ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ

по направлению **04.06.01** – Химические науки

профиль Органическая химия (02.00.03)

I. Теоретические основы органической химии

Электронные и стереохимические представления в органической химии Предмет органической химии. Химия углеводородов и их функциональных производных. Гомологические ряды. Связь органической химии с другими химическими дисциплинами. Отличительные особенности органических соединений. Представления об электронном строении атомов органогенов. Специфические свойства атома углерода. Катенация и изомерия. Структурная и пространственная изомерия. Скелетная, межклассовая и изомерия положения функциональной группы. Цис-транс- и оптическая изомерия. Хиральность. Энантиомеры и способы их разделения. Рацемическая смесь. Проекционные формулы Фишера. Определение относительной и абсолютной конфигурации по системе Кана-Ингольда-Прелога. Понятие об асимметрическом синтезе. Типы и характеристика ковалентных связей в органических соединениях. σ- и π-связи Химическая связь с позиций теории гибридизации. Структура sp3-, sp2- и sp- гибридизованного атома углерода. Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений. Электроотрицательность атомов-органогенов. Индукционный электронный эффект (±I) и эффект сопряжения (±С). Сверхсопряжение. Эффект поля (±F). Пространственные эффекты в органической химии. Конформации молекул и их устойчивость. Проекции Ньюмена. Хелатный и макроциклический эффекты. Особенности физико-химических свойств органических соединений. Полярность химических связей, характер межмолекулярных взаимодействий и растворимость органических соединений. Хромофорная теория органических соединений. Хромофоры и ауксохромы. Возникновение окраски. Понятие о спектральных методах идентификации органических соединений. Электронная, инфра-красная спектроскопия, спектры ядерного магнитного резонанса. Особенности реакционной способности органических соединений. Гомолитический и гетеролитический способы разрыва химической связи. Условия возникновения валентно-ненасыщенных частиц. Радикалы, карбокатионы и карбанионы, их термодинамическая и кинетическая устойчивость. Факторы стабилизации. Классификация реакций и реагентов в органической химии. Реакции переноса электрона, протона, электронных пар, атомно-молекулярных частиц, реакции, протекающие с изменением и без изменения числа связей. Электрофильные (Е), нуклеофильные (Nu) и свободнорадикальные (R.) реагенты. Реакции замещения (S), присоединения (Ad) и отщепления (Е) химических реагентов. Классификация по частным признакам. Кинетическая реакционная способность органических соединений. Скорость и кинетические параметры реакций органических соединений. Уравнение и стехиометрический механизм. Переходное состояние реакции. Термодинамическая реакционная способность органических соединений. Константа равновесия. Реакции кислотно-основного взаимодействия и комплексообразования. Реакции перегруппировок. С-Н, N-H и О-Н-кислоты в органической химии. Органические молекулы как лиганды. Влияние природы растворителя на протекание реакций органических соединений. Классификация, сольватирующая способность и другие свойства органических растворителей.

II. Строение и свойства углеводородов

Классификация органических соединений. Углеводороды - база органической химии. Тривиальная, рациональная и систематическая номенклатура органических соединений. Алканы. Электронное и геометрическое строение. Энергии σ-связей и устойчивость радикальных частиц. Конформации молекул. Изомерия алканов. Физические и спектральные свойства. Реакционная способность алканов. Реакции свободнорадикального замещения атомов водорода (SR). Механизм реакции SR на примере хлорирования, нитрования, сульфохлорирования и сульфоокисления алканов. Селективность реакции галогенирования. Парофазное нитрование алканов. Пиролиз и крекинг. Окисление, дегидрирование и циклизация (ароматизация) алканов. Промышленные и лабораторные способы получения алканов. Реакции алканов с удлинением цепи: реакция Вюрца и электросинтез Кольбе. Укорочение цепи: пиролиз солей карбоновых кислот и крекинг. Реакции с сохранением углеродного скелета: восстановление ненасыщенных углеводородов, галогенопроизводных и карбонильных соединений.

