

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина»

На правах рукописи



Сальникова Татьяна Владиславовна

ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬТИКОМПОНЕНТНЫХ РЕАКЦИЙ
5-ФЕНИЛ-4-ЭТОКСИКАРБОНИЛ-1*H*-ПИРРОЛ-2,3-ДИОНОВ

02.00.03 – Органическая химия

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
химических наук

Екатеринбург – 2020

Работа выполнена на кафедре органической химии ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Научный руководитель: доктор химических наук, профессор,
Масливец Андрей Николаевич,

Официальные оппоненты: **Бельская Наталия Павловна,**
доктор химических наук, профессор, ФГАОУ ВО
«Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
Химико-технологический Институт, кафедра
технологии органического синтеза, профессор;

Тихонов Алексей Яковлевич,
доктор химических наук, доцент, Федеральное
государственное бюджетное учреждение науки
Новосибирский институт органической химии им.
Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения
Российской академии наук, лаборатория
гетероциклических соединений, главный научный
сотрудник;

Вербицкий Егор Владимирович,
доктор химических наук, Федеральное
государственное бюджетное учреждение науки
Институт органического синтеза им. И.Я.
Постовского Уральского отделения Российской
академии наук, лаборатория гетероциклических
соединений, старший научный сотрудник.

Защита состоится «16» ноября 2020 г. в 14:00 часов на заседании
диссертационного совета УрФУ 02.02.20 по адресу: 620002, г. Екатеринбург,
ул. Мира, 19, ауд. И-420 (зал Ученого совета).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГАОУ ВО
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина», <https://dissovet2.urfu.ru/mod/data/view.php?d=12&rid=1452>

Автореферат разослан «__» _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат химических наук



Поспелова Т.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Мультикомпонентные реакции являются передовым инструментом химиков для осуществления синтеза сложных, труднодоступных гетероциклических систем путем простого одnoreакторного исполнения. На сегодняшний день существует небольшое количество примеров мультикомпонентных реакций 1*H*-пиррол-2,3-дионов. Данный класс соединений интересен наличием трех электронодефицитных центров, атомов углерода в положении 2, 3 и 5 пирролдионного цикла, позволяющим ожидать реализацию новых и разнообразных направлений мультикомпонентных реакций и образование труднодоступных гетероциклических систем. Мультикомпонентные реакции 1*H*-пиррол-2,3-дионов позволяют включать в структуру спиро-гетероциклов перспективный с медицинской точки зрения пиррол-2-оновый фрагмент, содержащийся, например, в алкалоидах клаузенамиде, отеромицине и тетрамовых кислотах.

Введение в положение 4 пирролдионного цикла дополнительного электрофильного центра (этоксикарбонильного заместителя) увеличивает потенциал химических превращений 1*H*-пиррол-2,3-дионов.

В связи с вышеизложенным, исследование мультикомпонентных реакций 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с различными нуклеофильными реагентами представлялось перспективным и актуальным.

Степень разработанности темы исследования. Ранее проведенные исследования посвящены изучению взаимодействия 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с ацетонитрилами и циклическими енолами. Псевдо-трехкомпонентные реакции 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с енолами, а также трехкомпонентные реакции 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с енаминами и енолами изучены на единичных примерах. Реакции 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с малонитрилом и енаминами ранее не изучены.

Цель работы. Выявление закономерности поведения 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов в мультикомпонентных реакциях с различными нуклеофильными реагентами.

Задачи исследования.

- Исследование взаимодействия 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с малонитрилом и енолами, с двумя молекулами енолов, с малонитрилом и енаминами, с енаминами и енолами.
- Синтез структур, близких к биологически активным соединениям.

Научная новизна:

- Впервые исследованы реакции 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с малонитрилом и ациклическими енолами, с малонитрилом и енаминами, а также псевдо-трехкомпонентные реакции с пятичленными циклическими енолами.
- Найдено, что направление протекания реакции 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с малонитрилом и енолами зависит от природы заместителя у атома азота.

- Обнаружено различие в поведении пяти- и шестичленных циклических енолов в псевдо-трехкомпонентных реакциях с 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионами.
- Показано, что замена индан-1,3-диона на шестичленные циклические енолы в реакции с 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионами и 3-амино-5,5-диметилциклогекс-2-ен-1-онами приводит к образованию спиро[пиран-4,3'-пирролов] вместо ожидаемых спиро[пиридин-4,3'-пирролов].

Теоретическая значимость. Установлены закономерности взаимодействия 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с нуклеофильными реагентами в мультикомпонентных реакциях.

Практическая значимость. Разработаны новые методы синтеза систем 8-окса-2-азаспиро[4.5]дека-3,6,9-триенов, спиро[бензо[*g*]хромено-4,3'-пирролов], спиро[циклопента[*b*]пиран-4,3'-пирролов], спиро[фуоро[3,4-*b*]пиран-4,3'-пирролов], спиро[пирано[2,3-*c*]пиразол-4,3'-пирролов], бензофуоро[3,2-*b*]пирролов, нафто[2',3':4,5]фуоро[3,2-*b*]пирролов, спиро[дibenzo[*b,i*]ксантен-13,3'-пирролов], хромено[3',4':4,5]фуоро[3,2-*b*]пирролов, 2,8-дiazаспиро[4.5]дека-3,6,9-триенов, спиро[пиррол-3,4'-хинолинов], спиро[индено[1,2-*b*]пиридин-4,3'-пирролов], спиро[индено[1,2-*b*]изоксазоло[4,3-*e*]пиридин-4,3'-пирролов] и спиро[индено[1,2-*b*]пиразоло[4,3-*e*]пиридин-4,3'-пирролов]. Модифицированы известные методы синтеза спиро[пирано[3,2-*c*]хинолин-4,3'-пирролов] и спиро[индено[1,2-*b*]хинолин-10,3'-пирролов]. Разработаны подходы к построению 2-(2-амино-2-оксо-1-цианоэтил)-5-оксо-2-фенил-2,5-дигидро-1*H*-пиррол-3-карбосилатов, 4,4-бис(фуран-3-ил)пирролов и 4,4-бис(инден-3-ил)пирролов.

Предлагаемые методы просты в исполнении и могут найти применение как препаративные в синтетической органической химии. Среди полученных продуктов обнаружены соединения, проявляющие анальгетическую и противомикробную активность.

Методология и методы исследования. Контроль и оптимизация условий протекания реакций выполнены методами спектроскопии ЯМР ¹H, ультра-ВЭЖХ-МС и тонкослойной хроматографии. Структуры синтезированных соединений доказаны с применением спектроскопии ИК, ЯМР ¹H, ЯМР ¹³C, ультра-ВЭЖХ-МС, элементного, а также рентгеноструктурного анализа.

Положения, выносимые на защиту:

- Общие закономерности и специфические особенности взаимодействия 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с малонитрилом и енолами, с двумя молекулами енолов, с малонитрилом и енаминами, с енаминами и енолами.
- Разработка методов синтеза 8-окса-2-азаспиро[4.5]дека-3,6,9-триенов, спиро[бензо[*g*]хромено-4,3'-пирролов], спиро[циклопента[*b*]пиран-4,3'-пирролов], спиро[фуоро[3,4-*b*]пиран-4,3'-пирролов], спиро[пирано[2,3-*c*]пиразол-4,3'-пирролов], бензофуоро[3,2-*b*]пирролов, нафто[2',3':4,5]фуоро[3,2-*b*]пирролов, спиро[дibenzo[*b,i*]ксантен-13,3'-пирролов], хромено[3',4':4,5]фуоро[3,2-*b*]пирролов, 2,8-дiazаспиро[4.5]дека-3,6,9-триенов,

спиро[пиррол-3,4'-хинолинов], спиро[индено[1,2-*b*]пиридин-4,3'-пирролов], спиро[индено[1,2-*b*]изоксазоло[4,3-*e*]пиридин-4,3'-пирролов], спиро[индено[1,2-*b*]пиразоло[4,3-*e*]пиридин-4,3'-пирролов], спиро[пирано[3,2-*c*]хинолин-4,3'-пирролов], спиро[индено[1,2-*b*]хинолин-10,3'-пирролов], 2-(2-амино-2-оксо-1-цианоэтил)-5-оксо-2-фенил-2,5-дигидро-1*H*-пиррол-3-карбоксилатов, 4,4-бис(фуран-3-ил)пирролов и 4,4-бис(инден-3-ил)пирролов.

- Анализ строения синтезированных рядов соединений с использованием современных физико-химических методов.
- Исследование биологической активности синтезированных соединений.

Достоверность полученных данных. Строение и чистота полученных соединений подтверждается современными физико-химическими методами.

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в систематизации литературных данных, планировании эксперимента, анализа полученных результатов, написании научных статей и патента.

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 8 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, 4 тезиса и материала доклада на международных и российских конференциях, получен 1 патент РФ.

Апробация. Результаты работы доложены на Всероссийской конференции с международным участием «Современные достижения химических наук» (Пермь, 2016), V Всероссийской конференции с международным участием «Енамины в органическом синтезе» (Пермь, 2017), Международной научно-практической конференции «Современные синтетические методологии для создания лекарственных препаратов и функциональных материалов» (Екатеринбург, 2018), V Международной конференции «Успехи синтеза и комплексообразования» (Москва, 2019).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа общим числом 191 страниц машинописного текста состоит из введения, обзора литературы, обсуждения результатов собственных исследований, экспериментальной части, выводов, заключения, содержит 18 рисунков. Список литературы включает 128 работ отечественных и зарубежных авторов.

Благодарность. Автор выражает благодарность к.х.н. Дмитриеву М.В. (ПГНИУ, г. Пермь) за проведение рентгеноструктурных исследований и исследований соединений методом ВЭЖХ-МС, Галееву А.Р. (ПГНИУ, г. Пермь) за проведение исследований методом спектроскопии ЯМР, Шавриной Т.В. (ПГНИУ, г. Пермь) за выполнение ИК спектроскопических исследований, д.х.н., профессору Шурову С.Н. (ПГНИУ, г. Пермь) за выполнение квантово-химических расчетов, к.фарм.н. Махмудову Р.Р. и Баландиной С.Ю. (ПГНИУ, НИЛ «Бактерицид», г. Пермь) за проведение исследования биологической активности синтезированных соединений.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (проект №4.6774.2017/8.9), Министерства образования Пермского края (конкурс научных школ, конкурс МИГ), Совета по грантам Президента РФ (грант № МК-1657.2017.3) и РФФИ (гранты 14-03-31765, 16-43-590357, 16-43-590613).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена обзору литературных данных по мультикомпонентным превращениям бензо[*b*]аналогов 1*H*-пиррол-2,3-дионов – изатинов, а также немногочисленных данных по мультикомпонентным превращениям моноциклических 1*H*-пиррол-2,3-дионов. Во **второй главе** обсуждаются результаты проведенных исследований. **Третья глава** содержит описание методик и физико-химические свойства полученных соединений.

