

На правах рукописи

**ПЕТРОВ Аркадий Владимирович**

**ЦИКЛОАНТРАЦЕЛЕНАМИДОФОСФИТЫ**

Специальность 02.00.03 – органическая химия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата химических наук



**Москва 2007**

Работа выполнена на кафедре органической химии химического факультета  
Московского педагогического государственного университета

**Научный руководитель:**

Член-корреспондент РАН, доктор химических наук, профессор  
**НИФАНТЬЕВ Эдуард Евгеньевич**

**Официальные оппоненты:**

доктор химических наук,  
Москва Виктор Владимирович,  
доктор химических наук,  
Козлов Владимир Андреевич

**Ведущая организация** – Московский государственный университет имени М В  
Ломоносова

Защита состоится 15 октября 2007 года в 15 ч 30 мин на заседании  
Диссертационного Совета К 212 154 04 при Московском педагогическом  
государственном университете по адресу 119021, Москва, Несвижский пер, 3

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МПГУ по адресу 119435,  
Москва, ул Малая Пироговская, д 1

Автореферат разослан «<sup>14</sup>» сентября 2007 г

Ученый секретарь Диссертационного Совета



ПУГАШОВА Н М

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Одной из важных задач современной фосфорорганической химии является развития дизайна и изучение своеобразия макроциклических соединений. Это определяется тем, что введение в структуру циклических соединений атомов фосфора значительно расширяет круг их функционального использования. Интерес к этим соединениям также обуславливается перспективой их применения в проектах по исследованию фундаментальных вопросов устойчивости и других проявлений реакционных способностей фосфорных конструкций, определяемых размерами колец, взаимным расположением функций и другими специфическими структурными факторами. Сейчас синтезировано уже довольно большое количество фосфомакроциклов различных классов, таких как фосфокавитанды, фосфокраунэфиры, фосфокрипанды. Уже синтезирован и подробно изучен ряд фосфоциклофанов на основе различных дифенолов и дигидроксинафталинов. Однако дигидроксиантрацены для синтеза данного класса соединений еще не использовались, хотя антрацен является интересным объектом для исследования.

**Цель работы.** Изучение фосфорилирования дигидроксиантраценов и их ацильных производных амидами фосфористой кислоты с целью дальнейшего синтеза фосфоциклофанов на основе синтезированных соединений.

**Научная новизна.** В результате проделанной работы нами впервые проведено фосфорилирование дигидроксиантраценов и их ацильных производных амидами фосфористой кислоты и получены макроциклы на основе синтезированных соединений. Показано, что ацильные производные ароматических соединений можно использовать для фосфорилирования амидами фосфористой кислоты в случае неустойчивости гидроксипроизводных. Исследованы окислительные реакции синтезированных макроциклов, а также комплексообразование бисфосфорилированных дигидроксиантраценов с солями платины.

**Практическая ценность.** Введение в молекулу антрацена фосфорсодержащего заместителя позволяет ожидать не только расширения спектра разнообразных областей применения полученных соединений, но и нетривиальные теоретические результаты при исследовании синтетической и структурной химии новых соединений. Мы полагаем, что взаимодействие производных антрацена с фосфорорганическими соединениями является перспективным путем синтеза практически полезных веществ.

Известно, что фосфорилированием природных оксиквотрихинонов получены соединения, представляющие интерес в качестве регуляторов роста, инсектицидов и противоопухолевых средств. Имеющиеся данные о взаимосвязи структуры и биологической активности этих соединений позволяют направленно менять свойства целевых продуктов. Так, различные фосфорсодержащие фрагменты отвечают за определенный тип биологической активности: продукты взаимодействия по C=O группам обладают фунгицидной активностью, эфиры фосфорных кислот – инсектицидной и ростстимулирующей, фосфиты – радиозащитной и т. д. Продукты окислительно-восстановительных превращений активны при различных кожных заболеваниях, воспалительных явлениях.

