

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
«Федеральный исследовательский центр  
«Казанский научный центр Российской академии наук»

Диссертация Агаркова Артема Сергеевича «2-Замещенные производные тиазоло[3,2-*a*]пиримидина: синтез, структура, химические свойства и противоопухолевая активность» выполнена в лаборатории химии каликсаренов Института органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» (ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН).

В период подготовки диссертации соискатель Агарков А.С. являлся аспирантом очной формы обучения ФИЦ КазНЦ РАН по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, направленность (профиль) подготовки Органическая химия (02.00.03).

В 2018 г. Агарков А.С. с отличием окончил Самарский государственный технический университет по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.

Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2022 году ФИЦ КазНЦ РАН.

Научный руководитель – д.х.н., доцент Соловьева Светлана Евгеньевна, ведущий научный сотрудник лаборатории химии каликсаренов ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН.

Диссертационная работа Агаркова А.С. обсуждалась на заседании расширенного научного семинара ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН по направлению «Органическая химия и химия биологически активных соединений» 26 октября 2022 г. (протокол № 3 от 26.10.2022). На заседании присутствовали 51 сотрудник Института, в их числе члены диссертационного совета 24.1.225.01: д.х.н., проф., чл.-корр. РАН Карасик А.А.; д.х.н., проф., чл.-корр. РАН Антипин И.С.; д.х.н., проф. Литвинов И.А.; д.х.н., доц. Семенов В.Э.; д.х.н., доц. Соловьева С.Е., д.х.н. доц. Мустафина А.Р.; д.х.н., доц. Мусина Э.И., д.х.н. Калинин А.А.

**В ходе обсуждения диссертации соискателю были заданы следующие вопросы:**

д.х.н., проф. Катаев В.Е.: Почему вы решили присоединять метанол к 2-арилметилиденовым производным тиазолопиримидина? Очень большой объем занимает кристаллографическая часть, какая ваша роль, что вы делали?

д.х.н., проф., чл.-корр. РАН Карасик А.А.: Вопрос по упаковке в кристаллической фазе: удалось разделить за счет кристаллизации энантиомеры, есть такое желание? Кристаллы крупные? Почему соединение 6.2 является лидером, в чем секрет селективности, есть какая-то химическая корреляция?

д.х.н., доц. Семенов В.Э.: Тиазолопиримидны были до вас совершенно не исследованы? Были ли известны методы синтеза гидразонов? В чем преимущества тиазолов, почему выбрали их, почему хотели получить гидразиновое производное на их основе? Почему решили исследовать именно такие химические свойства? Докинг на каких мишенях хотите делать? Механизм биологического действия известен? Галогенная связь между чем образуются, какой механизм? Почему она у вас реализуется? Вы судили просто по расстояниям? Может у вас это расстояние случайно? Какие еще между молекулами есть взаимодействия, кроме галогенных связей? У вас галогенные связи - фактор, сдерживающий упаковку?

к.х.н., доц. Татарин Д.А.: Вы не исследовали антибактериальную активность триазолопиримидиновых производных?

д.х.н., доц. Мусина Э.И.: Вопрос по механизму: в чем заключается роль микроволнового излучения для реализации этой реакции? За счет чего инициируется реакция? Может стоило сильнее погреть реакционную смесь или облучить светом? При действии микроволнового излучения реализуется ведь не присоединение метанола, а перегруппировка?

д.х.н. Калинин А.А.: Как пришла идея проводить реакцию при микроволновом излучении? Почему не проводили реакцию с метилатом натрия при пониженной температуре?

На все поставленные вопросы соискатель Агарков А.С. дал исчерпывающие ответы.

