

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Диссертация Исмагиловой Резеды Рафисовны «Конформации и механизмы реакций соединений четырехкоординированного фосфора со связями $P=X$ ($X = O, S, Se$) и гипервалентных кремния и германия с нуклеофильными реагентами» на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.4.4. Физическая химия выполнена на кафедре физической химии Химического института им. А.М. Бутлерова ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Исмагилова Резеда Рафисовна в 2016 году окончила Химический институт им. А.М. Бутлерова Казанского (Приволжского) федерального университета по специальности «Фундаментальная и прикладная химия».

С 2016 по 2020 гг. Исмагилова Р.Р. являлась аспирантом очной формы ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» по специальности 02.00.04 – Физическая химия.

Научный руководитель – Верещагина Яна Александровна, доктор химических наук (02.00.04), профессор кафедры физической химии Химического института им. А.М. Бутлерова ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Диссертационная работа Исмагиловой Резеды Рафисовны обсуждалась на заседании кафедры физической химии Химического института им. А.М. Бутлерова ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» 5 октября 2021 г. (протокол № 3 от 5 октября 2021 г.). На заседании присутствовали: председатель заседания – д.х.н., проф., заведующий кафедрой физической химии Соломонов Б.Н.; сотрудники кафедры физической химии: д.х.н., проф. Верещагина Я.А., д.х.н., проф. Горбачук В.В., д.х.н., проф. Зиганшин М.А., д.х.н., в.н.с. Егорова С.Р., д.х.н., в.н.с. Седов И.А., к.х.н., доцент Мухаметзянов Т.А., к.ф.-м.н., с.н.с. Климовицкий А.Е., к.х.н., доцент Сироткин В.А., к.х.н., инженер-проектировщик Гатиатуллин А.К., к.х.н., с.н.с. Галухин А.В., к.х.н., с.н.с. Ильясов И. Р., к.х.н., с.н.с. Герасимов А.В., к.х.н., с.н.с. Хачатрян А.А., к.х.н., с.н.с. Носов Р.В., к.х.н., с.н.с. Бекмухамедов Г.Э., к.х.н., с.н.с. Борецкая А.В., к.х.н., инженер Загумённых В.А., к.х.н., ст. преподаватель Сухов А.В., к.х.н., инженер-проектировщик Ягофаров М.И., инженер-проектировщик Магсумов Т.И., инженер Болдырев А.Е., м.н.с. Николаев И.А., м.н.с. Петров А.А., лаборант-исследователь Болматенков Д.Н., старший лаборант Кузнецова А.А., аспиранты Саматов А.А., Бузюров А.В.; к.х.н., с.н.с. лаборатории вычислительного центра Казанского отделения Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН – филиала ФГУ «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований РАН» Чачков Д.В., к.х.н., доцент кафедры высокомолекулярных и элементоорганических соединений Ивкова Г.А.

Всего присутствовало – 30 человек, из них с правом решающего голоса – 26, из них по специальности рассматриваемой диссертации докторов наук – 6, кандидатов наук – 13.

При обсуждении диссертационной работы соискателю были заданы следующие вопросы:

1. Д.х.н., профессор Горбачук В.В.

Вопрос: За счет каких взаимодействий стабилизирован димер соединения 8? И какова концентрация исследуемых вами растворов веществ? Оценивали ли степень комплексообразования данных соединений?

2. Д.х.н., профессор Соломонов Б.Н.

Вопрос: Что представляют собой значения ΔE , приводимые в таблицах?

3. Д.х.н., доцент Седов И.А.

Вопрос: При установлении механизма гидролиза атранов вы использовали 1 молекулу воды. Исследовали ли реакции с участием 2 или 3 молекул воды?

Применяли ли континуальные модели для расчета данных реакций? Было ли сравнение полученных значений энергий активаций с экспериментом?

4. К.х.н., доцент Сироткин В.А.

Вопрос: Слайд №39. С точки зрения физической химии какие вы знаете функции состояния? Какая из этих функций обозначается у вас как ΔE ? По какой формуле рассчитывались получаемые вами значения энергий Гиббса?

5. Д.х.н., доцент Седов И.А.

