

АГЛЯДЫ
REVIEWS

УДК 541.135+544.17+547.1

Поступила в редакцию 14.06.2016
Received 14.06.2016**И. А. Колесник, Е. А. Дикусар***Институт физико-органической химии НАН Беларуси, Минск, Беларусь***ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ МЕТАЛЛОЦЕНОВ**

Аннотация. Обзор посвящен методологии получения производных металлоценов, содержащих гетероциклические фрагменты, что позволяет не только усилить специфическое действие и свойства последних, но и получать соединения с принципиально новыми свойствами. Изоксазол входит в состав множества природных биологически активных соединений, его производные используются для лечения заболеваний центральной нервной системы, как противоопухолевые агенты, анальгетики, анестетики, миорелаксанты, антибиотики. Целенаправленно синтезированные производные изотиазола проявляют противовирусную, противораковую, антибиотическую активность, являются эффективными иммунодепрессантами, противовоспалительными и противотромбозными средствами. Производные указанных азолов занимают особое место в агрохимии в качестве гербицидов, пестицидов, инсектицидов или фунгицидов. В свою очередь соединения ферроцена представляют интерес ввиду широкого спектра их химических превращений и разнообразных путей практического использования в технике, электрохимии, катализе, а также в биологии и медицине. Более того, отмечено, что включение ферроценового фрагмента в органическую молекулу зачастую приводит к возникновению совершенно новых свойств и в том числе – биологической активности. Это обусловлено увеличением скорости проникновения вещества через клеточные мембраны из-за высокой липофильности ферроценового фрагмента, а следовательно, протеканием аномального метаболизма ферроценсодержащего соединения. Не менее разнообразны и направления применения цимантреновых производных; однако использование биологически активных соединений на его основе ограничено по причине достаточно высокой токсичности цимантренового фрагмента. Большой интерес представляет способность цимантреновой структуры к переметаллированию с образованием производных других металлоценов.

Ключевые слова: ферроцен, цимантрен, халкон, дихалкон, изотиазол, изоксазол, циклизация, гетероциклические соединения

Для цитирования. Колесник, И. А. Гетероциклические производные металлоценов / И. А. Колесник, Е. А. Дикусар // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2017. – № 4. – С. 107–125.

I. A. Kolesnik, E. A. Dikusar*Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus***HETEROCYCLES DERIVATIVES OF METALLOCENES**

Abstract. The review article is devoted to the methodology of getting derivatives containing metallocene and heterocyclic fragments united in one molecule, which allows not only strengthening the specific action and the properties of the latter, but also obtaining compounds with radically new properties. Isoxazole is a part of many biologically active compounds, and its derivatives are used to treat diseases of the central nervous system, such as anti-tumor agents, analgesics, anesthetics, muscle relaxants, antibiotics. Purposefully synthesized isothiazole derivatives exhibit antiviral, anticancer, antibiotic activity, are effective immunosuppressive drugs, anti-inflammatory and antithrombotic agents. Derivatives of these azoles have a special place in agrochemicals as herbicides, pesticides, insecticides or fungicides. In turn, ferrocene compounds are of interest due to their wide range of chemical transformations and various ways of practical use in the art of electrochemistry, catalysis, and also in medicine and biology. Moreover, it is noted that the inclusion of the ferrocene moiety in an organic molecule often leads to completely new properties, including biological activity. This is due to the increase of penetration

rate of material through the cell membranes due to the high lipophilicity of the ferrocene moiety, and therefore, the occurrence of abnormal metabolism ferrocene compound. Cymantrene derivatives applications are no less diverse; however, the use of biologically active compounds based on it is limited because of quite high toxicity of cymantrene fragment. Of great interest is the ability of the cymantrene structure to transmetallation with the formation of derivatives of other metallocenes.

Keywords: ferrocene, cymantrene, chalcone, dichalcone, isothiazole, isoxazole, cyclization, heterocyclic compounds

For citation. Kolesnik I. A., Dikumar E. A. Heterocycles derivatives of metallocenes. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk=Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Chemical series*, 2017, no. 4, pp. 107–125 (In Russian).

Введение. Важнейшей задачей органической химии в XXI веке является направленный поиск и получение новых полезных химических соединений для медицины и сельского хозяйства – как основных отраслей, обеспечивающих благосостояние человечества. Большой интерес в этом отношении представляют соединения изоксазола и изотиазола, а также таких металлоценов, как ферроцен и цимантрен.

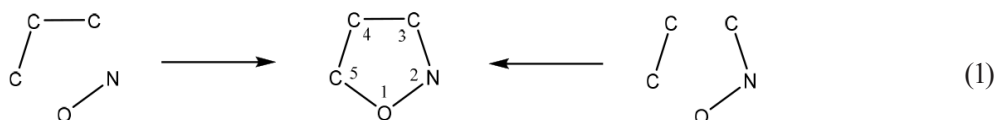
Изоксазол входит в состав множества природных биологически активных соединений, его производные используются для лечения заболеваний центральной нервной системы, как противоопухолевые агенты, анальгетики, анестетики, миорелаксанты, антибиотики [1]. Искусственно синтезированные производные изотиазола проявляют противовирусную, противораковую, антибиотическую активность, являются эффективными иммунодепрессантами, противовоспалительными и противотромбозными средствами [1]. Производные указанных азолов занимают особое место в агрохимии в качестве гербицидов, пестицидов, инсектицидов или фунгицидов [1].

В свою очередь соединения ферроцена представляют интерес благодаря широкому спектру их химических превращений и разнообразным направлениям практического использования в технике, электрохимии, катализе, а также в биологии и медицине. Более того, отмечено, что включение ферроценового фрагмента в органическую молекулу зачастую приводит к возникновению совершенно новых свойств и в том числе биологической активности. Это обусловлено увеличением скорости проникновения вещества через клеточные мембраны из-за высокой липофильности ферроценового фрагмента, а следовательно, протеканием аномального метаболизма ферроценсодержащего соединения [2]. Не менее разнообразны и направления применения цимантреновых производных; однако использование биологически активных соединений на его основе ограничено по причине достаточно высокой токсичности цимантренового фрагмента. Большой интерес представляет способность цимантреновой структуры к переметаллированию с образованием производных других металлоценов [3].

Многочисленными литературными источниками подтверждается тот факт, что объединение в одной молекуле металлоценового и гетероциклического фрагментов позволяет не только усилить специфическое действие и свойства последних, но и получить соединения с принципиально новыми свойствами [4–8]. Анализ именно этих факторов и лег в основу написания данного литературного обзора, охватывающего период с 1950 по 2016 г.

1. Общая характеристика производных изоксазола

Синтез, свойства и устойчивость изоксазольного цикла. Принципиально подходы к формированию изоксазольной системы делятся на две группы (схема 1): циклизация с формированием связей 1–5 и 2–3 либо 1–5 и 3–4 [9]. Типичной реакцией первого типа является взаимодействие гидросиламина с 1,3-дизлектрофилами. Ко второму же относится взаимодействие с алкенами и алкинами нитрилоксида [10].



С точки зрения химического поведения изоксазол близок по свойствам к ароматической системе, однако отличается высокой лабильностью связей цикла в определенных условиях и в особенности связи N–O. По химическим свойствам он наиболее близок к пиридину, но вступает в реакции электрофильного замещения легче. Изоксазольный цикл несимметричен, вследствие чего заместители в разных положениях неодинаково влияют на его реакционную способность: особенно сильно сказывается воздействие таких в 5-м положении кольца.

Наиболее характерной для данного гетероцикла реакцией является электрофильное замещение по 4-му положению. Взаимодействие с нуклеофилами чаще всего приводит к образованию продуктов с раскрытием цикла. Радикальные процессы для изоксазола нехарактерны, однако имеется ярко выраженная тенденция к образованию его координационных соединений.

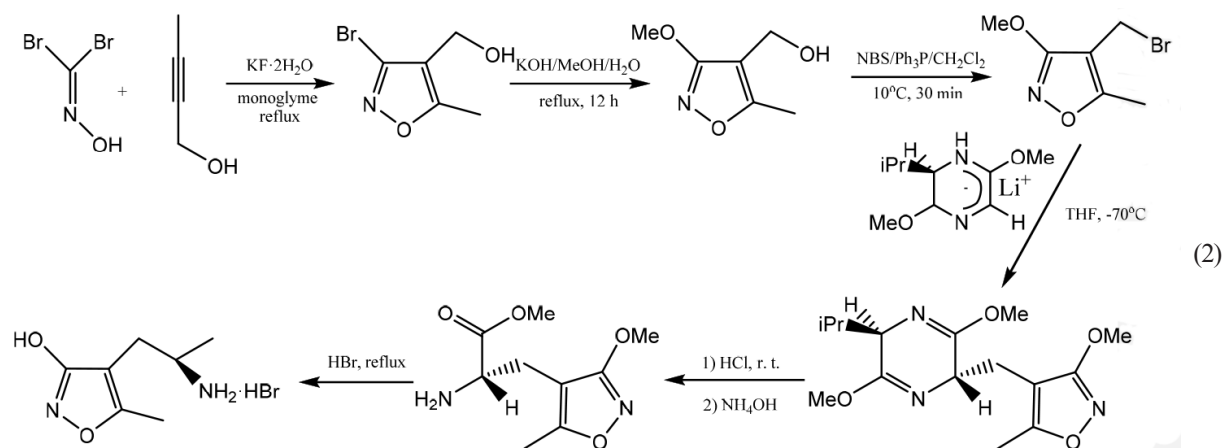
Известно значительное количество подходов по модификации экзоциклических заместителей. Так, успешно реализуется радикальное галогенирование, замещение галогенов в алкильных боковых цепях, реакции конденсации с участием метильных заместителей и многие другие процессы [9, 10]. Изоксазольный цикл демонстрирует высокую стойкость даже к сильным окислителям при условии отсутствия основной среды, а также пероксидам.

Раскрытие цикла происходит под действием нуклеофильных реагентов, в присутствии сильных восстановителей, действия водорода на платиновом катализаторе, озоноллизе [9].

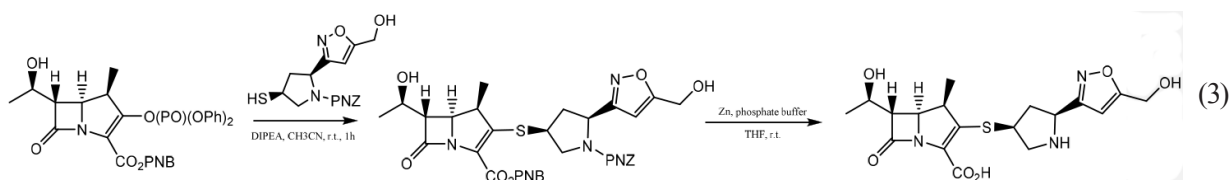
Биологическая активность изоксазольных соединений и направления их практического использования. Соединения, содержащие изоксазольный фрагмент, демонстрируют широкий спектр биологической активности, а также обладают уникальными физико-химическими свойствами, вследствие чего находят применение в медицине, технике и сельском хозяйстве. Не менее важное значение имеют указанные вещества в качестве исходных или промежуточных соединений в органическом синтезе [10].

Активные прикладные исследования в области химии изоксазола и использование его в качестве строительного блока для получения новых соединений в значительной степени были вызваны обнаружением этого гетероцикла в составе многих природных биологически активных веществ: иботеновой кислоты, мусцимола [11], изоксазолсодержащих спироизоксазолинов вроде калафианина, аэртионина [12–14], *цис*-циклопент[с]оксазолидиновых алкалоидов (-)пиринодемина А, циклосерина [15] и т. д.

Важным свойством производных изоксазола является их способность воздействовать на центральную нервную систему живых организмов [16]. Использование этой особенности позволило получить ряд изоксазолсодержащих соединений, являющихся терапевтическими агентами в отношении таких болезней, как ишемия мозга (препарат (S)-AMPA, схема 2), эпилепсия и нейродегенеративное расстройство [17–19]. Конденсацией циклических 1,3-дикетозэфиров с 3- и 5-аминоизоксазолами также получены противоконвульсивные агенты [20].

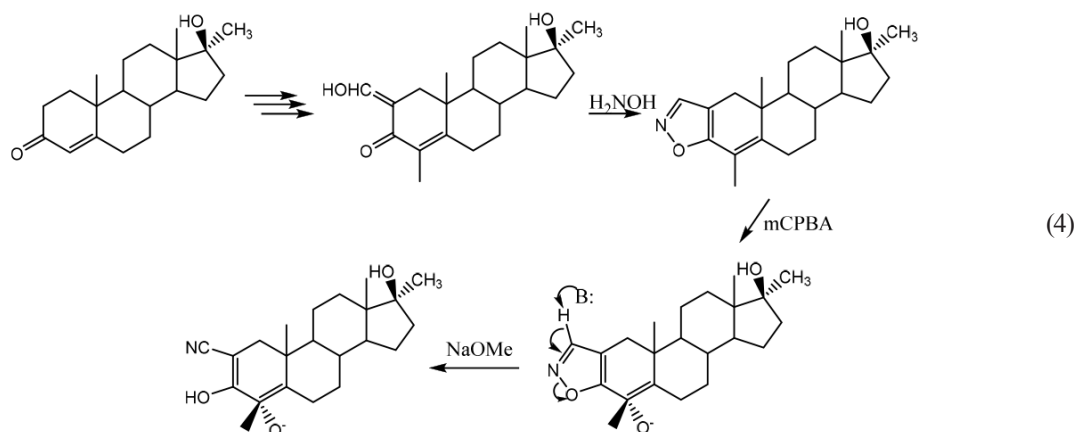


Были синтезированы соединения, проявившие также противоопухолевые [16], анестетические, анальгетические свойства, миорелаксанты, препараты для лечения гиперхолестеринемии, атеросклероза и гиперлипемии [9], вещества с противогрибковой [19] и противомикробной [21] активностью (препарат карбапенемового ряда, схема 3).

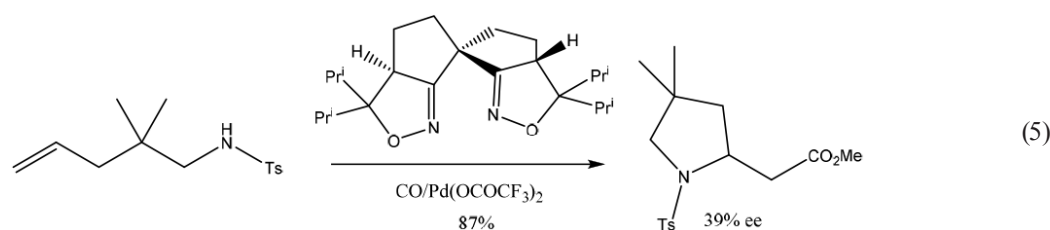


В агрохимии изоксазолы нашли применение в качестве гербицидов, эффективных в отношении сорняков многих видов, например *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis* и *Avena fatua* [16].

Среди вариантов использования изоксазольных производных, не связанных с биологической активностью последних, можно отметить применение их в органическом синтезе для получения некоторых стероидов (трилостан и эпостан, схема 4) [16].