#### **Достоверность результатов.**

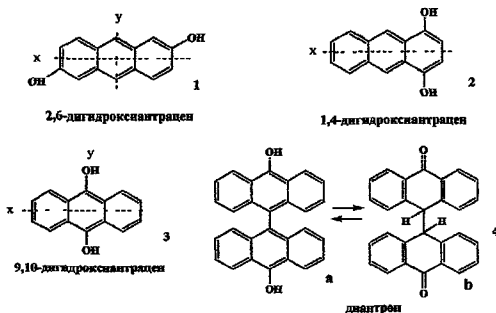
**Апробация работы.** Результаты работы были представлены и обсуждались на III международном симпозиуме “Molecular design and synthesis of supramolecular architectures”, Казань, 2004, VIII молодежной школе – конференции по органической химии, Казань, 2005, Международной конференции по органической химии «Органическая химия от Бутлерова и Бейльштейна до современности», Санкт-Петербург, 2006, а также на научных сессиях МПГУ (2004 - 2005 гг.)

**Публикации.** По материалам диссертации имеется восемь публикаций, из них 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

**Объем и структура работы.** Диссертация изложена на 99 страницах машинописного текста, содержит 2 таблицы и 2 рисунка. Список цитируемой литературы включает 132 наименований. Работа состоит из введения, литературного обзора, посвященного фосфорсодержащим производным антрацена, обсуждения результатов собственных исследований, экспериментальной части, выводов, списка литературы и приложения.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В качестве носителей ароматических фрагментов в синтезе фосфаареноциклофанов мы использовали следующие дигидроксипроизводные антрацена.



2,6-дигидроксиантрацен (1) был получен восстановлением 2,6-дигидроксиантрахинона. Чтобы преодолеть трудность, связанную со склонностью 1,4- и 9,10-антрадиолов (2, 3) к образованию хинонов, мы заменили при фосфорилировании эти диолы на 1,4- и 9,10-диацетоксиантрацены соответственно. Диантрон (4) был получен неполным окислением антрацена.

В качестве фосфорилирующих реагентов были использованы гексаметил-(ГМТА)(5) и гексаэтилтриамид (ГЭТА)(6) фосфористой кислоты. Этот выбор обусловлен их высокой фосфорилирующей способностью.

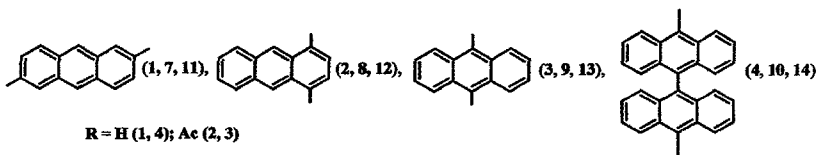
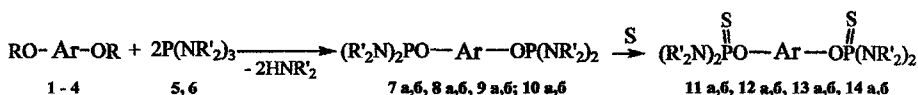
Индивидуальность полученных соединений была подтверждена элементным анализом и ТСХ, а структура — методами ЯМР  $^{31}\text{P}$ ,  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ . Кроме того, структура тионфосфатов (116 и 13a) была изучена и методом РСА. Молекулярная масса была измерена при помощи MALDI-TOF – спектроскопии. Расчеты стерических энергий молекул выполнены с использованием компьютерной программы Chem.3D Ultra 9.0 (метод MM2)

### 1. Бисфосфорилированные дигидроксиантрацены

#### 1.1. Синтез бисфосфорилированных дигидроксиантраценов

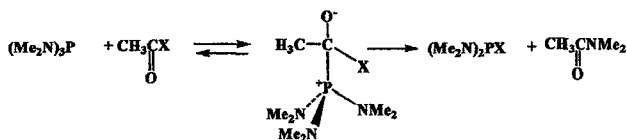
Так как бисдиамидофосфиты являются основным блоком для синтеза

макроциклов, то для каждого дигидроксиантрацена мы начинали свое исследование с изучения его бисфосфорилирования.



Бисфосфорилирование ароматических диолов 1-4 проводили в ацетонитриле (для 1) или пиридине (для 2-4) при комнатной температуре (7б, 8а, 9а), либо при нагревании (8б, 9б, 10 а,б). Как показали данные спектров ЯМР<sup>31</sup>P, продолжительность процесса зависит от типа фосфорилирующего реагента (возрастает с усложнением радикала у атома азота от метильного к этильному) и ароматического фрагмента.