Получение 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов

Взаимодействием этилового эфира бензоилуксусной кислоты с аминами синтезированы этиловые эфиры 3-амино-3-фенилакриловых кислот **1а-и**. При кипячении эфиров **1** с (COCl)₂ в CHCl₃ в течение 1.5-2 ч по известной методике получены 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионы **2а-и** (Схема 1).

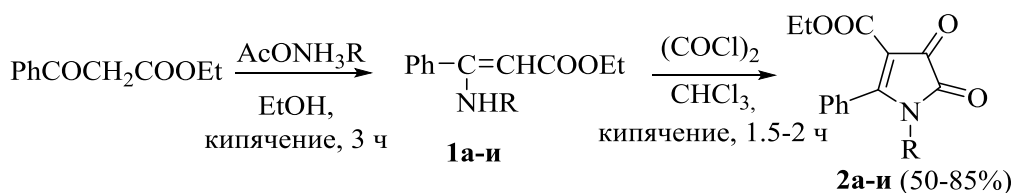


Схема 1 - **1, 2**: R = Bn (**а**), Cy (**б**), Me (**в**), H (**г**), Ph (**д**), C₆H₄Me-4 (**е**), C₆H₄OMe-4 (**ж**), C₆H₄Cl-4 (**з**), C₆H₄Br-4 (**и**)

Взаимодействие 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с малонитрилом и енолами

Описано четыре примера трехкомпонентных реакций 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с малонитрилом и циклическими енолами. Нами изучены конденсации этих пирролдионов под действием малонитрила и ациклических, карбо- и гетероциклических енолов.

При взаимодействии 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов **2а,е** с малонитрилом и 3-оксобутаноатами **3а,б** в соотношении 1:1:4, проводимом путем кипячения раствора реагентов в безводном ацетонитриле в присутствии триэтиламина в течение 14-26 ч (контроль ВЭЖХ-МС), образуются соединения **4а-в** (Схема 2). Структура соединения **4а** подтверждена РСА.

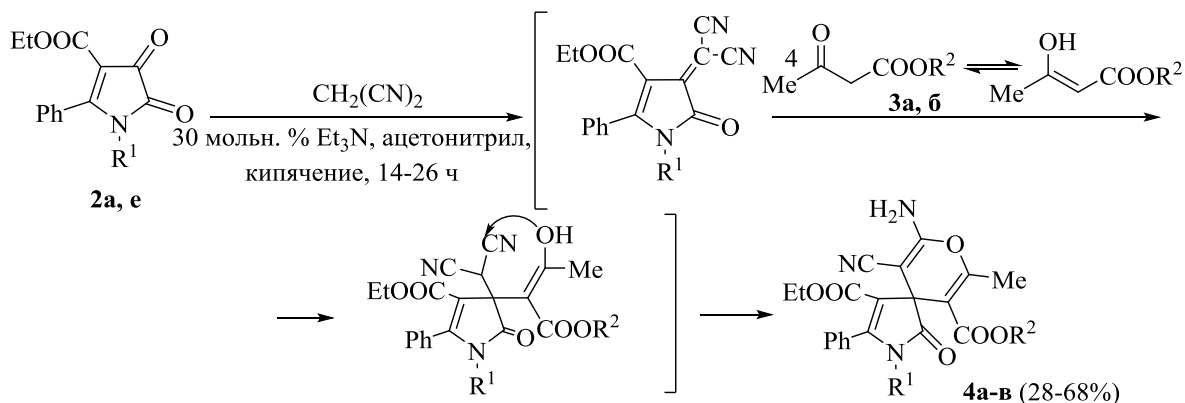


Схема 2 - **3**: R² = Et (**а**), Me (**б**); **4**: R¹ = Bn, R² = Me (**а**), R¹ = C₆H₄CH₃-4, R² = Et (**б**), R¹ = Bn, R² = Et (**в**)

Образование соединений **4а-в** происходит вследствие последовательной

конденсации кетонной карбонильной группы пирролдионов **2** с метиленовой группой малононитрила и присоединения групп β -CH и OH енольной формы 3-оксобутаноата к атому углерода в положении 3 и цианогруппе (Схема 2).

При взаимодействии пирролдионов **2a,б** с малононитрилом и 2-гидроксинафталин-1,4-дионом в соотношении 1:1:1, проводимом путем кипячения раствора реагентов в безводном диоксане в присутствии триэтиламина в течение 50-60 мин (контроль ТСХ), по вышеописанной схеме образуются спиро[бензо[*g*]хромен-4,3'-пирролы] **5a,б** (Схема 3). Структура соединения **5a** подтверждена РСА.

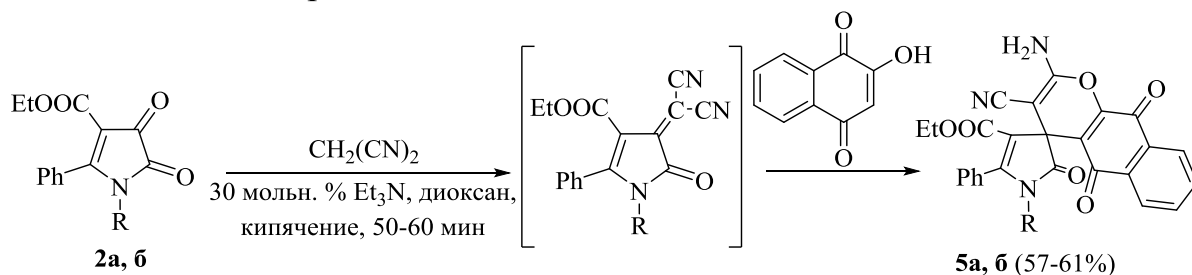


Схема 3 - **2, 5**: R = Bn (**a**), Cy (**б**)

С целью изучения границ применимости разработанной методологии спиро-аннелирования пирролдионов нами в качестве енолов использованы пяти- и шестичленные карбо- и гетероциклические енолы – цикlopentan-1,3-дион, 4-гидроксифуран-2(5*H*)-он (тетроновая кислота), 2,4-дигидро-3*H*-пиразол-3-оны, 4-гидроксихинолин-2(1*H*)-оны.

При кипячении раствора пирролдионов **2a-г** с малононитрилом и цикlopentan-1,3-дионом по аналогичной схеме получены спиро[циклопента[*b*]пиран-4,3'-пирролы] **6a-г** (Схема 4). Структура соединения **6a** подтверждена РСА.

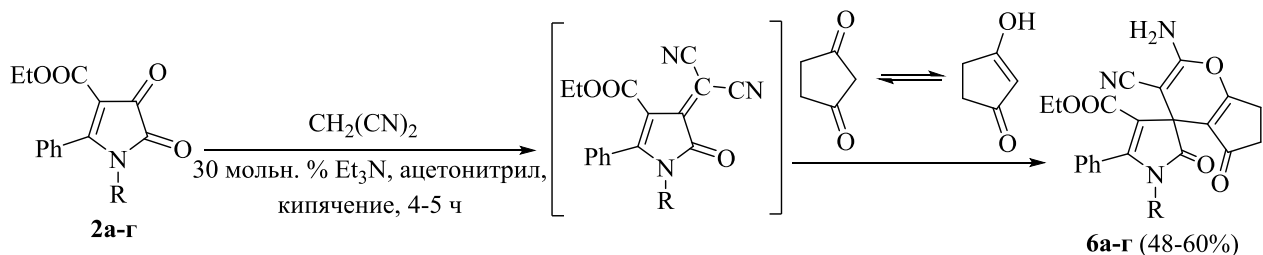


Схема 4 - **2, 6**: R = Bn (**a**), Cy (**б**), Me (**в**), H (**г**)

При кипячении раствора пирролдионов **2a,д** с малононитрилом и тетроновой кислотой по аналогичной схеме получены спиро[фуоро[3,4-*b*]пиран-4,3'-пирролы] **7a,б** (Схема 5).

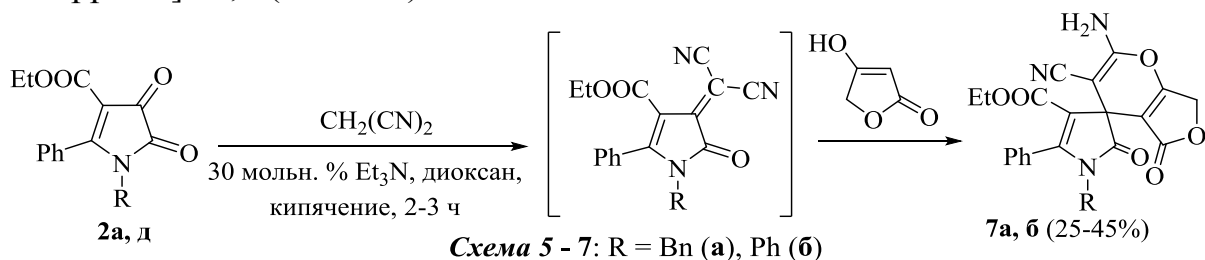
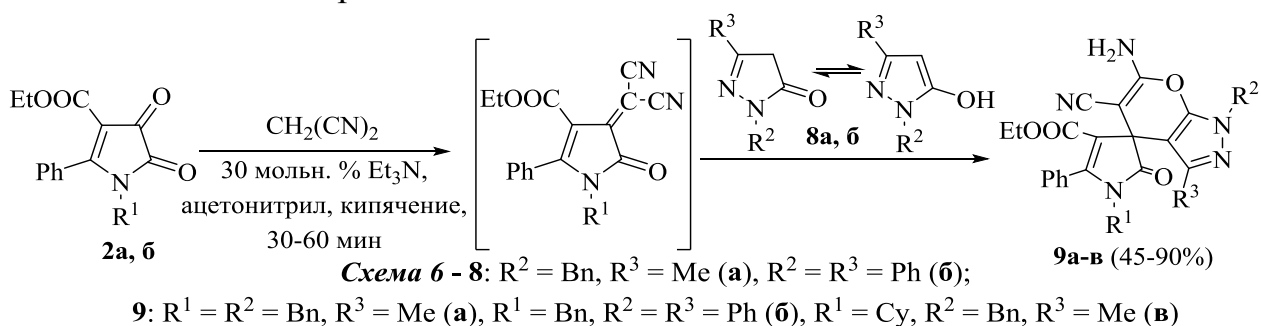


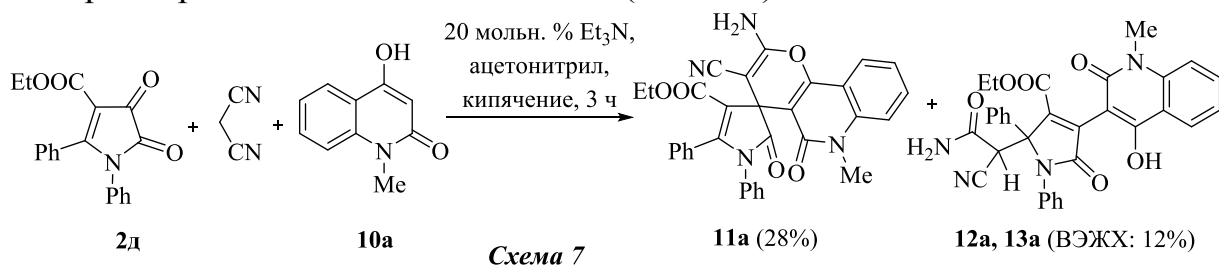
Схема 5 - **7**: R = Bn (**a**), Ph (**б**)

При взаимодействии пирролдионов **2a,б** с малононитрилом и 2,4-дигидро-3*H*-пиразол-3-онами **8a,б** по аналогичной схеме образуются

спиро[пирано[2,3-*c*]пиразол-4,3'-пирролы] **9а-в** (Схема 6). Структура соединения **9а** подтверждена РСА.