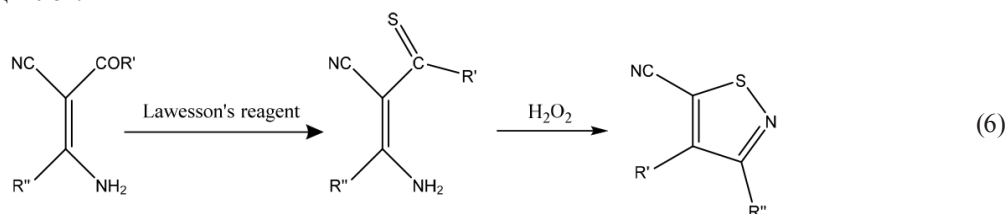
В синтетических целях также оказалась полезна склонность изоксазольных производных к образованию координационных соединений. К примеру, медные комплексы с хиральными бис-изоксазолиновыми спиросоединениями продемонстрировали высокую эффективность в реакции стереоселективного присоединения по Михаэлю (схема 5) [22, 23].



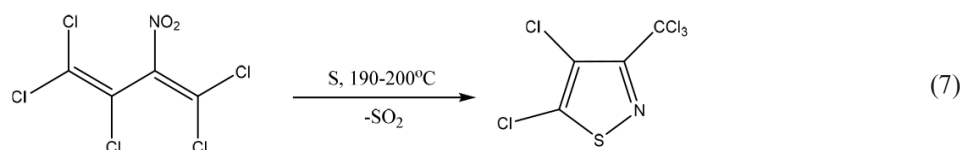
На основе бициклических оксетанов, содержащих 3-гидрокси-4-изоксазолилфенильный фрагмент [24], и рацемических бициклических изоксазолидинов созданы электрохимические сенсоры, селективные в отношении ионов тяжелых металлов [25, 26], а 3,5-дизамещенные изоксазолы с ароматическими фрагментами в боковых цепях образуют целый класс жидкокристаллических соединений нематического и смектического типов [27].

2. Общая характеристика производных изотиазола

Получение, устойчивость и реакционная способность. Впервые изотиазол был получен в 1956 г. по реакции окисления 5-аминобензо-1,2-изотиазола щелочным раствором перманганата калия с последующим декарбоксилированием образовавшейся кислоты [28]. В дальнейшем был разработан целый ряд методов получения указанного гетероцикла: окислительная циклизация N-C-C-C-S-фрагмента (схема 6) [29], реакции гетероциклизации и циклоприсоединения N-, C- и S-содержащих веществ [28], модификация других гетероциклов.



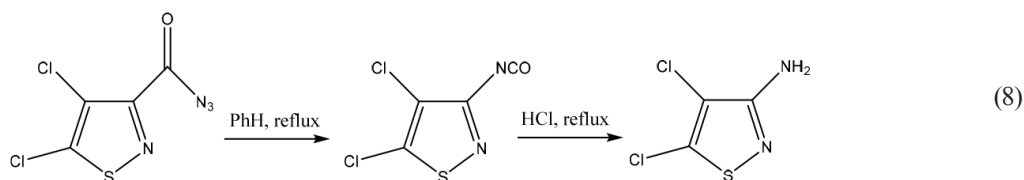
Стоит отметить, что в лаборатории элементоорганических соединений Института физико-органической химии НАН Беларуси был разработан новый метод синтеза изотиазольной системы по реакции гетероциклизации 2-нитропентахлорбута-1,3-диена (схема 7) [29].



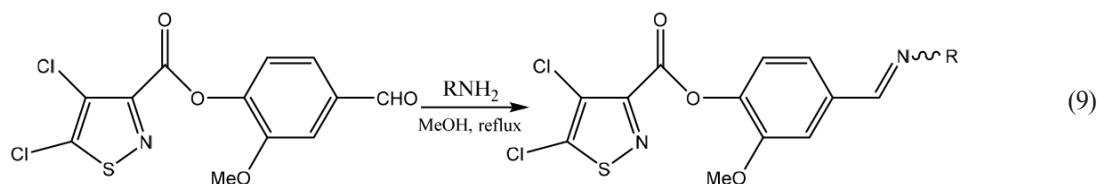
Изотиазол ведет себя как стабильное, типично ароматическое соединение, что обусловлено наличием π -системы делокализованных электронов. Тем не менее, прочность связи в изотиазольном цикле относительно невелика по сравнению с другими пятичленными циклами, содержащими два гетероатома. Так, ароматичность возрастает в ряду изотиазол > пиразол > изоксазол [30].

Существует множество вариантов функционализации изотиазольного фрагмента путем замены заместителей в кольце или модификации боковых цепей. При этом гетероциклическая система в большинстве случаев сохраняет свою целостность в самых разнообразных реакционных средах. Однако изотиазольный фрагмент далеко не инертен: как уже упоминалось, он проявляет ароматические свойства, вследствие чего вступает во все реакции, характерные для ароматических гетероциклов. В определенных условиях возможны также трансформация и раскрытие гетероцикла.

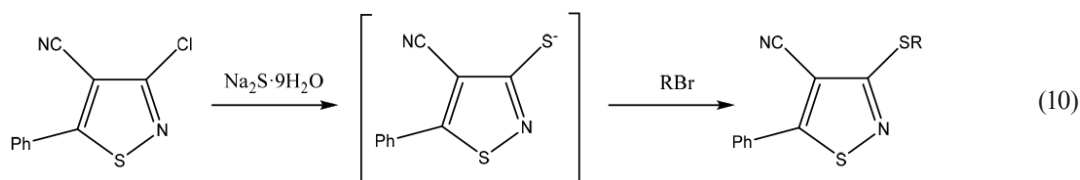
Применение и биологическая активность изотиазолов. Главный стимул проведения масштабных исследований в области химии изотиазола – широкий спектр полезных свойств и высокая биологическая активность его производных. Их исследование началось еще в 1967 г. с получения чрезвычайно эффективных изотиазольных аналогов пенициллина и цефалоспорина [31]. В настоящее же время около половины имеющихся литературных источников содержат информацию о направленном синтезе и использовании изотиазольных производных в агрохимических и медицинских целях [32]. В сельском хозяйстве и агротехнике изотиазолы в основном находят применение в качестве биоцидов (фунгицидов и инсектицидов) и гербицидов. Для подавления роста сорняков используются производные 4-бензоил- и 4-(гетариол)изотиазолов, 3,5-дизамещенных 4-изотиазолкарбонитрилов [33], изотиазолиламинов (схема 8) [34] и т. д., причем как самостоятельно, так и в составе различных композиций [35] ввиду наличия значительного синергетического эффекта.



В случае некоторых изотиазольных производных 4,5-дигидро-1*H*-пиразола и 1,2,3-триазолов с изотиазольными заместителями отмечается выраженная инсектицидная активность [28, 33]. Эти соединения демонстрируют эффект синергизма по отношению к промышленным инсектицидам. Аналогичные свойства проявляют вещества, полученные объединением ванилинового и изотиазольного фрагментов в одной молекуле. В частности, сложный эфир ванилина и дихлоризотиазолкарбоновой кислоты и его азометин способны усиливать действие известных инсектицидов «Витан» и «Кербер» (схема 9) [36].



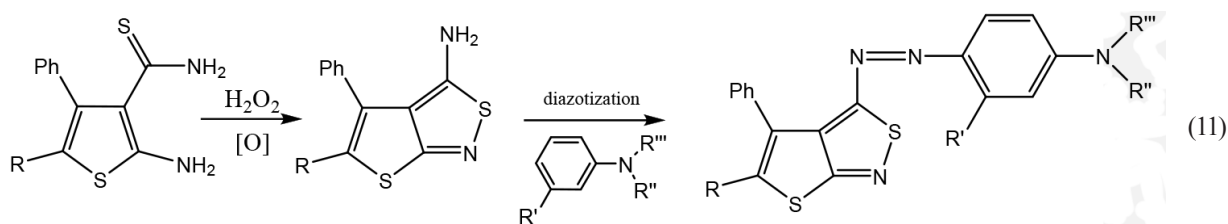
Многие изотиазольные производные проявляют противогрибковые, фунгицидные [28, 37], антибактериальные свойства [35], способны выступать в качестве регуляторов роста растений [31, 38]. Характерно, что во многих случаях какое-либо биологически активное изотиазольное производное обладает целым спектром полезных свойств [33, 34]. К примеру, 3,5-дизамещенные 4-изотиазолкарбонитрилы – эффективные гербициды, инсектициды и фунгициды (схема 10) [33].



Высокая биологическая активность изотиазольных производных привела к интенсивному поиску среди них эффективных лекарственных средств. Выявлено, что многие из этих соединений проявляют противовирусную [33, 39], антибиотическую [40–42] и противораковую активность [36]. Среди них имеются вещества, перспективные для лечения болезни Альцгеймера; противовоспалительные, противотромбозные и противоконвульсивные средства; физиологически активные соединения, взаимодействующие с различными рецепторами, и иммунодепрессанты [35–47].

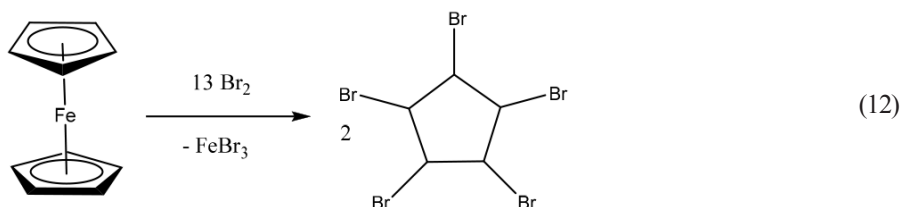
Не менее разнообразно и небиологическое использование изотиазолов. Их применяют в фотографии, в качестве красителей, в хемилюминесцентном анализе и для радиографической визуализации [28]. К примеру, показано, что модификация некоторых красителей изотиазольными фрагментами придает им

более высокую красильную стойкость и более яркое окрашивание. Синтезированные на основе изотиазола азокрасители (схема 11) интересны не только благодаря уникальным свойствам как дисперсных красителей для полиэфирных тканей, они также используются и в других областях: в лазерах, репрографической технике, препаратах для фотодинамической терапии и нелинейных оптических системах [48].



3. Общая характеристика производных ферроцена

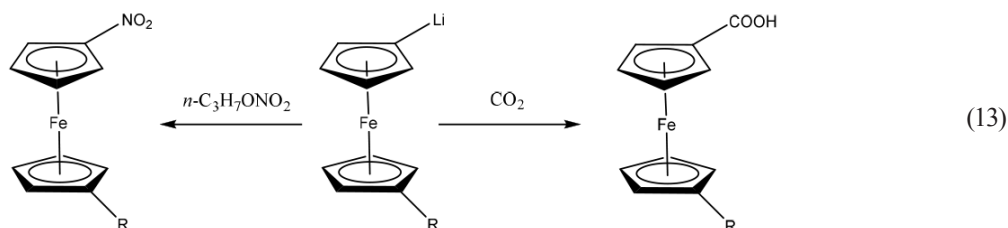
Стабильность ферроцена и его производных. Возможность введения различных заместителей в циклопентадиенильные кольца ферроцена свидетельствует о высокой устойчивости ферроценовой системы в самых разнообразных условиях. В отсутствие химических реагентов она малочувствительна к высоким температурам. Однако воздействие определенного круга веществ – свободных галогенов, солей арилдиазония, различных кислот – уже при обычных условиях вызывает разрушение ферроценового фрагмента (схема 12).



Соединения на основе ферроцена, содержащие в α -положении к ядру атом, несущий частичный положительный заряд, подвержены фотоокислению. Наиболее активно этот процесс протекает в кислых растворах, однако известны и случаи щелочного фотолиза [49].

Реакционная способность производных ферроцена. Ферроцен, в том числе замещенный, ведет себя как ароматическое соединение. Он вступает в реакции электрофильного замещения (сульфируется, алкилируется, ацилируется и фосфорилируется по Фриделю–Крафтсу, меркурируется и металлируется литий- и магнийорганическими соединениями) легче, чем бензол. Электрофильное замещение протекает преимущественно в кислой среде, причем электронодонорные заместители ускоряют этот процесс, напротив, соединения с одним акцепторным заместителем в кольце реагируют с трудом, а с двумя заместителями инертны в реакциях указанного типа.

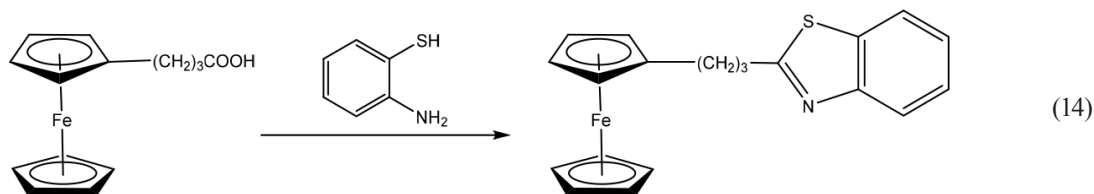
Особый интерес представляют литиевые и ртутные производные ферроцена. Атомы углерода, непосредственно связанные с литием или ртутью в таких соединениях, обладают повышенной нуклеофильностью, так что обмен металла на другие группы в них протекает очень легко. Вследствие чего указанные производные играют важнейшую роль в синтезе ферроценовых производных (схема 13) [50].



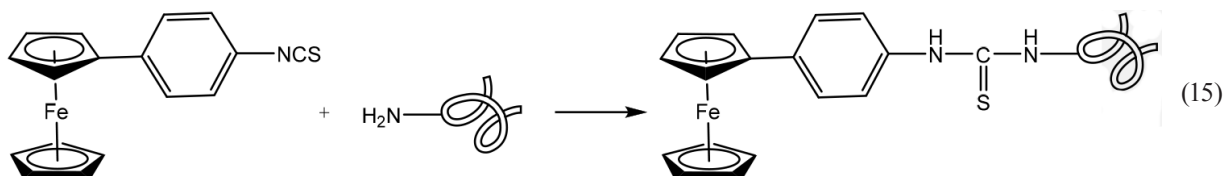
К другим типам реакций, характерных для ферроцена, относятся окисление по атому железа и разрыв связи Fe–C. Последний реализуется при действии очень сильных восстановителей (водород в присутствии никеля Ренея при высокой температуре или щелочные металлы в жидком аммиаке). Благодаря высокой химической активности ферроцена удалось синтезировать огромное количество его производных, относящихся почти ко всем классам органических соединений [51].

Практическая значимость производных ферроцена. Уникальные свойства самого ферроцена и соединений, полученных на его основе, обуславливают широкий спектр направлений их использования. В целях систематизации можно выделить четыре основных типа приложений: поглотители излучений

различных видов, регуляторы процессов горения, компоненты редокс-систем и биологически активные соединения [49]. Группу поглотителей излучений составляют арильные производные ферроцена (например, *o*-оксibenзоилферроцен) как эффективные ингибиторы светового старения полимеров, соединения с бензоксазольными и бензотиазольными заместителями как осветляющие агенты в текстильной промышленности (схема 14), кремнийорганические ферроценовые производные – термостабилизаторы полимеров.

