рецензируемых российских и международных изданиях (ПК-3);

– Способность применять фундаментальные научные знания в области химии и смежных наук при осуществлении преподавательской деятельности; владение методами преподавания и разработки учебно-методических материалов дисциплин в области химии (ПК-4).

**3.3. Объем государственного экзамена**

Общее количество экзаменационных билетов определяется числом выпускников, допущенных к прохождению государственного экзамена. Количество вопросов в экзаменационном билете: 2-4.

1-2 вопроса сформулированы на основе программы кандидатского минимума по специальности.

1-2 вопроса сформулированы на основе программ специальных дисциплин и направлены на подтверждение квалификации «Преподаватель-исследователь».

По решению экзаменационной комиссии выпускнику могут быть заданы дополнительные вопросы, относящиеся к основным разделам программы государственного экзамена и включенные в список вопросов для подготовки к государственному экзамену.

**3.4. Содержание государственного экзамена:**

**Профиль «Organic chemistry: Chemistry of heterocyclic compounds» (специальность 1.4.3. Органическая химия)**

**1. Химическая связь и строение органических соединений**

1.1. Современные представления о природе химической связи.

1.2. Стереохимия. Пространственное строение органических молекул. Пространственное взаимодействие несвязанных атомов и групп, Ван-дер-Ваальсовы радиусы.

**2. Общие принципы реакционной способности**

2.1. Классификация реакций по типу образования и разрыва связей в лимитирующей стадии, по типу реагента и по соотношению числа молекул реагентов и продуктов.

2.2. Количественная теория кислот и оснований. Кислоты Бренстеда и Льюиса.

2.3. Влияние среды на скорости и равновесие органических реакций. Специфическая и неспецифическая (универсальная) сольватация. Клеточный эффект. Водородная связь.

2.4. Основные типы интермедиатов.

**3. Основные типы органических реакций и их механизмы**

3.1. Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду. Механизмы  $S_N1$  и  $S_N2$ , смешанный ионно-парный механизм.

3.2. Нуклеофильное замещение при кратной углерод-углеродной связи и в ароматическом ядре.

3.3. Электрофильное замещение у атома углерода. Механизмы замещения  $S_E1$ ,  $S_E2$ ,  $S_{Ei}$ . Нуклеофильный катализ электрофильного замещения.

3.4. Реакции элиминирования (отщепления). Механизмы гетеролитического элиминирования  $E1$  и  $E2$ .

3.5. Присоединение по кратным углерод-углеродным связям. Электрофильное присоединение. Сильные и слабые электрофилы, механизм и стереохимия присоединения, регио- и стереоселективность реакций.

3.7. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе: присоединение оснований, включая карбанионы, металлоорганических соединений.

3.8. Перегруппировки в карбокатионных интермедиах.

3.9. Радикальные и ион-радикальные реакции присоединения, замещения и элиминирования.

3.10. Молекулярные реакции.

3.11. Согласованные реакции.

3.12. Двойственная реакционная способность и таутомерия органических соединений.

3.13. Основы фотохимии органических соединений.

#### 4. **Принципы современного органического синтеза и установления строения органических соединений.**

4.1. Выбор оптимального пути синтеза.

4.2. Основные пути построения углеродного скелета.

4.3. Методы введения важнейших функциональных групп и пути перехода от одних функций к другим.

4.4. Элементоорганические соединения в органическом синтезе. Металлокомплексный катализ.

4.5. Использование химических и физико-химических методов для установления структуры органических соединений.

#### 5. **Синтетические методы в органической химии и химические свойства соединений**

5.1. Алканы.

5.2. Алкены.

5.3. Алкины.

5.4. Алкадиены.

5.5. Спирты и простые эфиры.

5.6. Альдегиды и кетоны.

5.7. Карбоновые кислоты и их производные.

5.8. Синтетическое использование реакций электрофильного замещения в ароматическом ряду.

5.9. Нитросоединения и амины.

5.10. Методы синтеза и реакции ароматических гетероциклических соединений:

Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Фуран, пиррол, тиофен. Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр). Синтез пирролов по Кнорру и по Ганчу.

Синтез 3,4-дизамещенных тиофенов по Хинсбергу. Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование. Индол. Синтез производных индола из фенилгидразина и кетонов (Фишер). Синтез индола и его производных из 2-ациламинотолуолов (Маделунг).