Циклоалаканы. Классификация. Малые, средние и макроциклы. Теория напряжений в циклах Байера. Моно-, би- и полициклические соединения. Спираны, ротоксаны и катенаны. Особенности строения химических связей в малых циклах. Стереохимия циклоалканов. Изомерия углеродного цикла, боковых цепей и *цис-транс*-изомерия циклоалаканов. Особенности реакционной способности малых циклов. Реакции раскрытия циклов. Ароматизация циклоалканов. Синтезы циклоалканов из дигалогенопроизводных, из алканов и аренов, из солей дикарбоновых кислот.

Гомологический ряд алкенов. Классификация и номенклатура класса. Изолированная π-связь и особенности ее реакционной способности. Типы изомерии алкенов. Физические и спектральные свойства алкенов.Реакции с участием π*-*связей. Механизм электрофильного присоединения галогенов, сильных кислот и воды (AdE) в алкенах. Устойчивость карбокатионов и правило Марковникова. Структурные особенности галогенирования циклоалкенов, *цис*- и *транс-* изомерных алкенов. Стерео- и региоселективность реакций. Реакции окисления С=С связи в алкенах. Озонолиз. Гидроборирование. Эпоксидирование. Оксосинтез. Реакции радикального замещения в аллильном положении. Реакция и механизм радикального присоединения НBr в присутствии перекисей. Эффект Караша. Реакции полимеризации. Радикальная, катионная, анионная и координационная полимеризация. Алкены как π-лиганды Понятие о мономерах и полимерах. Способы получения алкенов из галогенопроизводных и спиртов. Правила Зайцева и Гофмана. Получение из дигалогенопроизводных. Гидрирование алкинов и диенов. Реакция Виттига.

Углеводороды с тройной связью. Классификация и номенклатура. Геометрическое и электронное строение алкинов, физические и спектральные свойства. Реакции электрофильного (AdE) и нуклеофильного (AdN) присоединения в алкинах. Вопросы стереохимии реакций присоединения. Реакция Кучерова. Присоединение уксусной и синильной кислот, спиртов. Окисление алкинов. С-Н-Кислотность алкинов. Ацетилениды. Ди-, циклотри- и полимеризация алкинов. Изомеризация алкинов. Синтез алкинов из ацетилена, ди- и тетра-галогенопроизводных.

Алкадиены и их изомерия. Сопряженные, кумулированные и изолированные диены. Геометрическое и электронное строение алкадиенов. *Цис-транс-* и оптическая изомерия. Сопряженная π*-*связь. Кратность, порядок и другие свойства сопряженной π-связи. Делокализация π*-*электронов. Понятие о π-π\*- и n-π\*-сопряжении. Энергия делокализации. Особенности строения и химических свойств алленов. Химические свойства сопряженных диенов. Механизм реакции электрофильного присоединения в сопряженных диенах. 1,4-присоединение. Кинетический контроль реакции. Полимеризация. Озонолиз. Перициклические (согласованные) реакции. Правило Вудворда - Гоффмана. Реакции диенового синтеза.

Методы описания химических связей в органической химии. Возможности метода валентных связей. Описание σ- и простых π-связей. Метод молекулярных орбиталей (МО) и его применение для описания строения органических молекул. Классификация и характеристики молекулярных орбиталей. Канонические орбитали. Описание простой, сопряженной и ароматической π-связей в рамках метода. Теория возмущений МО. Оценка ароматических свойств методом ВМО. Применение теории ВМО к рассмотрению свойств ковалентно-ненасыщенных сопряженных систем.

Ароматичность Хюккеля. Бензол, арены, небензоидные ароматические углеводороды. Структурный, электронный, магнитный и химический признаки ароматичности. Другие типы ароматических систем. Ароматичность Мебиуса. Антиароматичность. Изомерия положения группы у гомологов аренов. Физические и спектральные свойства аренов. Реакции электрофильного замещения в аренах атома водорода (SE2). Механизм SE2 – реакций, строение σ- и π-комплексов. Реакции дейтерирования, нитрования, сульфирования, галогенирования, алкилирования, ацилирования, нитрозирования, азосочетания, хлорметилирования и формилирования на примере гомологов бензола и нафталина. Катализ реакций электрофильного замещения. Влияние заместителей на скорость и направление реакций SE2. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Кинетическое и ориентирующее действие. Совпадающее и несовпадающее действие заместителей. Применение теории ВМО для оценки влияния заместителей на скорость и направление SE2 - реакций аренов. Реакции нуклеофильного замещения в аренах (SN2). Механизм отщепления-присоединения (E-Ad). Реакции окисления-восстановления аренов. Хлорирование на свету, озонолиз, каталитическое окисление. Радикальные реакции алкилбензолов с участием α-положения боковой цепи. Особенности реакционной способности изолированных и конденсированных аренов. Получение аренов. Реакция Вюрца-Виттига, Ульмана. Восстановление функциональных производных аренов. Природные источники, проблемы переработки и применения углеводородов в технике и химической технологии. Схемы химической переработки углеводородов на их функциональные производные.