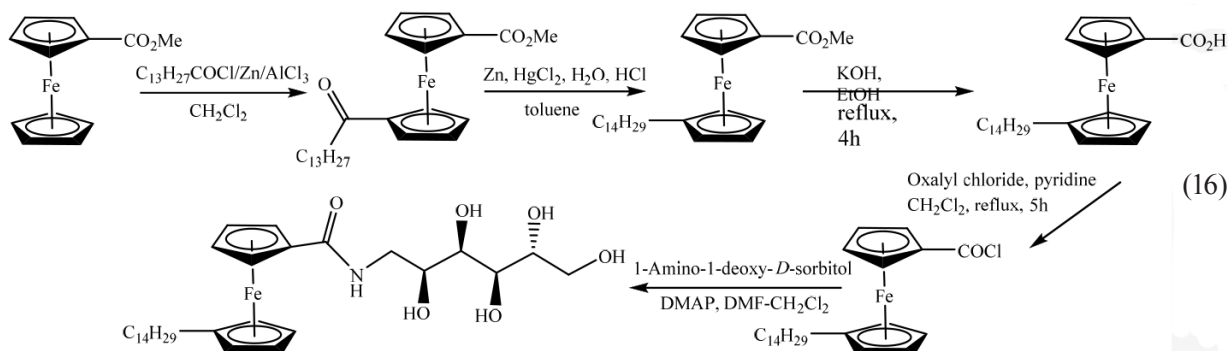


Практический интерес представляют цианиновые и индолениновые соединения, модифицированные ферроценом, а также ферроксантрахиноны как эффективные красители. Способность к образованию прочных связей с биосубстратами клеток и тканей делает ферроценовые производные перспективными гистохимическими красителями и агентами для маркировки пептидов [52, 53]. Для этих целей наиболее часто используются соединения ферроцена с изоцианатными группами, образующие с аминокруппами белков производные тиомочевины (схема 15). Стоит также упомянуть, что ферроценовые метки представляют интерес для иммуноанализа, а также электронно-микроскопических, электрофоретических и радиографических исследований [54].



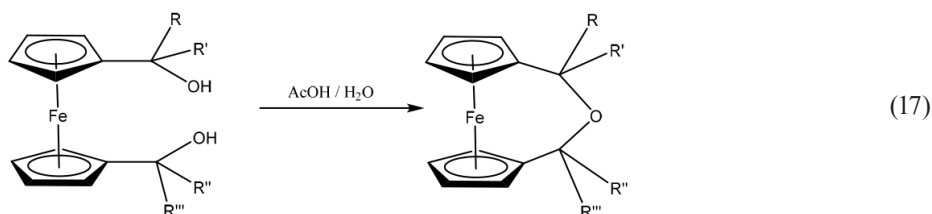
Наиболее часто встречающимися соединениями со свойствами регуляторов горения являются ферроцен и его гомологи, винил-, алкен-, формил- и циклопентенилферроцены, ферроценкарбоновая кислота, спирты на основе ферроцена. Зачастую одним и тем же соединениям присущи антидымные, антинагарные, антидетонационные, каталитические свойства. Помимо индивидуальных соединений, возможно использование двух- и многокомпонентных смесей. Стоит отметить, что до настоящего времени ферроцен и его производные не стали общепризнанными антидетонаторами вследствие осаждения продукта сгорания (оксида железа) на деталях двигателей, что ухудшает их рабочие характеристики и ускоряет износ. С добавлением, а иногда и на основе производных ферроцена изготавливают специфические топливные композиции, получают при использовании неорганических нитратов ртути, цезия и меди взрывчатые смеси с улучшенными свойствами [55]. Ферроцен и его производные находят применение в качестве катализаторов горения твердых ракетных топлив, противодымных добавок к топливам и полимерам [56].

Способность ферроцена к обратимой реакции окисления–восстановления в мягких условиях позволяет использовать эту систему для создания железоорганических ионообменных смол, полимеров-редокситов, ферроценовых электродов, антистатических средств, редокс-активных жидкокристаллических материалов (схема 16) [57].

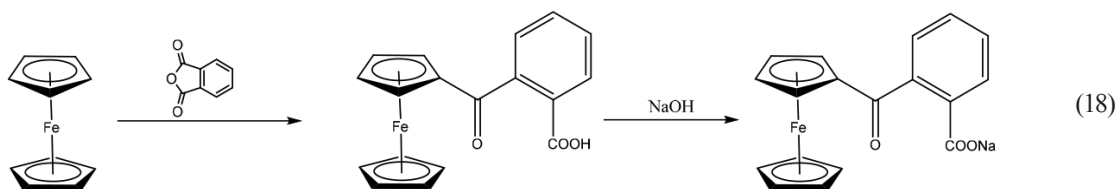


Сильные электронодонорные свойства и способность к комплексообразованию ферроценового фрагмента обуславливают его использование при создании хромофоров для нелинейной оптики [58], электродных покрытий [59], электрохимических сенсоров для распознавания анионов [60] и катионов [61].

Множество сведений успешного применения ферроценовых производных в медицине свидетельствует о их значительной биологической активности. Последней способствует высокая стабильность, безопасность [62] и выраженная липофильность ферроценового фрагмента, а также способность переходить в водорастворимую высокоактивную солевую форму [63]. Одним из первых направлений использования производных ферроцена в медицине стал синтез препаратов для лечения железодефицитной анемии (схема 17) [64].

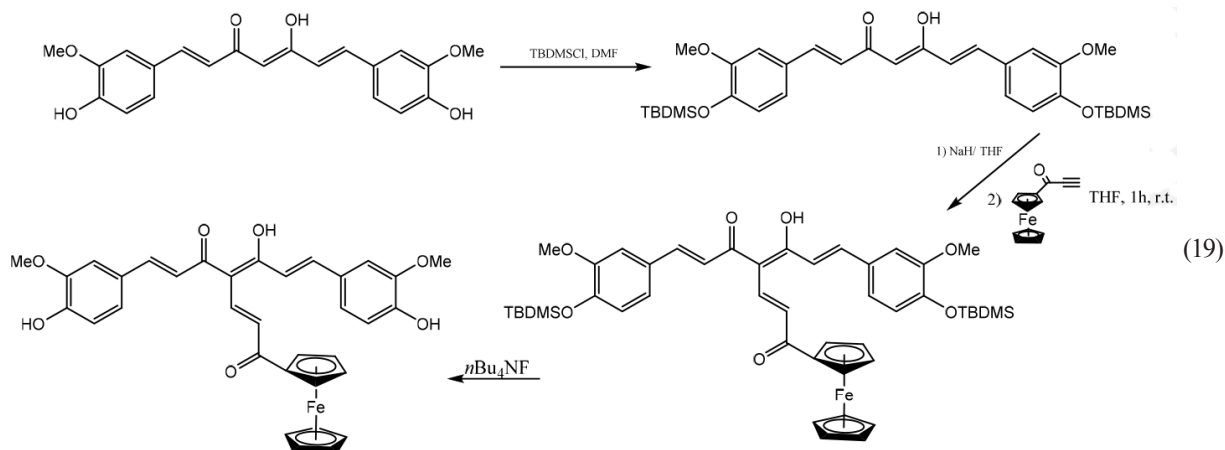


Первый лекарственный препарат на основе ферроцена разработан в СССР (схема 18) – Ферроцерон – натриевая соль *o*-карбокситенноилферроцена [64], эффективно излечивающий различные формы железодефицитной анемии, пародонтоз, тяжелое заболевание носоглотки – озену [49].



С использованием ферроценовых фрагментов получены также противоязвенные, противомаларийные [65–67] препараты, антибиотики цефалоспоринового и пенициллинового ряда [55], иммуностимулирующие агенты [68], антиоксиданты [66, 69], противораковые агенты [70].

Интересно, что введение ферроценового фрагмента способно повышать, а иногда и кардинально изменять [71] уже присущую соединениям биологическую активность. Например, модификация природных биологически активных соединений – куркуминоидов – ферроценом в значительной степени усиливает их противораковые свойства при отсутствии негативного воздействия на здоровые клетки (схема 19) [72].

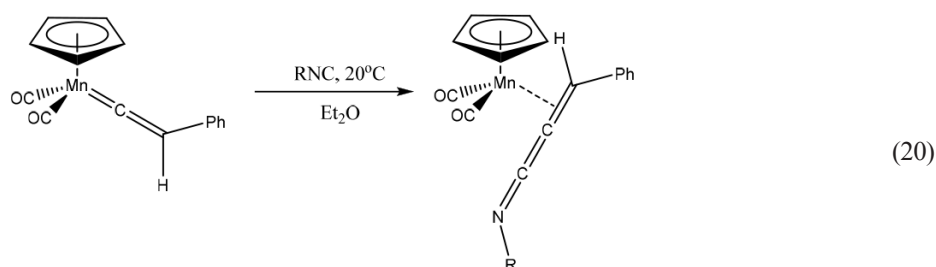


Стоит также отметить, что ввиду многообразия реакционной способности ферроцена и отсутствия ограничений для введения ферроценильного остатка в структуру известных лигандных систем существуют фактически безграничные возможности для синтеза лигандов, что привело к бурному развитию координационной химии соединений ферроцена [51, 73]. Интерес к металлокомплексам с ферроценильными лигандами обусловлен сильным донорным влиянием ферроценового фрагмента, что серьезно сказывается на свойствах комплексных соединений [58]. Лиганды на основе ферроцена нашли широкое применение в стереоселективном синтезе [58, 70, 74–76], а ферроценосодержащие макрокомплексы – в гомогенном катализе [77, 78]. Асимметрический синтез – далеко не единственная область применения комплексов с ферроценовыми лигандными системами: указанные соединения перспективны как редокс-переключаемые сенсоры [58, 79], противомикробные [80], противораковые [51] агенты. Некоторые производные ферроцена нашли применение в сельском хозяйстве в качестве компонентов фунгицидов, акарицидов, пестицидов, причем зачастую в качестве синергистов [81].

4. Общая характеристика производных цимантрена

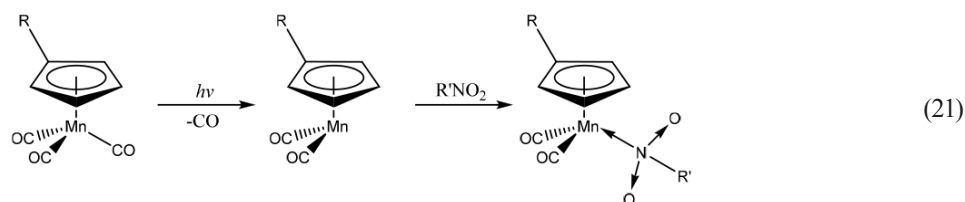
Разнообразие производных цимантрена и его реакционная способность. Цимантрен благодаря высокой устойчивости к окислению, термической стабильности и разнообразной реакционной способности является уникальным представителем металлоорганических соединений.

Использование основного типа реакций цимантрена – замещения атома водорода циклопентадиенильного лиганда, а также других общеизвестных синтетических методов позволяет получать широкий спектр соединений на основе этого металлоцена с самыми разнообразными заместителями в кольце. По числу доступных производных он уступает только ферроцену. Большая их часть была синтезирована и изучена на предмет реакционной способности, стереохимических особенностей и хироптических свойств уже к середине 80-х годов XX века. В настоящее же время основные усилия ученых направлены на изучение химии карбеновых (реакция карбенового комплекса цимантрена с изонитрилом, схема 20), карбиновых, винилиденовых, кумулиниденовых комплексов, а также комплексов с бориленами и другими более сложными лигандами [82, 83].

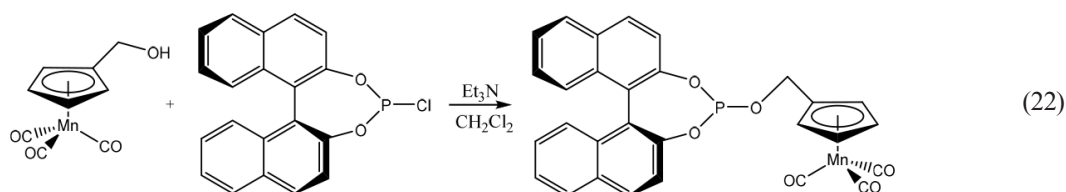


Производные цимантрена склонны к изменению лигандного окружения центрального атома путем замещения координированных молекул CO на другие двухэлектронные лиганды, содержащие донорные атомы; реакциям окислительного присоединения замещенных силанов, взаимодействию с протонными и апротонными кислотами, а также галогенами. Последние превращения протекают с образованием малоизученных нейтральных или катионных комплексов 7-координационного марганца, тогда как устойчивым является 6-координационное состояние [3].

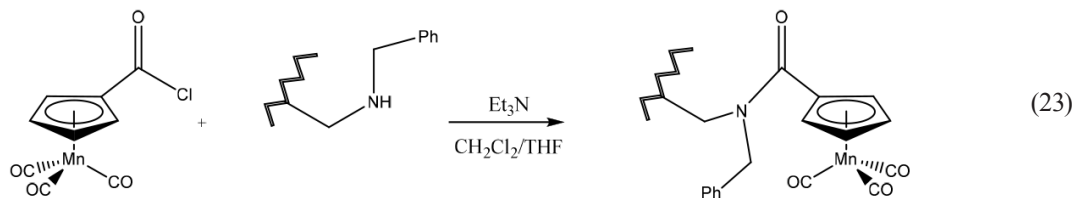
Применение производных цимантрена. Особенности строения и свойств цимантрена, а также обилие производных приводят к тому, что пути использования соединений на его основе многочисленны и разнообразны. Вещества, содержащие цимантреновый фрагмент, служат основой для создания отдельного класса фотохромных материалов, которые могут быть использованы при создании оптических приборов, так как способны играть роль молекулярных переключателей, элементов памяти и химических сенсоров [84]. Взаимодействие с цимантреном является качественной реакцией для определения следовых количеств нитросоединений (схема 21), что может использоваться в криминалистике для идентификации остаточных количеств взрывчатых веществ [85].



Внедрением цимантренового фрагмента можно формировать планарную хиральность в молекулах, изначально не обладающих плоскостью симметрии. Примером может служить возникновение хиральности указанного типа в молекулах стероидов [86]. Производные цимантрена в качестве лигандов (синтез цимантренсодержащего фосфинового лиганда, схема 22) привлекают особое внимание благодаря широкому диапазону проявляемой ими каталитической активности [87, 88].

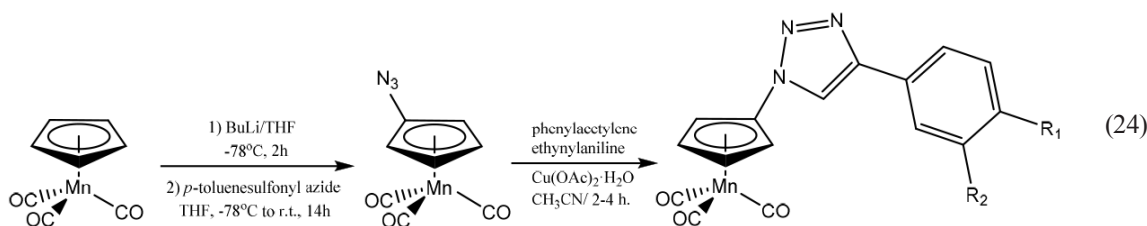


Интересны также варианты использования цимантрена для получения материалов с новыми свойствами. Модификация высокомолекулярных соединений цимантrenom (схема 23) увеличивает прочность полимеров [89, 90], влияет на электрические и магнитные характеристики материалов. Полимеры на основе цимантренных фрагментов, связанных алкиновыми мостиками, обладают электропроводящими свойствами и являются перспективными электродными материалами [91].



Цимантрен нашел применение и в неорганической химии. Так, полимерные и олигомерные фосфазеновые комплексы цимантрена являются прекурсорами для получения наноструктурированного пирофосфата марганца [92].