Реакции электрофильного замещения в пиррольном кольце индола: нитрование, формилирование, галогенирование. Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Пиридин и хиолин. Синтез производных пиридина по Ганчу. Синтез частично гидрированных производных пиридина путем [4+2]-циклоприсоединения (гетерореакция Дильса-Альдера). Синтез хиолина и замещенных хиолинов из анилинов по Скраупу и Дебнеру\_Миллеру. Реакции пиридина и хиолина с алкилгалогенидами.

Окисление и восстановление пиридина и хиолина. Реакции электрофильного замещения в пиридине и хиолине: нитрование, сульфирование, галогенирование. N-Окиси пиридина и хиолина и их использование в реакции нитрования. Нуклеофильное замещение атомов водорода в пиридине и хиолине в реакциях в амидом натрия (Чичибабин) и фениллитием.

2- и 4- Метилпиридины и -хиолины как метиленовые компоненты в конденсациях с

альдегидами. Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами. 1,2- и 1,3- азолы. N-алкилирование и N-ацилирование пиразола и имидазола. Оксазол, триазол, имидазол. Методы синтеза, ароматический характер гетероциклических соединений. Синтез 3,5-диметилпиразола из ацетилацетона и гидразина. Синтез 2-аминотиазола из монохлорацетальдегида и тиомочевины. Норсульфазол. Синтез 1,3-азолов на основе альфа-галогенкарбонильных соединений. Механизм реакции. Трехчленные гетероциклы с одним гетероатомом (N,O,S). Методы синтеза. Нуклеофильное раскрытие цикла производных оксирана, азиридина и тирана действием аминов, щелочей, металлорганических соединений, алюмогидрида лития. Химические свойства трехчленных гетероциклов с двумя гетероатомами. Электрофильное раскрытие оксазаридинового и диазиридинового циклов: кислотный гидролиз 2-алкил и 3-арилзамещенных в водной среде и органических растворителях.

#### **4. Методические рекомендации к подготовке и сдаче итогового государственного экзамена**

##### 4.1. Рекомендуемая литература

**Профиль «Organic chemistry: Chemistry of heterocyclic compounds»** (специальность 1.4.3. Органическая химия)

1. К. Ингольд. Теоретические основы органической химии. М.: «Мир», 1973.
2. Дж. Марч. Органическая химия, т. 1-4. М.: «Мир», 1987.
3. О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. Органическая химия, ч. 1-4. М., Изд. МГУ, 1999.
4. Ф. Кери, Р. Сандберг. Углубленный курс органической химии. кн. 1, 2. М.: «Химия», 1981.
5. П. Сайкс Механизмы реакций в органической химии. Вводный курс. М.: «Химия», 2000.
6. Т.Л. Джилкрист. Химия гетероциклических соединений. М.: «Мир», 1996.
7. В.И. Минкин, Б.Я. Симкин, Р.М. Миняев. Теория строения молекул. Ростов-на Дону., Изд. «Феникс», 1997.
8. В.М. Потапов. Стереохимия. М.: «Химия», 1988.
9. Л. Титце, Т. Айхер. Препаративная органическая химия. Реакции и синтезы в практикуме органической химии и научно-исследовательской лаборатории. М.: «Мир», 1999.
10. Г. Беккер, В. Бергер и др. Органикум. Практикум по органической химии. т. 1,2. М.: «Мир», 1992.

##### 4.2. Дополнительные рекомендации

При подготовке к государственному экзамену аспиранту рекомендовано использовать ресурсы Электронно-библиотечной системы РУДН (ЭБС РУДН) <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

Использование электронных источников информации, средств связи и сети Интернет во время проведения государственного экзамена не допускается.

#### **5. Оценочные средства, предназначенные для установления в ходе государственного экзамена соответствия/несоответствия уровня подготовки выпускников, завершивших освоение ОП ВО по направлению 04.06.01 «Химические науки», требованиям соответствующего ОС ВО РУДН.**

Перечень компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения образовательной программы:

### **Универсальных компетенций:**

- Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5)

### **Общепрофессиональные компетенции (ОПК)**

- Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-3).

### **Профессиональные компетенции (ПК)**

- Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области химии, владение культурой научного исследования в области химии (ПК-1);
- Наличие опыта профессионального участия в научных дискуссиях, умением представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций в рецензируемых российских и международных изданиях (ПК-3);
- Способность применять фундаментальные научные знания в области химии и смежных наук при осуществлении преподавательской деятельности; владение методами преподавания и разработки учебно-методических материалов дисциплин в области химии (ПК-4).

