

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук
(УФИЦ РАН)

Уфимский Институт химии - обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского
федерального исследовательского центра Российской академии наук
(УФИХ УФИЦ РАН)

На правах рукописи

Мухаметьянова Айсылу Фанилевна

**Синтез новых липофильных производных фуллерена C₆₀ путем [3+2]-
циклоприсоединения на основе различных функционализированных 2,3-алленоатов**

04.06.01 – Химические науки

02.00.03 – Органическая химия

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

Уфа 2020

Работа выполнена в Уфимском Институте химии – обособленном структурном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук

Научный руководитель: **Сахаутдинов Ильшат Маратович**
кандидат химических наук, доцент

Рецензенты: **Шахмаев Ринат Нажибуллович**
кандидат химических наук, доцент кафедры биохимии и технологии микробиологических производств ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Торосян Седа Арамовна
кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории синтеза низкомолекулярных биорегуляторов Уфимского института химии - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского Федерального исследовательского центра РАН

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время фуллерены, их производные находят все большее применение. При изучении их биологических свойств выяснилось, что они обладают следующими видами активности: радиозащитной, антибактериальной, антиоксидантной, противораковой, противовирусной, мембранотропной, могут быть ингибиторами белков, контрастирующими агентами для МРТ, либо применяют их для фотодинамической терапии. При поиске лекарственных средств, меняя структуру конъюгатов фуллерена, возможно устроить точную подстройку строения вещества для получения лекарственного препарата с определенным биологическим действием или для того, чтобы создать средства доставки молекулы к месту воздействия без побочных эффектов в других органах и тканях. Липофильность это важный параметр для проявления биологических свойств фуллерена. Высокогидрофильные молекулы, для которых $\log P$ (*коэффициент распределения*) меньше нуля, беспрепятственно проходят во внеклеточные области, но практически не проникают через мембраны клеток и/или биологические барьеры. Когда как липофильные вещества, имея коэффициент распределения $\log P \geq 0-3$ быстро проходят через мембрану и, как правило, быстро распространяются по всему организму. Если эту величину повышать дальше, то это приведет к тому, что снизится адсорбция вещества в связи с падением растворимости в воде и становится трудно вещество подвести к мембране. Следует отметить, высоколипофильное вещество, попадая в мембрану, там и остается, и на этом его распределение по организму заканчивается. Для фуллерена в таких системах как, толуол – вода и октанол – вода коэффициенты распределения равны 8,44 и 6,67 соответственно. Это конечно высокие значения, которые указывают на высокое сродство молекул к липофильным биологическим фазам. В таком случае следует ожидать накопления молекул производных фуллерена в жировых депо организма. При такой высокой липофильности предполагается и мембранотропный механизм противовирусного действия

фуллерена и его производных. На сегодняшний день известно достаточно работ по получению и изучению водорастворимых фуллеренов, когда как получение липофильных фуллеренов является не менее актуальной задачей.

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Уфимского института химии РАН по теме «Синтез биологически активных гетероциклических и терпеноидных соединений» (№ Государственной регистрации АААА-А17-117011910025-6) и в рамках государственных заданий Министерства образования и науки (№ АААА-А17-117011910027-0). Спектральная часть исследования проведена на оборудовании Центра коллективного пользования Уфимского института химии РАН.

Цель работы. Синтез новых потенциально биологически активных липофильных производных фуллерена C_{60} путем [3+2] – циклоприсоединения на основе различных функционализированных алленоатов

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

- синтез иминов на основе норборненового и алкенилзамещенного янтарного ангидридов;
- синтез функционализированных 2,3-алленоатов на основе N-замещенных кислот, жирных кислот, моноэфиров адипиновой кислоты путем олефинирования кетенов фосфониевым илидом по Виттигу;
- синтез нового типа стабильных алленов с экзоциклической кумуленовой группой;
- синтез жирорастворимых циклопентенофуллеренов C_{60} на основе алленоатов.

Научная новизна и практическая значимость. Синтезированы новые N-замещенные аминокислоты на основе эндикового и алкенилзамещенного янтарного ангидридов путем прямого сплавления с различными аминами - глицином, β -аланином, γ -аминомасляной,

аминовалериановой, аминогексановой, α -аланином, фенилаланином, валином.

Путем олефинирования кетенов фосфониевым илидом по Виттигу получены алленоаты на основе моноэфиров адипиновой кислоты, жирных кислот, N-замещенных аминокислот

Получен новый тип стабильных экзоциклических алленоатов на основе N-замещенных аминокислот и 1-фенил-3-(трифенилфосфоралиден)пирролидин-2,5-диона.

Получен ряд новых циклопентенофуллеренов C_{60} путем фосфин-катализируемого [3+2]-циклоприсоединения алленоатов к фуллереновой сфере. Полученные циклопентенофуллерены показали хорошую растворимость в растительных маслах с образованием 10% растворов

Апробация работы. Результаты исследований представлены на всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы и достижения химии кислород и азотсодержащих биологически активных соединений» (Уфа, 2016, 2017, 2020г); III Всероссийской молодежной конференции «Достижения молодых ученых: химические науки» (Уфа, 2018); IX Научной конференции молодых ученых «Инновации в химии: достижения и перспективы» (Москва, 2018); XXI Всероссийской конференции молодых ученых-химиков (с международным участием) (Нижний Новгород, 2018); XXVIII симпозиуме «Современная химическая физика» (Туапсе, 2016).

Публикации. По материалам научно-квалификационной работы опубликовано 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, тезисы 12 докладов на Международных и Всероссийских конференциях, получен патент РФ.

Личный вклад автора состоит в проведении экспериментальных исследований, интерпретации и анализе полученных результатов, написании статей и других публикаций.

Структура и объем Научно-квалификационной работы (НКР). НКР состоит из введения, литературного обзора, обсуждения результатов, экспериментальной части, выводов и списка цитируемой литературы. Объем работы составляет 90 страниц компьютерного набора, которая включает 14 схем, 2 рисунка. Список литературы состоит из 199 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

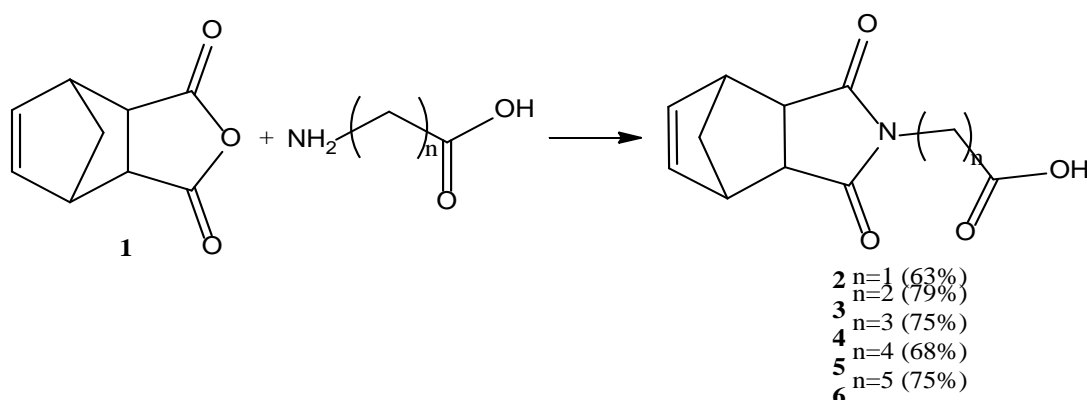
1. СИНТЕЗ ИМИДОВ НА ОСНОВЕ ЭНДИКОВОГО И ЯНТАРНОГО АНГИДРИДОВ

Наличие ангидридной группы в молекулах эндикового и янтарного ангидридов позволяет получать различные имиды при взаимодействии с аминокислотами.