Таким образом, область практического использования цимантрена в основном связана с техникой и производством материалов. Однако к настоящему времени получено немало сведений о биологической активности соединений цимантрена и их применении в биохимии. Так, цимантрен является надежным металлорганическим биомаркером, конъюгаты которого с пептидами могут быть использованы как ИК-спектроскопические зонды в исследовании биораспределения пептидов [93, 94] и универсальные реагенты для иммунного анализа [95]. В медицине цимантренные конъюгаты нашли применение в качестве эффективных препаратов для лечения рака, малярии и бактериальных инвазий [96–99], а также заболеваний, вызываемых трипаносомами (синтез противотрипаносомного препарата, схема 24) [100].



Отдельный интерес представляют производные цимантрена как вещества, способные в процессе метаболизма в человеческом организме к выделению дозированных количеств угарного газа, что находит применение в терапевтических целях [101].

Заклучение. В лаборатории элементоорганических соединений Института физико-органической химии НАН Беларуси проводятся работы по синтезу и изучению свойств металлоорганических соединений и металлоценов начиная с 1959 г. Вначале под руководством доктора химических наук, профессора, члена-корреспондента Ю. А. Ольдекопа (1918–1992), затем доктора химических наук, члена-корреспондента Н. А. Майера (1932–2012) [102–104], а в настоящее время продолжают работы под руководством доктора химических наук, профессора, члена-корреспондента В. И. Поткина [105]. Было установлено, что химическая модификация производных металлоценов позволяет целенаправленно придавать этим соединениям широкий спектр полезных свойств, существенно расширяющий диапазон их возможного практического применения [106–131].

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (гранты X 15CO-006, X 15 M-029) и Сибирского Отделения Российской академии наук (грант СО РАН № 4).

Acknowledgements. This work has been performed with a financial support of Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (grants № X 15CO-006 and X 15 M-029) and Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (grant СО РАН № 4).

Список использованных источников

1. Машковский, М. Д. Лекарственные средства / М. Д. Машковский. – М.: Новая Волна, 2014.
2. King, L. C. The reaction of ketones with iodine and thiourea / L. C. King, R. J. Hlavacek // *J. Am. Chem. Soc.* – 1950. – Vol. 72, N 8. – P. 3722–3725.
3. Гинсбург, А. Г. Химия цимантрена / А. Г. Гинсбург // *Усп. химии.* – 2009. – Т. 78. – № 3. – С. 211–226.
4. Synthesis of ferrocenyl-oxazolines by ring expansion of N-ferrocenoyl-aziridine-2-carboxylic esters / B. F. Bonini [et al.] // *Tetrahedron: Asymmetry.* – 2003. – Vol. 14, N 21. – P. 3321–3327.
5. Synthesis of redox-active ferrocene pyrazole conjugates and their cytotoxicity in human mammary adenocarcinoma MCF-7 cells / W. C. M. Duivenvoorden [et al.] // *Inorg. Chim. Acta.* – 2005. – Vol. 358, 11. – P. 3183–3189.

6. Design, synthesis and biological investigation of certain pyrazole-3-carboxylic acid derivatives as novel carriers for nitric oxide / E.-S. M. N. Abdel-Hafez [et al.] // *Bioorg. Med. Chem.* – 2009. – Vol. 11, N 17. – P. 3829–3837.
7. Synthesis and selective antitubercular and antimicrobial inhibitory activity of novel N-substituted α -amino acids containing ferrocenyl pyrazole-moiety / M. D. Joksovic [et al.] // *J. Organomet. Chem.* – 2009. – Vol. 694, N 24. – P. 3935–3942.
8. Synthesis and biological activity research of novel ferrocenyl-containing thiazole imine derivatives / Y. Haibo [et al.] // *J. of Organometallic Chemistry.* – 2007. – Vol. 692, N 24. – P. 991–996.
9. Kochetkov, N. K. Recent developments in isoxazole chemistry / N. K. Kochetkov, S. D. Sokolov // *Adv. Heterocycl. Chem.* – 1963. – Vol. 2, N 18. – P. 365–422.
10. Recent advances in isoxazole chemistry / A. V. Galenko [et al.] // *Russ. Chem. Rev.* – 2015. – Vol. 84, N 4. – P. 335–377.
11. Liu, J. K. N-containing compounds of macromycetes / J. K. Liu // *Chem. Rev.* – 2005. – Vol. 105, N 7. – P. 2723–2744.
12. Isoxazoles / D. Giomi [et al.] // *Compr. Heterocycl. Chem. III.* – 2008. – Vol. 4. – P. 365–485.
13. Novel Bromotyrosine Alkaloids: Inhibitors of Mycothiol S-Conjugate Amidase / G. M. Nicholas [et al.] // *Org. Lett.* – 2001. – Vol. 3, N 10. – P. 1543–1545.
14. Phase II study of acivicin in patients with recurrent high grade astrocytoma / I. N. Olver [et al.] // *J. Clin. Neurosci.* – 1998. – Vol. 5, N 1. – P. 46–48.
15. Effect of a Y265F mutant on the transamination-based cycloserine inactivation of alanine racemase / T. D. Fenn [et al.] // *Biochemistry.* – 2005. – Vol. 44, N 14. – P. 5317–5327.
16. Sutharchanadevi, M. Isoxazoles / M. Sutharchanadevi, R. Murugan // *Comprehensive Heterocyclic Chemistry II* – 1996. – Vol. 3. – P. 221–260.
17. Enantioselective synthesis of (S)-2-amino-3-(3-hydroxy-5-methylisoxazole-4-yl)propanoic acid / R. Amici [et al.] // *J. Chem. Inf. Model.* – 2013. – Vol. 53, N 9. – P. 1689–1699.
18. Structural determinants of AMPA agonist activity in analogues of 2-amino-3-(3-carboxy-5-methyl-4-isoxazolyl)propionic acid: synthesis and pharmacology / B. Bang-Andersen [et al.] // *J. Med. Chem.* – 2000. – Vol. 43, N 25. – P. 4910–4918.
19. Convergent synthesis and pharmacology of substituted tetrazolyl-2-amino-3-(3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolyl)propionic acid analogues / S. B. Vogensen [et al.] // *J. Med. Chem.* – 2005. – Vol. 48, N 9. – P. 3438–3442.
20. Synthesis and anticonvulsant activity of enamines. 4. Investigations on isoxazole derivatives / N. D. Eddington [et al.] // *Eur. J. Med. Chem.* – 2002. – Vol. 37, N 8. – P. 635–648.
21. Synthesis and antibacterial activity of new carbapenems containing isoxazole moiety / Y. K. Kang [et al.] // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* – 2000. – Vol. 10, N 2. – P. 95–99.
22. Design and synthesis of the first Spiro Bis(isoxazoline) Derivatives as asymmetric ligands / M. A. Arai [et al.] // *Org. Lett.* – 1999. – Vol. 1, N 11. – P. 1795–1797.
23. A new asymmetric wacker-type cyclization and tandem cyclization promoted by Pd(II)-spiro bis(isoxazoline) catalyst / M. A. Arai [et al.] // *J. Am. Chem. Soc.* – 2001. – Vol. 123, N 12. – P. 2907–2908.
24. Synthesis of bicyclic dioxetanes bearing a 3-hydroxy-4-isoxazolylphenyl moiety: new CIEEL-active dioxetanes emitting light with remarkable high-efficiency in aqueous medium / M. Matsumoto [et al.] // *Tetrahedron Lett.* – 2002. – Vol. 43, N 49. – P. 8955–8958.
25. Ratiometric Fluorescent Sensor for Ag(I) with High Selectivity and Sensitivity / R. Yang [et al.] // *J. Am. Chem. Soc.* – 2003. – Vol. 125, N 10. – P. 2884–2885.
26. Selective complexation of metals with isoxazolidine-containing fluorophores / L. Fang [et al.] // *Tetrahedron Lett.* – 2005. – Vol. 46, N 1. – P. 173–176.
27. Solid-phase synthesis of liquid crystalline isoxazole library / T. Haino [et al.] // *Tetrahedron Lett.* – 2004. – Vol. 45, N 11. – P. 2277–2279.
28. Кабердин, Р. В. Изотиазолы (1,2-тиазолы): синтез, свойства и применение / Р. В. Кабердин, В. И. Поткин // *Успехи химии.* – 2002. – Т. 71, вып. 8. – С. 764–784.
29. Clerici, F. Isothiazole / F. Clerici [et al.] // *Comprehensive Heterocycl. Chem.* – 2008. – Vol. 4. – P. 543–633.
30. Elgazwy, A. S. H. The chemistry of isothiazoles / A. S. H. Elgazwy // *Tetrahedron.* – 2003. – Vol. 59, N 650. – P. 7445–7463.
31. Синтез некоторых функциональных производных изотиазола / В. И. Поткин [и др.] // *Вест. Акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук.* – 1994. – N 4. – P. 85–88.
32. Pat. USA 9067898. Preparation of GPR120 agonists for the treatment of type II diabetes [text]; assignor: Janssen Pharmaceutica NV. – N 20140275179A1; filed 07.03.2014; patented 30.06.2015.
33. Synthesis of New 3,4,5-Trisubstituted Isothiazoles as Effective Inhibitory Agents of Enteroviruses / C. C. C. Cutri [et al.] // *Bioorg. Med. Chem.* – 1999. – Vol. 7. – P. 225–230.
34. Поткин, В. И. Синтез 3-амино-4,5-дихлоризотиазола / В. И. Поткин, Ю. С. Зубенко // *Журн. орг. химии.* – 2009. – Т. 45, вып. 4. – С. 568–572.
35. Синтез амидов и эфиров 4,5-дихлоризотиазол-3-карбоновой кислоты / Н. И. Нечай [и др.] // *Журн. орг. химии.* – 2004. – Т. 40, вып. 7. – С. 1050–1055.
36. Synthesis of Novel Vanillin Derivatives Containing Isothiazole Moieties and its Synergistic Effect in Mixtures with Insecticides / V. Potkin [et al.] // *NPC.* – 2009. – Vol. 4, N 9. – P. 1205–1208.
37. Preparation of benzoyl compounds and herbicides containing them for rice paddy / K. Mineyuko [et al.] // *Current Bioactive Compounds.* – 2005. – Vol. 1, N 1. – P. 102–105.
38. Синтез 3-трихлорметил-4,5-дихлоризотиазола из 2-нитропентахлор-1,3-бутадиена и элементарной серы: новая реакция нитросоединений / Р. В. Кабердин [и др.] // *Докл. АН СССР.* – 1988. – Т. 300, N 5. – P. 1133–1135.
39. In vitro antiviral activity of four isothiazole derivatives against poliovirus type 1 / M. R. Pinizzotto [et al.] // *Antiviral Research.* – 1992. – Vol. 19, N 1. – P. 29–41.
40. Bürli, R. W. DNA Binding Ligands with Excellent Antibiotic Potency Against Drug-Resistant Gram-Positive Bacteria / R. W. Bürli [et al.] // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* – 2002. – Vol. 12, N 18. – P. 2591–2594.

41. Barchiesi, F. In vitro and in vivo anticryptococcal activities of a new pyrazolo-isothiazole derivative / F. Barchiesi [et al.] // *J. Antimicrob. Chemother.* – 2003. – Vol. 51, N 1. – P. 167–170.
42. DNA Binding Ligands Targeting Drug-Resistant Bacteria: Structure, Activity and Pharmacology / J. A. Kaizerman [et al.] // *J. Med. Chem.* – 2003. – Vol. 46, N 18. – P. 3914–3929.
43. Синтез 5-алкил(арил)сульфанилпроизводных 3-трихлорметил-4-хлоризотиазола и 4-хлоризотиазол-3- карбоновой кислоты / В. И. Поткин [и др.] // *Журн. орг. химии.* – 2007. – Т. 43, вып. 4. – С. 590–593.
44. Discovery of novel isothiazole inhibitors of the TrkA kinase: structure – activity relationship, computer modeling, optimization and identification of highly potent antagonists / B. Lippa [et al.] // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* – 2006. – Vol. 16, N 13. – P. 3444–3448.
45. Isothiazoles as active-site inhibitors of HCV NS5B polymerase / S. Yan [et al.] // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* – 2007. – Vol. 17, N 1. – P. 28–30.
46. 2-(Diethylamino)thieno[1,3]oxazin-4-ones as Stable Inhibitors of Human Leukocyte Elastase / M. Gutschow [et al.] // *J. Med Chem.* – 1999. – Vol. 42, N 9. – P. 5437–5447.
47. Синтез и некоторые реакции арил-4,5-дихлоризотиазол-3-илкетонров / В. И. Поткин [и др.] // *Журн. орг. химии.* – 2007. – Т. 43, N 10. – С. 1536–1540.
48. Pawar, G. G. The synthesis and application of 3-arylozo-4-phenylthieno[2,3-*c*]isothiazole and ethyl 3-arylozo-4-phenylthieno[2,3-*c*]isothiazole-5-carboxylate / G. G. Pawar [et al.] // *J. Serb. Chem. Soc.* – 2005. – Vol. 70, N 6. – P. 799–805.
49. Несмеянов, А. Н. Ферроцен и родственные соединения. Избр. тр. 1969–1979 / А. Н. Несмеянов. – М.: Наука, 1982.
50. Несмеянов, А. Н. Химия ферроцена. Избранные труды / А. Н. Несмеянов. – М.: Наука, 1969.
51. Распопова, Е. А. Строение, свойства и комплексообразующая способность полидентантных хелатирующих систем на основе ферроценоилгидразонов карбонильных соединений: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.04 / Е. А. Распопова. – Ростов-на-Дону, 2014.
52. Mann, L. T. Jr. A semimicro synthesis of Ferrocene (⁵⁹Fe) and some derivatives useful as «tags» for proteins / L. T. Jr. Mann // *J. Labelled. Compounds.* – 1967. – Vol. 3, N 2. – P. 87–97.
53. Allen, D. E. Robust metal complexes, ferrocenylmethyl carboxyhydrazide and 1-chloromercuriferrocene as electron-opaque stains for aldehydes and thiol groups / D. E. Allen, D. D. Perrin // *J. Histochem. And Cytochem.* – 1974. – Vol. 22, N 10. – P. 919–928.
54. Hartmut, F. Ferrocen-markierte Proteine / F. Hartmut // *Naturwissenschaften.* – 1967. – Vol. 54, N 13. – P. 339.
55. Методы элементо-органической химии. Железоорганические соединения. Ферроцен / Э. Г. Первалова [и др.]. – М.: Наука, 1983.
56. Противодымные присадки к дизельному топливу / А. Н. Несмеянов [и др.] // *Химия и технология топлив и масел.* – 1975. – N 3. – С. 40–42.
57. Ferrocene-containing carbohydrate surfactant: thermotropic and lyotropic phase behavior / B. Donnio [et al.] // *Organometallics.* – 2000. – Vol. 19, N 16. – P. 3077–3081.
58. Ekka, B. Synthesis and characterization of organometallic Schiff base compounds: dis. ... m. s. chem. / B. Ekka. – Rourkela, 2011.
59. Ferrocenyl-functionalized poly(propylenimine)dendrimers / I. Cuadrado [et al.] // *Organometallics.* – 1996. – Vol. 15, N 25. – P. 5278–5280.
60. Aza-crown ethers attached to dendrimers through amidoferrocenyl units / B. González [et al.] // *Organometallics.* – 2006. – Vol. 25, N 15. – P. 3558–3561.
61. Fallis, A. The synthesis and characterization of 1,1'-disubstituted ferrocene imine Schiff base ligand systems for use as potential environmental heavy metal cationic sensors: dis. ... m. s. chem. / A. Fallis. – Columbia, 2008.
62. Шугаев, Б. Б. Токсикология и гигиена продуктов нефтехимических производств / Б. Б. Шугаев, А. В. Биткина. – Ярославль: Ярославский мед. ин-т, 1972.
63. Pat. USA 3408376. Novel process for preparing ferrocene-cyclic ethers; assignor: Colgate-Palmolive Company. – N 2000131736/09; filed 07.10.1965; patented 24.05.1966.
64. A new preparation (ferrotseron) for the treatment of iron-deficiency anemia / A. N. Nesmeyanov [et al.] // *Pharm. Chem. J.* – 1972. – Vol. 6, N 4. – P. 269–271.
65. De, I. Synthesis and characterisation of ferrocenyl chalcone: dis. ... m. s. chem. / I. De. – Rourkela, 2008.
66. Antiplasmodial activity of ferrocenyl chalcones: investigations into the role of ferrocene / X. Wu [et al.] // *Eur. J. Pharm. Sci.* – 2006. – Vol. 27, N 2–3. – P. 175–187.
67. Bioorganometallic compounds with antimalarial targets: inhibiting hemozoin formation / M. Navarro [et al.] // *Organometallics.* – 2012. – Vol. 31, N 16. – P. 5715–5727.
68. Ferricenium complexes: a new type of water-soluble antitumor agent / P. Köpf-Maier [et al.] // *J. Cancer Res. Clin. Oncol.* – 1984. – Vol. 108, N 3. – P. 336–340.
69. Zhang, J. Synthesis, characterization and antioxidant activity of ferrocenylhydrazones / J. Zhang, R. Liu // *J. Chem. Soc. Pakistan.* – 2011. – Vol. 33, N 3. – P. 356–359.
70. Braga, S. S. A new age for iron: antitumoral ferrocenes / S. S. Braga, A. M. S. Silva // *Organometallics.* – 2013. – Vol. 32, N 20. – P. 5626–5639.
71. Synthesis and structural characterization of ferrocenyl-substituted aurones, flavones, and flavonols / K. N. Tiwari [et al.] // *Organometallics.* – 2011. – Vol. 30, N 20. – P. 5424–5432.
72. Synthesis of the first ferrocenyl derivatives of curcuminoids / A. Arezki [et al.] // *Organometallics.* – 2009. – Vol. 28, N 6. – P. 1606–1609.
73. Synthesis, structural characterization, and properties of a new range of strained 2-aza[3]ferrocenophane ligands: dual behavior as electrochemical sensors of metal ions or anions / A. Tarraga [et al.] // *Organometallics.* – 2002. – Vol. 21, N 10. – P. 2055–2065.
74. Šebesta, R. Novel chiral ferrocene imines / R. Šebesta, M. Sališová // *Chem. Pap.* – 2001. – Vol. 55, N 5. – P. 297–301.
75. Ferrocene-substituted bis(imino)pyridine iron and cobalt complexes: toward redox-active catalysts for the polymerization of Ethylene / V. C. Gibson [et al.] // *Organometallics.* – 2006. – Vol. 25, N 8. – P. 1932–1939.