Критерии оценок государственного экзамена:

Оценка «5» (**отлично**) ставится, если:

- содержание материала экзаменационного билета раскрыто полностью;
- материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности;
- продемонстрировано системное и глубокое знание программного материала;
- точно используется терминология;
- показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации;
- продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость компетенций, умений и навыков;
- ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов;
- продемонстрирована способность творчески применять знание теории к решению профессиональных задач;
- продемонстрировано знание современной учебной и научной литературы;
- аспирант демонстрирует как знание, так и понимание вопроса, а также проявляет способность применить педагогические, исследовательские и информационные компетенции на практике по профилю своего обучения;

Оценка «4» (**хорошо**) ставится, если:

- вопросы экзаменационного материала излагаются систематизированно и последовательно;
- продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер;
- в изложении допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание ответа;
- допущены один – два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию экзаменатора;
- допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию экзаменатора;
- аспирант демонстрирует как знание, так и понимание вопроса, но испытывает незначительные проблемы при проявлении способности применить педагогические,

исследовательские и информационные компетенции на практике по профилю своего обучения.

Оценка «3» (**удовлетворительно**) ставится, если:

- содержание материала раскрыто непоследовательно или частично, но показано общее понимание вопроса;
- имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов;
- имеются фактические пробелы и не полное владение литературой;
- слабая практическая применимость педагогических, исследовательских и информационных компетенций по профилю своего обучения.

Оценка «2» (**неудовлетворительно**) ставится, если:

- не раскрыто основное содержание вопроса;
- обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части материала;
- допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов;
- не сформированы компетенции, умения и навыки, отсутствие практического применения педагогических, исследовательских и информационных компетенций на практике по профилю своего обучения.

## **6. Требования к научной квалификационной работе**

6.1. К защите научной квалификационной работы допускается лицо, успешно завершившее в полном объеме освоение основной образовательной программы аспирантуры по направлению 04.06.01 «Химические науки» и успешно сдавшие государственный экзамен. Защита НКР проводится на открытом заседании государственной экзаменационной комиссии (ГЭК).

Государственная итоговая аттестация проводится в виде устного представления НКР, с последующими устными ответами на вопросы членов ГЭК в соответствии с Положением университета о НКР. Доклад и/или ответы на вопросы членов ГЭК могут быть на иностранном языке.

6.2. В рамках проведения защиты научной квалификационной работы проверяется степень освоения выпускников следующих компетенций:

### ***Универсальных компетенций:***

- Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках, в том числе готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности, владение иноязычной коммуникативной компетенцией в официально-деловой, учебно-профессиональной, научной, социокультурной, повседневной бытовой сферах иноязычного общения (УК-4);
- Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5)

### **Общепрофессиональные компетенции (ОПК)**

- Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- Готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2)

### **Профессиональные компетенции (ПК)**

- Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области химии, владение культурой научного исследования в области химии (ПК-1);
- Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по выбранному профилю (научной специальности) (ПК-2);
- Наличие опыта профессионального участия в научных дискуссиях, умением представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций в рецензируемых российских и международных изданиях (ПК-3);

#### **6.3. Перечень примерных тем научной квалификационной работы.**

- Трансформации конденсированных частично гидрированных азинов под действием активированных алкенов и алкинов.
- Производные с фиксированным зарядом в масс-спектрометрии МАЛДИ соединений с низкой эффективностью ионизации.
- Домино-реакции иминиевых и оксакарбениевых ионов, а также их винилогов.
- Разработка пролекарства на основе дендритного полиглицерина.
- Превращения бензоазолиевых солей в основной среде.
- Реакции нуклеофильного раскрытия донорно-акцепторных циклопропанов в синтезе биоактивных гетероциклических соединений.

#### **6.4. Задачи, которые обучающийся должен решить в процессе выполнения научной квалификационной работы:**

- углубление, закрепление и систематизация теоретических и практических знаний и применение этих знаний при решении практических задач, связанных с будущей работой выпускников в государственных и негосударственных структурах, организациях;
- развитие навыков разработки программ проведения научных исследований и технических разработок по химии, подготовки заданий для проведения исследовательских и научных работ;
- овладение навыками сбора, обработки и анализа информации для написания и защиты научной работы;
- совершенствование навыков работы со специальной литературой, источниками, опубликованными в периодической печати.
- умение разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализ их результатов;
- развитие навыков проведения самостоятельного анализа, формулирования выводов при рассмотрении задач профессиональной деятельности и других проблем междисциплинарного характера;
- умение самостоятельно осуществлять подготовку научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований.



