

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Иркутский
институт химии им. А.Е. Фаворского
Сибирского отделения Российской академии
наук»

д.х.н., профессор РАН

Иванов А.В.

« 9 » июля 2026 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского
Сибирского отделения Российской академии наук» (ИрИХ СО РАН)
о диссертации Пакеевой Анны Аркадьевны,
представленной на соискание учёной степени кандидата химических наук
по специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений

Диссертационная работа «Эффективные методы синтеза селенсодержащих гетероциклических соединений на базе дигалогенидов селена» выполнена в лаборатории халькогенорганических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук».

В период подготовки диссертации соискатель Пакеева Анна Аркадьевна проходила обучение в аспирантуре в ИрИХ СО РАН (01.09.22–31.08.26 гг.).

В 2007 г. соискатель окончила Иркутский государственный педагогический университет по специальности: учитель «Химия с дополнительной специальностью Биология».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2026 г. ФГБУН Федеральным исследовательским центром «Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук».

Научный руководитель – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории халькогенорганических соединений ИрИХ СО РАН Мусалов Максим Викторович.

Тема диссертационной работы утверждена на заседании Ученого совета ИрИХ СО РАН (протокол № 4 от 30.04.2026).

ВЫПИСКА

Из протокола № 154 от 18 июня 2026 г. заседания специализированной секции "Химия элементоорганических соединений" Учёного совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук».

ПРИСУТСТВОВАЛИ: 24 (из 26) члена специализированной секции Учёного совета (д.х.н. – 8, к.х.н. – 16).

СЛУШАЛИ: доклад по диссертационной работе соискателя Пакеевой Анны Аркадьевны на тему «Эффективные методы синтеза селенсодержащих гетероциклических соединений на базе дигалогенидов селена».

В ОБСУЖДЕНИИ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПРИНЯЛИ УЧАСТИЕ:

Д.х.н., профессор Корчевин Н.А.; д.х.н., профессор Шаинян Б.А.; д.х.н., доцент Розенцвейг И.Б.; к.х.н. Мареев А.В.; к.х.н. Доронина Е.П.; д.х.н. Куимов В.А.

РЕЦЕНЗЕНТЫ: к.х.н., доцент Истомина Екатерина Евгеньевна (Педагогический институт Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет»);

к.х.н., с.н.с. Махаева Наталья Александровна (лаборатория халькогенорганических соединений ИриХ СО РАН).

Рецензии положительные.

В процессе обсуждения диссертационной работы были заданы следующие ВОПРОСЫ:

Д.х.н., профессор Корчевин Н.А.: Насколько циклооктадиены доступные реагенты и почему Вы выбрали их в качестве объектов исследования? Наблюдалось ли транс-аннулярное присоединение при использовании дигалогенидов серы?

К.х.н. Мареев А.В.: Слайд 7. Чем активирован атом галогена в цикле? Что Вы понимаете под изомеризацией? За счет чего она идет? Слайд 19. Как Вы прокомментируете региоселективность реакции аллилуксусной кислоты и диаллилмалоната? Почему в реакции с кислотой одна региоселективность, а с диаллилмалонатом другая? Слайд 25. Как образуются цис- и транс-продукты в реакции?

К.х.н. Доронина Е.П.: Слайды 15 и 16. Почему Вы выбрали S- и N-центрированные нуклеофилы? Проводили ли исследования по биологической активности? Слайды 6–10. Насколько устойчивы синтезированные соединения? Отличаются ли спектры ЯМР «экзо» и «эндо» изомеров? Как Вы их различаете в ЯМР? Возможен ли радикальный механизм реакции? Использовали ли Вы радикальные ловушки?

Д.х.н., профессор Шаинян Б.А.: Слайд 10. Как правильно говорить «экзо» и «эндо» или «цис» и «транс»? Что такое реакция трансаннулярного

присоединения? Слайд 6. Почему нет второго продукта в реакции при повышении температуры, а при охлаждении есть?

Д.х.н., доцент Розенцвейг И.Б.: Слайд 13. Почему не происходит присоединение по двойной связи? Какие условия реакции? Взят избыток кислоты или нет?

Д.х.н. Куимов В.А.: Слайд 6. Возможно ли участие двух молекул циклооктадиена в реакции? Какой механизм реакции?