76. New Reagent for Chiral Recognition Containing a five-membered palladacycle with a $\sigma(\text{Pd-C}_{\text{sp}^2}, \text{ferrocene})$ Bond / C. López [et al.] // *Organometallics*. – 1997. – Vol. 16, N 8. – P. 3261–3266.
77. Novel palladacycles containing $[\text{C}(\text{sp}^2, \text{ferrocene}), \text{N}, \text{O}]^-$ or $[\text{C}(\text{sp}^2, \text{ferrocene}), \text{N}, \text{O}]^{2-}$ terdentate ligands / S. Pérez [et al.] // *Organometallics*. – 2006. – Vol. 25, N 3. – P. 596–601.
78. Synthesis and characterization of Cu(I) and Zn(II) complexes with new sulfur-bearing isoxazole- or pyrazole-based ligands / N. Urdaneta [et al.] // *Inorg. Chem. Commun.* – 2015. – Vol. 55. – P. 43–47.
79. Homotrimetallic oxazolo-ferrocene complexes displaying tunable cooperative interactions between metal centers and redox-switchable character / A. Tárraga [et al.] // *Organometallics*. – 2001. – Vol. 20, N 11. – P. 2145–2152.
80. Abd-Elzaher, M. M. Synthesis, characterization, and antimicrobial activity of cobalt(II), nickel(II), copper(II) and zinc(II) complexes with ferrocenyl Schiff bases containing a phenol moiety / M. M. Abd-Elzaher // *Appl. Organomet. Chem.* – 2004. – Vol. 18, N 4. – P. 149–155.
81. Inclusion complexes of ferrocenes and β -cyclodextrins. Critical appraisal of the electrochemical evaluation of formation constants / D. Osella [et al.] // *Organometallics*. – 2000. – Vol. 19, N 14. – P. 2791–2797.
82. Kalinin, V. N. Reactions of vinylidene and allenylidene cymantrene derivatives with isonitriles / V. N. Kalinin [et al.] // *J. Organomet. Chem.* – 1989. – Vol. 379, N 3. – P. 303–309.
83. Herndon, J. W. The chemistry of the carbon–transition metal double and triple bond: annual survey covering the year 2009 / J. W. Herndon // *Coord. Chem. Rev.* – 2011. – Vol. 255, N 1–2. – P. 3–100.
84. Synthesis and photochemical properties of 1,2,3-triazoles containing (cyclopentadienyl)(tricarbonyl)manganese / L. N. Telegina [et al.] // *Russ. J. Inorg. Chem.* – 2015. – Vol. 60, N 11. – P. 1422–1426.
85. Selective photodetection of nitro compounds via cophotolysis with cymantrene / V. A. Nefedov [et al.] // *Mendeleev Commun.* – 2007. – Vol. 17, N 3. – P. 167–169.
86. Introduction of a planar chirality onto steroid substrates: Synthesis of (S) and (R)-2'-formylcymantrenyl-17 α -ethynylestradiols using (S) and (R)-1-formyl-2-iodo-cymantrenes / B. Ferber [et al.] // *J. Organomet. Chem.* – 2004. – Vol. 689, N 25. – P. 4872–4876.
87. Heterocyclic cymantrene derivatives in the radical polymerization of methyl methacrylate / R. M. Islamova [et al.] // *Dokl. Chem.* – 2012. – Vol. 446, N 2. – P. 215–219.
88. Cymantrene-derived monodentate phosphites: new ligands for Rh-catalyzed enantioselective hydrogenation / S. E. Lyubimov [et al.] // *J. Organomet. Chem.* – 2006. – Vol. 691, N 26. – P. 5992–5995.
89. Cymantrene-based iminodiamidophosphites: the first phosphite-type ligands with planar chirality / K. N. Gavrilov [et al.] // *Tetrahedron: Asymmetry*. – 2005. – Vol. 16, N 19. – P. 3224–3231.
90. Setayesh, S. Synthesis of Cymantrene-Containing Organometallic Polymers Using the Suzuki Coupling / S. Setayesh, U. Bunz // *Organometallics*. – 1996. – Vol. 15, N 6. – P. 5470–5472.
91. Vorotyntsev, M. A. Metallocene-containing conjugated polymers / M. A. Vorotyntsev, S. V. Vasilyeva // *Advanc. Colloid Interface Sci.* – 2008. – Vol. 139, N 1–2. – P. 97–149.
92. Polymer and oligomer phosphazene cymantrene derivatives as solid state precursors of nanostructured manganese pyrophosphate / D. Diaz [et al.] // *Polym. Bull.* – 2009. – Vol. 63, N 6. – P. 829–835.
93. Microwave-assisted solid-phase synthesis, cellular uptake, and cytotoxicity studies of cymantrene-peptide bioconjugates / H. W. P. N'Dongo [et al.] // *J. Organomet. Chem.* – 2009. – Vol. 649, N 6. – P. 823–827.
94. Synthesis, characterization, X-ray crystallography, and cytotoxicity of a cymantrene keto carboxylic acid for IR labelling of bioactive peptides on a solid support / H. W. P. N'Dongo [et al.] // *J. Inorg. Biochem.* – 2008. – Vol. 102, N 12. – P. 2114–2119.
95. Remy, I. Atomic Absorption Spectrometric Detection of Biotin-cymantrene as a Metallo-tracer for the Avidin-Biotin System / I. Remy, P. Brossier // *Analyst*. – 1993. – Vol. 118, N 8. – P. 1021–1025.
96. Protease-activatable organometal-peptide bioconjugates with enhanced cytotoxicity on cancer cells / K. Splint [et al.] // *Bioconjug. Chem.* – 2010. – Vol. 21, N 7. – P. 1288–1296.
97. The therapeutic potential of metal-based antimalarial agents: implications for the mechanism of action / C. Biot [et al.] // *Dalton Trans.* – 2012. – Vol. 41, N 21. – P. 6335–6349.
98. Analysis of the mechanism of action of potent antibacterial hetero-tri-organometallic compounds: A structurally new class of antibiotics / M. Wenzel [et al.] // *ACS Chem Biol.* – 2013. – Vol. 8, N 7. – P. 1442–1450.
99. Synthesis and antiproliferative evaluation of ferrocenyl and cymantrenyl triaryl butene on breast cancer cells. Biodistribution study of the corresponding technetium-99 tamoxifen conjugate / T. Dallagia [et al.] // *J. Organomet. Chem.* – 2013. – Vol. 734, N 18. – P. 69–77.
100. Cymantrene-Triazole “Click” Products: Structural Characterization and Electrochemical Properties / D. P. Day [et al.] // *Organometallics*. – 2014. – Vol. 33, N 18. – P. 4687–4696.
101. Recent developments in selective C–H functionalisation / C. G. Frost [et al.] // *Organometallic Chemistry*. – 2015. – Vol. 40. – P. 54–87.
102. Ольдекоп, Ю. А. Элементоорганическая химия / Ю. А. Ольдекоп. – М.: Знание, 1971.
103. Ольдекоп, Ю. А. Введение в элементоорганическую химию / Ю. А. Ольдекоп, Н. А. Майер. – Минск: Наука и техника, 1973.
104. Ольдекоп, Ю. А. Синтез металлоорганических соединений декарбокислированием ацилатов металлов / Ю. А. Ольдекоп. – Минск: Наука и техника, 1976.
105. Национальная академия наук Беларуси: персональный состав, 1928–2015 гг. / Сост. Т. С. Буденкова [и др.]; ред. В. Г. Гусаков (пред.) [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2016.
106. Ферроценсодержащие ацетиленовые пероксиспирты / Е. А. Дикусар [и др.] // *Журн. общей химии*. – 1999. – Т. 69, вып. 8. – С. 1315–1321.
107. Полимеризация стирола, инициированная ферроценсодержащими ацетиленовыми пероксидами / С. Г. Степин [и др.] // *Журн. прикладной химии*. – 2000. – Т. 73, вып. 9. – С. 1519–1522.
108. Синтез солей 1,1'-ферроцендикарбоновой кислоты и гетероциклических аминов / Е. А. Дикусар [и др.] // *Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук*. – 2008. – N 2. – С. 56–58.

109. Синтез моно- и 1,1'-*бис*(3,4,4-трихлор-3-бутеноил)ферроценов и 3,4,4-трихлор-3-бутеноилцимантрена / В. И. Поткин [и др.] // Журн. орг. химии. – 2008. – Т. 78, вып. 8. – С. 1338–1341.
110. Синтез сложных эфиров диоксима 1,1'-диацетилферроцена / Н. А. Жуковская [и др.] // Журн. общей химии. – 2009. – Т. 79, вып. 8. – С. 1301–1303.
111. Сложные эфиры изоксазол- и изотиазолкарбоновых кислот и оксимов β-изатина, изоксазол- и ферроценосодержащих кетонов и карборановых спиртов / Н. А. Жуковская [и др.] // Журн. общей химии. – 2013. – Т. 83, вып. 3. – С. 489–491.
112. Дикусар, Е. А. Синтез ферроценосодержащих замещенных дихалконов / Е. А. Дикусар, Ю. О. Суша, С. К. Петкевич // Журн. общей химии. – 2015. – Т. 85, вып. 8. – С. 1313–1318.
113. Синтез сложных эфиров металлоценовых спиртов и 4,5-дихлоризотиазол-3-карбоновой и 5-арилизоксазол-3-карбоновых кислот / В. И. Поткин [и др.] // Журн. общей химии. – 2016. – Т. 86, вып. 2. – С. 310–316.
114. Синтез и изучение окислительно-восстановительных свойств некоторых производных ферроцена циклической вольтамперометрией и методом РМ7 / А. В. Клецков [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2015. – № 4. – С. 42–50.
115. Ферроценосодержащие ацетиленовые пероксиды / Е. А. Дикусар [и др.] // Тез. X Междунар. конф. по химии орган. и элементоорган. пероксидов. 16–18 июня 1998 г. – М., 1998. – D13.
116. Широкий, В. Л. Синтез пероксидов на основе ферроцена / В. Л. Широкий [и др.] // Тез. стендовых докл. «Горизонты органической и элементоорганической химии». VII Всерос. конф. по металлоорганической химии. 6–11 сентября, 1999 г. – М., 1999. – Т. 2. – С. 172.
117. Polymerization of styrene initiated by acetylene peroxides containing ferrocene / S. G. Stepin [at al.] // Book of abstracts of World polymer congress IUPAC MACRO 2000 38th macromolecular IUPAC symposium. 9–14 July 2000. – Warsaw, Poland, 2000. – Vol. 1. – P. 259.
118. Ferrocene-containing acetylenic alcohols and peroxy-alcohols / V. L. Shirokii [at al.] // Book of abstracts XIVth FECHM conference on organometallic chemistry. September 2–7, 2001. – Gdansk, Poland, 2001. – P. 71.
119. Аминовые соли 1,1'-ферроцендикарбоновой кислоты и ряда гетероциклических азотсодержащих соединений / Е. А. Дикусар [и др.] // Программа II Междунар. науч. конф. «Химия, технология и медицинские аспекты природных соединений». 10–13 октября 2007. – Алматы, 2007. Казахстан. – С. 198.
120. Дикусар, Е. А. Синтез и фунгицидная активность сложных эфиров диоксима 1,1'-диацетилферроцена / Е. А. Дикусар [и др.] // Тезисы докладов Научно-практической конференции «Биологически активные вещества: фундаментальные и прикладные вопросы получения и применения», 25–30 мая 2009 г. (Новый Свет, Украина). – Киев: Издатель В. С. Мартынюк, 2009. – С. 33–34.
121. Сложные эфиры изоксазол- и изотиазолкарбоновых кислот и оксимов изатина, изоксазол- и ферроценосодержащих кетонов и карборановых спиртов / Е. А. Дикусар [и др.] // Материалы за 8-а Междунар. науч.-практ. конф. «Настоящи изледования и развитие». 17–25-ти януари 2012. – София, България. – Т. 18. – Экология. Химия и химически технологии. Селско стопанство. Ветеринарна наука. – София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2012. – С. 33–35.
122. Суша, Ю. О. Синтез некоторых производных растительных альдегидофенолов и ферроцена – перспективных лекарственных средств / Ю. О. Суша, Е. А. Дикусар // Материалы 67-й итоговой науч.-практ. конф. Студентов и молодых ученых «Актуальные вопросы современной медицины и фармации». 23–24 апреля 2015 г. – Витебск: ВГМУ, 2015. – С. 773–775.
123. Синтез и изучение окислительно-восстановительных свойств некоторых производных растительных альдегидофенолов и ферроцена циклической вольтамперометрией и методом РМ7 / Ю. О. Суша [и др.] // Химия и технология новых веществ и материалов: Тез. докл. V Всерос. молодеж. науч. конф. Сыктывкар, 25–28 мая 2015 г. – Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2015. – С. 139–142.
124. Синтез сложных эфиров 4,5-дихлоризотиазол-3-карбоновой и *o*(*m*)-карборан-*C*-карбоновых кислот и некоторых производных моно- и 1,1'-диацетилферроцена / А. В. Клецков [и др.] // XXIX науч.-техн. конф. «Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии»: тез. докл. Новосибирск, Академгородок, 28 сентября – 1 октября 2015 г. – Новосибирск: Изд-во НИОХ СО РАН, 2015. – С. 103.
125. Колесник, И. А. 1,2-Азольные производные ферроцена и цимантрена / И. А. Колесник, А. В. Клецков, Е. А. Дикусар // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых им. Проф. Л. П. Кулева, посвящ. 120-летию Томского политех. ун-та. Томск, 17–20 мая 2016 г. – Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2016. – С. 171–172.
126. Ferrocene containing derivatives of benzaldehyde vanillic natural series / E. A. Dikusar [at al.] // Proceeding of the International Research and Practice Conference «Achievements and Prospects for the Development of Phytochemistry», Karaganda, April 10–11th, 2015 / «International research and production holding «Phytochemistry» JSC, Karaganda Pharmaceutical Plant. – Karaganda: Glasir, 2015. – P. 84.
127. Колесник, И. А. Сложные эфиры 4,5-дихлоризотиазол-3-карбоновой кислоты и металлоценовых спиртов / И. А. Колесник, А. В. Клецков, Е. А. Дикусар // Молодежь в науке – 2015: Материалы X Международ. науч. конф. 1–4 декабря 2015 г. – Минск, 2015. – С. 318.
128. Колесник, И. А. Сложные эфиры металлоценовых спиртов и 4,5-дихлоризотиазол-3-карбоновой и 5-арилизоксазол-3-карбоновой кислот – новые перспективные лекарственные средства / И. А. Колесник, Е. А. Дикусар // Студенческая медицинская наука XXI века: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. 4–5 ноября 2015 г. – Витебск: ВГМУ, 2015. – С. 311–313.
129. Дикусар, Е. А. Функционально замещенные производные ацетилена. Синтез, структура, свойства и применение / Е. А. Дикусар, А. П. Ювченко, В. И. Поткин – Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing / AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, 2013.
130. Дикусар, Е. А. Простые и сложные эфиры в линкерных технологиях. Современные аспекты молекулярного дизайна – от душистых веществ до биологически активных соединений / Е. А. Дикусар. – Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing / OmniScriptum GmbH & Co. KG, 2014.
131. Дикусар, Е. А. Соли органических кислот и аминов. Синтез, структура, биологическая активность / Е. А. Дикусар, Н. Г. Козлов, В. И. Поткин – Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing / AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, 2013.