Интерес к химии соединений, включающих норборненовый (бицикло[2.2.1]гепт-2-еновый) фрагмент обусловлен разнообразным биологическим действием производных промышленно доступного ангидрида бицикло[2.2.1]гепт-5-ен-эндо-2,3-дикарбоновой (эндиковой) кислоты **1**. В частности многочисленные имиды на основе ангидрида **1** обладают психотропным, антидепрессантным действием, используются как противоаритмические, жаропонижающие, седативные и противовоспалительные средства.

Для получения новых N-замещенных аминокислот с норборненовым фрагментом нами синтезированы имиды эндикового ангидрида **1** путем прямого сплавления с такими аминокислотами как: глицин, β-аланин, γ-аминомасляная кислота, 5-аминовалериановую и аминокaproновую кислоты так и разветвленного строения (схема 1).

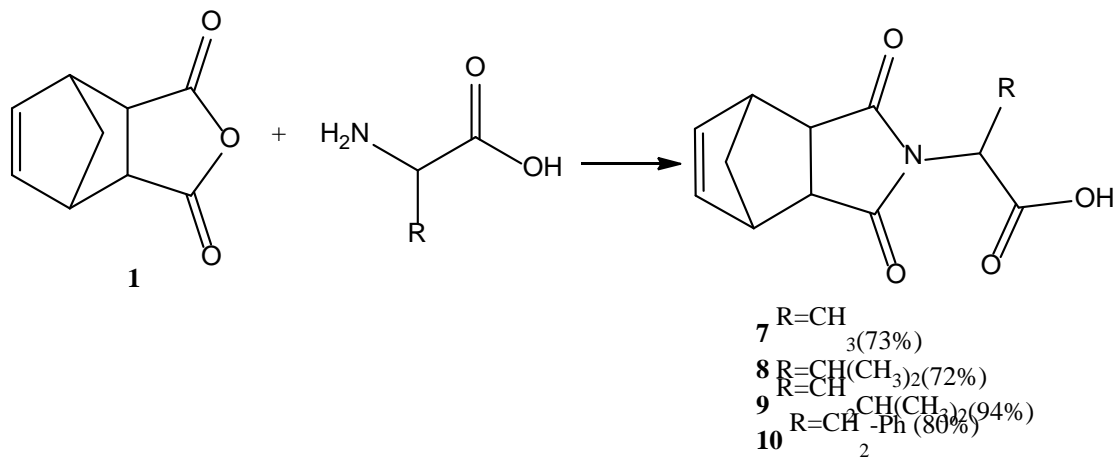
Схема 1



В аналогичных условиях сплавление эндикового ангидрида **1** с протеиногенными аминокислотами D,L-ряда (α-аланином, валином,

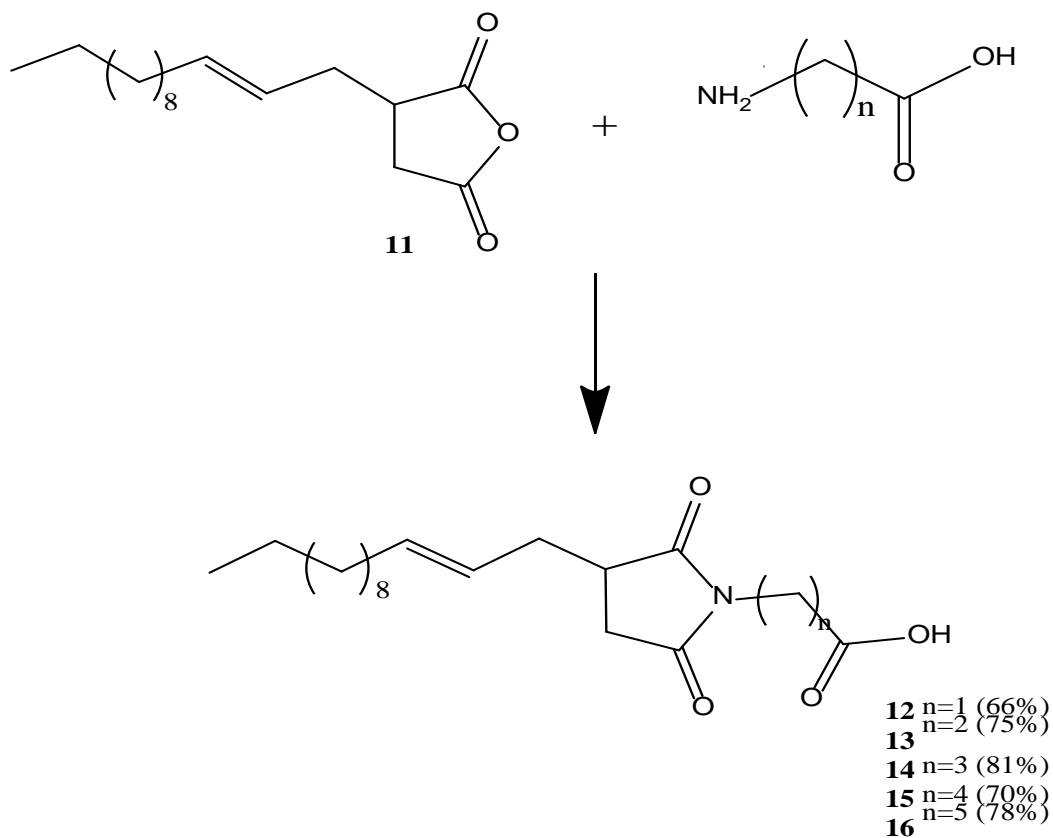
лейцином и фенилаланином) привели к органическим кислотам **7-10** (схема 2).

Схема 2



С целью синтеза новых замещенных N-аминокислот **12-16**, на основе 2-додецен-1-илсукцинового ангидрида **11** также провели прямое сплавление с аминокислотами неразветвленного строения (схема 3).