Следует отметить, что в вышеописанных реакциях продукты спиро-аннелирования при взаимодействии с малононитрилом и енолами пирролдионов **2д-и** (с арильным заместителем у атома азота) либо получались с низкими выходами, либо не получались совсем. К примеру, при кипячении раствора пирролдиона **2д** с малононитрилом и 4-гидрокси-1-метилхинолин-2(1*H*)-оном **10а** в ацетонитриле в присутствии триэтиламина в течение 3 ч выделен спиро[пирано[3,2-*c*]хинолин-4,3'-пиррол] **11а**, структура которого подтверждена РСА, с низким выходом (28%) (Схема 7). В реакционной массе также обнаружены продукты конкурентных реакционных направлений – диастереомерные соединения **12а** и **13а** (Схема 7).



В процессе поиска оптимальных условий синтеза соединений **11** мы обнаружили, что соединения **12** и **13** становятся основными продуктами в реакции пирролдионов **2з,и**, содержащих электроноакцепторные заместители в бензольном цикле у атома азота, с малононитрилом и енолами вне зависимости от условий проведения реакции.

Таким образом, при кипячении раствора пирролдионов **2а,б,д-ж** с малононитрилом и *N*-замещенными 4-гидроксихинолин-2(1*H*)-онами **10а,б** в соотношении 1:1:1 в безводном ацетонитриле в присутствии диметиламинопиридина в течение 3 ч (контроль ВЭЖХ-МС) получены спиро[пирано[3,2-*c*]хинолин-4,3'-пирролы] **11а-е** по описанной ранее схеме (Схема 8). При взаимодействии тех же исходных реагентов с пирролдионами **2д,з,и** в соотношении 1:1:1 в безводном тетрагидрофуране в присутствии триэтиламина в течение 2-3 ч (контроль ВЭЖХ-МС) получены диастереомерные **12а-д** и **13а-д** (Схема 9). Структура соединения **12б** подтверждена РСА. Соотношение интегральных интенсивностей сигналов соединений **12:13** в спектрах ЯМР ^1H реакционных масс изменяется от 2.8:1 до 3:1.

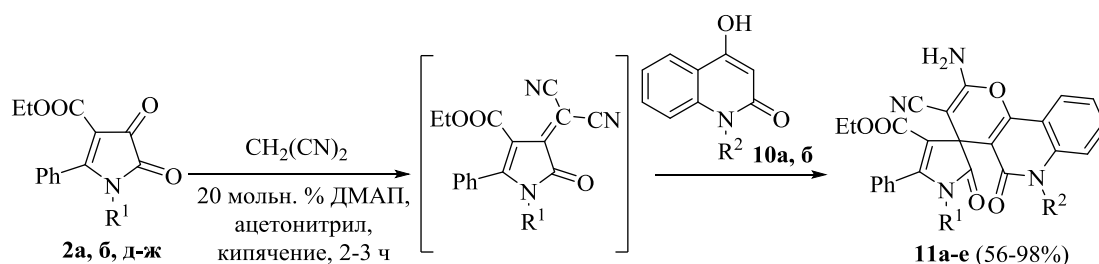


Схема 8 - 10: R² = Me (**а**), Ph (**б**); **11:** R¹ = Ph, R² = Me (**а**), R¹ = Bn, R² = Me (**б**), R¹ = Bn, R² = Ph (**в**), R¹ = Cy, R² = Ph (**г**), R¹ = C₆H₄Me-4, R² = Me (**д**), R¹ = C₆H₄OMe-4, R² = Me (**е**)

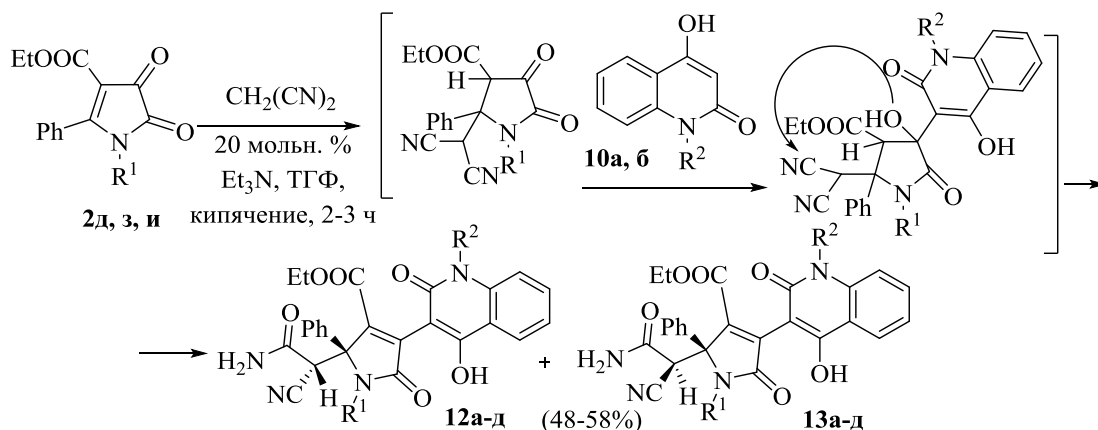


Схема 9 - 10: R² = Me (**а**), Ph (**б**); **12, 13:** R¹ = Ph, R² = Me (**а**), R¹ = C₆H₄Cl-4, R² = Me (**б**), R¹ = C₆H₄Br-4, R² = Me (**в**), R¹ = R² = Ph (**г**), R¹ = C₆H₄Cl-4, R² = Ph (**д**)

Образование соединений **12a-д**, **13a-д** происходит, по-видимому, вследствие атаки малононитрила и енола **10** атомов углерода в положениях 5 и 3 пирролдионов соответственно и последующего гидролиза одной из циано-групп (Схема 9).

Мы предположили возможность образования аналогов соединений **12** и **13** в реакциях пирролдионов с малононитрилом и циклическими енолами.

При взаимодействии пирролдионов **2д,з**, малононитрила и 2-гидроксинафталин-1,4-диона в соотношении 1:1:1 в безводном тетрагидрофуране в присутствии триэтиламина в течение 3 ч (контроль ВЭЖХ-МС) по вышеописанной схеме образуются диастереомерные **14a,б** и **15a,б** (Схема 10). Соотношение интегральных интенсивностей сигналов соединений **14:15** в спектрах ЯМР ¹H реакционных масс изменяется от 8.2:1 до 8.5:1.

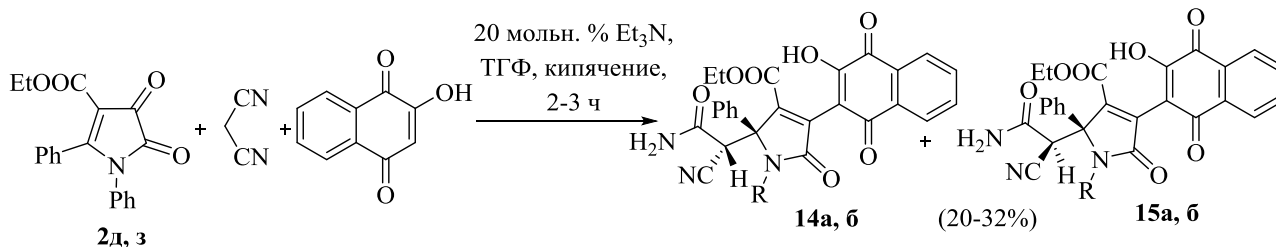


Схема 10 - 14, 15: R = Ph (**а**), C₆H₄Cl-4 (**б**)

При взаимодействии пирролдионов **2з,и**, малононитрила и 4-гидроксикумарина по аналогичной схеме образуются диастереомерные **16a,б** и **17a,б** (Схема 11). Структура соединения **16a** подтверждена РСА. Соотношение интегральных интенсивностей сигналов соединений **16:17** в спектрах ЯМР ¹H реакционных масс составляет 5.5:1.

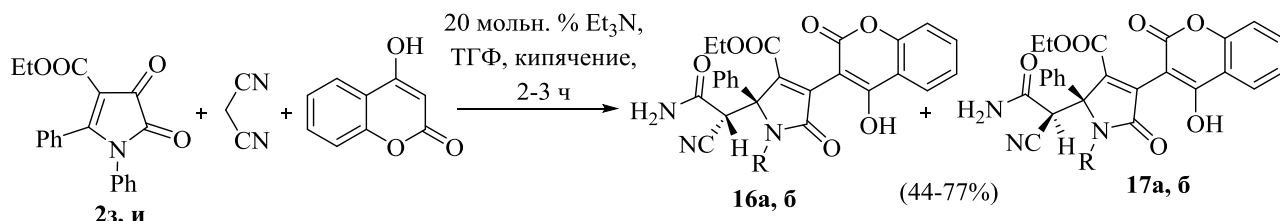


Схема 11 - 16, 17: R = C₆H₄Cl-4 (а), C₆H₄Br-4 (б)

При взаимодействии пирролдионов **2д,з**, малононитрила и тетроновой кислоты по аналогичной схеме образуются диастереомерные **18a,б** и **19a,б** (Схема 12). Структура соединения **18a** подтверждена РСА. Соотношение интегральных интенсивностей сигналов соединений **18:19** в спектрах реакционных масс изменяется от 6.9:1 до 10:1.