References

- Mashkovskii M. D., *Lekarstvennyye sredstva* [Medicinal products], Novaia Volna, Moscow, RU, 2014.
- King L. C., Hlavacek R. J., "The reaction of ketones with iodine and thiourea", *Journal of the American Chemical Society*, 1950, vol. 72, no. 8, pp. 3722–3725.
- Ginsburg A. G., "Chemistry of cymantrene", *Uspekhi khimii* [Russian Chemical Reviews], 2009, vol. 78, no. 3, pp. 211–226.
- Bonini B. F., Fochi M., Comes-Franchini M., Ricci A., Thijs L., Zwanenburg B., "Synthesis of ferrocenyl-oxazolines by ring expansion of N-ferrocenyl-aziridine-2-carboxylic esters", *Tetrahedron: Asymmetry*, 2003, vol. 14, no. 21, pp. 3321–3327.
- Duivenvoorden W. C. M., Liu Y., Schatte G., Kraatz H.-B., "Synthesis of redox-active ferrocene pyrazole conjugates and their cytotoxicity in human mammary adenocarcinoma MCF-7 cells", *Inorganica Chimica Acta*, 2005, vol. 358, no. 11, pp. 3183–3189.
- Abdel-Hafez S. M., Abu-Rahma G. D., Abdel-Aziz M., Radwan M. F., Farag H. H., "Design, synthesis and biological investigation of certain pyrazole-3-carboxylic acid derivatives as novel carriers for nitric oxide", *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 2009, vol. 11, no. 17, pp. 3829–3837.
- Joksovic M. D., Markovic V., Juranic Z. D., Stanojkovic T., Jovanovic L. S., Damljanovic I. S., Szecsenyi K. M., Todorovic N., Trifunovic S., Vukicevic R. D., "Synthesis and selective antitubercular and antimicrobial inhibitory activity of novel N-substituted α -amino acids containing ferrocenyl pyrazole-moiety", *Journal of Organometallic Chemistry*, 2009, vol. 694, no. 24, pp. 3935–3942.
- Haibo Y., Shao L., Fang J., "Synthesis and biological activity research of novel ferrocenyl-containing thiazole imine derivatives", *Journal of Organometallic Chemistry*, 2007, vol. 692, no. 24, pp. 991–996.
- Kochetkov N. K., Sokolov S. D., "Recent developments in isoxazole chemistry", *Advances in Heterocyclic Chemistry*, 1963, vol. 2, no. 18, pp. 365–422.
- Galenko A. V., Khlébnykov A. F., Novikov M. S., Pakalnis V. V., Rostovskii N. V., "Recent advances in isoxazole chemistry", *Russian Chemical Reviews*, 2015, vol. 84, no. 4, pp. 335–377.
- Liu J. K., "N-containing compounds of macromycetes", *Chemical Reviews*, 2005, vol. 105, no. 7, pp. 2723–2744.
- Giomi D., Cordero F. M., Machetti F., "Isoxazoles", *Comprehensive Heterocyclic Chemistry III*, 2008, vol. 4, pp. 365–485.
- Nicholas G. M., Newton G. L., Fahey R. C., Bewley C. A., "Novel Bromotyrosine Alkaloids: Inhibitors of Mycothiol S-Conjugate Amidase", *Organic Letters*, 2001, vol. 3, no. 10, pp. 1543–1545.
- Olver I. N., Green M., Millward M. J., Bishop J. F., "Phase II study of acivicin in patients with recurrent high grade astrocytoma", *Journal of Clinical Neuroscience*, 1998, vol. 5, no. 1, pp. 46–48.
- Fenn T. D., Holyoak T., Stamper G. F., Ringe D., "Effect of a Y265F mutant on the transamination-based cycloserine inactivation of alanine racemase", *Biochemistry*, 2005, vol. 44, no. 14, pp. 5317–5327.
- Sutharchanadevi M., Murugan R., "Isoxazoles", *Comprehensive Heterocyclic Chemistry II*, 1996, vol. 3, pp. 221–260.
- Amici R., Pevarello P., Colombo M., Varasi M., "Enantioselective synthesis of (S)-2-amino-3-(3-hydroxy-5-methylisoxazole-4-yl)propanoic acid", *Journal of Chemical Information and Modeling*, 2013, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699.
- Bang-Andersen B., Ahmadian H., Lenz S. M., Stensbøl T. B., Madsen U., Bøgesø K. P., Krogsgaard-Larsen P., "Structural determinants of AMPA agonist activity in analogues of 2-amino-3-(3-carboxy-5-methyl-4-isoxazolyl)propionic acid: synthesis and pharmacology", *Journal of Medicinal Chemistry*, 2000, vol. 43, no. 25, pp. 4910–4918.
- Vogensen S. B., Clausen R. P., Greenwood J. R., Johansen T. N., Pickering D. S., Nielsen B., Ebert B., Krogsgaard-Larsen P., "Convergent synthesis and pharmacology of substituted tetrazolyl-2-amino-3-(3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolyl)propionic acid analogues", *Journal of Medicinal Chemistry*, 2005, vol. 48, no. 9, pp. 3438–3442.
- Eddington N. D., Cox D. S., Roberts R. R., Butcher R. J., Edafiogho I. O., Stables J. P., Cooke N., Goodwin A. M., Smith C. A., Scott K. R., "Synthesis and anticonvulsant activity of enamines. 4. Investigations on isoxazole derivatives", *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2002, vol. 37, no. 8, pp. 635–648.
- Kang Y. K., Shin K. J., Yoo K. H., Seo K. J., Hong C. Y., Lee C. S., Park S. Y., Kim D. J., Park S. W., "Synthesis and antibacterial activity of new carbapenems containing isoxazole moiety", *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2000, vol. 10, no. 2, pp. 95–99.
- Arai M. A., Arai T., Sasai H., "Design and synthesis of the first Spiro Bis(isoxazoline) Derivatives as asymmetric ligands", *Organic Letters*, 1999, vol. 1, no. 11, pp. 1795–1797.
- Arai M. A., Kuraishi M., Arai T., Sasai H., "A new asymmetric wacker-type cyclization and tandem cyclization promoted by Pd(II)-spiro bis(isoxazoline) catalyst", *Journal of the American Chemical Society*, 2001, vol. 123, no. 12, pp. 2907–2908.
- Matsumoto M., Sakuma T., Watanabe N., "Synthesis of bicyclic dioxetanes bearing a 3-hydroxy-4-isoxazolylphenyl moiety: new CIEEL-active dioxetanes emitting light with remarkable high-efficiency in aqueous medium", *Tetrahedron Letters*, 2002, vol. 43, no. 49, pp. 8955–8958.
- Yang R., Chan W. H., Lee A. W., Xia P. F., Zhang H. K., Li K., "Ratiometric Fluorescent Sensor for Ag(I) with High Selectivity and Sensitivity", *Journal of the American Chemical Society*, 2003, vol. 125, no. 10, pp. 2884–2885.
- Fang L., Chan W.-H., He Y.-B., "Selective complexation of metals with isoxazolidine-containing fluorophores", *Tetrahedron Letters*, 2005, vol. 46, no. 1, pp. 173–176.
- Haino T., Tanaka M., Ideta K., Kubo K., Mori A., Fukazawa Y., "Solid-phase synthesis of liquid crystalline isoxazole library", *Tetrahedron Letters*, 2004, vol. 45, no. 11, pp. 2277–2279.
- Kaberdin R. V., Potkin V. I., "Isothiazoles (1,2-thiazoles): synthesis, properties and applications", *Uspekhi khimii* [Russian Chemical Reviews], 2002, vol. 71, no. 8, pp. 764–784.
- Clerici F., Gelmi M. L., Pellegrino S., "Isothiazole", *Comprehensive Heterocyclic Chemistry III*, 2008, vol. 4, pp. 543–633.
- Elgazwy A. S. H., "The chemistry of isothiazoles", *Tetrahedron*, 2003, vol. 59, no. 650, pp. 7445–7463.
- Potkin V. I., Nechai N. I., Kaberdin R. V., "Synthesis of some functional isothiazole derivatives", *Vestsi Natsyional'noi akademii navuk Belarusi. Seriya khimichnykh navuk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical Series], 1994, no. 4, pp. 85–88.
- Illig C. R., Player M. R., Zhang X., Janssen Pharmaceutica NV Beerse N/A, *Isothiazole derivatives as GPR120 agonists for the treatment of type II diabetes*, BE, Pat. № 9067898, 2015.
- Cutri C. C., Carozzo A., Siracusa M. A., Sarvã M. C., Castro A., Geremia E., Pinizzotto M. R., Guerrero F., "Synthesis of New 3,4,5-Trisubstituted Isothiazoles as Effective Inhibitory Agents of Enteroviruses", *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 1999, vol. 7, pp. 225–230.