В процессе обсуждения диссертационной работы были высказаны следующие ЗАМЕЧАНИЯ:

Д.х.н., профессор Корчевин Н.А.: Слайд 2. Скорректировать написание «ОМе» на слайде. Слайд 15. Указать стереохимическое строение соединений.

Д.х.н., профессор Шаинян Б.А.: Желательно рассмотреть альтернативные названия работы.

По итогам обсуждения диссертации «Эффективные методы синтеза селенсодержащих гетероциклических соединений на базе дигалогенидов селена» принято следующее ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Актуальность работы обусловлена важной биологической ролью селена, недостаток которого в организме может служить причиной многих заболеваний. В организме человека имеется селенсодержащий фермент – глутатионпероксидаза, который является катализатором реакций нейтрализации перекисных и радикальных частиц, присутствие которых в организме является причиной многих патологий. Установлено, что ряд селенорганических соединений может быть использован в медицине для лечения рака и лейкозов, сердечно-сосудистых и аллергических заболеваний. Найдены селенорганические соединения, которые обладают ранозаживляющими, противовоспалительными, антимикробными, анальгезирующими свойствами. Работы по биологической активности селена освещены в многочисленных обзорах. Ранее в лаборатории халькогенорганических соединений ИриХ СО РАН получены селенорганические соединения с высокой глутатионпероксидаза-подобной активностью и разработан эффективный корректор вакцинации.

Селенорганические гетероциклические соединения также играют важную роль в области материаловедения, поскольку используются для создания органических светодиодов (OLED) и органических полевых транзисторов (OFET).

Настоящая работа выполнена в соответствии с планом НИР ИриХ СО РАН по темам «Комплекс новых фундаментальных исследований, направленных на получение веществ с практически ценными свойствами и поиск биологически активных препаратов на основе атом-экономных хемо-, регио- и стереоселективных реакций халькогенсодержащих реагентов» (рег. № 121021600271-3) и «Разработка фундаментальных синтетических подходов к новым классам и семействам халькогенорганических и гетероциклических соединений с практически ценными свойствами на основе селективных и атом-экономных реакций халькогенсодержащих реагентов» (рег. № 125020401303-1).

Целью работы является разработка эффективных методов синтеза селенсодержащих гетероциклических соединений на основе дигалогенидов селена.

Для достижения поставленной цели были намечены и решены **следующие задачи**:

1. Разработать эффективный одnoreакторный метод синтеза селенабициклононадиенов реакцией циклоприсоединения дигалогенидов селена к циклооктатетраену, изучить реакции нуклеофильного замещения полученных галогенсодержащих селенабициклононадиенов.
2. Разработать эффективные методы синтеза неизвестных ранее 2,3-дигалоген-9-селенабицикло[4.2.1]нонанов на основе трансаннулярного присоединения дигалогенидов селена к 1,3-циклооктадиену и осуществить реакции их функционализации кислород-центрированными нуклеофилами.
3. Разработать эффективный одnoreакторный способ получения 2,6-бис(органилсульфанил)-9-селенабицикло[3.3.1]нонанов на основе дибромидов селена, 1,5-циклооктадиена и тиолов.
4. Разработать эффективный одnoreакторный способ получения 2,6-бис(*N*-органил)-9-селенабицикло[3.3.1]нонанов на основе дибромидов селена, 1,5-циклооктадиена и *N*-центрированных нуклеофилов различной природы.
5. Изучить реакцию циклофункционализации аллилуксусной кислоты дигалогенидами селена;
6. Разработать эффективный одnoreакторный метод синтеза функциональных селенопиранов на основе реакции циклизации дигалогенидов селена с диаллилмалонатом. Изучить реакции галогенсодержащих селенопиранов с нуклеофильными и галогенирующими агентами.

Научная новизна и практическая значимость работы.

Предложен метод синтеза 2,3-дизамещенных 9-селенабицикло[4.2.1]нонанов, основанный на трансаннулярном присоединении дигалогенидов селена к 1,3-циклооктадиену. Показано влияние условий синтеза и природы атома галогена на стереоселективность реакций трансаннулярного присоединения дигалогенидов селена к 1,3-циклооктадиену и возможность селективного последовательного введения заместителей в структурное ядро 9-селенабицикло[4.2.1]нонана.

Доказана эффективность одnoreакторного метода получения селенабициклононадиенов реакцией циклоприсоединения дигалогенидов селена к циклооктатетраену. Установлено, что в несимметричных продуктах *экзо,эндо*-строения фрагмент *транс*-строения активен в реакциях нуклеофильного замещения за счет высокого эффекта анхимерного содействия атома селена, тогда как фрагмент *цис*-строения не активирован по отношению к нуклеофильным реагентам.