Вопрос: Как от полученных вами значений ΔE перейти к значениям ΔG ?

6. К.х.н., старший научный сотрудник Герасимов А.С.

Вопрос: Вопрос к названию диссертации. Не нужно ли поменять местами формулировки «Конформации» и «Механизмы реакций»?

7. К.х.н., старший научный сотрудник Загумёнов В.А.

Вопрос: Слайд №35. В таблице для перхлоратзамещенных структур вы получили заниженные значения энергий активации. Не может ли это быть связано с тем, что перхлоратный заместитель выступает там в качестве аниона?

8. Д.х.н., профессор Зиганшин М.А.

Вопрос: Небольшая поправка. На слайде 35 имеют ли размерность приведенные значения энергий?

9. К.х.н., научный сотрудник Ягофаров М.И.

Вопрос: На слайде 35 для перхлоратзамещенных структур получены отрицательные значения энергий активации. Как вы это объясняете?

10. К.х.н., старший научный сотрудник Галухин А.В.

Вопрос: Вопрос по дипольным моментам. Какая погрешность получаемых вами экспериментальных значений дипольных моментов? Чем объясняется различие между $\mu_{\text{эксп}}$ и $\mu_{\text{теор}}$? Второй вопрос. На слайде 27 все структуры переходных состояний – циклические. Как вы установили, что данные реакции являются перециклическими?

11. Д.х.н., профессор Зиганшин М.А.

Вопрос: На слайде 20 какие заместители вы обозначали символом Vn ?

На все представленные вопросы соискателем были даны исчерпывающие ответы.

С рецензией на работу выступила к.х.н., доцент кафедры высокомолекулярных и элементоорганических соединений Химического института им. А.М. Бутлерова ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Ивкова Гульнара Аскарровна.

Рецензия положительная. Диссертационная работа Исмагиловой Р.Р. посвящена определению полярности, экспериментальному и теоретическому конформационному анализу неизученных ранее фосфорорганических соединений; а также установлению механизмов реакций соединений пятивалентного четырехкоординированного фосфора, гипервалентных кремний- и германийорганических соединений с нуклеофильными реагентами. Исследование строения, полярных свойств, реакционной способности новых элементоорганических соединений определяет **актуальность** представленной диссертационной работы.

Диссертация Исмагиловой Р.Р. обладает **научной новизной**. Впервые определена полярность и установлено существование (тио)фосфорилзамещенных енаминокетонов в виде смеси изомеров, в которой преобладают *E*-изомеры с внутримолекулярной водородной связью $P=X\cdots H-N$ ($X = O, S$). 3-{2-[(Дифенилфосфорил)метил]-фениламино}-1-фенилпроп-2-ен-1-он конформационно однороден и существует в виде *Z*-изомера с внутримолекулярной водородной связью $C=O\cdots H-N$. Впервые установлено, что для дифенил(тио)фосфорилфункционализированных ацетамидов в растворе реализуется конформационное равновесие нескольких форм с внутримолекулярными водородными связями $P=X\cdots H-N$ ($X = O, S$), $P=O\cdots H-C_{sp^3}$ и $C=O\cdots H-C_{Ph}$, в котором преобладает энергетически предпочтительный конформер с *цис,гош*-ориентацией заместителей относительно (тио)фосфорильных групп. Установлено, что дифенилэтилфосфиноселеноаты существуют в конформационном равновесии незаслоненных *гош*- и *транс*-форм с пропеллерным расположением заместителей относительно связи $P=Se$; заслоненная *цис*-ориентация тиозтильного заместителя в *S*-этилдифенилэтилфосфиноселеноате обусловлена образованием внутримолекулярной водородной связи $P=Se\cdots H-C_{sp^3}$. Диселенофосфинаты существуют в растворе в виде равновесной смеси конформеров с заторможенными *гош*- и *транс*- или заслоненной *цис*-ориентациями заместителей относительно связи $P=Se$. Наличие заслоненных *цис*-конформаций обусловлено образованием внутримолекулярных связей $H\cdots Se$. Согласно теоретическим расчетам (DFT B3PW91/6-31G(d)) **установлено**, что реакции присоединения вторичных фосфинсульфидов и -селенидов с алкильными, фенильными и фенилалкильными заместителями к винилпентил- и винилгексилселенидам протекают против правила Марковникова по молекулярному механизму через энергетически выгодное восьмичленное переходное состояние, приводя к образованию третичных фосфинхалькогенидов. Исследован механизм реакций 1-замещенных сил(герм)атранов, 2,2-дизамещенных сил(герм)оканов и 1,1,1-тризамещенных гипосил(герм)атранов с одной молекулой воды, метанола или этанола методом DFT B3PW91/6-311++G(df,p): они протекают в одну стадию через четырехцентровые предреакционные комплексы и переходные состояния с последующим раскрытием