34. Potkin V. I., Zubenko Iu. S., "Synthesis of 3-amino-4,5-dichloroiso-thiazole", *Zhurnal organicheskoi khimii* [Russian Journal of Organic Chemistry], 2009, vol. 45, no. 4, pp. 568–572.
35. Nechai N. I., Dikusar E. A., Potkin V. I., Kaberdin R. V., "Synthesis of amides and esters of 4,5-dichloroiso-thiazole-3-carboxylic acid", *Zhurnal organicheskoi khimii* [Russian Journal of Organic Chemistry], 2004, vol. 40, no. 7, pp. 1050–1055.
36. Potkin V., Zubenko Yu., Bykhovetz A., Zolotar R., Goncharuk V., "Synthesis of Novel Vanillin Derivatives Containing Isothiazole Moieties and its Synergistic Effect in Mixtures with Insecticides", *NPC*, 2009, vol. 4, no. 9, pp. 1205–1208.
37. Mineyuko K., Yoriyoshi T., Kazuyoshi K., "Preparation of benzoyl compounds and herbicides containing them for rice paddy", *Current Bioactive Compounds*, 2005, vol. 1, no. 1, pp. 102–105.
38. Kaberdin R. V., Potkin V. I., Ol'dekop Iu. A., "Synthesis of 3-trichloromethyl-4,5-dichloroiso-thiazole from 2-nitro-penta-chloro-1,3-butadiene and elemental sulfur: a new reaction of nitro compounds", *Doklady AN SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], 1988, vol. 300, no. 5, pp. 1133–1135.
39. Pinizzotto M. R., Garozzo A., Guerrero F., Castro A., La Rosa M. G., Furneri P. M., Geremia E., "In vitro antiviral activity of four isothiazole derivatives against poliovirus type 1", *Antiviral Research*, 1992, vol. 19, no. 1, pp. 29–41.
40. Bürlü R. W., Ge Y., White S., Baird E. E., Touami S. M., Taylor M., Kaizerman J. A., Moser H. E., "DNA Binding Ligands with Excellent Antibiotic Potency Against Drug-Resistant Gram-Positive Bacteria", *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2002, vol. 12, no. 18, pp. 2591–2594.
41. Barchiesi F., Milici M. E., Arzeni D., Schimizzi A. M., Pizzo G., Giammanco G. M., Giannini D., Manfrini M., Scalise G., Vicentini C. B., "In vitro and in vivo anticryptococcal activities of a new pyrazolo-isothiazole derivative", *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 2003, vol. 51, no. 1, pp. 167–170.
42. Kaizerman J. A., Gross M. I., Ge Y., White S., Hu W., Duan J.-X., Baird E. E., Johnson K. W., Tanaka R. D., Moser H. E., Bürlü R. W., "DNA Binding Ligands Targeting Drug-Resistant Bacteria: Structure, Activity and Pharmacology", *Journal of Medicinal Chemistry*, 2003, vol. 46, no. 18, pp. 3914–3929.
43. Potkin V. I., Nechai N. I., Kaberdin R. V., "Synthesis of 5-alkyl (aryl) sulfanyl derivatives of 3-trichloromethyl-4-chloroiso-thiazole and 4-chloroiso-thiazole-3-carboxylic acid", *Zhurnal organicheskoi khimii* [Russian Journal of Organic Chemistry], 2007, vol. 43, no. 4, pp. 590–593.
44. Lippa B., Morris J., Corbett M., Kwan T. A., Noe M. C., Snow S. L., Gant T. G., Mangiaracina M., Coffey H. A., Foster B., Knauth E. A., Wessel M. D., "Discovery of novel isothiazole inhibitors of the TrkA kinase: structure – activity relationship, computer modeling, optimization and identification of highly potent antagonists", *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2006, vol. 16, no. 13, pp. 3444–3448.
45. Yan S., Appleby T., Gunic E., Shim J. H., Tasu T., Kim H., Rong F., Chen H., Hamatake R., Wu J. Z., Hong Z., Yao N., "Isothiazoles as active-site inhibitors of HCV NS5B polymerase", *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2007, vol. 17, no. 1, pp. 28–30.
46. Gutschow M., Kuerschner L., Neumann U., Pietsch M., Loser R., Koglin N., Eger K., "2-(Diethylamino)thieno[1,3]oxa-zin-4-ones as Stable Inhibitors of Human Leukocyte Elastase", *Journal of Medicinal Chemistry*, 1999, vol. 42, pp. 5437–5447.
47. Potkin V. I., Petkevich S. K., Zubenko Iu. S., Bykhovets A. I., "Synthesis and some reactions of aryl-4,5-dichloroiso-thiazol-3-yl ketones", *Zhurnal organicheskoi khimii* [Russian Journal of Organic Chemistry], 2007, vol. 43, no. 10, pp. 1536–1540.
48. Pawar G. G., Bineesh P., Kumar P. S. R., Rangnekar D. W., Kanetkar V. R., "The synthesis and application of 3-arylo-4-phenylthieno[2,3-c]isothiazole and ethyl 3-arylo-4-phenylthieno[2,3-c]isothiazole-5-carboxylate", *Journal of the Serbian Chemical Society*, 2005, vol. 70, no. 6, pp. 799–805.
49. Nesmeianov A. N., *Ferrotsen i rodstvnyye soedineniia. Izbrannye trudy. 1969–1979* [Ferrocene and related compounds. Selected works. 1969–1979], Nauka, Moscow, RU, 1982.
50. Nesmeianov A. N., *Khimiia ferrotsena. Izbrannye trudy* [Chemistry of ferrocene. Selected Works], Nauka, Moscow, RU, 1969.
51. Raspopova E. A., "The structure, properties and complexing ability of polydentate chelating systems based on ferrocenoyl-hydrazones of carbonyl compounds", Abstract of Ph. D. dissertation, physical chemistry, South Federal University, Rostov-na-Donu, RU, 2014.
52. Mann L. T. Jr., "A semimicro synthesis of Ferrocene (59Fe) and some derivatives useful as «tags» for proteins", *Journal of Labelled Compounds and Radiopharmaceuticals*, 1967, vol. 3, no. 2, pp. 87–97.
53. Allen D. E., Perrin D. D., "Robust metal complexes, ferrocenylmethyl carboxyhydrazide and 1-chloromercuriferrocene as electron-opaque stains for aldehydes and thiol groups", *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 1974, vol. 22, no. 10, pp. 919–928.
54. Hartmut F., "Ferrocen-markierte Proteine", *Naturwissenschaften*, 1967, vol. 54, no. 13, p. 339.
55. Perevalova E. G., Reshetova M. D., Grandberg K. I., *Metody elemento-organicheskoi khimii. Zhelezoorganicheskie soedineniia. Ferrotsen* [Methods of elemental organic chemistry. Ironorganic compounds. Ferrocene], Nauka, Moscow, RU, 1983.
56. Nesmeianov A. N., Mardanov M. A., Veliev K. G., Kochetkova N. S., Mirgashimova L. M., Palitsyn N. P., Khanlarov G., "Antifreeze additives to diesel fuel", *Khimiia i tekhnologiia topliv i masel* [Chemistry and Technology of Fuels and Oils], 1975, no. 3, pp. 40–42.
57. Donnio B., Seddon J. M., Deschenaux R., "Ferrocene-containing carbohydrate surfactant: thermotropic and lyotropic phase behavior", *Organometallics*, 2000, vol. 19, no. 16, pp. 3077–3081.
58. Ekka B., "Synthesis and characterization of organometallic Schiff base compounds", MSc thesis, Inorganic Chemistry, National Institute of Technology, Rourkela, IN, 2011.
59. Cuadrado I., Morán M., Casado C. M., Alonso B., Lobete F., García B., Ibisate M., Losada J., "Ferrocenyl-functionalized poly(propyleneimine)dendrimers", *Organometallics*, 1996, vol. 15, no. 25, pp. 5278–5280.
60. González B., Alonso B., Losada J., García-Armada M. P., Casado C. M., "Aza-crown ethers attached to dendrimers through amidoferrocenyl units", *Organometallics*, 2006, vol. 25, no. 15, pp. 3558–3561.
61. Fallis A., "The synthesis and characterization of 1,1'-disubstituted ferrocene imine Schiff base ligand systems for use as potential environmental heavy metal cationic sensors", MSc thesis, Chemistry, Columbia, US, 2008.
62. Shugaev B. B., Bitkina B. B., *Toksikologiia i gigiena produktov neftekhimicheskikh proizvodstv* [Toxicology and hygiene of petrochemical products], Yaroslavskii meditsinskii institut, Yaroslavl, RU, 1972.
63. Suh John T., Colgate Palmolive Co, *Novel processes for preparing ferrocene-cyclic ethers*, US, Pat. № 3408376 A, 1968.

64. Nesmeyanov A. N., Bogomolova L. G., Andrianova I. G., Vil'chevskaya V. D., Kochetkova N. S., "A new preparation (ferro-feron) for the treatment of iron-deficiency anemia", *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 1972, vol. 6, no. 4, pp. 269–271.
65. De I., "Synthesis and characterisation of ferrocenyl chalcone", MSc thesis, Inorganic Chemistry, National Institute of Technology, Rourkela, IN, 2008.
66. Wu X., Tiekink E. R., Kostetski I., Kocherginsky N., Tan A. L., Khoo S. B., Wilairat P., Go M. L., "Antiplasmodial activity of ferrocenyl chalcones: investigations into the role of ferrocene", *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2006, vol. 27, no. 2-3, pp. 175–187.
67. Navarro M., Castro W., Biot C., "Bioorganometallic compounds with antimalarial targets: inhibiting hemozoin formation", *Organometallics*, 2012, vol. 31, no. 16, pp. 5715–5727.
68. Köpf-Maier P., Köpf H., Neuse E. W., "Ferrocenium complexes: a new type of water-soluble antitumor agent", *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, 1984, vol. 108, no. 3, pp. 336–340.
69. Zhang J., Liu R., "Synthesis, characterization and antioxidant activity of ferrocenylhydrazones", *Journal of The Chemical Society of Pakistan*, 2011, vol. 33, no. 3, pp. 356–359.
70. Braga S. S., Silva A. M. S., "A new age for iron: antitumoral ferrocenes", *Organometallics*, 2013, vol. 32, no. 20, pp. 5626–5639.
71. Tiwari K. N., Monserrat J.-P., de Montigny F., Jaouen G., Rager M.-N., Hillard E., "Synthesis and structural characterization of ferrocenyl-substituted aurones, flavones, and flavonols", *Organometallics*, 2011, vol. 30, no. 20, pp. 5424–5432.
72. Arezki A., Brulé E., Jaouen G., "Synthesis of the first ferrocenyl derivatives of curcuminoids", *Organometallics*, 2009, vol. 28, no. 6, pp. 1606–1609.
73. Tarraga A., Molina P., López J. L., Velasco M. D., Bautista D., "Synthesis, structural characterization, and properties of a new range of strained 2-aza[3]ferrocenophane ligands: dual behavior as electrochemical sensors of metal ions or anions", *Organometallics*, 2002, vol. 21, no. 10, pp. 2055–2065.
74. Šebesta R., Sališová M., "Novel chiral ferrocene imines", *Chemical Papers*, 2001, vol. 55, no. 5, pp. 297–301.
75. Gibson V. C., Long N. J., Oxford P. J., White A. J. P., Williams D. J., "Ferrocene-substituted bis(imino)pyridine iron and cobalt complexes: toward redox-active catalysts for the polymerization of Ethylene", *Organometallics*, 2006, vol. 25, no. 8, pp. 1932–1939.
76. López C., Bosque R., Sainz S., Solana X., Font-Bardía M., "New Reagent for Chiral Recognition Containing a five-membered palladacycle with a $\sigma(\text{Pd-C}_{\text{sp}^2, \text{ferrocene}})$ Bond", *Organometallics*, 1997, vol. 16, no. 8, pp. 3261–3266.
77. Pérez S., López C., Caubet A., Solans X., Font-Bardía M., Roig A., Molins E., "Novel palladacycles containing [C(sp², ferrocene), N, O]- or [C(sp², ferrocene), N, O]²⁻ terdentate ligands", *Organometallics*, 2006, vol. 25, no. 3, pp. 596–601.
78. Urdaneta N., Landaeta V. R., Rodríguez-Lugo R. E., Díaz C., Santiso-Quinones G., Quiroga J., Insuasty B., "Synthesis and characterization of Cu(I) and Zn(II) complexes with new sulfur-bearing isoxazole- or pyrazole-based ligands", *Inorganic Chemistry Communications*, 2015, vol. 55, pp. 43–47.
79. Tárraga A., Molina P., Curiel D., Velasco M. D., "Homotrimetallic oxazolo-ferrocene complexes displaying tunable cooperative interactions between metal centers and redox-switchable character", *Organometallics*, 2001, vol. 20, no. 11, pp. 2145–2152.
80. Abd-Elzaher M. M., "Synthesis, characterization, and antimicrobial activity of cobalt(II), nickel(II), copper(II) and zinc(II) complexes with ferrocenyl Schiff bases containing a phenol moiety", *Applied Organometallic Chemistry*, 2004, vol. 18, no. 4, pp. 149–155.
81. Osella D., Carretta A., Nervi C., Ravera M., Gobetto R., "Inclusion complexes of ferrocenes and β -cyclodextrins. Critical appraisal of the electrochemical evaluation of formation constants", *Organometallics*, 2000, vol. 19, no. 14, pp. 2791–2797.
82. Kalinin V. N., Derunov V. V., Lusenkova M. A., Petrovsky P. V., Kolobova N. E., "Reactions of vinylidene and allenylidene cymantrene derivatives with isonitriles", *Journal of Organometallic Chemistry*, 1989, vol. 379, no. 3, pp. 303–309.
83. Herndon J. W., "The chemistry of the carbon-transition metal double and triple bond: annual survey covering the year 2009", *Coordination Chemistry Reviews*, 2011, vol. 255, no. 1–2, pp. 3–100.
84. Telegina L. N., Volova Yu. V., Kelbysheva E. S., Seregina I. S., Ezernitskaya M. G., Strelkova T. V., Loim N. M., "Synthesis and photochemical properties of 1,2,3-triazoles containing (cyclopentadienyl)(tricarbonyl)manganese", *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 2015, vol. 60, no. 11, pp. 1422–1426.
85. Nefedov V. A., Polyakova M. V., Rorer J., Sabelnikov A. G., Kochetkov K. A., "Selective photodetection of nitro compounds via cophotolysis with cymantrene", *Mendeleev Communications*, 2007, vol. 17, no. 3, pp. 167–169.
86. Ferber B., Top S., Jaouen G., "Introduction of a planar chirality onto steroid substrates: Synthesis of (S) and (R)-2'-formylcymantrenyl-17 α -ethynylestradiols using (S) and (R)-1-formyl-2-iodo-cymantrenes", *Journal of Organometallic Chemistry*, 2004, vol. 689, no. 25, pp. 4872–4876.
87. Islamova R. M., Nazarova S. V., Utepova I. A., Musikhina A. A., Chupakhin O. N., "Heterocyclic cymantrene derivatives in the radical polymerization of methyl methacrylate", *Doklady Chemistry*, 2012, vol. 446, no. 2, pp. 215–219.
88. Lyubimov S. E., Davankov V. A., Loim N. M., Popova L. N., Petrovskii P. V., Valetskii P. M., Gavrilov K. N., "Cymantrene-derived monodentate phosphites: new ligands for Rh-catalyzed enantioselective hydrogenation", *Journal of Organometallic Chemistry*, 2006, vol. 691, no. 26, pp. 5992–5995.
89. Gavrilov K. N., Tsarev V. N., Konkin S. I., Loim N. M., Petrovskii P. V., Kelbysheva E. S., Korlyukov A. A., Antipin M. Yu., Davankov V. A., "Cymantrene-based iminodiamidophosphites: the first phosphite-type ligands with planar chirality", *Tetrahedron: Asymmetry*, 2005, vol. 16, no. 19, pp. 3224–3231.
90. Setayesh S., Bunz U., "Synthesis of Cymantrene-Containing Organometallic Polymers Using the Suzuki Coupling", *Organometallics*, 1996, vol. 15, no. 6, pp. 5470–5472.
91. Vorotyntsev M. A., Vasilyeva S. V., "Metallocene-containing conjugated polymers", *Advances in Colloid and Interface Science*, 2008, vol. 139, no. 1-2, pp. 97–149.
92. Diaz D., Carriedo G. A., Valenzuela M. L., "Polymer and oligomer phosphazene cymantrene derivatives as solid state precursors of nanostructured manganese pyrophosphate", *Polymer Bulletin*, 2009, vol. 63, no. 6, pp. 829–835.
93. N'Dongo H. W. P., Gust R., Schatzschneider U., "Microwave-assisted solid-phase synthesis, cellular uptake, and cytotoxicity studies of cymantrene-peptide bioconjugates", *Journal of Organometallic Chemistry*, 2009, vol. 649, no. 6, pp. 823–827.
94. N'Dongo H. W. P., Neundorff I., Merz K., Schatzschneider U., "Synthesis, characterization, X-ray crystallography, and cytotoxicity of a cymantrene keto carboxylic acid for IR labelling of bioactive peptides on a solid support", *Journal of Inorganic Biochemistry*, 2008, vol. 102, no. 12, pp. 2114–2119.