2,6-дигидроксиантрацен (1) фосфорилировали в чистом виде, а 1,4- и 9,10-дигидроксиантрацены в виде диацетатов. Чтобы найти подход к фосфорилированию ацетоэфиров фенолов, нами были проведены реакции фенилацетата и диацетата гидрохинона с ГМТА и ГЭТА. Было показано, что фосфорилирование обоих субстратов ГМТА в пиридине проходит при комнатной температуре за 4 сут, а ГЭТА при 100°C за 44 ч. Чтобы определить, является ли соль амина, присутствующая в амидах фосфористой кислоты, катализатором данного процесса, мы провели очистку ГМТА бутиллитием. Было показано, что наличие или отсутствие катализатора фосфорилирования не влияет на время окончания реакции. Исходя из этого, можно предположить, что реакция проходит по следующей схеме:



Таким образом, было показано, что ацетаты двухатомных фенолов фосфорилируются амидами фосфористой кислоты, причем ГМТА при комнатной температуре, а ГЭТА при нагревании.

Наилучшим растворителем при проведении фосфорилирования диацетоксиантраценов оказался пиридин, реакция в котором идет быстро, с хорошим выходом целевых продуктов.

При проведении бисфосфорилирования двумя эквивалентами фосфорилирующего реагента, как требуется по реакции, образуется смесь моно- и бисфосфорилированных продуктов. Для увеличения выхода соединений **8 а,б**; **9 а,б**; **10 а,б** мы использовали избыток фосфорилирующего реагента (три эквивалента).

Спектры ЯМР  $^{31}\text{P}$  бисдиамидофосфитов **7 а,б**; **8 а,б**; **9 а,б**; **10 а,б** содержали только по одному синглетному сигналу в области 132-135 м.д.(**7б**; **8 а,б**) либо 138-140 м.д. (**9 а,б**; **10 а,б**), что свидетельствует об эквивалентности атомов фосфора в их молекулах. Соединения **7 а,б**; **8 а,б**; **9 а,б**; **10 а,б** при попытке выделения претерпевали изменения, поэтому для их дополнительной идентификации была проведена сульфуризация (при комнатной температуре в гексане).

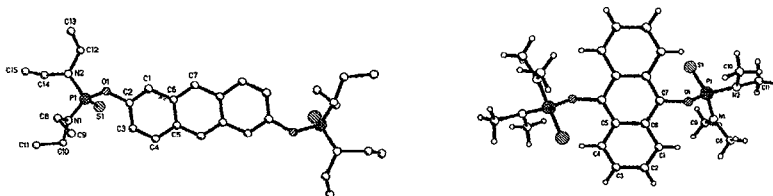
Бисдиамидотионфосфат **11б** был выделен в индивидуальном виде методом колоночной хроматографии с выходом 38%, остальные отделялись самопроизвольно из гексана (37-58%), в котором производилась сульфуризация, при этом гексаалкилтриамидтионфосфорной кислоты оставался в растворе.

Спектры ЯМР  $^{31}\text{P}$  бисдиамидотионфосфатов **11 а,б**; **12 а,б**; **13 а,б** содержали только по одному синглетному сигналу в области 76-81 м.д., что свидетельствует об эквивалентности атомов фосфора в их молекулах. Обращает на себя внимание спектр ЯМР  $^1\text{H}$  1,4-бис(тетразилдиамидотионфосфатокси)антрацена **12б**, который содержит два триплета и два мультиплета для протонов этильных групп. Кроме того, при использовании двойного магнитного резонанса было показано, что один из мультиплетов метиленовых протонов дает два дублета с  $^3J_{\text{PH}}$  12,4 Гц, тогда как другой только один с  $^3J_{\text{PH}}$  11,3 Гц. Мы полагаем, что такой спектр отражает не только неэквивалентность протонов в амидных группах у разных атомов фосфора, но и их неэквивалентность между собой у одного из атомов фосфора. Вероятно, это связано с тем, что один из фосфорных центров в данной молекуле расположен так, что испытывает влияние анизотропии ароматических колец.