гетероатомного (кремний, германий) остова и образованием продуктов. Согласно квантово-химическим расчетам энергии активации и энергии Гиббса активации реакций как с водой, так и со спиртами (метанолом, этанолом) уменьшаются в рядах атраны–оканы–гипоатраны. Реакции германийсодержащих производных характеризуются меньшими энергиями активации по сравнению с кремнийсодержащими соединениями.

Работа имеет теоретическую и практическую значимость. Производные исследуемых соединений используются в качестве разнообразных эффективных лигандов в координационной химии. Установление пространственной и электронной структур элементарганических соединений способствует выяснению механизмов реакций дальнейшего комплексообразования с их участием. Кроме того, результаты работы вносят существенный вклад в развитие общей теории конформационного анализа элементарганических соединений; найденные значения дипольных моментов новых соединений дополняют базу данных по полярности молекул.

Диссертация изложена на 158 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений А и Б, в которых приведены, соответственно, список исследованных соединений и графики зависимостей диэлектрической проницаемости и квадрата показателя преломления раствора от массовой доли вещества для некоторых исследованных соединений. Первая глава посвящена определению полярности и конформационному анализу соединений $P(V)$, со связями $P=O$ и $P=S$: функционализированных енаминокетонов и ацетамидов. Во второй главе представлены результаты по определению полярности, конформационному анализу и теоретическому исследованию механизмов реакций фосфорорганических соединений со связями $P=Se$ с нуклеофильными реагентами. Установление строения и механизмов реакций сил(герм)атранов, сил(герм)оканов и гипосил(герм)атранов с нуклеофильными реагентами – водой, метанолом и этанолом, обсуждаются в третьей главе. Четвертая глава включает в себя экспериментальную часть диссертационной работы.

Диссертация хорошо апробирована, материалы работы докладывались на всероссийских и международных конференциях различного уровня. Опубликованные в научной печати работы (9 статей в российских и международных журналах, входящих в Перечень изданий, рекомендованных ВАК, 15 тезисов докладов) полно и правильно отражают основные научные результаты, положения и выводы, приведенные в научно-квалификационной работе.

Достоверность научных результатов работы подтверждается сопоставлением и согласием всех данных, полученных комплексом экспериментальных физических методов исследования и квантово-химическими расчетами.

По работе выявлены следующие **замечания**:

1. В Главе 1 отсутствует подробное обоснование выбора той или иной

таутомерной формы функционализированных енаминокетонов для дальнейшего исследования строения этих соединений.

2. В списке исследованных соединений (Приложение Б) не приведены названия объектов исследования.

3. Отсутствуют иллюстрации в литературном обзоре, приводимом в начале Глав 1-3, что усложняет восприятие материала.

4. В тексте встречаются некоторые неточности и опечатки.

Оценивая диссертационную работу Исмагиловой Р.Р. в целом, считаю, что по актуальности, объему выполненных исследований, научной новизне, теоретической и практической значимости, достоверности результатов и обоснованности научных положений, рекомендаций и выводов она **соответствует требованиям** «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., и **заслуживает** быть представленной к защите в диссертационный совет.