95. Remy I., Brossier P., "Atomic Absorption Spectrometric Detection of Biotin-cymantrene as a Metallo-tracer for the Avidin-Biotin System", *Analyst*, 1993, vol. 118, no. 8, pp. 1021–1025.
96. Splint K., Hu W., Schatzschneider U., Gust R., Ott I., Onambele L. A., Prokop A., Neundorf I., "Protease-activatable organo-metal-peptide bioconjugates with enhanced cytotoxicity on cancer cells", *Bioconjugate Chemistry*, 2010, vol. 21, no. 7, pp. 1288–1296.
97. Biot C., Castro W., Botté C. Y., Navarro M., "The therapeutic potential of metal-based antimalarial agents: implications for the mechanism of action", *Dalton Transactions*, 2012, vol. 41, no. 21, pp. 6335–6349.
98. Wenzel M., Patra M., Senges C. H., Ott I., Stepanek J. J., Pinto A., Prochnow P., Vuong C., Langklotz S., Metzler-Nolte N., Bandow J. E., "Analysis of the mechanism of action of potent antibacterial hetero-tri-organometallic compounds: A structurally new class of antibiotics", *ACS Chemical Biology*, 2013, vol. 8, no. 7, pp. 1442–1450.
99. Dallagia T., Saidi M., Vessières A., Huché M., Jaouen G., Top S., "Synthesis and antiproliferative evaluation of ferrocenyl and cymantrenyl triaryl butene on breast cancer cells. Biodistribution study of the corresponding technetium-99 tamoxifen conjugate", *Journal of Organometallic Chemistry*, 2013, vol. 734, no. 18, pp. 69–77.
100. Day D. P., Dann T., Hughes D. L., Oganessian V. S., Steverding D., Wildgoose G. G., "Cymantrene-Triazole "Click" Products: Structural Characterization and Electrochemical Properties", *Organometallics*, 2014, vol. 33, no. 18, pp. 4687–4696.
101. Frost C. G., Marce P., Liu P. M., "Recent developments in selective C–H functionalization", *Organometallic Chemistry*, 2015, vol. 40, pp. 54–87.
102. Ol'dekop Iu. A., *Elementoorganicheskaia khimiia* [Organoelemental Chemistry], Znaniye, Moscow, RU, 1971.
103. Ol'dekop Iu. A., Maier N. A., *Vvedenie v elemetoorganicheskuiu khimiiu* [Introduction to organoelemental chemistry], Nauka i tekhnika, Minsk, BY, 1973.
104. Ol'dekop Iu. A., *Sintez metalloorganicheskikh soedinenii dekarboksilirovaniem atsilatov metallov* [Synthesis of organometallic compounds by decarboxylation of metal acrylates], Nauka i tekhnika, Minsk, BY, 1976.
105. Gusakov V. G. (ed.), *Natsional'naiia akademiia nauk Belarusi: personal'nyi sostav, 1928–2015 gg.* [National Academy of Sciences of Belarus: personal composition, 1928–2015], Belaruskaia navuka, Minsk, BY, 2016.
106. Dikuser E. A., Shirokii V. L., Iuvchenko A. P., Bazhanov A. V., Moiseichuk K. L., Khrustalev V. N., Antipin M. Iu., "Ferrocene-containing acetylenic peroxyalcohols", *Zhurnal obshchei khimii* [Journal of General Chemistry], 1999, vol. 69, no. 8, pp. 1315–1321.
107. Stepin S. G., Stepina O. S., Dikuser E. A., Shirokii V. L., "Polymerization of styrene initiated by ferrocene-containing acetylene peroxides", *Zhurnal prikladnoi khimii* [Journal of Applied Chemistry], 2000, vol. 73, no. 9, pp. 1519–1522.
108. Dikuser E. A., Kozlov N. G., Potkin V. I., Kovganko N. V., Tlegenov R. T., "Synthesis of salts of 1,1'-ferrocene dicarboxylic acid and heterocyclic amines", *Vesti Natsyynal'naii akademii navuk Belarusi. Seryia khimichnykh navuk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemistry Series], 2008, no. 2, pp. 56–58.
109. Potkin V. I., Shirokii V. L., Petkevich S. K., Kurman P. V., "Synthesis of mono- and 1,1'-bis (3,4,4-trichloro-3-butenoyl) ferrocenes and 3,4,4-trichloro-3-butenoylcymantrene", *Zhurnal organicheskoi khimii* [Russian Journal of Organic Chemistry], 2008, vol. 78, no. 8, pp. 1338–1341.
110. Zhukovskaia N. A., Dikuser E. A., Potkin V. I., Shirokii V. L., Petkevich S. K., "Synthesis of esters of 1,1'-diacetylferrocene", *Zhurnal obshchei khimii* [Journal of General Chemistry], 2009, vol. 79, no. 8, pp. 1301–1303.
111. Zhukovskaia N. A., Dikuser E. A., Potkin V. I., Petkevich S. K., Zvereva T. D., Zubenko Iu. S., Rudakov D. A., Shirokii V. L., "Esters of isoxazole- and isothiazolecarboxylic acids and oximes of β -isatin, isoxazole- and ferrocene-containing ketones and carbonyl alcohols", *Zhurnal obshchei khimii* [Journal of General Chemistry], 2013, vol. 83, no. 3, pp. 489–491.
112. Dikuser E. A., Susha Iu. O., Petkevich S. K., "Synthesis of ferrocene-containing substituted dihalcones", *Zhurnal obshchei khimii* [Journal of General Chemistry], 2015, vol. 85, no. 8, pp. 1313–1318.
113. Potkin V. I., Dikuser E. A., Kletskov A. V., Petkevich S. K., Semenova E. A., Kolesnik I. A., Zvereva T. D., Zhukovskaia N. A., Rozentsveig I. B., Levkovskaia G. G., Zolotar' R. M., "Synthesis of esters of metallocene alcohols and 4,5-dichloroisothiazole-3-carboxylic and 5-arylisoxazole-3-carboxylic acids", *Zhurnal obshchei khimii* [Journal of General Chemistry], 2016, vol. 86, no. 2, pp. 310–316.
114. Kletskov A. V., Petkevich S. K., Rudakov D. A., Pushkarchuk A. L., Zelenkovskii V. M., Semenova E. A., Susha Iu. O., Dikuser E. A., "Synthesis and study of the oxidation-reduction properties of some ferrocene derivatives by cyclic voltammetry and the PM7 method", *Vesti Natsyynal'naii akademii navuk Belarusi. Seryia khimichnykh navuk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical Series], 2015, no. 4, pp. 42–50.
115. Dikuser E. A., Shirokii V. L., Iuvchenko A. P., Bazhanov A. V., Moiseichuk K. L., Khrustalev V. N., Antipin M. Iu., "Ferrocene-containing acetylenic peroxyalcohols", *Zhurnal obshchei khimii* [Journal of General Chemistry], 1999, vol. 69, no. 8, pp. 1315–1321.
116. Shirokii V. L., Dikuser E. A., Iuvchenko A. P., Bazhanov A. V., Moiseichuk K. L., Khrustalev V. N., Antipin M. Iu., "Synthesis of ferrocene-based peroxides", *Iubileinaia sessiia «Gorizonty opganicheskoi i elementoorganicheskoi khimii», posvia-shchennaia 100-letiiu co dnia rozhdeniia akademika A. H. Nesmeianova (1899–1980gg), VII Otkrytaia Vserossiiskaia konferentsiia po metalloorganicheskoi khimii, 6–11 sentiabria 1999 g., Moskva: tezisy stendovyykh dokladov* [Jubilee session "Horizons of Organic and Organoelemental Chemistry" dedicated to the 100th anniversary of the birth of academician A. N. Nesmeyanov (1899–1980gg), VII Open All-Russian Conference on Organometallic Chemistry, September 6–11, 1999, Moscow: abstracts of poster presentations], Moscow, RU, 1999, vol. 2, p. 172.
117. Stepin S. G., Stepina O. S., Dikuser E. A., Shirokii V. L., "Polymerization of styrene initiated by acetylene peroxides containing ferrocene", *Book of abstracts of World polymer congress IUPAC MACRO 2000 38th macromolecular IUPAC symposium, 9-14 July 2000*, Warsaw, Poland, 2000, vol. 1, p. 259.
118. Shirokii V. L., Dikuser E. A., Bazhanov A. V., Ryabtsev A. N., Valendo A. Y., "Ferrocene-containing acetylenic alcohols and peroxy-alcohols", *Book of abstracts XIVth FEChem conference on organometallic chemistry, September 2–7, 2001*, Gdansk, Poland, 2001, p. 71.
119. Dikuser E. A., Kozlov N. G., Potkin V. I., Kovganko N. V., Tlegenov R. T., "Amine salts of 1,1'-ferrocenedicarboxylic acid and a number of heterocyclic nitrogen-containing compounds", *Programma II Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Khimiia, tekhnologiia i meditsinskie aspekty prirodnykh soedinenii», 10–13 oktiabria 2007, Almaty* [Program of the II International Scientific

Conference “Chemistry, Technology and Medical Aspects of Natural Compounds”, October 10–13, 2007, Almaty], Almaty, Kazakhstan, 2007, p. 198.

120. Dikusar E. A., Zhukovskaia N. A., Potkin V. I., Shirokii V. L., Petkevich V. L., Iuvchenko A. P., Zheldakova R. A., “Synthesis and fungicidal activity of esters of 1,1-diacetylferrocene dioxime”, *Tezisy dokladov Nauchno-prakticheskoi konferentsii «Biologicheski aktivnye veshchestva: fundamental'nye i prikladnye voprosy polucheniia i primeneniia»*, 25–30 maia 2009, *Novyi Svet, Ukraina* [Abstracts of the Scientific and Practical Conference “Biologically Active Substances: Fundamental and Applied Issues of Reception and Applications”, May 25–30, 2009, *Novyi Svet, Ukraine*], Izdatel' V. S. Martyniuk, Kiev, UA, 2009, pp. 33–34.

121. Dikusar E. A., Potkin V. I., Zhukovskaia N. A., Petkevich S. K., Zvereva T. D., Rudakov D. A., “Esters of isoxazole- and isothiazolecarboxylic acids and oximes of isatin, isoxazole- and ferrocene-containing ketones and carborane alcohols”, *Materiali za 8-a mezhunarodna nauchna praktichna konf. «Nastoiashchi izsledovaniia i razvitie», 17–25-ti ianuari 2012, Sofia, B''lgariia, T. 18: Ekologiya. Khimiia i khimicheski tehnologii. Selsko stopanstvo. Veterinarna nauka* [Materials of the 8th International Scientific Practical Conf. “Current Research and Development”, January 17–25, 2012, Sofia, Bulgaria, T. 18: Ecology. Chemistry and Chemical Technology. Agriculture. Veterinary science], «Bial GRAD-BG» OOD, Sofia, BG, 2012, pp. 33–35.

122. Susha Iu. O., Dikusar E. A., “Synthesis of some derivatives of plant aldehyde-phenols and ferrocene-promising drugs”, *Materialy 67 itogovoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh “Aktual'nye voprosy sovremennoi meditsiny i farmatsii”*, 23–24 apreliia 2015 g., *Vitebsk* [Materials of the 67th final scientific-practical conference of students and young scientists “Actual issues of modern medicine and pharmacy”, April 23–24, 2015, Vitebsk], UO “Vitebskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet”, Vitebsk, BY, 2015, pp. 773–775.

123. Susha Iu. O., Kletskov A. V., Semenova E. A., Rudakov D. A., Dikusar E. A., “Synthesis and study of oxidation-reduction properties of some derivatives of plant aldehydophenols and ferrocene by cyclic voltammetry and the PM7 method”, *Khimiia i tehnologiya novykh veshchestv i materialov: tezisy dokladov V Vserossiiskoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii, Syktyvkar, 25–28 maia 2015 g.* [Chemistry and technology of new substances and materials: abstracts of the V All-Russian Youth Scientific Conference, Syktyvkar, May 25–28, 2015], Komi nauchnyi tsentr UrO RAN, Syktyvkar, RU, 2015, pp. 139–142.

124. Kletskov A. V., Rudakov D. A., Semenova E. A., Susha Iu. O., Kolesnik I. A., Dikusar E. A., “Synthesis of esters of 4,5-dichloroisothiazole-3-carboxylic and *o* (*m*)-carboxan-C-carboxylic acids and some derivatives of mono- and 1,1'-diacetylferrocene”, *XXIX Nauchno-tekhniicheskaia konferentsiia «Khimicheskie reaktivy, reagenty i protsessy malotonnazhnoi khimii»: tezisy dokladov, Novosibirsk, Akademgorodok, 28 sentiabria – 1 oktiabria 2015 g.* [XXIX Scientific and technical conference “Chemical reagents, reagents and processes of low-tonnage chemistry”: abstracts, Novosibirsk, Akademgorodok, September 28 - October 1, 2015], Izdatel'stvo NIOKh SO RAN, Novosibirsk, RU, 2015, p. 103.

125. Kolesnik I. A., Kletskov A. V., Dikusar E. A., “1,2-Azole derivatives of ferrocene and zymantrene”, *Khimiia i khimicheskaia tehnologiya v XXI veke: materialy XVII Mezhunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh im. prof. L. P. Kuleva, posviashchennoi 120-letiiu Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, Tomsk, 17-20 maia 2016 g.* [Chemistry and chemical technology in the XXI century: materials of the XVII International Scientific and Practical Conference of students and young scientists. prof. L. P. Kulyov, dedicated to the 120th anniversary of Tomsk Polytechnic University, Tomsk, May 17–20, 2016], Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, Tomsk, RU, 2016, pp. 171–172.

126. Dikusar E. A., Kletskov A. V., Rudakov D. A., Pusharchuk A. L., Zelenkovskii V. M., Semenova E. A., Susha Yu. O., Potkin V. I., “Ferrocene containing derivatives of benzaldehyde vanillic natural series”, *Proceeding of the International Research and Practice Conference “Achievements and Prospects for the Development of Phytochemistry”*, Karaganda, April 10–11th, 2015, “International research and production holding “Phytochemistry” JSC, Karaganda Pharmaceutical Plant, “Glasir”, Karaganda, RU, 2015, p. 84.

127. Kolesnik I. A., Kletskov A. V., Dikusar E. A., “Esters of 4,5-dichloroisothiazole-3-carboxylic acid and metallocene alcohols”, *Molodezh' v nauke – 2015: Materialy Kh Mezhunarodnoi nauchnoi konferentsii, 1–4 Dekabria 2015 g., Minsk* [Youth in Science – 2015: Materials of the X International Scientific Conference, 1–4 December 2015, Minsk], Minsk, BY, 2015, p. 318.

128. Kolesnik I. A., Dikusar E. A., “Esters of metallocene alcohols and 4,5-dichloroisothiazole-3-carboxylic and 5-arylisoxazole-3-carboxylic acids - new promising medicines”, *Studencheskaia meditsinskaia nauka XXI veka: materialy XV mezhunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 4–5 Noiabria 2015 g., Vitebsk* [Student medical science of the XXI century: materials of the XV International Scientific and Practical Conference, 4–5 November 2015, Vitebsk], VGMU, Vitebsk, BY, 2015, pp. 311–313.

129. Dikusar E. A., Iuvchenko A. P., Potkin V. I., *Funktsional'no zameshchennye proizvodnye atsetilena. Sintez, struktura, svoistva i primeneniie* [Functionally substituted acetylene derivatives. Synthesis, structure, properties and application], LAP LAMBERT Academic Publishing, AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Deutschland, 2013.

130. Dikusar E. A., *Prostye i slozhnye efiry v linkernykh tehnologiakh. Sovremennye aspekty molekuliarnogo dizaina – ot dushistykh veshchestv do biologicheskii aktivnykh soedinenii* [Simple and complex esters in linker technologies. Modern aspects of molecular design – from fragrant substances to biologically active compounds], LAP LAMBERT Academic Publishing, AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Deutschland, 2014.

131. Dikusar E. A., Kozlov N. G., Potkin V. I., *Soli organicheskikh kislot i aminov. Sintez, struktura, biologicheskaya aktivnost'* [Salts of organic acids and amines. Synthesis, structure, biological activity], LAP LAMBERT Academic Publishing, AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Deutschland, 2013.

Информация об авторах

Колесник Ирина Андреевна – мл. науч. сотрудник, Институт физико-органической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: zvetok_kaktusa@mail.ru.

Дикусар Евгений Анатольевич – канд. хим. наук, ст. науч. сотрудник, Институт физико-органической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: dikusar@ifoch.bas-net.by.

Information about the authors

Irina A. Kolesnik – Junior Researcher, Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: zvetok_kaktusa@mail.ru.

Evgenij A. Dikusar – Ph. D. (Chemistry), Senior Researcher, Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dikusar@ifoch.bas-net.by.