Схема 3

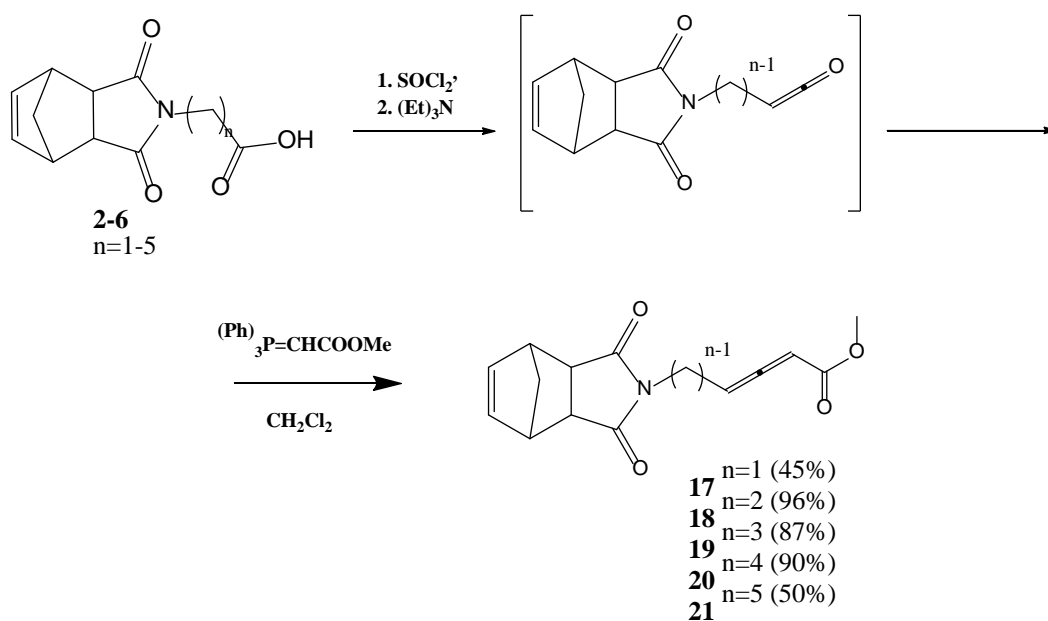


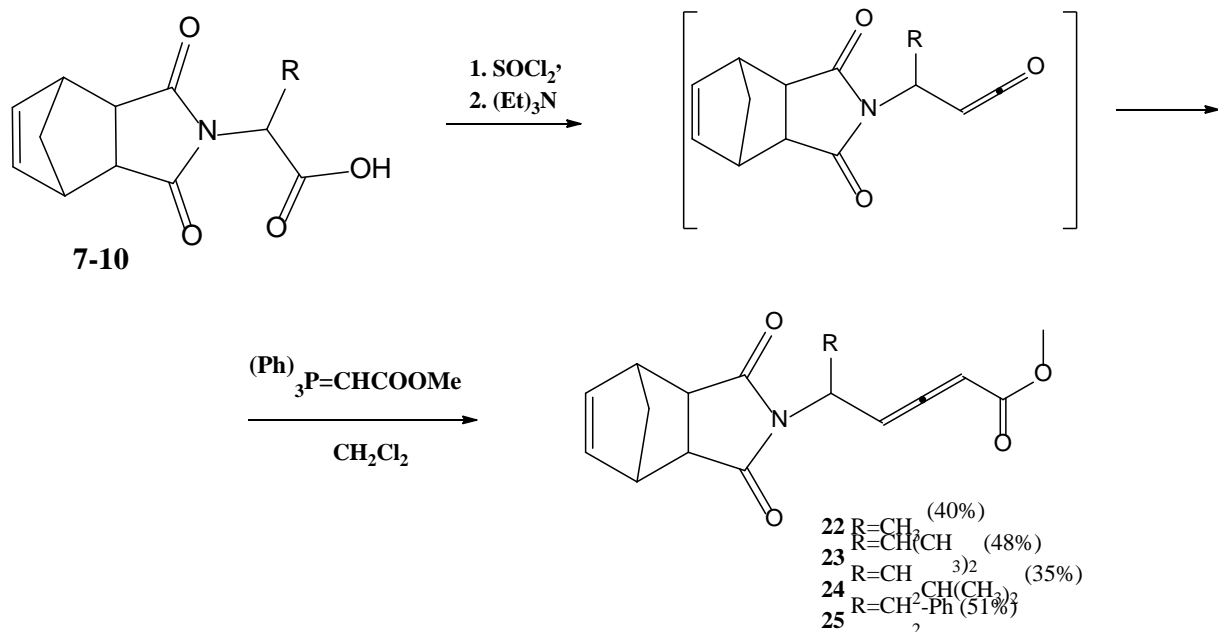
2. СИНТЕЗ 2,3-ДИЕНОАТОВ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ КИСЛОТ

В последние годы были достигнуты значительные успехи в синтезе и исследовании химических свойств функционализированных алленоатов. На основе алленов возможен синтез непредельных органических соединений открытой и циклической структур, которые перспективны при создании лекарственных препаратов. Одними из наиболее перспективных алленоатов являются кетостабилизированные аллены это связано с тем, что такие аллены доступны и устойчивы.

Из полученных N - замещенных кислот, содержащий эндиковый фрагмент **2-10**, провели дальнейшие трансформации, которые привели к образованию кетенов, олефинирование которых реакцией с 2-Метокси-2-оксоэтилиден трифенилфосфораном (в присутствии триэтиламина по Виттигу) дает новые алленоаты с норборненовым фрагментом **17-25** (схема 4).