### С рецензией на работу выступил д.х.н. Калинин А.А.

Диссертационная работа Агаркова Артема Сергеевича представляет собой комплексное исследование, включающее органический синтез производных конденсированного гетероцикла - тиазоло[3,2-*a*]пиримидина, масштабное, основанное на широком круге производных, исследование их кристаллической структуры и изучение противоопухолевой активности разнообразных производных тиазоло[3,2-*a*] и тиазоло[4,3-*a*]пиримидинов. Актуальность исследования не вызывает сомнений и хорошо отражена в разделе «Введение» диссертационной работы. Содержащие во втором положении тиазолидинового кольца активную метиленовую группу тиазоло[3,2-*a*]пиримидин-3(2*H*)-оны привлекательны для функционализации, а в сочетании с другими реакционными центрами открывается возможность протекания необычных превращений. С другой стороны, конденсированные гетероциклические системы, в целом, и те, которые содержат азольный фрагмент, аннелированный по *a* стороне π-дефицитного гетероцикла, в частности, привлекают внимание исследователей-биологов благодаря различным видам биологической активности. К подобным структурам относятся и тиазолпиримидины, у которых, как отмечается в диссертации, обнаружена противомикробная, противораковая, антивирусная, противовоспалительная, антипсихотическая и антипаркинсоническая активности. Разнообразные методы получения тиазоло[3,2-*a*]пиримидинов, а также исследование свойств и биологическая активность, известные к настоящему времени отражены в литературном обзоре диссертации.

Диссертантом проделана большая работа, в результате которой получено свыше 80 новых соединений, для нескольких десятков из них выращены кристаллы, которые были исследованы методом РСА, для более чем 30 соединений была исследована противоопухолевая активность по отношению к 4 раковым и нормальной клеточной линиям.

Диссертационная работа изложена на 185 страницах печатного текста и содержит 29 таблиц, 64 схем, 95 рисунок. Структура диссертации включает в себя введение, литературный обзор, обсуждение результатов, экспериментальную часть, заключение, список использованных сокращений и список литературы, в который входят 186 ссылок на отечественные и зарубежные работы.

Среди важнейших синтетических результатов работы можно выделить обнаруженные диссертантом две новые перегруппировки в ряду тиазоло[3,2-*a*]пиримидин-3-онов. В результате взаимодействия их с солями диазония были получены соответствующие 2-арилгидразоны, в которых в процессе восстановления происходит раскрытие тиазольного цикла и замыкание нового триазольного кольца с формированием 1-арил-3-гидроксиметил-[1,2,4]триазоло[4,3-*a*]пиримидинов с высокими выходами. Взаимодействием тиазоло[3,2-*a*]пиримидин-3-онов с бензальдегидами были синтезированы соответствующие 2-арилметилиденовые производные. Изучая реакции этих соединений с метанолом в условиях микроволнового излучения, была обнаружена еще одна перегруппировка: 2-арилметилидентиазоло[3,2-*a*]пиримидин-3-оны претерпевали рециклизацию в 3-арил-2,3-дигидротиазоло[3,2-*a*]пиримидин-2-карбоксилаты почти с количественным выходом. Строение продуктов перегруппировки установлено с применением, в том числе и метода РСА. Диссертантом предложены разумные схемы образования продуктов перегруппировок.

С применением РСА была исследована супрамолекулярная организация тиазолопиримидинов. В зависимости от заместителей выявлено формирование двух типов водородно-связанных структур: центросимметричных рацемических димеров и гомохиральных цепочек; формирование галогенных связей, выступающих в качестве связующего элемента при образовании димерных и полимерных 1D-супрамолекулярных структур; конгломератов в виде энантиоморфных кристаллов, состоящих из 1D-зигзагообразных цепочек.

К важнейшим результатам изучения биологической активности относится выявление значительных противоопухолевых свойств у некоторых 2-арилгидразоновых и 2-арилметилиденовых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидин-3-онов, при этом в случае последних были выявлены лидеры по противоопухолевой активности, как сопоставимой так и превосходящей лекарственное средство Сорафениб. Кроме того, было установлено, что соединения-лидеры проявляют большее значения индекса селективности.

Замечания и предложения по улучшению:

1. Диссертация изложена на 185 стр. Можно было бы немного сократить ее размер. В первую очередь за счет некоторых подразделов, которые, на мой взгляд, лишние в этой работе.