В спектре ЯМР  $^1\text{H}$  соединения **13а** наблюдалась одна КССВ (P-H) для метильных протонов, тогда как для соединения **13б** для метиленовых протонов этильных групп имелось две КССВ(P-H) с  $^3J_{\text{P-H}}$  12,2 и 11,6 Гц. Это связано с тем, что метиленовые протоны в одной амидной группе могут находиться в сфере влияния ароматической

системы и вне ее, что приводит к их неэквивалентности

В спектрах ЯМР  $^{31}\text{P}$  тионфосфатов **14 а,б** имелись сигналы в области 81.0 и 81.3 м. д. (интегральное соотношение 1:1) для метильного (**14а**) и 77.0 м. д. для этильного (**14б**) производного. В спектре ЯМР  $^1\text{H}$  соединения **14б** имело место наличие двух мультиплетных сигналов метиленовых протонов этильных групп с минимальной разницей химических сдвигов при наличии одного сигнала в спектре ЯМР  $^{31}\text{P}$ . Мы полагаем, что наличие двух сигналов в спектре ЯМР  $^{31}\text{P}$  для метильного производного связано с некоторой неэквивалентностью атомов фосфора в молекуле, а отсутствие таковой для метильных протонов в спектре ЯМР  $^1\text{H}$  – с быстрым их вращением вокруг связи С-Н и N-P. Строение соединений **116**, **13а** подтверждено данными РСА.



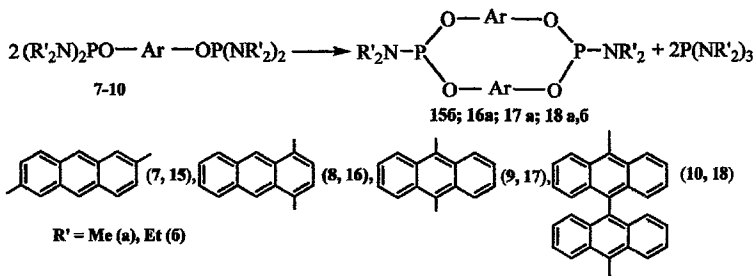
Молекулярная структура соединений **116**, **13а**

Согласно данным РСА, молекулы соединений **116** и **13а** являются симметричными и представляют собой транс-изомеры, в которых фосфорные узлы расположены по разные стороны от плоскости ароматических колец

### 1.2. Дисмутация бисфосфорилированных дигидроксиантраценов

Из литературы известна способность двух молей бисфосфорилированных дигидроксифенолов и нафтолов, содержащих амидные фрагменты, вступать во взаимодействие с образованием бисциклических систем. Мы проследили возможность прохождения данной реакции для бисфосфорилированных дигидроксиантраценов. Было показано, что соединения **7-10** могут циклизироваться с образованием циклобис(ариленамидофосфитов) **15-18**, причем соединения **7-10** использовались без выделения.





Реакцию проводили в растворе при комнатной температуре. Контроль за ходом реакции осуществляли методом спектроскопии ЯМР<sup>31</sup>P по убыванию сигналов в области 132 -140 м д, характерной для диамидоэфиров, и по накоплению сигналов в области 140 – 150 м.д., типичной для амидодиэфиров, а так же в области 118 – 122 м.д., характерной для триамидов фосфористой кислоты. Реакцию считали прошедшей до конца (полная дисмутация), когда в спектре ЯМР<sup>31</sup>P полностью исчезал сигнал от исходного диамидоэфира. Заметим, что в некоторых экспериментах мы отмечали лишь частичный обмен заместителями и установление «квазиравновесия» (15, 16, 18), т.е. стабильного состояния системы, при котором возможно присутствие сколь угодно длительное время всех компонентов системы в определенном соотношении.