III. Строение и свойства монофункциональных производных углеводородов

Функциональные производные углеводородов. Классификация. Химически совместимые и несовместимые функциональные группы.

Галогенопроизводные. Номенклатура. Геометрическая и электронная структура галогенопроизводных. Свойства химических связей -С-Г, =С-Г, =С-С-Г; n-π-сопряжение и прочность связи атома углерода с галогенами. Физические и спектральные свойства соединений. Реакционные центры в молекулах галогенопроизводных. Кинетика и механизм нуклеофильного замещения SN1 и SN2 в алкилгалогенидах: стереохимия, влияние реагента, строения субстрата, природы растворителя. Механизм радикального нуклеофильного замещения SRN1 и нуклеофильного замещения SN2 в аренах. Влияние заместителей в бензольном кольце на скорость нуклеофильного замещения галогена. Устойчивость карбокатиона и переходного состояния. Роль реакций SN в синтезе функциональных производных углеводородов. Реакции элиминирования. Механизмы реакций элиминирования Е1, Е2, Е1св. Стереохимия Е2 - реакций. Конкуренция реакций нуклеофильного замещения и элиминирования. Методы получения галогенопроизводных. Прямое галогенирование углеводородов. Нуклеофильное замещение функциональных групп. Взаимодействие карбонильных соединений с РCl5.

Кислородсодержащие производные углеводородов. Взаимосвязь спиртов и фенолов, кетонов и карбоновых кислот. Валентные состояния атома кислорода в органических соединениях. Электронная и геометрическая структура функциональных групп: -ОН, -С=О, -СООН. Кислотно-основные свойства спиртов, фенолов, альдегидов и кетонов. О-Н - и С-Н - кислотность. Кето - енольная таутомерия альдегидов и кетонов.

Спирты. Классификация и номенклатура. Одно- и многоатомные спирты и фенолы. Структура и электронные эффекты функциональной группы. Физические и спектральные свойства спиртов и фенолов. Межмолекулярная водородная связь и ее влияние на свойства спиртов. Реакционные центры молекул. Реакции протонирования и комплексообразования с участием спиртов. Реакции нуклеофильного замещения и дегидратации. Сложные эфиры спиртов и минеральных кислот, реакция этерификации. Реакции спиртов по α-углеродному атому: окисление и дегидрирование спиртов различного строения. Свойства многоатомных спиртов. Пиноколиновая перегруппировка.

Фенолы. Реакции с электрофилами по связи О-Н. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре фенолов. Особенности многоатомных фенолов.

Простые эфиры. Циклические и макроциклические эфиры. Строение функциональной группы и низкая реакционная способность молекул.

Альдегиды и кетоны. Классификация и номенклатура. Геометрическая и электронная структура функциональной группы. Электронные эффекты. Физические и спектральные свойства молекул. Реакционные центры в молекулах карбонильных соединений. Реакции нуклеофильного присоединения (AdN: гидратация, образование ацеталей и полуацеталей, взаимодействие с HCN, NаHSO3, PCl5, реактивами Гриньяра) и нуклеофильного присоединения с последующим отщеплением (AdN-E: реакции с аммиаком, аминами, гидроксиламином, гидразином, семикарбазидом и другими N-нуклеофилами). Механизмы реакций с раскрытием С=О-связи. Оксимы. *Син-анти*-таутомерия оксимов. Перегруппировка Бэкмана и ее механизм. Реакции с участием α-углеродного атома. Галоформная реакция. Реакции конденсации (альдольная, кротоновая, Перкина, Канницаро, Клайзена, сложноэфирная, бензоиновая и др.) Реакции полимеризации. Окисление альдегидов и кетонов. Особенности реакционной способности ароматических альдегидов, других ненасыщенных альдегидов и кетонов. Кетены. Хиноны. α- и β-диальдегиды и дикетоны. Методы синтеза альдегидов и кетонов (гидратация алкинов, озонолиз, окисление первичных и вторичных спиртов, формилирование по Вильсмейеру, гидролиз дигалогенпроизводных, пиролиз солей кальция с карбоновыми кислотами).