Схема 4



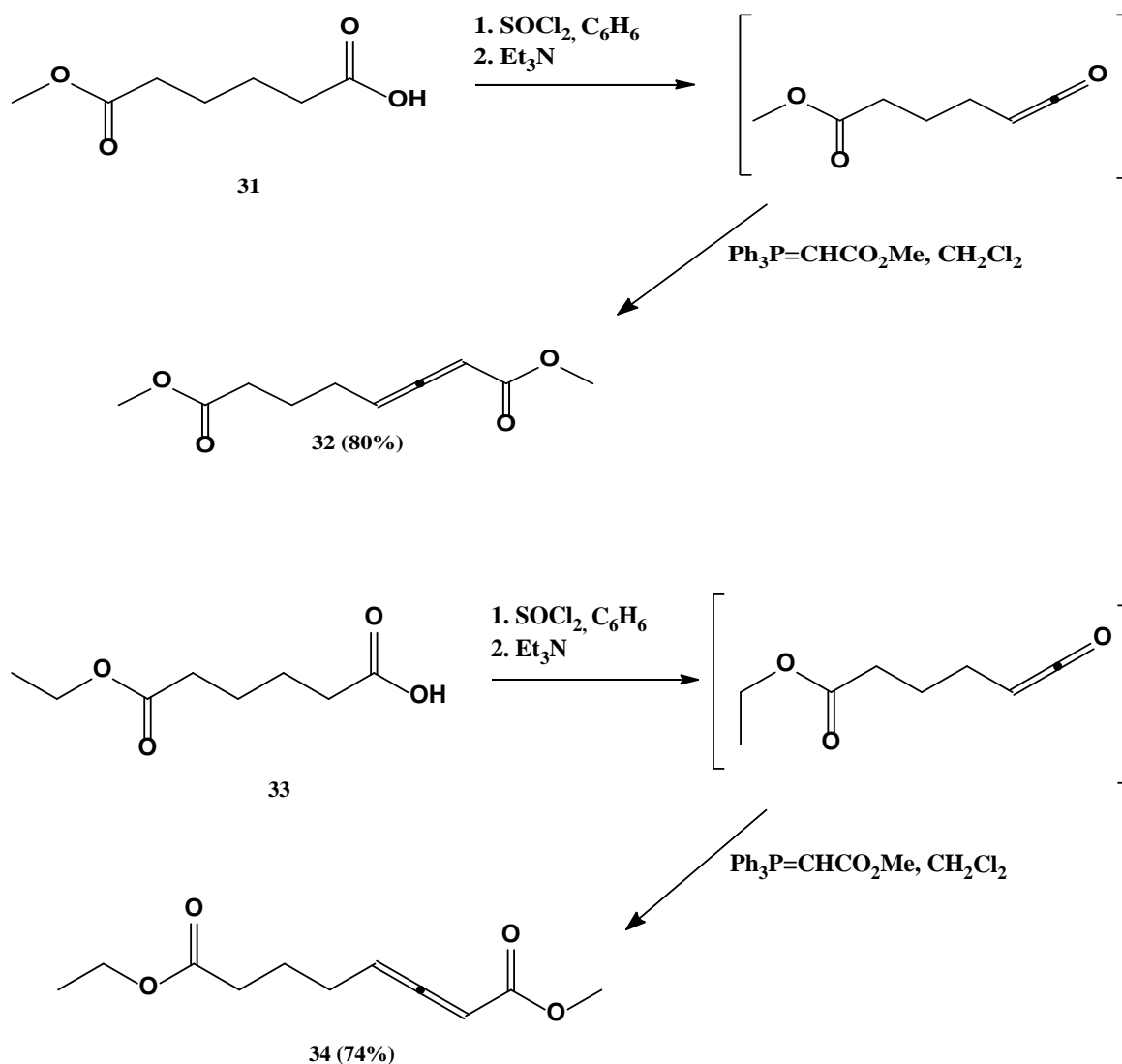


Аналогичным образом из N-замещенных кислот на основе 2-додецен-1-илсукцинового ангидрида **12-16** нами осуществлен синтез алленоатов **26 - 30** путем олефинирования кетенов фосфониевым илидом по Виттигу. Для того чтобы увеличить выход продукта реакции, при получении хлорангидридов вводили в реакцию оксалилхлорид в хлористом метиле (схема 5).

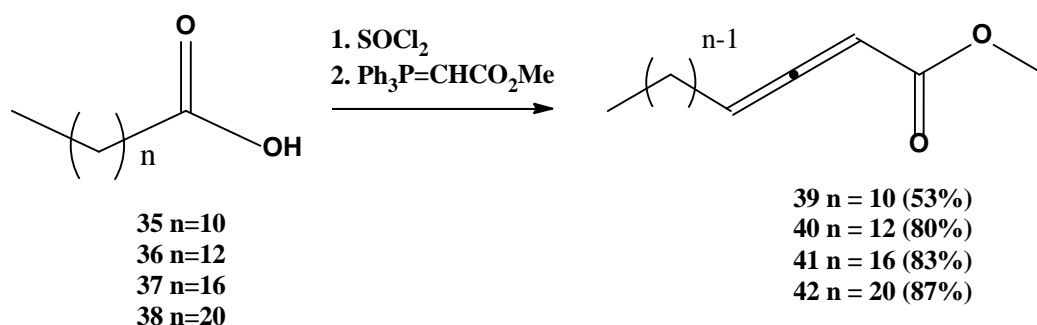
Схема 5

Также для получения алленоатов **32** и **34** по Виттигу за основу взяли монометилевый **31** и моноэтиловый **33** эфиры адипиновой кислоты (схема 6).

Схема 6



Алленоаты **39-42** синтезировали на основе жирных кислот, таких как: лауриновой, миристиновой, стеариновой и бегеновой путем олефинирования кетенов фосфониевым илидом по Виттигу (схема 7).

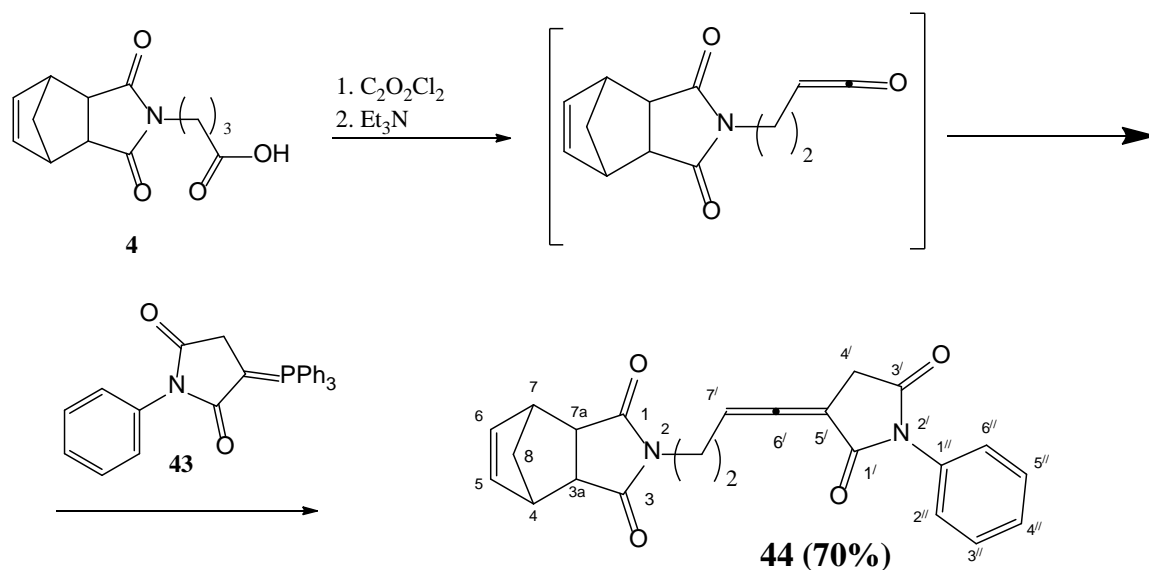


Структуры полученных алленов **17-42** доказаны с помощью физико-химических методов анализа. В спектре ЯМР ^1H характерные сигналы двух олефиновых протонов алленового фрагмента наблюдаются в области δ 5.56 м.д и δ 5.58 м.д. Так, в спектре ЯМР ^{13}C характерными являются сигналы двух терминальных алленовых атомов углерода $\text{C}^{1'}$ и $\text{C}^{3'}$ в области: δ 96.13 и 91.17 м.д. а также центрального четвертичного углеродного атома, который проявлялся в слабом поле в области δ 212.44 м.д.

В выше приведенных реакциях для получения 2,3- алленоатов нами был использован метил 2-(трифенилфосфоранилиден)ацетат. С целью получения нового типа стабильных алленов с экзоциклической кумуленовой группой проведен синтез с вовлечением илида у которого карбанион встроен в циклический фрагмент сукцинимиды 1-фенил-3-(трифенилфосфоралиден)пирролидин-2,5-дионом **43**.