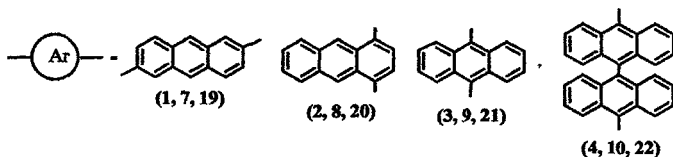
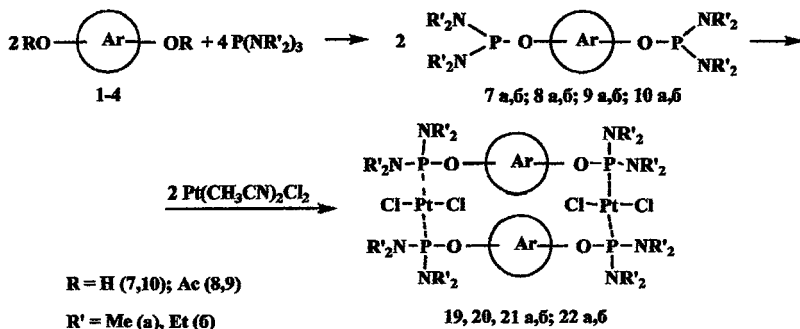
Полностью реакция дисмутации прошла только для соединения 17а.

### 1.3. Комплексообразование бисфосфорилированных дигидроксиантраценов

Используя методику, примененную ранее для получения металлофанов на основе бисфосфорилированных ароматических систем, были синтезированы оригинальные металлофановые системы 19, 20, 21 а,б; 22 а,б с атомами платины в мостиках.

В качестве исходных соединений были выбраны бисамидофосфиты 2,6-, 1,4-, 9,10-дигидроксиантраценов 7 а,б; 8 а,б; 9 а,б и диантрона 10 а,б.

Синтезы новых металлофанов проводили по следующей схеме



Бисфосфорилированные антрадиолы 7 а,б; 8 а,б; 9 а,б; 10 а,б вводили в реакцию комплексообразования с диацетонитрилдихлоридом платины сразу после удаления растворителя и выдерживания в вакууме остатка. Реакция протекала при комнатной температуре в растворе метиленхлорида при мольном соотношении реагентов 1:1. При этом были получены фосфаметаллоциклофаны 19, 20, 21 а,б; 22 а,б. Соединения очищали переосаждением гексаном (или его смесью с бензолом) из хлористого метилена 19, 20, 21 а,б или бензола 22 а,б. Они представляли собой желтые порошкообразные вещества, обладающие даже большей устойчивостью при хранении, чем соответствующие циклофосфиты, циклотрионфосфаты и циклофосфаты.

В спектре ЯМР  $^{31}\text{P}$  комплексов 19, 20, 21 а,б; 22 а,б присутствовал основной сигнал в области 97 - 100 м.д. и по два сателлитных сигнала в области 46 - 50 и 150-156 м.д. Константы спин-спинового взаимодействия (КССВ)  $^1J_{\text{P-Pt}}$  синтезированных комплексов находились в области 3500 Гц, что свидетельствует о расположении фосфорных лигандов в плоскоквадратном комплексе платины в транс-положении.

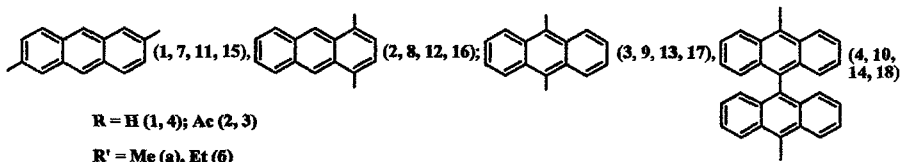
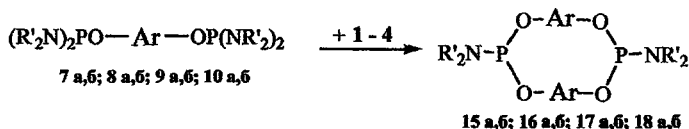
В масс-спектрах данных комплексов присутствовали пики со значением, совпадающие с расчетными, что подтверждает димерность данных систем. Такой результат также свидетельствует об отсутствии побочного процесса поликоординирования.

## 2. Фосфантраценофаны

### 2.1. Синтез фосфантраценофанов

Для синтеза циклических систем мы использовали такие методы, как метод молекулярной сборки и прямой синтез.