По итогам обсуждения диссертации Исмагиловой Р.Р. «Конформации и механизмы реакций соединений четырехкоординированного фосфора со связями $P=X$ ($X = O, S, Se$) и гипервалентных кремния и германия с нуклеофильными реагентами» принято следующее **Заключение**:

Работа актуальна. Вопросы, касающиеся конформационного анализа, внутримолекулярных взаимодействий и особенно механизмов реакций новых и (или) малоизученных классов ЭОС, в том числе фосфорил-, тиофосфорил- и селенофосфорилорганических соединений и атрановых систем не теряют **актуальности**, чему во многом способствует развитие методов квантовой химии. Получение фундаментальных данных по экспериментальной полярности элементоорганических соединений в растворе способствует установлению их строения и реакционной способности. Теоретическое обоснование имеющихся экспериментальных данных о конформациях ЭОС остается актуальной задачей для изучения их координирующих свойств и объяснения механизмов реакций с их участием.

Работа обладает научной новизной:

– **впервые** определены полярность и строение в растворе не исследованных ранее функционализированных енаминокетонов. Установлена конформационная однородность 3-((2-((дифенилфосфорил)метил)фенил)амино)-1-фенилпроп-2-ен-1-она, существующего в растворе в виде предпочтительного *Z*-изомера; для 3-((2-((дифенилфосфорил)фенил)амино)-1-фенилпроп-2-ен-1-она и 3-((2-

(дифенилфосфоротиоил)фенил)амино)-1-фенилпроп-2-ен-1-она реализуется конформационное равновесие с преобладанием *E*-форм. Предпочтительные изомеры стабилизированы внутримолекулярными водородными связями.

- **впервые** определена полярность и проведен конформационный анализ 2-(дифенилтиофосфорил)-*N*-(2-((дифенилфосфорил)метил)фенил)ацетамида, 2-(дифенилтиофосфорил)-*N*-(2-((дифенилтиофосфорил)метил)фенил)ацетамида, *N*-(2-((дифенилтиофосфорил)метил)фенил)-2-(дифенилфосфорил)ацетамида и *N,N'*-(1,2-фенилен)бис(2-(дифенилфосфорил)ацетамида). Установлено их существование в растворе в конформационном равновесии нескольких форм, стабилизированных внутримолекулярными связями $P=X\cdots H-N$ ($X = O, S$), $P=O\cdots H-C_{sp^3}$ и $C=O\cdots H-C_{Ph}$ и дополнительно за счет p,π -сопряжения в конформерах с нулевой ΔE .

— **впервые** определена полярность в растворе *O*-фенилдифенилэтилфосфиноселеноата, *O*-(нафтаден-1-ил)дифенилэтил-фосфиноселеноата, *S*-этилдифенилэтилфосфиноселеноата, *S*-фенилдифенилэтил-фосфиноселеноата и амида *P,P*-дифенилэтил-*N*-фенилфосфиновой кислоты. Установлено их существование в виде конформационного равновесия незаслоненных *гош*- и *транс*-форм с пропеллерным расположением заместителей относительно связи $P=Se$; заслоненная *цис*-ориентация тиоэтильного заместителя в фосфиноселенотиоате обусловлена внутримолекулярным взаимодействием $Se\cdots H$.

— **впервые** определена полярность *Se*-эфиров диселенофосфиновых кислот и осуществлен их конформационный анализ. В растворе эти диорганодиселенофосфинаты существуют в виде конформационного равновесия нескольких форм с заторможенными *гош*- и *транс*- или заслоненной *цис*-ориентациями заместителей относительно связи $P=Se$. Наличие заслоненных *цис*-конформаций объясняется образованием внутримолекулярных связей $H\cdots Se$ с участием атома водорода *Se*-алкильных(бензильных) или фенильных заместителей у атома фосфора и атомом селена $P=Se$ группы.

— установлен механизм реакций присоединения вторичных фосфинсульфидов и фосфинселенидов с алкильными, фенильными и фенилалкильными заместителями к винилпентил- и винилгексилселенидам. Согласно расчетам методом DFT B3PW91/6-31G(d) эти реакции протекают против правила Марковникова по молекулярному механизму через энергетически выгодное восьмичленное переходное состояние и приводят к образованию третичных фосфинхалькогенидов. Вторичные фосфинселениды более реакционноспособны по сравнению с соответствующими фосфинсульфидами.