Карбоновые кислоты. Классификация и номенклатура. Геометрическая и электронная структура функциональной группы. Электронные эффекты. Физические и спектральные свойства молекул. Реакционные центры в молекулах карбоновых кислот. Кислотные и комплексообразующие свойства. Функциональные производные карбоновых кислот (ангидриды, галогенангидриды, амиды, сложные эфиры, нитрилы) и их активность в реакциях нуклеофильного присоединения с последующим отщеплением малых молекул (AdN-E). Способы получения. Таутомерия и NH-кислотность амидов карбоновых кислот. Реакции AdN-E N- и O-нуклеофилов с карбоновыми кислотами и их производными. Механизм присоединения - отщепления. Этерификация и переэтерификация. Гидролиз и аммонолиз. Ацилирование спиртов, аминов и фенолов. Расщепление амидов по Гофману. Реакции алифатических кислот в алкильной группе. Особенности реакционной способности дикарбоновых кислот. Отношение карбоновых кислот к нагреванию. Насыщенные и ненасыщенные карбоновые кислоты. Жиры и мыла. Малоновый эфир и синтезы на его основе. Получение карбоновых кислот. Гидролиз функциональных производных, окисление ненасыщенных углеводородов, прямое введение карбоксильной группы.

Серусодержащие производные углеводородов. Электронное и геометрическое строение S - содержащих функциональных групп. Сравнение свойств атомов кислорода и серы. Тиоспирты (меркаптаны) и тиоэфиры (сульфиды). Дисульфиды. Сульфиновые кислоты и сульфоксиды. Сульфоновые кислоты и их функциональные производные. Реакционная способность серусодержащих соединений. OH- и SH-кислотные свойства. Реакции окисления-восстановления. Нуклеофильное присоединение S-нуклеофилов по С=О-связям карбонильных соединений. Комплексообразование. Соли сульфония и сульфоксония. Способы получения серусодержащих соединений.

Фосфорсодержащие органические соединения. Валентные состояния атома фосфора в органических соединениях. Производные фосфина и дифосфина. Фосфониевые кислоты и их производные. Производные фосфиноксида. Фосфораны. Перегруппировка Арбузова. Свойства и способы получения, применение фосфорорганических соединений.

Азотсодержащие органические соединения. Классификация и взаимосвязь с неорганическими соединениями азота. Валентные состояния атома азота в органических соединениях.

Алифатические и ароматические нитросоединения. Строение и электронные эффекты нитро-группы. Физические и спектральные свойства нитросоединений. *Нитро-аци*-таутомерия. Реакции с участием *α*-углеродного атома. Реакции алифатических нитросоединений со щелочью, галогенами, алкилгалогенидами в щелочной среде, с азотистой кислотой, сильными минеральными кислотами; конденсация с С-Н-кислотами. Реакции S*RN*1 для алифатических нитросоединений. Нуклеофильное ароматическое фотозамещение. Восстановление ароматических нитросоединений в кислой и щелочной средах. Бензидиновая перегруппировка. Донорно-акцепторные комплексы с участием нитросоединений. Способы получения нитросоединений. Прямое нитрование и реакции замещения.

Нитрозосоединения. Строение и свойства. Восстановление. Перегруппировка в оксимы.

Амины. Классификация и номенклатура. Строение и электронные эффекты амино-группы. Метамерия аминов. Физические и спектральные свойства. Инверсия азота алифатических аминов. Основные свойства аминов. NH-кислотность аминов. Реакции аминов с галогенами. Алкилирование и ацилирование аминов. Окисление аминов, защита амино-группы от окисления. Реакции аминов различного строения с азотистой кислотой. Реакции электрофильного замещения ароматических аминов. Соли и гидроокиси тетраалкиламмония. N-окиси аминов. Получение аминов. Реакции восстановления и синтез из аммиака.