а) Например, после удаления раздела 1.1 Получение 1,2,3,4-тетрагидропиримидин-2-тионов/онов полностью, структура диссертации только улучшится. Раздел посвящен синтезу исходных соединений и его важность, полагаю, невелика. Кроме того, непонятно по какому принципу проведен анализ литературы для этого раздела – за последние три года ссылок на мировую литературу нет совсем, за последние 5 лет – анализируется одна работа. Есть ссылки на обзоры по реакции Биджинелли, но нет ссылки на обзор, вышедший из нашего Института (С.В. Вдовина, В.А. Мамедов, Успехи химии, 2008, 77(12), с. 1017-1053). Оставшиеся четыре части обзора будут посвящены тиазоло[3,2-*a*]пиримидинам, что позволит назвать литературный обзор (обзор был без общего названия).

б) Насколько важен материал для диссертации по органической химии на стр. 104-110, где представлено изучение апоптотических эффектов в клетках методом проточной цитофлуориметрии? Если он будет удален или резко сокращен, то диссертация будет заканчиваться вполне эффектно – соединениями-лидерами по цитотоксической активности, превосходящие образец сравнения.

2. В разделе актуальность плохо просматривается связь между всем текстом и последним предложением актуальности (заключением актуальности). Необходимо добавить хотя бы одно предложение, которое было бы посвящено отсутствию исследований в тех или иных направлениях близких к теме диссертации, что в совокупности логично приводило бы к цели работы.

3. По литературному обзору:

а) Дать название литературному обзору

б) желательно добавить информацию о первом синтезе производного тиазоло[3,2-*a*]пиримидина (п.1.2)

4. Раздел обсуждения результатов:

а) В оформлении схем реакции есть общий недостаток: невозможно понять, какому номеру соответствует соединение с определенным набором заместителей. Чтобы понять это, необходимо смотреть экспериментальную часть.

б) В соединениях 2.2-2.20 в ИК спектрах поглощение группы C=O при 1735-1750 см приписано амидной группе тиазолидинонового фрагмента. Эту информацию следует уточнить. В соединениях есть сложноэфирная группа. А в экспериментальной части, в описании ИК спектров присутствуют полосы поглощения в интервале 1650-1690 см<sup>-1</sup>, и именно они соответствуют поглощению амидного карбонила.

в) присутствует неудачное выражение «енольная форма атакует» (стр.47)

г) непонятно на каком основании однозначно приписаны сигналы соответствующим протонам Н12, Н13, Н15, Н16 в спектре ЯМР  $^1\text{H}$  (описание рисунка 22)

д) На стр. 50 присутствует выражение «в слабopольной части спектра присутствует синглет, который можно приписать как к СН, так и к NH протону»

С этим трудно согласиться, поскольку сигнал 7-9 м.д. в  $\text{CDCl}_3$  и 11-12 м.д. в  $\text{DMCO-d}_6$  трудно приписать сигналу протона при  $\text{sp}^3$  гибридизованном атоме углерода.

5. Экспериментальная часть

а) раздел описания биологических экспериментов (3.8) выведен в отдельный раздел. Ему логично быть в начале экспериментальной части.

б) Отсутствует описание соединений 3.2-3.20.

6. По выводам.

Основным недостатком некоторых выводов является приуменьшение сделанного диссертантом.

а) Полагаю, что лучше разделить вывод 1 на два вывода с указанием того, что образование продуктов перегруппировки протекает с хорошим выходом в первом случае и почти количественным во втором.

б) В выводе 2 объединены в один вывод две методики, при этом первая действительно является методикой, а вторая (синтез триазоло[4,3-*a*]пиримидинов) является оригинальным методом синтеза.

в) Дописать в первое предложение 6-ого пункта заключения «активность которых сопоставима или превосходит лекарственное средство Сорафениб».

7. Соответственно, возникает необходимость переделать положения, выносимые на защиту. Кроме того, пункт 5. «Положений, выносимых на защиту» фактически не сформулирован.