– **впервые** проведен конформационный анализ и установлено строение в растворе замещенных силатранов и герматранов, а также их квази- и гипоаналогов. Теоретически исследованы реакции присоединения воды, метанола, этанола к данным соединениям. Найдено, что реакции атрановых структур с нуклеофильными реагентами протекают по одному механизму в одну стадию с образованием предреакционных комплексов, далее трансформирующихся в переходные состояния; при дальнейшем разрыве одной из связей Si(Ge)–O образуются продукты реакций, стабилизированные дативными взаимодействиями и внутримолекулярными контактами. **Установлена** существенная роль энтальпийной составляющей в этих реакциях; **найденно**, что с уменьшением электроотрицательности заместителей атрановых структур возрастает величина энтальпии активации реакций.

Теоретическая и практическая значимость. Исследование пространственной и электронной структуры элементарноорганических соединений представляет теоретический и практический интерес, поскольку способствует выяснению механизмов реакций дальнейшего комплексообразования с их участием. Производные исследованных соединений находят широкое применение в качестве разнообразных эффективных лигандов в комплексообразовании различного и многоцелевого назначения. Основные результаты и выводы, полученные в диссертационной работе, могут быть использованы химиками-синтетиками при создании лигандов для дизайна металлокомплексных структур. Полученные данные вносят существенный вклад в развитие общей теории конформационного анализа элементарноорганических соединений, теории связи, а найденные значения дипольных моментов новых соединений дополняют базу данных по полярности молекул.

Ценность научной работы соискателя. Определена полярность и осуществлен экспериментальный и теоретический конформационный анализ не исследованных ранее соединений четырехкоординированного фосфора, среди которых фосфорил- и тиофосфорилфункционализированные енаминокетоны и ацетамиды, производные селено- и диселенофосфиновой кислот, вторичные фосфинхалькогениды. Получены данные о пространственном строении и конформации исследованных объектов, а также данные об относительных энергиях реализующихся конформеров с использованием комплекса физических методов исследования и квантово-химических расчетов. Впервые исследованы механизмы реакций присоединения вторичных фосфинхалькогенидов к винилселенидам, реакций замещенных силатранов и герматранов и их квази- и гипоаналогов с водой и спиртами (метанолом и этанолом) методом DFT B3PW91/6-311++G(df,p). Установлены элементарные стадии всех

процессов, локализованы переходные состояния. Получены данные об энергиях активации элементарных стадий, структуре реагентов, переходных состояний и продуктов.

Достоверность результатов. Достоверность представленных в работе научных результатов подтверждается сопоставлением и непротиворечивым согласием всех данных, полученных комплексом экспериментальных физических методов исследования (дипольные моменты, ИК спектроскопия) и квантово-химическими расчетами (DFT B3PW91 с использованием различных базисов).

Личное участие автора. Исмагилова Р.Р. принимала участие в постановке целей и задач исследования, анализе, обобщении и интерпретации полученных результатов, формулировке выводов, написании статей и тезисов докладов. Соискателем проведен анализ литературных данных по теме диссертации. Экспериментальная часть работы выполнена автором лично с использованием современных физических методов исследования. Научные положения и выводы диссертации полностью основаны на теоретическом и экспериментальном материале, полученном соискателем лично в ходе выполнения работы.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 9 статей в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ:

1. Верещагина, Я.А. Фосфорил- и тиофосфорилфункционализированные енаминокетоны: полярность и конформационный анализ / Я.А. Верещагина, А.З. Алимова, Д.В. Чачков, **Р.Р. Ханафиева***, В.А. Козлов, Э.А. Ишмаева // Журн. орг. химии. – 2015. – Т. 51. – № 9. – С. 1290-129.
2. Верещагина, Я.А. Полярность и строение P(X)-модифицированных (X=O, S) N-рилкарбомоилметилфосфиноксидов и сульфидов / Я.А. Верещагина, **Р.Р. Ханафиева**, Д.В. Чачков, О.И. Артюшин, Е.В. Шарова, Э.А. Ишмаева // Журн. орг. химии. – 2016. – Т. 52. - № 10. – С. 1413-1418.
3. Vereshchagina, Ya. Polarity and structure of derivatives of bis(2-phenylethyl)selenophosphinic acid / Ya. Vereshchagina, **R. Khanafieva**, D. Chachkov // Pure Appl. Chem. – 2017. – Vol.89. – Is.3. – P.393-401.
4. Верещагина, Я.А. Полярность некоторых производных диселенофосфиновой кислоты / Я.А. Верещагина, **Р.Р. Ханафиева**, С.Ф. Малышева, Э.А. Ишмаева // Журн. общ. химии. – 2017. – Т.87. – № 9. – С.1567-1569.
5. Верещагина, Я.А. Механизм гидролиза 2,2-дизамещенных силоканов и гермокканов, 1-замещенных силатранов и герматранов / Я.А. Верещагина, Д.В. Чачков,