1.5. Этапы выполнения научной квалификационной работы (ВКР), условия допуска обучающегося к процедуре защиты, требования к структуре, объему, содержанию и оформлению, а также перечень обязательных и рекомендуемых документов, представляемых к защите указаны в методических указаниях, утвержденных в установленном порядке:

- Положения о проведении государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (Приказ Ректора №41 от 20.01.2017)
- Правила подготовки и оформления научной квалификационной работы выпускника РУДН (приказ Ректора № 878 от 30 ноября 2016г.)
- Регламент проверки письменных работ обучающихся в системе "Антиплагиат.РУДН" (приказ Ректора № 228 от 30 марта 2018 г.)
- Регламент размещения выпускных квалификационных работ в модуле ВКР РУДН с доступом через сеть Интернет (приказ Ректора № 272 от 23 апреля 2014г.)

#### 1.6. Оценочные средства.

Защита научной квалификационной работы проводится на открытом заседании аттестационной комиссии с участием не менее двух третей ее состава.

Результаты защиты научной квалификационной работы определяются оценками "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно" и объявляются в тот же день после оформления в установленном порядке протоколов заседаний экзаменационных комиссий.

Выпускная квалификационная работа представляет собой защиту результатов научно-исследовательской работы, выполненной обучающимся, в виде научного доклада, демонстрирующую степень готовности выпускника к ведению профессиональной научно-педагогической деятельности.

Научно-квалификационная работа должна быть написана аспирантом самостоятельно, обладать внутренним единством и содержать положения, выдвигаемые для публичной защиты, должна свидетельствовать о личном вкладе аспиранта в решение задачи, имеющей существенное значение для науки в соответствии с направленностью обучения. Предложенные автором научной научно-квалификационной работы решения должны быть аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Требования к научной квалификационной работе определяются ГОСТ Р 7.0.11-2011, ОС ВО РУДН для программ аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» и критериями, установленным Министерством образования и науки Российской Федерации для научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук.

Представление и обсуждение научного доклада (защиты НКР) в качестве государственного аттестационного испытания носит характер научной дискуссии и проводится в соответствии со следующим регламентом:

- выступление аспиранта с научным докладом (до 20 минут);
- ответы аспиранта на вопросы по докладу;
- свободная дискуссия;
- заключительное слово аспиранта;

вынесение и объявление решения государственной экзаменационной комиссии о результатах государственного аттестационного испытания в форме защиты научной квалификационной работы.

Научная квалификационная работа оценивается, исходя из следующих критериев:

Критерии оценки		Максимальный балл
1	Актуальность исследования.	10
2	Уровень методологической проработки проблемы (теоретическая часть работы).	10
3	Аргументированность и степень обоснованности выводов, рекомендаций, положений, выносимых на защиту.	10
4	Степень разработанности проблемы исследования, представленная во введении работы и автореферате.	10
5	Новизна исследования. Практическая значимость результатов исследования.	10
6	Методический аппарат исследования и степень достоверности результатов прикладного исследования.	10
7	Уровень владения методами исследования в области научной специальности.	10
8	Сформулированные рекомендации по направлениям, технологиям дальнейших научных исследований в рамках проблематики научной работы.	10
9	Оригинальность выводов, заключений и предложений, представленных в тексте, автореферате и публикациях аспиранта	10
10	Научная эрудиция аспиранта при ответе на вопросы.	10
<b>Максимально возможная сумма баллов:</b>		<b>100</b>

Если по результатам защиты НКР ни один из перечисленных выше критериев не был оценен неудовлетворительно большинством членов Государственной экзаменационной комиссии и сумма баллов превышает 50, ГЭК дает положительную оценку защите НКР, а факультет физико-математических и естественных наук РУДН оформляет заключение о рекомендации научно-квалификационной работы (диссертации) к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук.

При успешном представлении научного доклада по результатам научно-квалификационной работы (защиты НКР) и положительных результатах государственного экзамена, решением Государственной аттестационной комиссии обучающемуся присуждается квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь», и выдается диплом (с приложением) об окончании аспирантуры государственного образца.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

**Разработчики:**

доцент кафедры органической химии



Е.А. Сорокина

**Руководитель программы**



**Л.Г. Воскресенский**