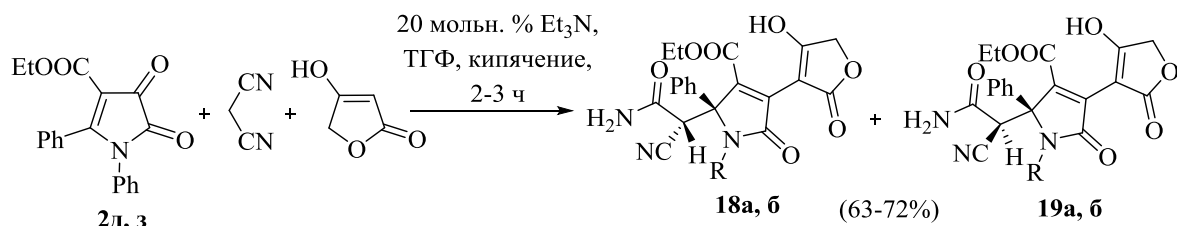


Схема 12 - 18, 19: R = Ph (а), C₆H₄Cl-4 (б)

Псевдо-трехкомпонентное взаимодействие 5-фенил-4-этоксикарбонил-1H-пиррол-2,3-дионов с енолами

Известен один пример псевдо-трехкомпонентного взаимодействия пирролдионов **2** и двух молекул 4-гидроксикумарина, приводящего к образованию спиро[пирано[3,2-с:5,6-с']дихромен-7,3'-пирролов]. Реакции этих пирролдионов с шестичленными карбоциклическими енолами (димедоном и 2-гидроксинафталин-1,4-дионом) ранее не изучены.

При взаимодействии пирролдионов **2б,д,е,з** с димедоном в соотношении 1:2, проводимом путем кипячения раствора реагентов в безводном толуоле в присутствии уксусной кислоты в течение 8-12 ч (контроль ТСХ), образуются соединения **20a-г** (Схема 13). Структура соединения **20б** подтверждена РСА.

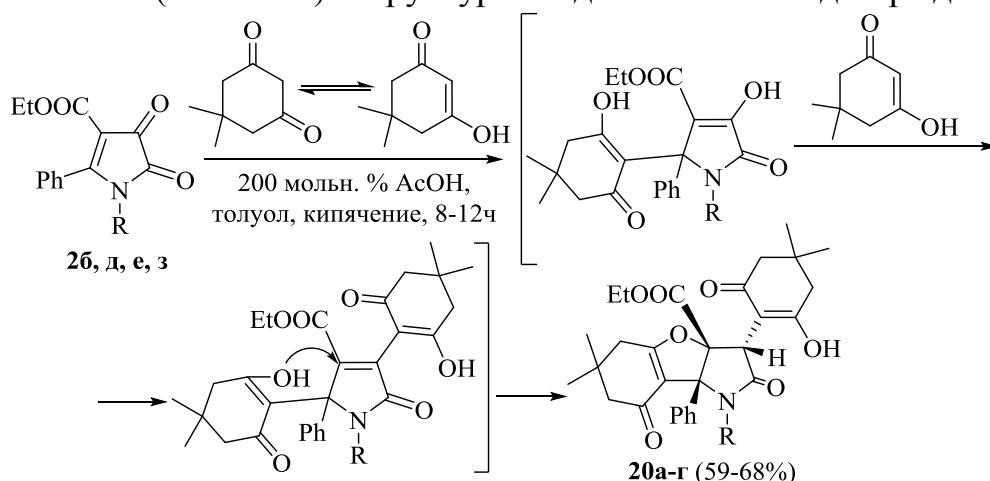


Схема 13 - 20: R = Cy (а), Ph (б), C₆H₄Me-4 (в), C₆H₄Cl-4 (г)

Реакция протекает стереоселективно, приводя к наименее стерически затрудненному диастереомеру. Соединения **20a-г** образуются, по-видимому, вследствие первоначального присоединения группы β-СН енольной формы первой молекулы димедона к атому углерода в положении 5 пирролдионов **2** и

последующего нуклеофильного присоединения группы β -СН енольной формы второй молекулы димедона и гидроксильной группы енольного фрагмента первой молекулы димедона к атомам углерода в положениях 3 и 4 соответственно (Схема 13).

При взаимодействии пирролдионов **2а,д,е,з** с 2-гидрокси-нафталин-1,4-дионом в соотношении 1:2 по аналогичной схеме образуются соединения **21а-г** (Схема 14). Структура соединения **21в** подтверждена РСА. Соединения **21а-г** образуются в виде одного наименее стерически затрудненного диастереомера.

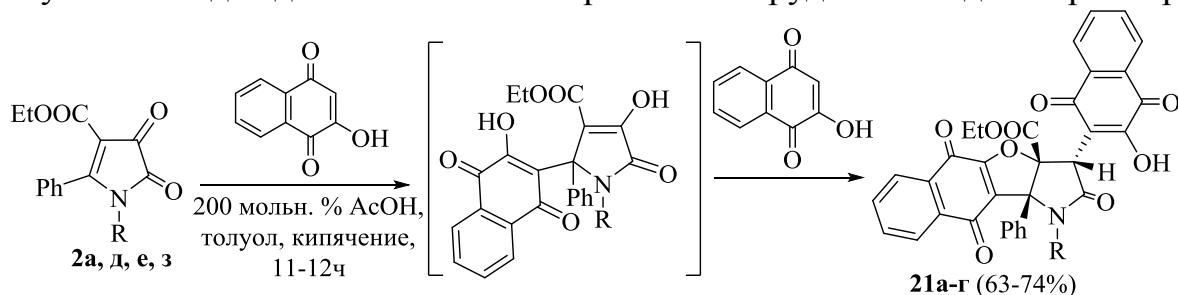


Схема 14 - **21**: R = Bn (**а**), Ph (**б**), C₆H₄Me-4 (**в**), C₆H₄Cl-4 (**г**)

При анализе реакционных масс методом ВЭЖХ-МС обнаружено, что помимо соединений **21а-г** в качестве минорных продуктов образуются соединения **22** с молекулярной массой меньшей молекулярной массы соединений **21** на 18. Использование основного катализа приводит к образованию соединений **22** в качестве основных продуктов реакции. Таким образом, при взаимодействии пирролдионов **2а,д,е,з** с 2-гидрокси-нафталин-1,4-дионом в соотношении 1:2 путем кипячения в безводном толуоле в присутствии триэтиламина в течение 5-6 ч (контроль ВЭЖХ-МС) образуются спиро[дibenзо[*b,i*]ксантен-13,3'-пирролы] **22а-г** (Схема 15). Структура соединения **22г** подтверждена РСА. Соединения **22а-г** образуются, по-видимому, вследствие первоначальной конденсации кетонной карбонильной группы пирролдионов с 2-гидрокси-нафталин-1,4-дионом, нуклеофильного присоединения группы β -СН енольной формы второй молекулы реагента к атому углерода в положении 3 и внутримолекулярной циклизации (Схема 15).

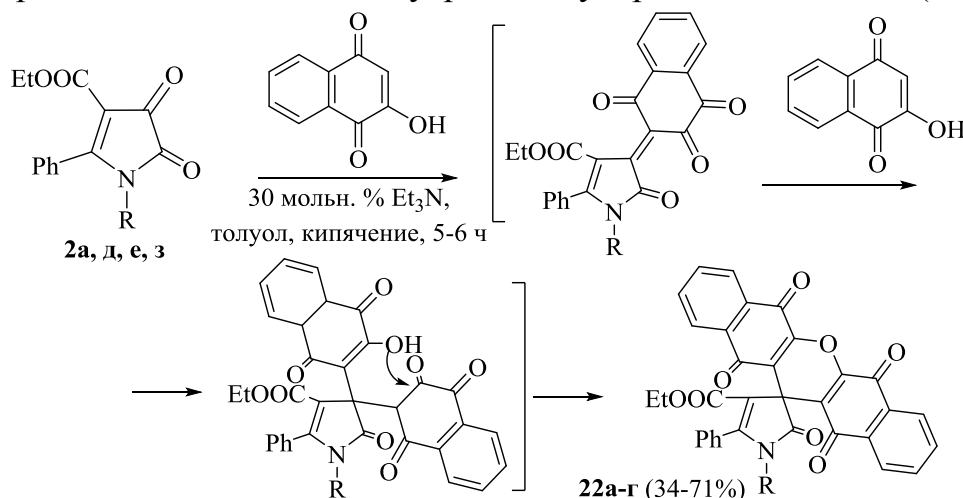
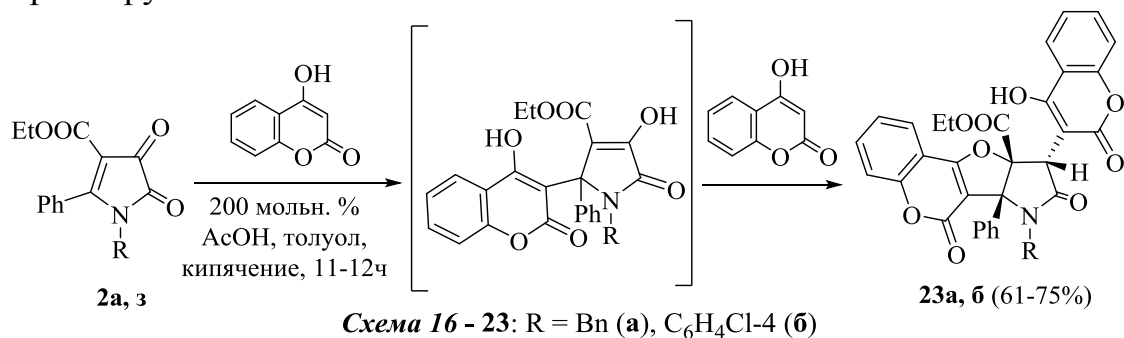


Схема 15 - **22**: R = Bn (**а**), Ph (**б**), C₆H₄Me-4 (**в**), C₆H₄Cl-4 (**г**)

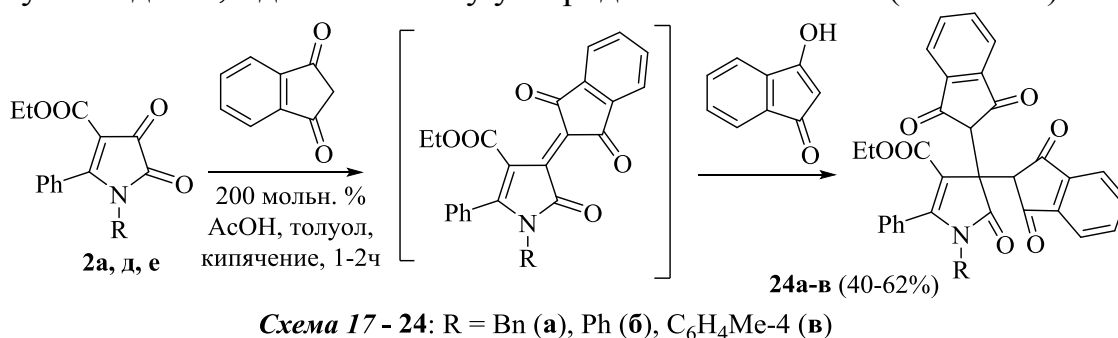
Проведена оценка возможности смены направления протекания реакции на уже известном взаимодействии пирролдионов **2** с 4-гидроксикумарином,

которое при кипячении раствора реагентов в безводном толуоле в присутствии триэтиламина протекало с образованием спиро[пирано[3,2-с:5,6-с']дихромен-7,3'-пирролов]. Замена триэтиламина на уксусную кислоту привела к ожидаемой смене реакционного направления. При взаимодействии пирролдионов **2а,з** с 4-гидроксикумарином по схеме, аналогичной схеме образования соединений **20**, получены соединения **23а,б** (Схема 16). Реакция протекает стереоселективно, приводя к наименее стерически затрудненному диастереомеру.