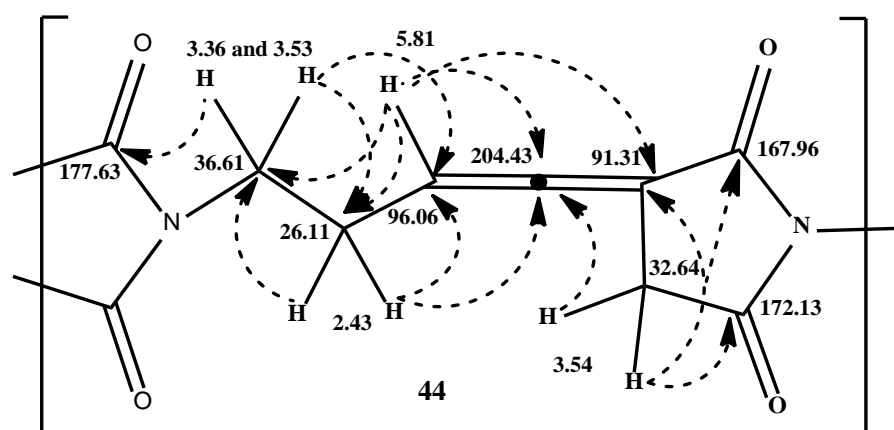
Синтез аллена **44** осуществлен на основе соединения **4** полученного из эндикового ангидрида **2** и γ -аминомасляной кислоты. N-замещённая аминокислота получена путем прямого сплавления при 150 °С с выходом 75%. Хлорангидрид, полученный из **4** при кипячении с избытком оксалилхлорида в среде сухого хлористого метилена, с триэтиламинообразует кетен **4'**. Последний, взаимодействуя с илидом **43**, образует экзоциклический алленоат **44** с выходом 70% (схема 8).

Схема 8

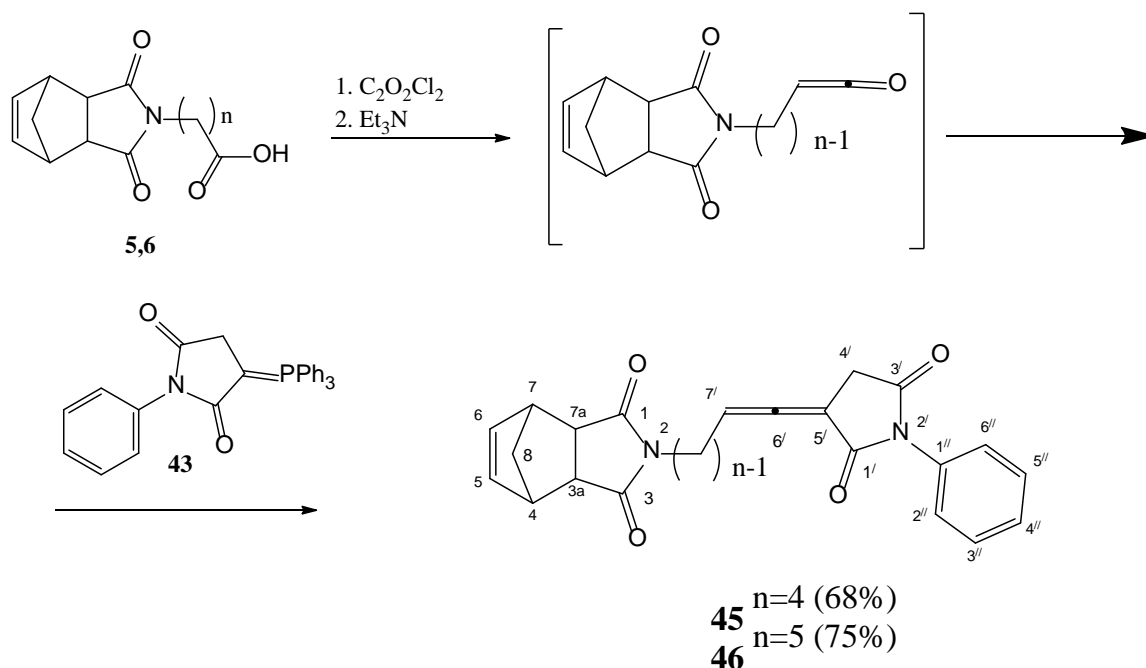


Более точное подтверждение структуры аллена **44** проводили с использованием ЯМР 2D экспериментов HSQC и HMBC. Наиболее значимые гетероядерное взаимодействие в режиме HMBC аллена **44** представлены на рисунке 1.

Рисунок 1



По представленной методике нами получены новые экзоциклические алленоаты **45**, **46** из N-замещенной валериановой и 6-аминогексановой кислот **5**, **6** с выходами 68%, 75% соответственно (схема 9).



Идентификация выделенных веществ проведена спектральными методами. Так, в ИК спектре алленов **44-46** присутствует характеристическая полоса поглощения средней интенсивности, обусловленная валентными колебаниями двойной связи, которая проявляется в области $\sim 1950 \text{ см}^{-1}$. В спектре ЯМР ^1H характерными являются сигналы протона алленового фрагмента в области $\delta_{\text{H}} 5.8$ м.д. В спектре ЯМР ^{13}C характерными являются сигналы алленовых углеродов в области $\delta_{\text{C}} 91.3$ м.д., $\delta_{\text{C}} 96.1$ м.д., а также сигнал центрального четвертичного углеродного атома, который проявляется в слабом поле в области $\delta_{\text{C}} 204.4$ м.д.

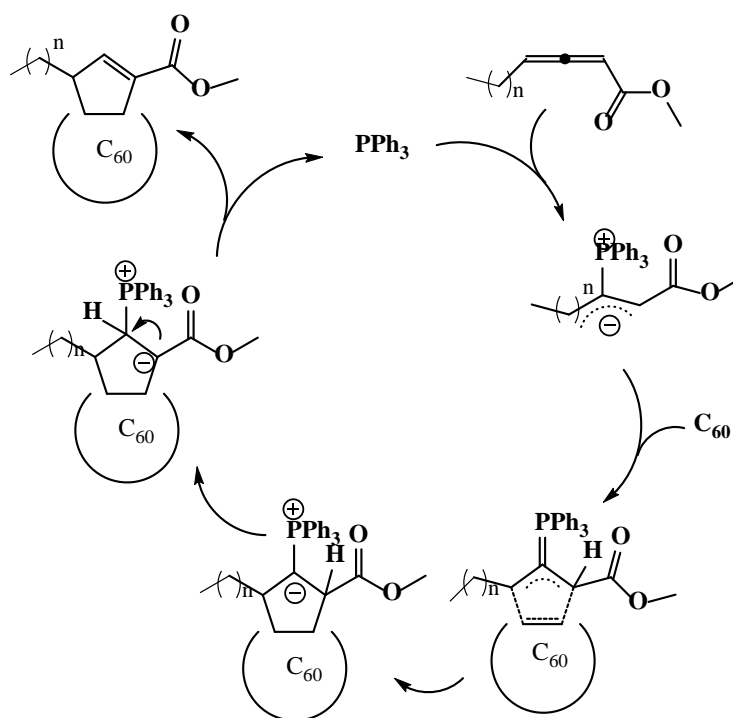
3. СИНТЕЗ НОВЫХ ЦИКЛОПЕНТЕНОФУЛЛЕРЕНОВ ФОСФИН-КАТАЛИЗИРУЕМОЙ РЕАКЦИЕЙ [3+2] - ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЯ 2, 3-ДИЕНОАТОВ К ФУЛЛЕРЕНУ C_{60}

Фуллерен C_{60} вступает в реакции радикального, нуклеофильного и циклоприсоединения. Наиболее удобным путем аннелирования к молекуле

C_{60} пятичленных гомо- и гетероциклических фрагментов являются реакции [3+2]-циклоприсоединения разнообразных 1,3-диполей.