Алифатические диазосоединения. Диазометан и диазоуксусный эфир. Ароматические диазосоединения, условия их получения. Реакции замещения диазо-группы с выделением и без выделения азота. Реакция Зандмейера. Электрофильные свойства диазо-группы: азосочетание с ароматическими аминами и фенолами. Получение по реакции диазотирования, механизм процесса.

Элементоорганические соединения. Важнейшие типы металлоорганических соединений (соединения Li, Na, Mg, Zn, Hg, Cd, Fe, Al, Pb). Особое место реактива Гриньяра в органическом синтезе. Металлоорганические соединения (М = Cr, Mn, Fe, Ru, Os, Co) с делокализованной π-сязью. Карбонилы и циклопентадиенилы металлов как особый класс металлоорганических комплексных соединений. Ферроцен и его аналоги. Реакции окисления-восстановления и электрофильного замещения. Теоретическое и практическое значение металлодиенов. Соединения со связью С-Э. Органические соединения бора. Алкилбораны. Боразол. Карбораны. Органические соединения кремния. Алкилсиланы. Силиконовые масла, силиконовые каучуки. Германий-, олово- и свинецорганические соединения. Мышьяк- и сурьмаорганические соединения. Селен- и теллуроорганические соединения.

Гетероциклические соединения. Классификация гетероциклов. Ароматические и неароматические гетероциклы. Пятичленные ароматические гетероциклы: пиррол, фуран, тиофен. Признаки ароматичности. Геометрическая и электронная структура. Кислотно-основные свойства. Окисление. Особенности электрофильного замещения в пятичленных гетероциклах. π-Электроноизбыточные и π-электронодефицитные гетероциклы. Реакции циклоприсоединения. Конденсация пиррола с альдегидами. Дипирролилметаны. Конденсированные гетероциклы с одним гетероатомом. Индол и карбазол. Пятичленные ароматические гетероцикла с двумя и более гетероатомами. Оксазол. Тиазол. Пиразол, имидазол, изомерные триазолы, тетразол. NH-Кислотные свойства. Электрофильное и нуклеофильное замещение. Алкилирование третичных атомов азота. Шестичленные гетероциклические соединения. Пиридин. Геометрическая и электронная структура молекулы. Гомологи пиридина. Основные свойства. Влияние π-электронодефицитности гетероцикла на реакции электрофильного и нуклеофильного замещения в пиридиновом кольце. Соли N-алкилпиридиния и N-окиси пиридина. Хинолин и изохинолин. Шестичленные ароматические гетероциклы с двумя гетероатомами. Пиразин, пиримидин, пиридазин, триазол. Пуриновые и пиримидиновые основания. Синтез ароматических гетероциклов. Реакции конденсации. Молекулярный дизайн в синтезе гетероциклических соединений. Понятие об алкалоидах. Ароматические макроциклические соединения. Порфин. Порфирины и фталоцианины. Строение, кислотно-основные и координационные свойства. Особенности электрофильного замещения. Значение и роль в природе и технике. Хлорофилл, гемоглобин, ферменты, фталоцианиновые красители и катализаторы.

IV. Строение и свойства би- и поли-функциональных производных углеводородов

Би- и полифункциональные производные углеводородов. Химически совместимые и несовместимые функциональные группы. Взаимное влияние функциональных групп.

Оксикарбоновые кислоты. Стереохимия оксикислот. Кислотность. Реакции с участием гидроксильной и карбоксильной групп. Поведение в условиях дегидратации.

Альдегидо- и кетокарбоновые кислоты. Пировиноградная кислота и ее роль в метаболизме животных и человека. Таутомерия и превращения ацетоукcусного эфира. Органические производные угольной кислоты.

Аминокислоты. Классификация. Биполярная структура аминокислот. Физические и спектральные свойства аминокислот. Реакции с участием амино- и карбоксильной группы. Комплексообразование. Отношение к нагреванию. Реакции конденсации. Пептидная связь. Классификация, структура и функции белков в живой природе. Синтез аминокислот и полипептидов.

Нуклеиновые кислоты и их структурные элементы. Значение нуклеиновых кислот для хранения и передачи генетической информации. Механизм функционирования, биосинтез белков. Проблема защиты генетического аппарата.