* Фамилия Ханафиева была изменена на Исмагилову 03.08.2017 г.

Р.Р. Исмагилова, Е.А. Веденеева // Журн. орг. химии. – 2018. – Т.54. – № 3. – С. 482-492.

6. Верещагина, Я.А. Механизм реакций гидролиза 1,1,1-тризамещенных гипосилатранов и гипогерматранов / Я.А. Верещагина, **Р.Р. Исмагилова**, Д.В. Чачков // Журн. орг. химии. – 2019. – Т.55. – № 2. – С.279-286.

7. Верещагина, Я.А. Полярность и структура Se-эфиров диселенофосфиновых кислот: экспериментальный и теоретический конформационный анализ в растворе / Я.А. Верещагина, **Р.Р. Исмагилова**, Д.В. Чачков, Малышева С.Ф., Белогорова Н.А. // Журн.общ. химии. – 2019. – Т.89. – № 5. – С.739-749.

8. Chachkov, D.V. Mechanism of reactions of 1-substituted silatranes and germatranes, 2,2-disubstituted silocanes and germocanes, 1,1,1-trisubstituted hyposilatranes and germatranes with alcohols (methanol, ethanol): DFT study / D.V. Chachkov, **R.R. Ismagilova**, Ya.A. Vereshchagina // Molecules. – 2020. – V. 25. – 2803.

9. Верещагина, Я.А. Квантово-химическое исследование присоединения вторичных фосфинхалькогенидов к винилселенидам / Я.А. Верещагина, **Р.Р. Исмагилова**, Д.В. Чачков, Н.А. Чернышева // Журн. орг. химии. – 2020. – Т. 56. – № 10. – С. 1509–1515.

Также по результатам диссертации опубликованы тезисы 15 докладов в материалах международных и всероссийских конференций.

В диссертации автор ссылается на собственные опубликованные работы. В тексте диссертации отсутствуют материалы без ссылки на автора или источник заимствования.

Специальность, которой соответствует диссертация. Диссертационная работа Исмагиловой Р.Р. посвящена определению полярности, исследованию строения не изученных ранее сложных полифункциональных элементоорганических соединений в растворе, теоретическому изучению механизмов реакций соединений четырехкоординированного фосфора, гипервалентных кремний- и германийорганических соединений с нуклеофильными реагентами. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 02.00.04 – Физическая химия в пунктах: 1. Экспериментальное определение и расчет параметров строения молекул и пространственной структуры веществ; 10. Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями осуществления химической реакции.

Диссертация Исмагиловой Резеды Рафисовны на тему «Конформации и механизмы реакций соединений четырехкоординированного фосфора со связями $P=X$ ($X = O, S, Se$) и гипервалентных кремния и германия с нуклеофильными

реагентами» удовлетворяет всем требованиям Постановления Правительства РФ «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук и рекомендуется к защите по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Заключение принято на заседании кафедры физической химии Химического института им. А.М. Бутлерова ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (протокол № 3 от «5» октября 2021 г.).

Присутствовало на заседании 30 человек, из них с правом голоса – 26 человек. Результаты голосования: «За» – 25 чел., «Против» – 1, «Воздержавшихся» – нет.

Председатель заседания, заведующий кафедрой физической химии
Химического института им. А.М. Бутлерова
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский)
федеральный университет»
д.х.н., профессор

Соломонов Б.Н.