Из литературных данных известно, что алленоаты, активированные нуклеофильной атакой фосфина по центральному sp -гибридизованному атому, широко применяются как трехатомные строительные блоки в реакциях циклоприсоединения к электронодефицитным алкенам с образованием ненасыщенных пятичленных циклов [162]. Фосфин-катализируемое [3+2] - циклоприсоединение различных алленоатов к фуллереновому каркасу как диполярофилу приводит к новым циклопентенофуллеренам [78-80]. Причем, процесс начинается с нуклеофильной атаки центрального атома углерода алленоата фосфином, что приводит к цвиттерионному интермедиату. Далее последний, выступающий в роли 1,3-диполя, по двойной связи атакует C_{60} и образуется пятичленный фосфорный илид; путем элиминирования катализатора получается целевой аддукт (схема 10).

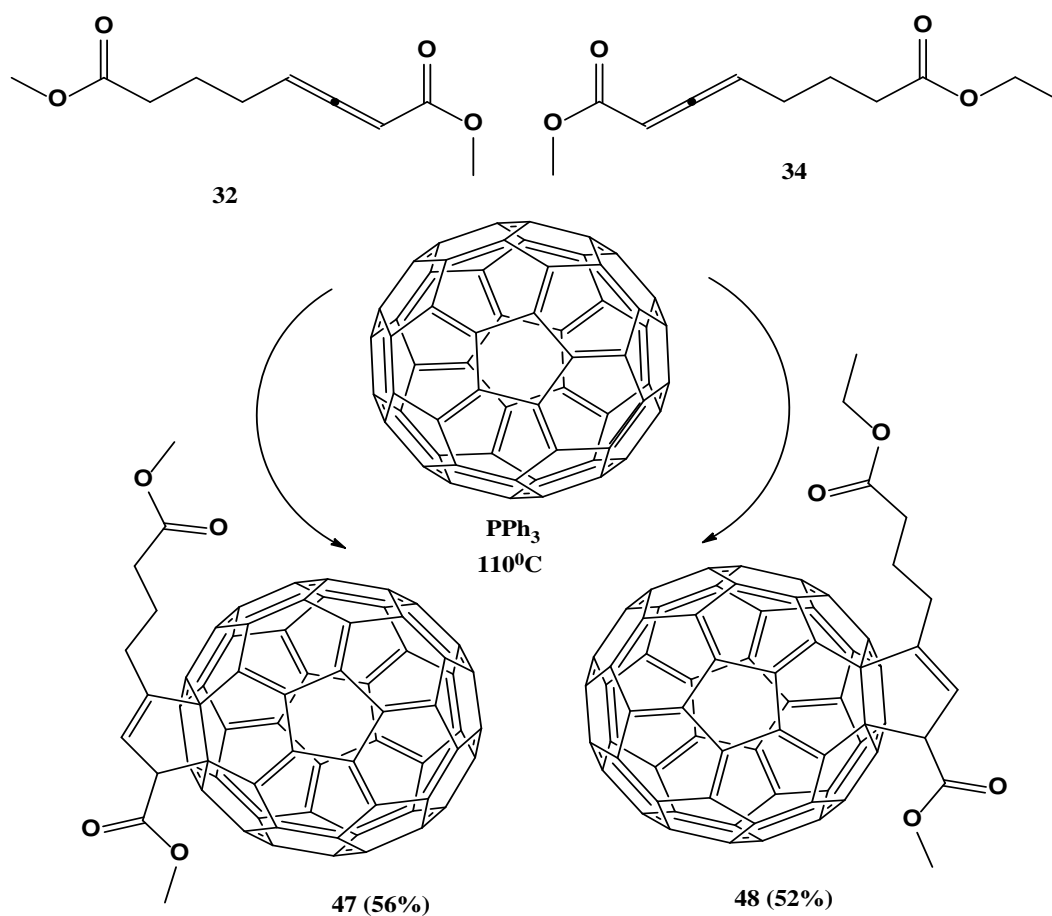
Схема 10



Механизм фосфин-катализируемого [3 + 2] – циклоприсоединения алленоатов к фуллерену

Используя обозначенную методику, из алленоатов **32**, **33** получены новые циклопентенофуллерены **47**, **48** с выходами 56% и 52% соответственно (схема 11). Моноаддукты фуллерена C_{60} хорошо растворяются в органических растворителях.

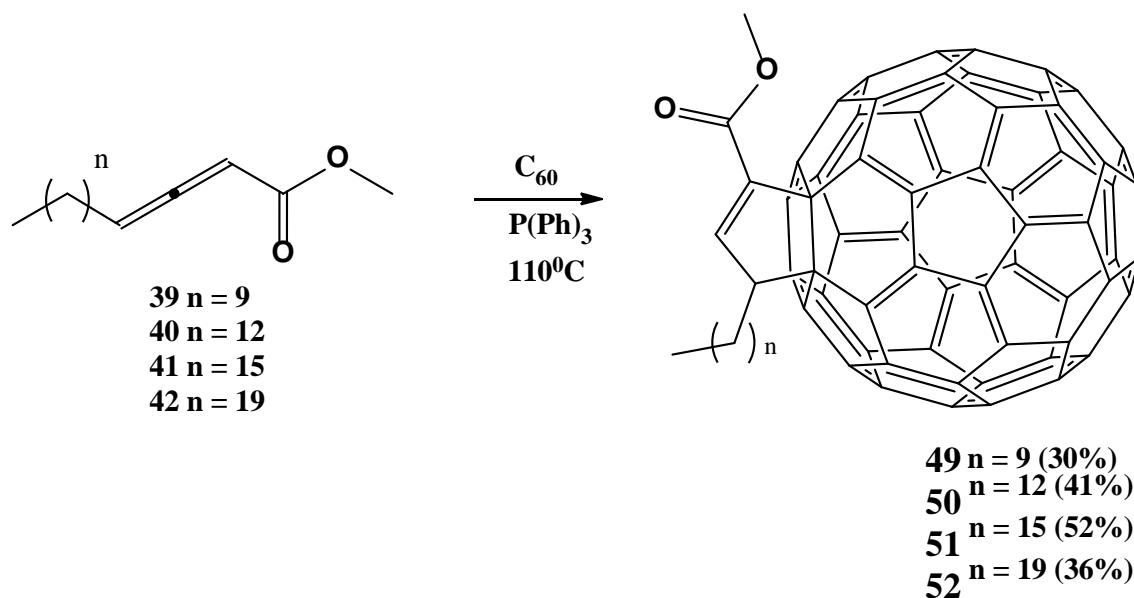
Схема 11



Полученные ранее алленоаты **39-42** на основе жирных кислот, таких как: лауриновой, миристиновой, стеариновой и бегеновой с эквимольным количеством трифенилфосфина добавили к раствору фуллерена C_{60} в толуоле и кипятили с обратным холодильником в течение 5 часов (схема 12). По ТСХ выявили наличие фуллерена C_{60} , которые не прореагировал и основного продукта **49-52**. С помощью флэш хроматографии (толуол-