Псевдо-трехкомпонентные реакции 1*H*-пиррол-2,3-дионов с пятичленными циклическими енолами ранее не изучены.

При взаимодействии пирролдионов **2а,д,е** с индан-1,3-дионом в соотношении 1:2, проводимом путем кипячения раствора реагентов в безводном толуоле в присутствии уксусной кислоты в течение 1-2 ч (контроль ТСХ), образуются соединения **24а-в** (Схема 17). Структура соединения **24в** подтверждена РСА. Использование основного катализатора также приводит к образованию соединений **24**, но с более низкими выходами. Соединения **24а-в** образуются, по-видимому, вследствие конденсации кетонной карбонильной группы пирролдионов с метиленовой группой индан-1,3-диона и последующего нуклеофильного присоединения группы β-СН енольной формы второй молекулы индан-1,3-диона к атому углерода в положении 3 (Схема 17).



Взаимодействие пирролдионов **2а,д,е,з** с тетроновой кислотой по аналогичной схеме приводит к образованию соединений **25а-г** (Схема 18). Структура соединения **25в** подтверждена РСА.

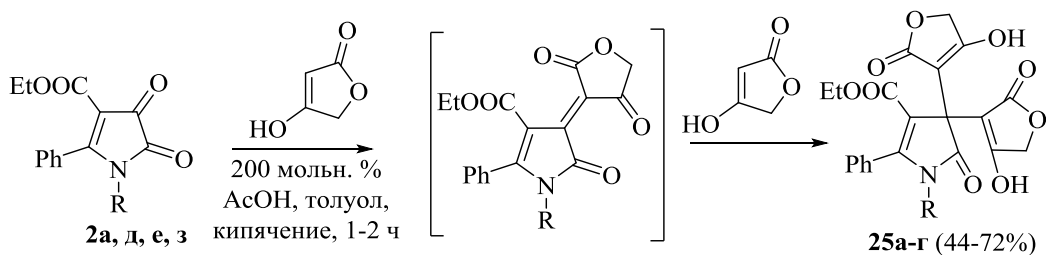


Схема 18 - 25: R = Bn (а), Ph (б), C₆H₄Me-4 (в), C₆H₄Cl-4 (г)

Взаимодействие 5-фенил-4-этоксикарбонил-1H-пиррол-2,3-дионов с малононитрилом и енаминами

Взаимодействие 5-фенил-4-этоксикарбонил-1H-пиррол-2,3-дионов с малононитрилом и енаминами ранее не изучено.

При взаимодействии пирролдиона **2a** с малононитрилом и диметил 2-аминомалеатами **26a,б** в соотношении 1:1:1, проводимом путем кипячения раствора реагентов в безводном ацетонитриле в присутствии диметиламинопиридина в течение 5-6 ч (контроль ВЭЖХ-МС), образуются соединения **27a,б** (Схема 19).

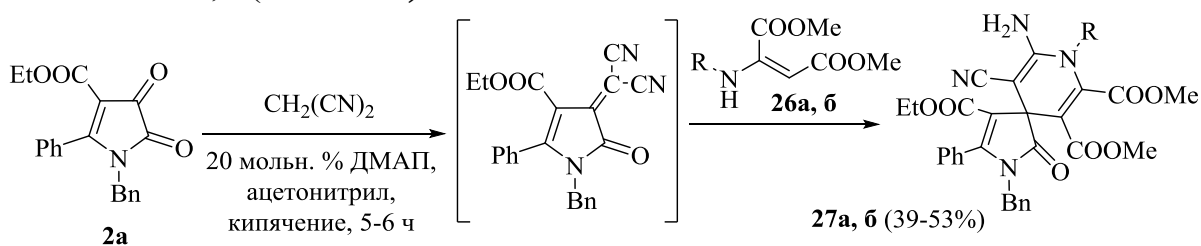


Схема 19 - 26, 27: R = C₆H₄OMe-4 (а), C₆H₄Br-4 (б)

Соединения **27a,б** образуются, по-видимому, вследствие последовательной конденсации кетонной карбонильной группы пирролдиона **2a** с метиленовой группой малононитрила и присоединения группы β -CN и группы NH енаминофрагмента енаминов **26** к атому углерода в положении 3 и цианогруппе соответственно (Схема 19).

При взаимодействии пирролдионов **2a,е**, малононитрила и 3-амино-5,5-диметилциклогекс-2-енонов **28a,б** в соотношении 1:1:1.5, проводимом путем кипячения раствора реагентов в безводном ацетонитриле в присутствии диметиламинопиридина в течение 7-10 ч (контроль ВЭЖХ-МС), образуются спиро[пиррол-3,4'-хинолины] **29a,б** (Схема 20).

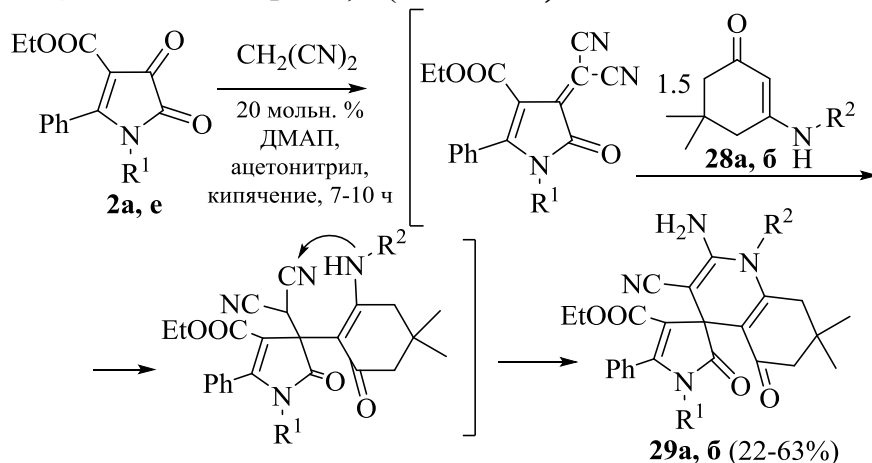


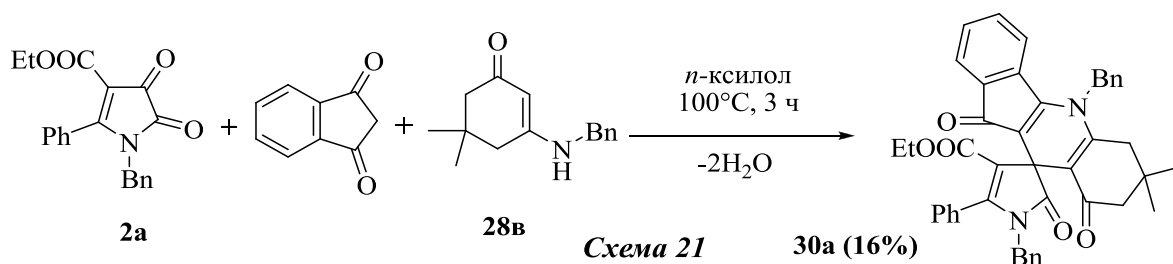
Схема 20 - 28: Ph (а), C₆H₄Br-4 (б); 29: R¹ = Bn, R² = C₆H₄Br-4 (а), R¹ = R² = Ph (б)

Соединения **29a,б** образуются, по-видимому, вследствие первоначальной конденсации кетонной карбонильной группы пирролдионов **2** с метиленовой группой малононитрила и последующего последовательного присоединения группы β -СН и группы NH енаминофрагмента енамина **28** к атому углерода в положении 3 и цианогруппе соответственно (Схема 20).

Взаимодействие 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с енолами и енаминами

Изучена возможность синтеза пиридинов по Ганчу из 1*H*-пиррол-2,3-дионов, 1,3-дикарбонильных соединений (енолов) и енаминов.

При взаимодействии пирролдиона **2a** с индан-1,3-дионом и енамином **28в** в соотношении 1:1:1, проводимом путем нагревания раствора реагентов при 100°C в среде безводного *n*-ксилола в течение 3 ч, получен спиро[индено[1,2-*b*]хинолин-10,3'-пиррол] **30a** с низким выходом (16%) (Схема 21).



С целью повышения выхода мы провели оптимизацию условий реакции. Оптимальными условиями оказались: кипячение реагентов в *n*-ксилоле в течение 10 ч в присутствии каталитических количеств уксусной кислоты.

Таким образом, при взаимодействии пирролдионов **2a,б,з** с индан-1,3-дионом и 3-амино-5,5-диметилциклогекс-2-енонами **28a-ж** в соотношении 1:1:1, проводимом путем кипячения раствора реагентов в безводном *n*-ксилоле в присутствии уксусной кислоты в течение 9-13 ч (контроль ВЭЖХ-МС), получены спиро[индено[1,2-*b*]хинолин-10,3'-пирролы] **30a-и** (Схема 22). Структура соединения **30б** подтверждена РСА.