Соискателем выполнена большая научно-квалификационная работа, соответствующая по актуальности, новизне, итоговым результатам и степени обоснованности научных положений уровню кандидатской диссертации, предъявляемым ВАК при Минобрнауки России к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук. Результаты исследования опубликованы в 5 статьях в рецензируемых высокорейтинговых журналах. Диссертация аккуратно оформлена, а замечания и пожелания не затрагивают существа полученных диссертантом основных результатов и выводов и могут быть устранены в сжатые сроки. Выводы диссертации представляются достоверными и значимыми, основанными на большом экспериментальном исследовании с использованием широкого комплекса методов.

Диссертационная работа Агаркова Артема Сергеевича после исправления ряда замечаний может быть представлена в Диссертационный совет для защиты по специальности 1.4.3. Органическая химия.

**С поддержкой работы** выступили д.х.н., проф., чл.-корр. РАН Антипин И.С., д.х.н., проф. Литвинов И.А., д.х.н., доц. Соловьева С.Е. и д.х.н., проф. Катаев В.Е.

По итогам обсуждения принято следующее **Заключение**.

**Работа актуальна.**

Конденсированные гетероциклические системы постоянно привлекают внимание химиков и фармакологов. К подобным структурам относятся тиазолопиримидины, у которых была обнаружена противомикробная, противораковая, антивирусная, противовоспалительная, антипсихотическая и антипаркинсоническая активность. Производные тиазоло[3,2-*a*]пиримидинов, особенно 2-замещенные, помимо высокого синтетического потенциала являются перспективными структурными фрагментами для разработки лекарственных веществ, в том числе и противораковых препаратов. Структура тиазоло[3,2-*a*]пиримидина напоминает пурин, достаточно легко модифицируется введением новых центров связывания, что крайне необходимо для оптимизации взаимодействия лиганда с активным центром биомишени и может быть использовано в конструировании структур, активно связывающихся с биологическими мишенями. Производные 5*H*-тиазоло[3,2-*a*]пиримидин-3(2*H*)-она содержат активную метиленовую группу, расположенную во втором положении тиазолидинового фрагмента, которую можно рассматривать как одну из наиболее привлекательных для функционализации из-за ее высокой активности в реакциях с электрофильными реагентами различной природы. В этих соединениях присутствует асимметрический атом углерода, что обуславливает наличие оптических изомеров. Хорошо известно, что большинство биологически активных веществ, используемых в медицине для лечения людей или животных, содержат в своей молекулярной структуре хиральные центры и в большинстве случаев только один из энантиомеров обладает необходимой биологической активностью.

К настоящему времени установлено, что нековалентные контакты играют существенную роль в синтезе новых соединений и современных материалов. Каталитические химические превращения, движущей силой которых являются нековалентные взаимодействия или их синергетическое действие при координации (например, в кооперативном катализе), представляют собой одну из наиболее

взаимодействия могут оказаться крайне важными для понимания механизма действия лекарственных средств и функционирования каталитических центров биологических систем. Учитывая это, более глубокое понимание и сознательное использование этих взаимодействий может оказаться важным для биомедицины и смежных с ней областей. Так, например, нековалентные взаимодействия могут быть использованы при кристаллизации с целью разделения рацематных систем на чистые энантиомеры, что может способствовать увеличению биологической активности. Поскольку при синтезе производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина образуется рацематная смесь, то исследование данных производных в кристаллической фазе является актуальной проблемой в современной органической химии.

Таким образом, синтез новых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидинов, изучение их строения и биологической активности, а также возможности разделения рацемической смеси на энантиоочистые изомеры, несомненно, представляют актуальную задачу.

#### **Работа обладает научной новизной.**

В ходе работы открыты две новые перегруппировки в ряду тиазоло[3,2-*a*]пиримидинов: 2-арилгидразонов тиазоло[3,2-*a*]пиримидин-3-онов в 1-арил-3-гидроксиметил[1,2,4]триазоло[4,3-*a*]пиримидины и 2-арилметилендентиазоло[3,2-*a*]пиримидин-3-онов в 3-арил-2,3-дигидротиазоло[3,2-*a*]пиримидин-2-карбоксилаты.