Разработан одnoreакторный метод синтеза 2,6-бис(органилсульфанил)-9-селенабицикло[3.3.1]нонанов посредством взаимодействия 2,6-дибром-9-селенабицикло[3.3.1]нонана с различными тиолами, экспериментально установлена более низкая нуклеофильность арилтиолов по сравнению с алкантиолами.

Реализован синтез 2,6-бис(*N*-органил)-9-селенабицикло[3.3.1]нонанов путем трансаннулярного присоединения дибромида селена к 1,5-циклооктадиену в среде ацетонитрила с дальнейшим взаимодействием *N*-центрированными нуклеофилами различной природы. Разработаны эффективные однореакторные методы синтеза продуктов как в форме дигидробромидов, так и в виде свободных оснований.

Показана эффективность дибромида селена в реакциях циклофункционализации с диаллилмалонатом и аллилуксусной кислотой, на основе которых разработаны эффективные методы синтеза новых селеносодержащих гетероциклических соединений.

Достоверность и надёжность полученных результатов обеспечены использованием современных методов анализа строения полученных соединений: мультаядерной (^1H , ^{13}C , ^{77}Se) спектроскопии ЯМР, масс-спектрометрии и РСА. Качественный и количественный состав синтезированных соединений подтверждён данными элементного анализа.

Личный вклад автора. Включенные в диссертацию результаты получены лично автором или при его непосредственном участии. Автор диссертации непосредственно принимал участие в проведении экспериментов, анализе и интерпретации результатов, формулировке выводов, написании статей и тезисов докладов.

Апробация работы и публикации.

По материалам диссертации опубликовано 3 статьи в изданиях, индексируемых базой данных RSCI, и тезисы 4 докладов. Результаты представлены на следующих конференциях и симпозиумах: II Междисциплинарной всероссийской молодежной научной школе-конференции с международным участием «Молекулярный дизайн биологически активных веществ: биохимические и медицинские аспекты» (Казань, 2024), XXV Молодежной научной школе-конференции по органической химии и смежным дисциплинам (Пермь, 2025), а также на зарубежных конференциях: XXIII International Symposium on Homogeneous Catalysis (Trieste, Italy, 2024), 30th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur (ISOCS-30, Florence, Italy, 2024).

Материалы диссертационной работы достаточно полно изложены в работах, опубликованных соискателем.

Аннотация диссертационной работы соответствует её содержанию.

Диссертация отвечает требованиям пункта 14 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., и не содержит заимствованных материалов и результатов без ссылок на авторов и источник заимствования.

Диссертационная работа Пакеевой Анны Аркадьевны **соответствует специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений, химические науки.** Она является научно-квалификационной работой, в которой получена фундаментальная и практически значимая информация об эффективных методах синтеза новых гетероциклических соединений на

основе дигалогенидов селена, включая реакции трансаннулярного присоединения дигалогенидов селена к ненасыщенным соединениям.

Диссертация "Эффективные методы синтеза селенсодержащих гетероциклических соединений на базе дигалогенидов селена" Пакеевой Анны Аркадьевны рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений в диссертационном совете 24.1.165.01 (Д 003.052.01) при ФГБУН Федеральном исследовательском центре «Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук».

Заключение принято на заседании специализированной секции "Химия элементоорганических соединений" Учёного совета ИрИХ СО РАН.

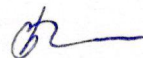
Результаты голосования: "за" – 24, "против" – нет, "воздержалось" – нет (протокол № 154 от 18 июня 2026 г.).

Председатель специализированной секции
"Химия элементоорганических соединений"
Учёного совета ФГБУН Федерального
исследовательского центра «Иркутский
институт химии им. А.Е. Фаворского
Сибирского отделения Российской академии наук»
д.х.н., профессор, заведующий лабораторией
халькогенорганических соединений
ИрИХ СО РАН



Потапов В.А.

Секретарь специализированной секции
"Химия элементоорганических соединений"
Учёного совета ФГБУН Федерального
исследовательского центра «Иркутский
институт химии им. А.Е. Фаворского
Сибирского отделения Российской академии наук»
к.х.н., старший научный сотрудник
лаборатории функциональных полимеров
ИрИХ СО РАН



Болгова Ю.И.