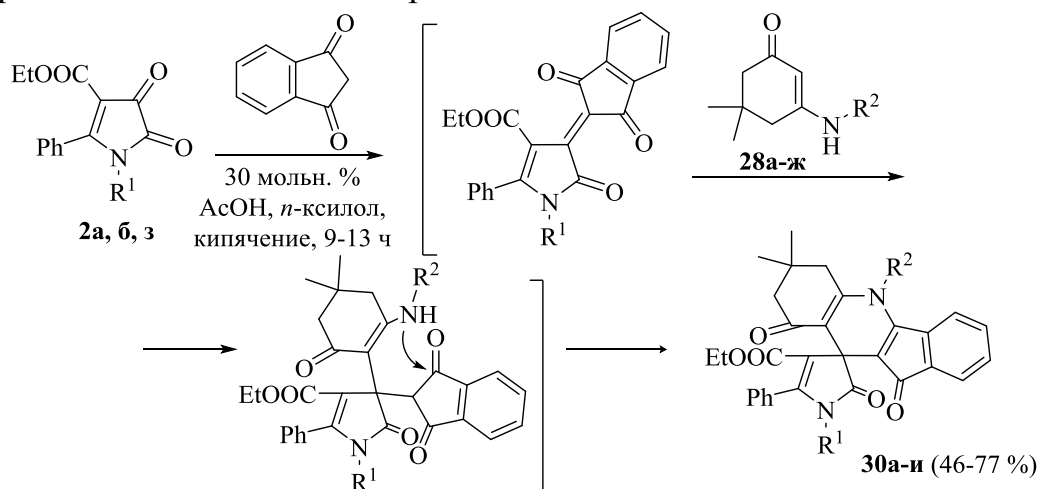


Схема 22 - 28: R² = Ph (**а**), C₆H₄Br-4 (**б**), Bn (**в**), C₆H₄Me-4 (**г**), H (**д**), C₆H₄Cl-4 (**е**), C₆H₄NO₂-4 (**ж**)
30: R¹ = Bn, R² = Bn (**а**), R¹ = Cy, R² = C₆H₄Cl-4 (**б**), R¹ = Cy, R² = C₆H₄Me-4 (**в**), R¹ = C₆H₄Cl-4, R² = Bn (**г**), R¹ = Bn, R² = C₆H₄Br-4 (**д**), R¹ = Cy, R² = Ph (**е**), R¹ = Ph, R² = C₆H₄Me-4 (**ж**), R¹ = Ph, R² = H (**з**), R¹ = Bn, R² = C₆H₄NO₂-4 (**и**)

Соединения **30а-и** образуются, по-видимому, вследствие первоначальной конденсации кетонной карбонильной группы пирролдионов **2** с метиленовой группой индан-1,3-диона и последующего присоединения группы β -СН и группы NH енаминофрагмента енаминов **28** к атому углерода в положении 3 и кетонной группе соответственно (Схема 22).

Изучено взаимодействие пирролдионов **2**, индан-1,3-диона и ациклических енаминов.

При взаимодействии пирролдионов **2а,б,д-ж** с индан-1,3-дионом и 3-амино-1-фенилбут-2-ен-1-оном по вышеописанной схеме образуются спиро[индено[1,2-*b*]пиридин-4,3'-пирролы] **31а-д** (Схема 23).

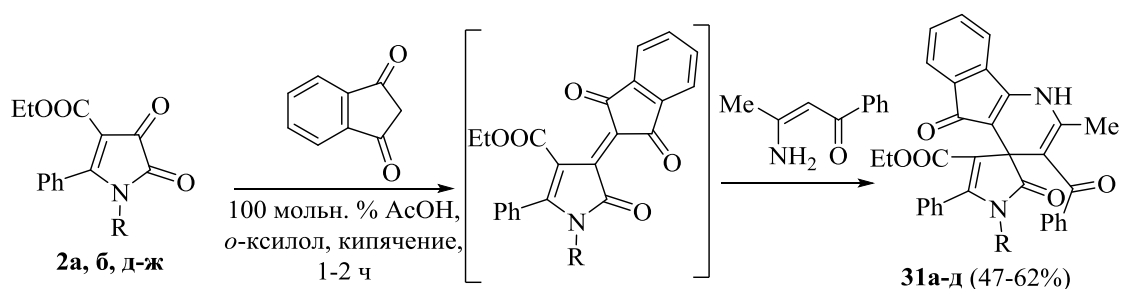


Схема 23 - **31**: R = Bn (**а**), Cy (**б**), Ph (**в**), C₆H₄Me-4 (**г**), C₆H₄OMe-4 (**д**)

При взаимодействии пирролдионов **2а,б,д-ж** с индан-1,3-дионом и 3-аминобут-2-енонитрилом по аналогичной схеме образуются спиро[индено[1,2-*b*]пиридин-4,3'-пирролы] **32а-д** (Схема 24). Структура соединения **32а** подтверждена РСА.

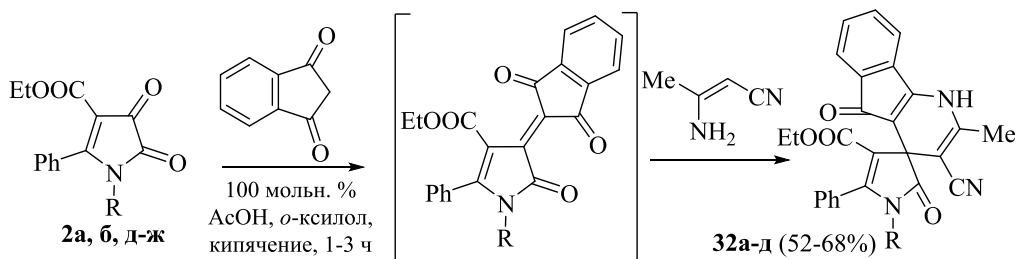


Схема 24 - **32**: R = Bn (**а**), Cy (**б**), Ph (**в**), C₆H₄Me-4 (**г**), C₆H₄OMe-4 (**д**)

Изучено взаимодействие пирролдионов **2**, индан-1,3-диона и циклических енаминов.

При взаимодействии пирролдионов **2а,б,д** с индан-1,3-дионом и 5-амино-3-метилизоксазолом по вышеописанной схеме образуются спиро[индено[1,2-*b*]изоксазоло[4,3-*e*]пиридин-4,3'-пирролы] **33а-в** (Схема 25).

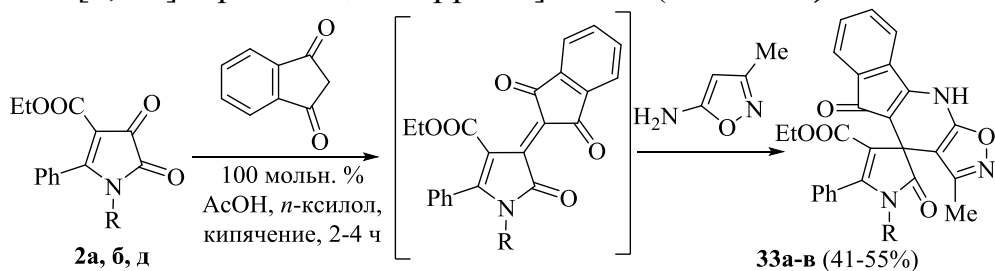


Схема 25 - **33**: R = Bn (**а**), Cy (**б**), Ph (**в**)

При взаимодействии пирролдионов **2а,б,г,д,ж** с индан-1,3-дионом и 5-амино-1*H*-пиразолами **34а-в** по аналогичной схеме образуются

спиро[индено[1,2-*b*]пиразоло[4,3-*e*]пиридин-4,3'-пирролы] **35а-и** (Схема 26). Структура соединения **35е** подтверждена РСА.

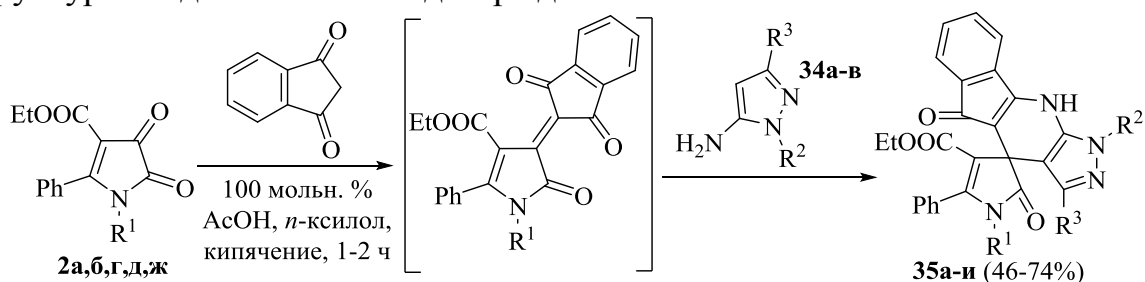


Схема 26 - 34: $R^2 = \text{Ph}$, $R^3 = \text{Me}$ (**а**); $R^2 = \text{Ph}$, $R^3 = \text{Ph}$ (**б**), $R^2 = \text{Bn}$, $R^3 = \text{Me}$ (**в**); **35:** $R^1 = \text{Bn}$, $R^2 = \text{Ph}$, $R^3 = \text{Me}$ (**а**), $R^1 = R^2 = \text{Ph}$, $R^3 = \text{Me}$ (**б**), $R^1 = \text{Cy}$, $R^2 = \text{Ph}$, $R^3 = \text{Me}$ (**в**), $R^1 = \text{H}$, $R^2 = \text{Ph}$, $R^3 = \text{Me}$ (**г**), $R^1 = \text{C}_6\text{H}_4\text{OMe-4}$, $R^2 = \text{Ph}$, $R^3 = \text{Me}$ (**д**), $R^1 = \text{Bn}$, $R^2 = R^3 = \text{Ph}$ (**е**), $R^1 = \text{Bn}$, $R^2 = \text{Bn}$, $R^3 = \text{Me}$ (**ж**), $R^1 = \text{Ph}$, $R^2 = \text{Bn}$, $R^3 = \text{Me}$ (**з**), $R^1 = \text{Cy}$, $R^2 = \text{Bn}$, $R^3 = \text{Me}$ (**и**)

С целью изучения границ применимости разработанной методологии синтеза пиридинов **30** в реакции пирролдионов **2** с 3-амино-5,5-диметилциклогекс-2-ен-1-онами вместо индан-1,3-диона использован 4-гидроксикумарин. Замена енола привела к неожиданным результатам.

Взаимодействие пирролдионов **2а,б,д-ж,и** с 4-гидроксикумарином и 3-амино-5,5-диметилциклогекс-2-ен-1-онами **28а,в,д,з** в условиях, описанных выше, вместо ожидаемых спиро[хромено[4,3-*b*]хинолин-7,3'-пирролов] **36** приводит к образованию спиро[хромено[4,3-*b*]хромен-7,3'-пирролов] **37а-е** (Схема 27). Структура соединения **37а** подтверждена РСА.