Показано, что как в кристаллической фазе, так и в растворе преимущественно образуется *Z*-изомер арилгидразоновых производных 2-тиазоло[3,2-*a*]пиримидина.

Установлены структурные факторы, влияющие на кристаллическую упаковку 2-арилметиленовых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина: положение заместителя в ароматическом фрагменте при пятом атоме углерода тиазолопиримидинового каркаса и в арилметиленовом фрагменте.

Выявлено влияние природы растворителя на супрамолекулярную организацию в кристаллической фазе 2-арилметиленовых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина.

Выявлена роль галогенной связи в образовании супрамолекулярных ансамблей в кристаллической фазе производных 2-арилметилендентиазоло[3,2-*a*]пиримидина, содержащих 3- или 4-бромфенильный фрагмент.



Исследована цитотоксическая активность синтезированных 2-арилгидразоновых и 2-арилметиленовых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина и триазоло[4,3-*a*]пиримидинов и выявлены соединения-лидеры.

Синтезировано и охарактеризовано 82 новых соединений.

### **Практическая значимость.**

Разработаны новые пути синтеза ранее недоступных гетероциклических производных тиазоло[4,3-*a*]пиримидина и 2,3-дигидротиазоло[3,2-*a*]пиримидина, а также эффективные методы синтеза 2-арилгидразоновых и 2-арилметиленовых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина с высокими выходами. Показано, что нековалентные взаимодействия (водородное и галогенное связывание) являются движущей силой хиральной дискриминации в кристаллической фазе 2-арилметиленовых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина. Синтезированные гетероциклы являются перспективными для поиска структур с потенциальной противораковой, противовоспалительной и противогрибковой активностью. Выявлены соединения-лидеры с высокой противоопухолевой активностью в отношении клеточных линий карциномы шейки матки (M-HeLa) и аденокарциномы двенадцатиперстной кишки человека (HuTu 80).

**Ценность научных работ соискателя** заключается в том, что в данной работе разработаны методики синтеза 2-арилгидразоновых и 2-арилметиленовых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина, являющимися потенциальными противораковыми агентами, продемонстрированы две новые перегруппировки в ряду тиазоло[3,2-*a*]пиримидинов с образованием 1-арил-3-гидроксиметил-[1,2,4]триазоло[4,3-*a*]пиримидинов и 3-арил-2,3-дигидротиазоло[3,2-*a*]пиримидин-2-карбоксилатов. Установлено влияние структуры новых 2-арилметиленовых производных тиазопиримидина на супрамолекулярный мотив их организации в кристаллической фазе. Среди синтезированных тиазоло[4,3-*a*]пиримидинов, 2-арилгидразоновых и 2-арилметиленовых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина выявлены соединения-лидеры с высокой противоопухолевой активностью в отношении клеточных линий карциномы шейки матки (M-HeLa) и аденокарциномы двенадцатиперстной кишки человека (HuTu 80). Показано, что этил-(2*Z*)-2-(2-гидроксибензилиден)-7-метил-3-оксо-5-фенил-2,3-дигидро-5*H*-[1,3]тиазоло[3,2-

a]пиримидин-6-карбоксилат проявляет высокую селективность в отношении M-HeLa в отличие от референтного препарата «Сорафениб».

#### Личное участие автора.

Автор диссертации участвовал в постановке цели и задач исследования, анализе и обобщении литературных данных, реализации экспериментальных исследований, обработке и обсуждении их результатов, подготовке публикаций и представлении докладов по теме диссертационной работы на конференциях различного уровня. Экспериментальные данные, приведенные в диссертационной работе, получены автором лично, либо при его непосредственном участии.

#### Результаты работы обоснованы и достоверны.

Достоверность исследования и его результатов подтверждается большим экспериментальным материалом с использованием современных физических и физико-химических методов анализа.

Основные результаты работы достаточно полно отражены в 5 научных статьях, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.

1. Lashmanova, E. A. Rearrangement of thiazolo[3,2-*a*]pyrimidines into triazolo[4,3-*a*]pyrimidines induced by C=N bond reduction / E. A. Lashmanova, **A. S. Agarkov**, V. B. Rybakov, A. K. Shiryayev // *Chem. Heterocycl. Compd.* - **2019**. – V. 55. - P. 1217-1221.