Метод молекулярной сборки заключается в получении бисфосфорилированных производных **7 а,б**; **8 а,б**; **9 а,б**; **10 а,б** и их последующей циклизации при обработке эквивалентным количеством исходного диола



Образующиеся циклобисмоноамидофосфиты **15 б**; **16а**; **17а**; **18 а,б**, были выделены переосаждением гексаном из пиридина, за исключением **15б**, отделявшегося самопроизвольно из реакционной массы вследствие низкой растворимости в ацетонитриле. Выход циклических продуктов составлял 65-85%.

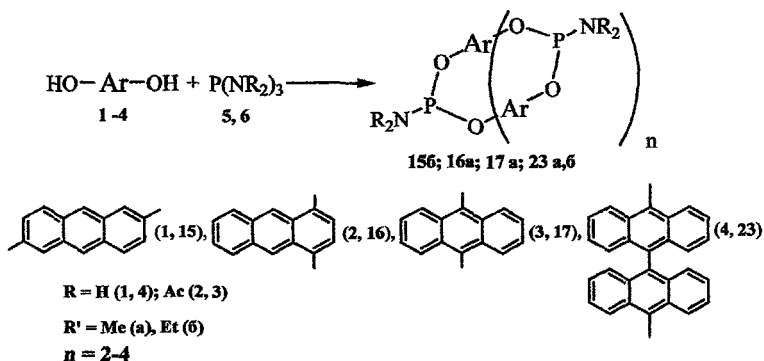
Следует отметить, что для соединения **9а** реакция заканчивалась через 4 сут при комнатной температуре, а для соединения **9б** реакция не проходит даже после продолжительного нагревания при 120°C. Циклофосфит **17а** был выделен с выходом 42%. Оказалось, что данное соединение является неустойчивым в растворах и разрушается с выделением 9,10-антрахинона

Спектры ЯМР  $^{31}P$  циклоамидофосфитов **15б**; **16а**; **17а**; **18 а,б** имели синглетные сигналы в области 140-150 мд. Спектры ЯМР $^1H$  содержали один набор сигналов для ароматических протонов и один набор сигналов для протонов алкильных групп с соответствующими соотношениями интегральных интенсивностей

Получить подобный цикл из диантрона и ГЭТА методом молекулярной сборки оказалось трудной задачей. бисфосфорилирование диантрона двумя эквивалентами

ГЭТА приводит к смеси продуктов, а при фосфорилировании тремя эквивалентами ГЭТА затруднительно удаление избытка фосфорилирующего реагента.

При прямом методе синтеза используется эквимольное соотношение реагентов. Реакцию проводили в ацетонитриле (156) либо пиридине (16-18) при комнатной температуре (156, 16а, 17а) или при нагревании (166, 176, 18 а,б)



Длительность циклизации при прямом синтезе близка к ее длительности при молекулярной сборке. Соединения 15-17 по своим физико-химическим характеристикам полностью соответствовали полученным по первому методу. Выходы составили 52-68%

Попытка получить циклический продукт на основе 1,4- и 9,10-диацетоксиантрацена и гексаэтилтриамида фосфористой кислоты как методом молекулярной сборки, так и прямым циклофосфорилированием успехом не увенчалась, реакция не идет даже при нагревании.

Измерением молекулярной массы было показано, что циклы (15-17), за исключением 23 а,б, как при получении их методом молекулярной сборки, так и методом прямого синтеза, имеют в своем составе только два фрагмента диола и фосфорных узла

В спектре ЯМР  $^{31}\text{P}$  цикла 23 а,б наблюдался один синглетный сигнал в области 150 мд. В протонном спектре имелся набор сигналов всех групп протонов с соответствующей интегральной интенсивностью. Однако по данным масс-спектрологии циклический продукт (23 а,б) представлял собой смесь циклоолигомеров, включающих в свою структуру от 2 до 4 базовых звеньев (n). Необходимо отметить, что данные соединения обладают очень близкой

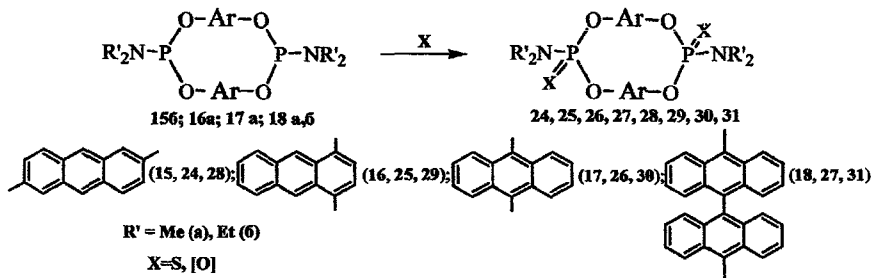
хроматографической подвижностью, на хроматограмме сливаются в одно пятно и не могут быть разделены хроматографически.