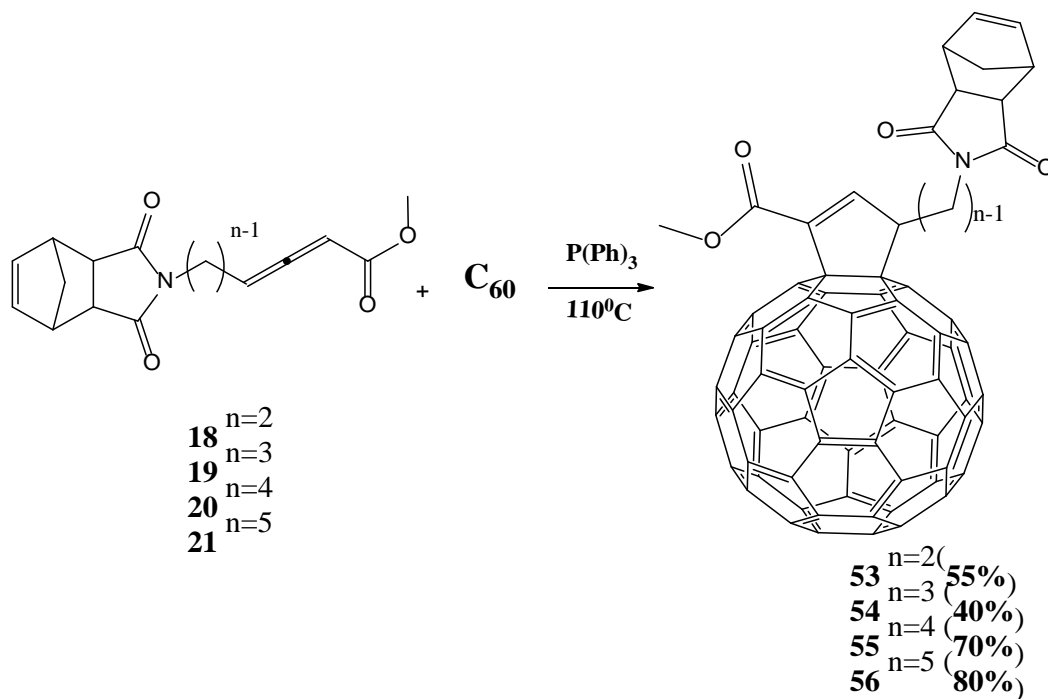
петролейный эфир) выделили аддукты в индивидуальном виде, выход составил 30%, 41%, 52%, 36% соответственно.

Схема 12



При проведении реакции фосфин-катализируемого [3+2] - циклоприсоединения норборненсодержащих алленоатов **18-21** к фуллереновой сфере привело к образованию новых циклопентенофуллеренов C_{60} **53-56** с выходами превышающими литературные данные (схема 13).

Схема 13



Циклопентенофуллерены на основе алленимидов синтезированных из α -аминокислот **2**, **7-10** получить не удалось, что, по-видимому, объясняется стерическими затруднениями.

Структуры выделенных соединений доказаны комплексом физико-химических методов, включающим ЯМР 2D эксперименты HSQC и HMBC. Корреляции Heteronuclear Multiple Bond Correlation в циклопентеновом фрагменте соединения **53** представлены на рисунке 2.

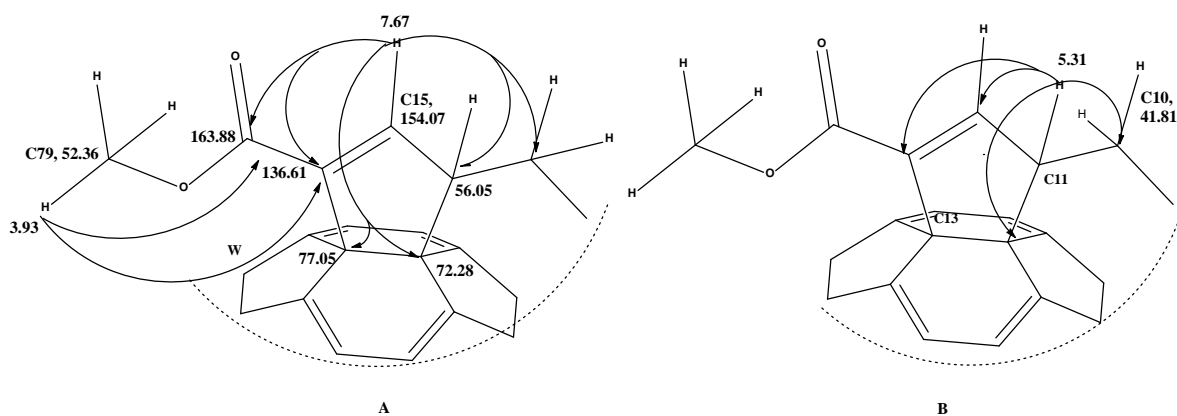


Рисунок 2. Данные корреляции HMBC циклопентенового фрагмента молекулы **53**. А - при C15, C79; В - при C11.

По обозначенной методике нами синтезированы новые циклопентенофуллерены **57-61** на основе алленоатов **26-30** полученных в свою очередь из алкенилзамещенного янтарного ангидрида (схема 14).

Схема 14

Структуры индивидуально выделенных соединений были подтверждены набором физико-химических методов, включая HSQC и HMBC ЯМР 2D эксперименты.

У выделенных продуктов обнаружена умеренная способность растворяться в растительных маслах с образованием 10 % растворов.

ВЫВОДЫ

1. Синтезированы новые N-замещенные аминокислоты на основе эндикового и алкенилзамещенного янтарного ангидридов путем прямого сплавления с различными аминами - глицином, β -аланином, γ -аминомасляной, аминвалериановой, аминогексановой, α -аланином, фенилаланином, валином.
2. Путем олефинирования кетенов фосфониевым илидом по Виттигу получены алленоаты на основе моноэфиров адипиновой кислоты, жирных кислот, N-замещенных аминокислот
3. Получен новый тип стабильных экзоциклических алленоатов на основе N-замещенных аминокислот и 1-фенил-3-(трифенилфосфоралиден)пирролидин-2,5-диона.
4. Получен ряд новых циклопентенофуллеренов C_{60} путем фосфин-катализируемого [3+2]-циклоприсоединения алленоатов к фуллереновой сфере.
5. Полученные циклопентенофуллерены показали хорошую растворимость в растительных маслах с образованием 10% растворов

Основное содержание работы изложено в следующих публикациях:

Статьи:

1. **Мухаметьянова А. Ф.**, Досниязова А. Г., Сахаутдинов И. М. Синтез и электрохимические свойства циклопентенофуллеренов, содержащих фталимидный фрагмент. *Башкирский химический журнал (входит в перечень ВАК России)*, **2018**, № 2, С. 35-40.
2. Султанова Р.М., Билалова Л.Ф., **Мухаметьянова А.Ф.** Синтез и флуоресценция нового триазолилпроизводного малеопимаровой кислоты. *Башкирский химический журнал (входит в перечень ВАК России)*, **2018**, № 2, С. 24-27; DOI: 10.17122/bsj201822427.
3. Сахаутдинов И. М., Мухаметьянова А.Ф., Гумеров А.М., Атангулов А. Б., Юнусов М. С. New Synthetic Method for the Racemic form of the Bean Weevil *Acanthoscelides obtectus* Male Pheromone *Chem. Nat. Compd.* **2018**, № 3, pp. 526-527.
4. Sakhautdinov I.M., **Mukhamet'yanova A.F.** Cycloaddition of Bromo(chloro)methyl Ketones and Allenoates of Adipic Acid Monoesters to Fullerene C₆₀. *Russ. J. Gen. Chem.*, **2018**, V. 88, № 12, pp. 2011–2017; DOI: 10.1134/S1070363218120125.
5. Malikova R. N.; Sakhautdinov I. M.; Abdullin M. F.; **Mukhamet'yanova A. F.**; Yunusov M. S. Synthesis of 1,2,3-Triazole Derivatives from 2,3-Dienoates of Methyl Maleopimarate. *Chem. Nat. Compd.*, **2017**, V. 53, № 2, pp. 341-344; DOI:10.1007/S10600-017-1984-5.
6. **Мухаметьянова А.Ф.**, Сахаутдинов И.М., Нугуманов Т.Р., Юнусов М.С. Синтез новых экзоциклических алленов с норборненовым фрагментом. *Журн. орг. химии*, **2019**, Т. 55, № 5, С. 742-746; DOI: 10.1134/S0514749219050112.
7. Sakhautdinov I. M., **Mukhamet'yanova A. F.**, Dosniyazova A. G.,

Vinogradova V. I., Lobov A. N., Yunusov M. S. / An efficient synthetic method for N-alkylcytisinines. *Chem. Nat. Compd.*, **2019**, V. 55, № 2, pp.398-399; DOI:10.1007/s10600-019-02703-w 2019

8. **Мухаметьянова А.Ф.**, Сахаутдинов И.М., Нугуманов Т.Р., Биглова Ю.Н. Синтез новых липофильных циклопентенофуллеренов C₆₀ на основе алленоатов жирных кислот. *Журн. орг. химии*, **2020**, Т. 56, № 7, стр. 2-7.

Тезисы докладов:

1. **Мухаметьянова А.Ф.**, Досниязова А.Г., Ишбаева С.М., Валиуллина К.А., Сахаутдинов И.М. Получение нового хлорметилкетон на основе эндикового ангидрида // Материалы Международной научной конференции «Горизонты и перспективы нефтехимии и органического синтеза», Уфа, 23-25 октября 2018, с. 31.

2. **Мухаметьянова А.Ф.**, Досниязова А.Г., Ишбаева С.М., Валиуллина К.А., Сахаутдинов И.М. Синтез циклопентенофуллерена на основе N-замещенного ангидрида с норборненовым фрагментом // Материалы Международной научной конференции «Горизонты и перспективы нефтехимии и органического синтеза», Уфа, 23-25 октября 2018, с. 35.

3. **Мухаметьянова А.Ф.**, Досниязова А.Г., Ишбаева С.М., Валиуллина К.А., Маликова Р.Н., Сахаутдинов И.М. Прямое сплавление цитизина с бромистым додецилом с получением N-алкилцитизина // Тезисы докл. III Всероссийской молодежной конференции «Проблемы и достижения химии кислород- и азотсодержащих биологически активных соединений», Уфа, 14-17 ноября 2018, с. 36.

4. **Мухаметьянова А.Ф.**, Досниязова А.Г., Ишбаева С.М., Валиуллина К.А. Взаимодействие 2-оксипиридина с алкилгалогенидами // Тезисы докл. III Всероссийской молодежной конференции «Проблемы и достижения химии кислород- и азотсодержащих биологически активных соединений», Уфа, 14-17 ноября 2018, с. 37.

5. **Мухаметьянова А.Ф.**, Досниязова А.Г., Ишбаева С.М., Атангулов А.Б., Биглова Ю.Н., Сахаутдинов И.М. Синтез новых жирорастворимых циклопентенофуллеренов фосфин-катализируемой реакцией [3+2]-циклоприсоединения 2, 3-диеноатов к фуллерену C_{60} // XXI Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием) тезисы докладов, Нижний Новгород, 15-17 мая 2018, с. 90.
6. **Мухаметьянова А.Ф.**, Досниязова А.Г., Ишбаева С.М., Атангулов А.Б., Биглова Ю.Н., Сахаутдинов И.М. Взаимодействие хлор - и бромметил-6-оксогептоноата с фуллереном C_{60} // XXI Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием) тезисы докладов, Нижний Новгород, 15-17 мая 2018, с. 111.
7. **Мухаметьянова А.Ф.**, Ишбаева С.М., Досниязова А.Г., Атангулов А.Б. Взаимодействие 8-метил и 8-этил-1-метилокта-2,3-диеоаната с фуллереном C_{60} // XXI Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием) тезисы докладов, Нижний Новгород, 15-17 мая 2018, с. 112.
8. **Мухаметьянова А.Ф.**, Каримова Э.Р., Ишбаева С.М., Сахаутдинов И.М. Синтез азидов на основе N- замещенных аминокислот // Тезисы докл. Всероссийской молодежной конференции «Проблемы и достижения химии кислород- и азотсодержащих биологически активных соединений», Уфа, 16-19 ноября 2016, с. 48.
9. **Мухаметьянова А.Ф.**, Досниязова А.Г., Ишбаева С.М., Атангулов А.Б., Валиуллина К.А., Сахаутдинов И.М. Взаимодействие бромкетонов моноэфиров адипиновой кислоты с фуллереном C_{60} // Тезисы докл. II Всероссийской молодежной конференции «Проблемы и достижения химии кислород и азотсодержащих биологически активных соединений», Уфа, 15 - 18 ноября 2017, с. 42.

10. **Мухаметьянова А.Ф.**, Досниязова А.Г., Ишбаева С.М., Атангулов А.Б., Валиуллина К.А., Сахаутдинов И.М. Синтез новых 2,3-алленоатов на основе эндикового ангидрида // Тезисы докл. II Всероссийской молодежной конференции «Проблемы и достижения химии кислород- и азотсодержащих биологически активных соединений», Уфа, 15 - 18 ноября 2017, с. 54.
11. **Мухаметьянова А.Ф.**, Досниязова А.Г., Ишбаева С.М., Атангулов А.Б., Валиуллина К.А., Сахаутдинов И.М. Синтез нового циклопентенофуллерена на основе N-замещенного эндикового ангидрида // Тезисы докл. II Всероссийской молодежной конференции «Проблемы и достижения химии кислород и азотсодержащих биологически активных соединений», Уфа, 15 - 18 ноября 2017, с. 87.
12. **Мухаметьянова А.Ф.**, Сахаутдинов И.М., Биглова Ю.Н., Юнусов М.С. Синтез и электрофизические свойства конъюгатов фуллерена C_{60} с метил N-Pht-2, 3-диеноатами // Сб. тезисов XXVIII Симпозиума «Современная химическая физика», Туапсе, 19-30 сентября 2016, с. 289.