Углеводы - представители оксикарбонильных соединений. Классификация. Строение. Изомерия моносахаридов. Оптическая активность. Линейная и циклическая формы моносахаридов и их реакционная способность. Мутаротации моносахаридов. Реакции алкилирования, ацилирования, окисления-восстановления. Образование озазонов. Реакционная способность полуацетальной ОН-группы. Синтез моноз по Килиани - Фишеру и их расщепление. Ди-, олиго - и полисахариды. Мальтоза и целлобиоза. Лактоза. Сахароза. Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара. Гидролиз и реакции окисления. Крахмал и целлюлоза. Строение и свойства. Модифицированные сахара в природе.

Спектральные и другие инструментальные методы исследования органических соединений

Электромагнитный спектр излучений и типы спектроскопии.

Электронная абсорбционная спектроскопия. Возникновение и характеристики электронных спектров поглощения (ЭСП). Типы электронных переходов. Запрещенные и разрешенные электронные переходы. Правила отбора. Понятие о хромофорах и ауксохромах. Природа цветности органических соединений. Сольватохромный эффект и его природа. Низкотемпературные ЭСП. Химические свойства возбужденных состояний молекул.

Синглетные и триплетные электронные уровни. Флуоресценция и фосфоресценция. Электронные спектры испускания органических молекул. Стоксов сдвиг. Квантовый выход люминесценции. Времена жизни возбужденных состояний молекул. Нано-, пика- и фемптосекундная спектроскопия. Спектрополяриметрия и плоскополяризованный свет. Кривые оптической дисперсии и кругового дихроизма.

Методы колебательной спектроскопии. Инфракрасная спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния. Условия возникновения. Валентные и деформационные колебания молекул. Полносимметричные и неполносимметричные колебания. Характеристические колебания химических связей и функциональных групп. Связь частот колебаний с состоянием химических связей. Спаривание колебаний в ИК-спектрах, резонанс Ферми. Применение ИК-спектроскопии для исследования водородной связи, напряжения в циклах, электронных эффектов заместителей, оптической и *цис-транс*-изомерии органических соединений. Спектры рассеяния. Реллевское, стоксово и антистоксово рассеяние. Симметричные колебания и КР-спектры.

Методы резонансной спектроскопии. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса. Простой резонанс на ядрах 1Н, 13С, 15N и др. Протонный магнитный резонанс. Физические основы метода ПМР-спектроскопии. Химический сдвиг. Связь величины химического сдвига со строением органических молекул. Спин-спиновое взаимодействие и расшифровка строения сложных молекулярных структур по их спектрам. Анизотропия π-систем. Динамический ЯМР-эксперимент для расчета энергетики процессов таутомерии, инверсии, заторможенного вращения органических молекул. Спектроскопия ЯМР 13С и DEPT. Методики двумерного резонанса. Спин-решеточная релаксация. COSY, NOESY, HETCOR.

Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) как метод исследования радикальных частиц. Условия резонанса. Сверхтонкая структура спектра.

Масс-спектрометрия, классификация методик по типу ионизирующих агентов. Молекулярный ион.

Хроматография, модификации метода.

Фотоэлектронная спектроскопия. Уравнение фотоэффекта. Расчет энергий ионизации молекул.

Реакционная способность органических соединений и способы ее оценки. Принцип линейности свободных энергий. Уравнение и константы Гаммета.

Фотохимия органических соединений. Фотолиз, фотоизомеризация, фотопротолитические реакции, фотоэлектронный перенос.

Электрохимия органических соединений. Электроокисление и электровосстановление. Уравнение Нернста.

Методология органического синтеза. Стратегия (выбор оптимального пути) синтеза. Типы углеродных скелетов и основные пути их построения: конденсация, металлоорганический синтез, циклизация, карбеновый синтез и др. Удлинение, укорочение и сохранение углеродного скелета. Реакционные центры молекул: связи с малой энергией, полярные и легко поляризуемые связи, кратные связи, атомы со свободными электронными парами или наличием значительных эффективных зарядов. Защита и активация функциональных групп. Взаимное влияние функциональных групп между собой и с углеводородным фрагментом. Стерео- и региоселективные реакции.

Программу составил \_Березин Д.Б., д.х.н., профессор\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*ФИО, уч. степень, звание,* *должность*