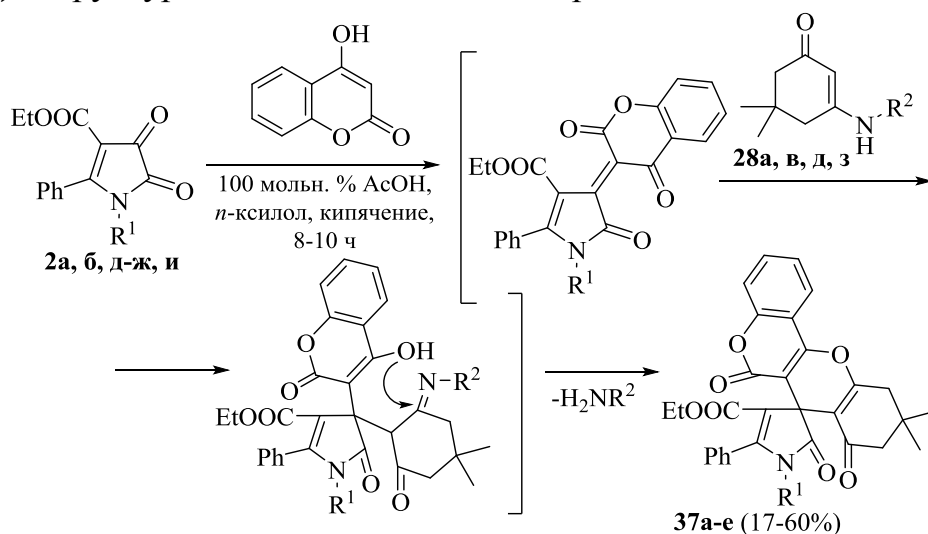


Схема 27 - 28: $R^2 = \text{Ph}$ (**а**), Bn (**в**), H (**д**), $\text{C}_6\text{H}_4\text{OMe-4}$ (**з**);

37: $R^1 = \text{Bn}$ (**а**), Cy (**б**), Ph (**в**), $\text{C}_6\text{H}_4\text{Me-4}$ (**г**), $\text{C}_6\text{H}_4\text{OMe-4}$ (**д**), $\text{C}_6\text{H}_4\text{Br-4}$ (**е**)

Соединения **37а-е** образуются, по-видимому, вследствие первоначальной конденсации кетонной карбонильной группы пирролдионов **2** с 4-гидроксикумарином и последующего последовательного нуклеофильного присоединения группы $\beta\text{-CH}$ енаминофрагмента енаминов **28** и енольной группы OH фрагмента 4-гидроксикумарина к атомам углерода в положении 3 и иминогруппе с последующим отщеплением амина (Схема 27).

С целью проверки предположения о том, что использование в реакциях пирролдионов **2** с аминокциклогексенонами **28** шестичленного циклического енола вместо пятичленного приводит к образованию спиро[пиран-4,3'-

пирролов] вместо спиро[пиридин-4,3'-пирролов], мы заменили 4-гидроксикумарин на другие шестичленные циклические енолы: димедон и 2-гидроксинафталин-1,4-дион.

Взаимодействие пирролдионов **2а,б** с енамином **28а** и димедоном по аналогичной схеме приводит к образованию спиро[пиррол-3,9'-ксантенов] **38а,б** (Схема 28). Структура соединения **38б** подтверждена РСА.

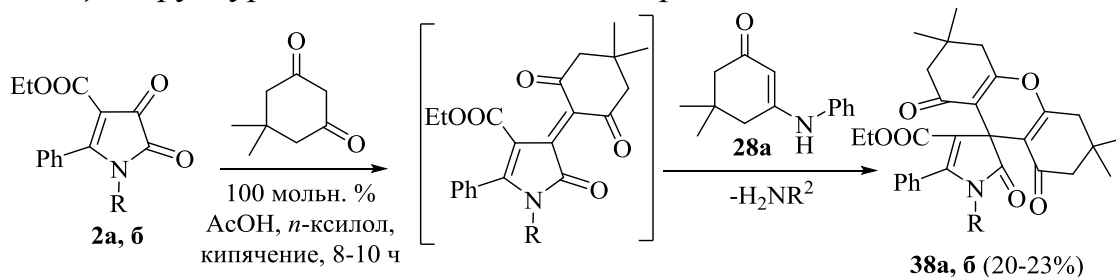


Схема 28 - 38: R = Bn (а), Cy (б)

Следует отметить, что ранее псевдо-трехкомпонентной реакцией 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов и димедона (Схема 13) нам не удавалось синтезировать спиро[пиррол-3,9'-ксантены] **38**.

Взаимодействие пирролдионов **2а,б,е-з** с енаминами **28а,г** и 2-гидроксинафталин-1,4-дионом по аналогичной схеме приводит к образованию спиро[бензо[*b*]ксантен-12,3'-пирролов] **39а-д** (Схема 29).

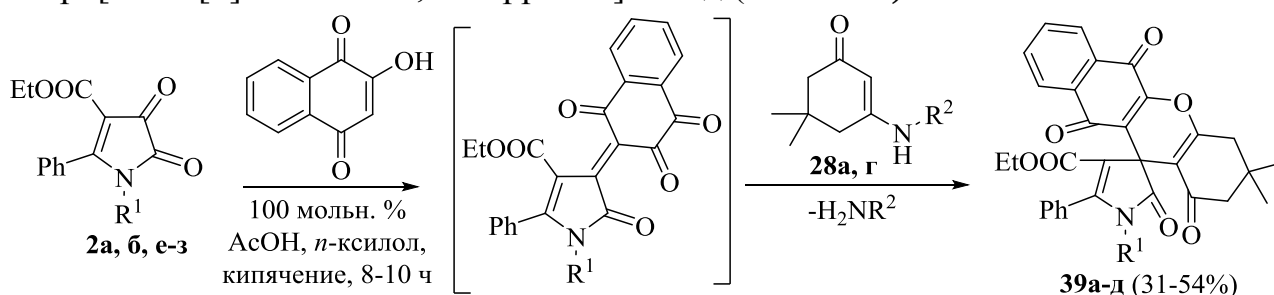


Схема 29 - 28: Ph (а), C₆H₄Me-4 (г); **39**: R¹ = Bn (а), Cy (б),

C₆H₄Me-4 (в), C₆H₄OMe-4 (г), C₆H₄Cl-4 (д)

Исследование противомикробной активности (метод двукратных серийных разведений)

Соединение	Противомикробная активность, мкг/мл			
	<i>St. aureus</i>		<i>E. coli</i>	
	*МИК	**МБК	*МИК	**МБК
21а	7.8	7.8	-	-
21г	3.9	7.8	-	-
21б	31.2	62.5	-	-
23б	31.2	62.5	-	-
20в	31.2	125.0	-	-
12а и 13а	7.8	-	-	-
Диоксидин	62.5	1000	-	-

*МИК – минимальная ингибирующая концентрация;

**МБК – минимальная бактерицидная концентрация.

Исследование анальгетической активности
(метод «горячая пластинка»)

Соединение	Время оборонительного рефлекса через 2 ч
30б	26.60±0.86
30в	19.72±1.46
30д	22.00±1.72
30е	19.60±1.10
30ж	21.22±0.62
Контроль 2% крахм. слизь	10,70±1,62
Метамизол натрия	16,33±3,02
Ибупрофен	23.50±1.12

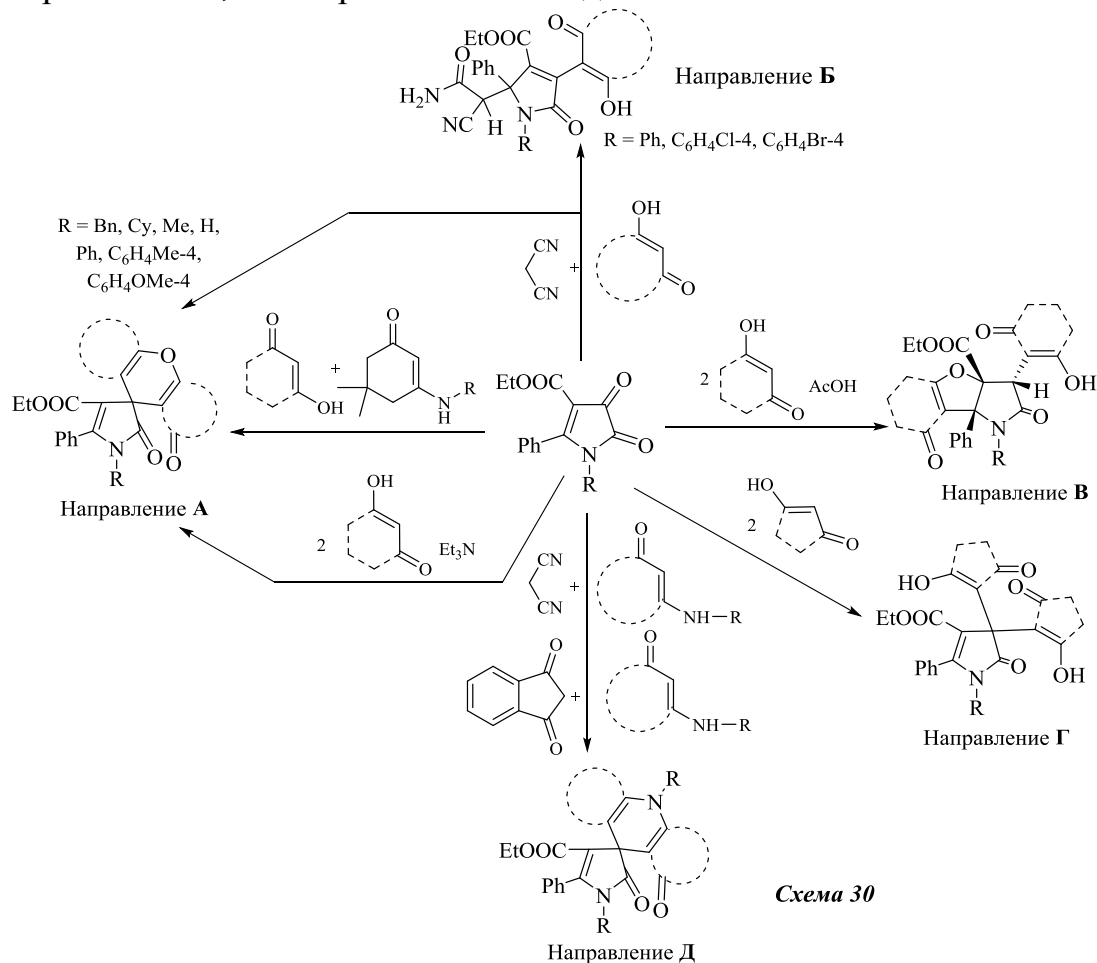
Исследованные соединения достоверно проявляют противомикробную и анальгетическую активность. Соединения **21а,г**, **12а** и **13а**, **30б** можно рекомендовать для углубленных фармакологических испытаний.