2. **Агарков, А.С.** Синтез и структура новых производных триазоло[4,3-*a*]пиримидина и 2-фенилгидразонов тиазоло[3,2-*a*]пиримидина / А.С. Агарков, Г.В. Коноров, А.А. Нефедова, Э.Р. Габитова, Д.Р. Исламов, А.С. Овсянников, А.К. Ширяев, С.Е. Соловьева, И.С. Антипин // *Бутлеровские сообщения.* – **2021**. - Т. 68. - №10. – С. 122-127.

3. **Агарков, А.С.** Структура и биологические свойства 2-фенилгидразоновых производных тиазолопиримидинов А.С. Агарков, Э.Р. Габитова, Ф.Б. Галиева, А.С. Овсянников, А.Д. Волошина, А.К. Ширяев, И.А. Литвинов, С.Е. Соловьева, И.С. Антипин // *Доклады Академии Наук. Химия, науки о материалах.* - **2022**. – Т.503. - №1. - С. 9-15.

4. **Agarkov, A.S.** Crystalline State Hydrogen Bonding of 2-(2-Hydroxybenzylidene)Thiazolo[3,2-*a*]Pyrimidines: A Way to Non-Centrosymmetric Crystals

A.S. Agarkov, I.A. Litvinov, E.R. Gabitova, A.S. Ovsyannikov, P.V. Dorovatovskii, A.K. Shiryayev, S.E. Solovieva, I. S. Antipin // *Crystals*. – 2022. – V.12(4). – P.494.

5. **Агарков, А.С.** Новый способ получения 2,3-дизамещенных 2,3-дигидропиримидино[3,2-*a*]пиримидинов А.С. Агарков, А.А. Кожихов, А.А. Нефедова, А.С. Овсянников, Д.Р. Исламов, С.Е. Соловьева, И.С. Антипин // *Доклады Академии Наук. Химия, науки о материалах*. - 2022 (в печати)

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

По материалам диссертации также опубликованы тезисы 11 докладов на международных и всероссийских конференциях.

**Специальность, которой соответствует диссертация.** Диссертационная работа Агаркова А.С. соответствует паспорту специальности 1.4.3. Органическая химия по ряду пунктов: 1. Выделение и очистка новых соединений; 2. Открытие новых реакций органических соединений и методов их исследования; 3. Развитие рациональных путей синтеза сложных молекул; 7. Выявление закономерностей типа «структура–свойство»; 10. Исследование стереохимических закономерностей химических реакций и органических соединений.

Расширенный научный семинар ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН по направлению «Органическая химия и химия биологически активных соединений» считает, что по актуальности, научной и практической значимости, достоверности полученных результатов, объему, целостности и законченности диссертационная работа Агаркова А.С. полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата химических наук.

Расширенный научный семинар по направлению «Органическая химия и химия биологически активных соединений» (протокол № 3 от 26.10.2022) рекомендовал Учёному совету выдать заключение по диссертационной работе Агаркова А.С. Присутствовали: 51 чел. Итоги голосования: «за» – 51, «против» – нет, «воздержавшихся» – нет.

Заключение рекомендовано к утверждению на заседании Ученого Совета ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ

РАН (протокол № 8 от 28.10.2022 г.). Рекомендации и замечания, высказанные на научном семинаре, диссертантом учтены, и соответствующие изменения внесены в текст диссертации. Из 24 членов списочного состава Ученого совета присутствовали: 21 чел. Итоги голосования: «за» – 21, «против» – нет, «воздержавшихся» – нет.

Руководитель

ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленного

структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН,

доктор химических наук, профессор, член-корреспондент РАН

А.А. Карасик

Председатель научного семинара по направлению

«Органическая химия и химия биологически активных соединений»,

доктор химических наук, доцент

В.Э. Семенов

Ученый секретарь

ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленного

структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН,

доктор химических наук, доцент

И.П. Романова