Заключение

- Показано, что взаимодействие *N*-незамещенного и *N*-алкилзамещенных 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов, а также *N*-арилзамещенных 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов, не содержащих электроноакцепторные группы в арильном цикле, с малонитрилом и енолами (3-оксобутаноатами, 2-гидроксинафталин-1,4-дионом, цикlopentan-1,3-дионом, тетрановой кислотой, 2,4-дигидро-3*H*-пиразол-3-онами, 4-гидроксихинолин-2(1*H*)-онами) приводит к образованию спиро[пиран-4,3'-пирролов].
- Установлено, что *N*-арилзамещенные 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионы, содержащие электроноакцепторные группы в арильном цикле, реагируют с малонитрилом и енолами (2-гидроксинафталин-1,4-дионом, 4-гидроксикумарином, тетрановой кислотой, 4-гидроксихинолин-2(1*H*)-онами) с образованием 2-(2-амино-2-оксо-1-цианоэтил)-5-оксо-2-фенил-2,5-дигидро-1*H*-пиррол-3-карбоксилатов.
- Найдено, что псевдо-трехкомпонентные реакции 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с шестичленными циклическими енолами (2-гидроксинафталин-1,4-дионом и 4-гидроксикумарином) в соотношении 1:2 протекают с образованием «циклических» продуктов: в присутствии кислотного катализатора (уксусной кислоты) – фуоро[3,2-*b*]пирролов, а в присутствии основного катализатора (триэтиламина) – спиро[пиран-4,3'-пирролов].
- Установлено, что псевдо-трехкомпонентные реакции 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с пятичленными циклическими енолами (индан-1,3-дионом и тетрановой кислотой) в соотношении 1:2 ведут к образованию «ациклических» продуктов – 4,4-бис(инден-3-ил)пирролов и 4,4-бис(фуран-3-ил)пирролов соответственно.

- Показано, что взаимодействие 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с малононитрилом и енаминами (диметил 2-аминомалеатами, 3-амино-5,5-диметилциклогекс-2-енонами) приводит к образованию спиро[пиридин-4,3'-пирролов].
- Установлено, что трехкомпонентные реакции 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с индан-1,3-дионом и енаминами (3-амино-5,5-диметилциклогекс-2-енонами, 3-амино-1-фенилбут-2-ен-1-оном, 3-аминобут-2-енонитрилом, 5-амино-3-метилизоксазолом и 5-амино-1*H*-пиразолами) приводят к образованию спиро[индено[1,2-*b*]хинолин-10,3'-пирролов], спиро[индено[1,2-*b*]пиридин-4,3'-пирролов], спиро[индено[1,2-*b*]изоксазоло[4,3-*e*]пиридин-4,3'-пирролов] и спиро[индено[1,2-*b*]пиразоло[4,3-*e*]пиридин-4,3'-пирролов] соответственно.
- Найдено, что взаимодействие 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с шестичленными циклическими енолами (4-гидроксикумарином, димедоном и 2-гидроксинафталин-1,4-дионом) и 3-амино-5,5-диметилциклогекс-2-енонами приводит к образованию спиро[хромено[4,3-*b*]хромен-7,3'-пирролов], спиро[пиррол-3,9'-ксантенов] и спиро[бензо[*b*]ксантен-12,3'-пирролов] соответственно.

Анализ вышеприведенных данных позволяет сделать вывод о возможных направлениях протекания мультикомпонентных реакций 5-фенил-4-этоксикарбонил-1*H*-пиррол-2,3-дионов с нуклеофильными реагентами (Схема 30). Направления Б, В и Г ранее не наблюдались.



Планируется продолжить исследование в направлении энантиоселективного синтеза полученных соединений.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ:

1. **Сальникова, Т.В.** Трехкомпонентная спиро-гетероциклизация 1*H*-пиррол-2,3-дионов с малононитрилом и пиразолонами. Кристаллическая и молекулярная структура спиро[пирано[2,3-*c*]пиразол-4,3'-пиррола] / М.В. Дмитриев, П.С. Силайчев, **Т.В. Сальникова**, П.В. Мелюхин, А.Н. Масливец // ЖОрХ. – 2015. – Т. 51. – Вып. 6. – С. 900-903; 0.46 п.л./ 0.09 п.л. (Scopus, Web of Science).
2. **Сальникова, Т.В.** Синтез спиро[пиррол-3,4'-фуоро[3,4-*b*]пиранов] по реакции пирролдионов с малононитрилом и тетроновой кислотой / **Т.В. Сальникова**, М.В. Дмитриев, А.Н. Масливец // ЖОрХ. – 2017. – Т. 53. – Вып. 1. – С. 129-130; 0.23 п.л./ 0.08 п.л. (Scopus, Web of Science).
3. **Salnikova, T.V.** One-pot, three-component synthesis of spiro[indeno[1,2-*b*]quinoline-10,3'-pyrroles] via the Hantzsch-type reaction of 1*H*-pyrrole-2,3-diones / M.V. Dmitriev, **T.V. Salnikova**, P.S. Silaichev, A.N. Maslivets // Tetrahedron Lett. – 2017. – V. 58. – №. 1. – P. 67-70; 0.46 п.л./ 0.12 п.л. (Scopus, Web of Science).
4. **Сальникова, Т.В.** Трехкомпонентная спирогетероциклизация пирролдионов под действием малононитрила и циклических енолов / **Т.В. Сальникова**, М.В. Дмитриев, Е.В. Бушмелева, П.С. Силайчев, А.Н. Масливец // ЖОрХ. – 2018. – Т. 54. – Вып. 4. – С. 564-567; 0.46 п.л./ 0.09 п.л. (Scopus, Web of Science).
5. **Сальникова, Т.В.** Синтез спиро[бензо[*g*]хромен-4,3'-пирролов] по реакции пирролдионов с малононитрилом и 2-гидроксинафталин-1,4-дионом / **Т.В. Сальникова**, М.В. Дмитриев, А.Н. Масливец // ЖОрХ. – 2018. – Т. 54. – Вып. 4. – С. 652-653; 0.23 п.л./ 0.08 п.л. (Scopus, Web of Science).
6. **Сальникова, Т.В.** Трехкомпонентная реакция 1*H*-пиррол-2,3-дионов с тетроновой кислотой – синтез 4,4-бис(фуран-3-ил)пирролов / А.Р. Камалова, М.В. Дмитриев, **Т.В. Сальникова**, А.Н. Масливец // ЖОрХ. – 2018. – Т. 54. – Вып. 6. – С. 941-942; 0.23 п.л./ 0.06 п.л. (Scopus, Web of Science).
7. **Сальникова, Т.В.** Трехкомпонентная спиро-гетероциклизация пирролдионов, индан-1,3-диона и ациклических енаминов / **Т.В. Сальникова**, М.В. Дмитриев, А.Н. Масливец // ЖОрХ. – 2019. – Т. 55. – Вып. 3. – С. 367-372; 0.69 п.л./ 0.23 п.л. (Scopus, Web of Science).
8. **Сальникова, Т.В.** Трехкомпонентная спиро-гетероциклизация пирролдионов, индан-1,3-диона и гетероциклических енаминов / **Т.В. Сальникова**, М.В. Дмитриев, А.Н. Масливец // ЖОрХ. – 2019. – Т. 55. – Вып. 5. – С. 747-752; 0.69 п.л./ 0.23 п.л. (Scopus, Web of Science).

Патент

9. Пат. 2643372 РФ, МПК C07D491/048. Способ получения этил 3-(3-гидрокси-1,4-диоксо-1,4-дигидронафталин-2-ил)-2,5,10-триоксо-10*b*-фенил-

1,2,3,5,10,10b-гексагидро-3aH-нафто[2',3':4,5]фуоро[3,2-b]пиррол-3a-карбоксилатов / Масливец А.Н., Дмитриев М.В., Баландина С.Ю., Камалова А.Р., **Сальникова Т.В.** ; заявители и патентообладатели ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (RU). – № 2017128191 ; заявл. 07.08.2017 ; опубл. 01.02.2018, Бюл. № 4.

Публикации в других изданиях

10. Сальникова, Т.В. Синтез спиро[индено[1,2-b]пиразоло[4,3-e]пиридин-4,3'-пирролов] взаимодействием пирролдионов с индан-1,3-дионом и замещенными 5-амино-1H-пиразолами / **Т.В. Сальникова**, М.В. Дмитриев, А.Н. Масливец // Современные достижения химических наук : тезисы докладов Всероссийской юбилейной конференции с международным участием (Пермь, 19-21 октября, 2016 г.). – Пермь : Изд-во ПГНИУ, 2016. – С. 206-207 (0.23 п.л./ 0.08 п.л.).

11. Сальникова, Т.В. Синтез спиро[индено[1,2-b]пиридин-4,3-пирролов] взаимодействием пирролдионов с индан-1,3-дионом и (Z)-3-амино-1-фенилбут-2-ен-1-оном / **Т.В. Сальникова**, М.В. Дмитриев, А.Н. Масливец // Енамины в органическом синтезе : тезисы докладов V Всероссийской конференции с международным участием (Пермь, 23-26 октября 2017 г.). – Пермь : Изд-во Института технической химии УрО РАН, 2017. – С. 78 (0.06 п.л./ 0.02 п.л.).

12. Сальникова, Т.В. Мультикомпонентные реакции 1H-пиррол-2,3-дионов / **Т.В. Сальникова**, М.В. Дмитриев, А.Н. Масливец // Современные синтетические методологии для создания лекарственных препаратов и функциональных материалов (MOSM2018) : тезисы докладов 2-ой Международной (российско-индийской) научно-практической конференции (Екатеринбург, 15-17 ноября 2018 г.). – Екатеринбург : Изд-во УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. – 2018. – С. УД-15 (0.12 п.л./ 0.04 п.л.).

13. Salnikova, T.V. Pseudo-three-component reactions of 1H-pyrrole-2,3-diones with enols / **T.V. Salnikova**, M.V. Dmitriev, A.N. Maslivets // Успехи синтеза и комплексообразования : тезисы докладов V Международной научной конференции (Москва, 22-26 апреля 2019 г.). – Москва : Изд-во РУДН, 2019. – С. 234 (0.12 п.л./ 0.04 п.л.).