## 2.2. Химические свойства фосфаантраценофанов

Полученные нами фосфаантраценофаны по природе фосфорных фрагментов относятся к диэфироамам фосфористой кислоты. Для этих типов соединений характерны такие реакции, как окисление и сульфуризация.

Сульфуризацию проводили при комнатной температуре в хлороформе (24) либо пиридине (25, 26, 27). Полученные циклоамидотиофосфаты (24, 25, 26, 27) были выделены переосаждением гексаном и представляли собой аморфные порошки. В их спектрах ЯМР<sup>31</sup>P наблюдались синглетные сигналы в области 66 – 74 м д., характерные для цикломоноамидотионфосфатов.

Окисление проводили комплексом мочевины с пероксидом водорода при комнатной температуре в хлороформе (28) либо пиридине (29, 30, 31) в течение суток для всех циклоамидофосфитов.



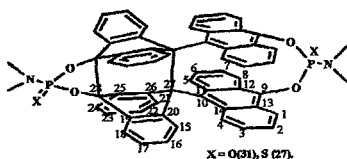
Полученные фосфаты 28-30 были выделены методом переосаждения и представляли собой порошкообразные вещества. В их спектрах ЯМР<sup>31</sup>P мы наблюдали синглетный сигнал в области 1 м д., характерной для моноамидофосфатов.

Следует отметить, что полученные фосфациклофаны имеют низкую устойчивость, например сульфуризация и окисление циклофосфита (17а) протекают с разрушением цикла, причем циклы распадаются с выделением антрахинона и смолообразного фосфорсодержащего продукта. Мы полагаем, что в этих жестких циклах после окисления происходит увеличение валентных углов, что приводит к

невозможности конформационных колебаний и увеличению стерической энергии молекул по сравнению с циклофосфитами.

Интересно, что циклические продукты, полученные на основе 1,4-дигидроксиантрацена, обладают очень низкой хроматографической подвижностью на силикагеле, так как хорошо сорбируются на нем.

Отдельно следует отметить окисление цикло[бис(9,9'-тетраметилдиамидофосфитокси)-10,10'-диантрацена](18а). В спектре ЯМР  $^{31}\text{P}$  тионфосфата 27 мы наблюдали два синглетных сигнала в области 64 и 72 м.д. в соотношении 1:1, причем, сигнал с  $\delta_{\text{р}}$  72 м.д. характерен для тионамидофосфатов фосфолановых циклов



Такие же характерные сигналы наблюдались в спектре ЯМР  $^{31}\text{P}$  фосфата 31 3.0 и 17.0 м.д. Нами было сделано предположение, что в данном случае протекает изомеризация в виде внутримолекулярной реакции Дильса-Альдера «Движущей силой» данного процесса может быть изменение валентных углов у атома фосфора при переходе от 3-х к 5-ти валентному состоянию, которое приводит к напряжению системы. Она стремится к структуре с наименьшей энергией, поэтому и происходит данная изомеризация. Это также подтверждается компьютерными расчетами стерических энергий теоретически ожидаемых циклов [146 для фосфата и 151 эв для тионфосфата], и полученных циклов [75 для соединения (31) и 82 эв для соединения (27)], а также исходного циклофосфита (18) [56 эв].

В спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  мы наблюдали, помимо сигналов атомов углерода метильных групп и антраценовой части молекулы, сигналы в области 60 и 100 м.д., относящиеся к четвертичным атомам углерода ( $\text{C}^{27}$  и  $\text{C}^{28}$ ). Измерением молекулярной массы было подтверждено, что продукт содержит два фрагмента диола и два фосфорных узла

**Выводы:**

1 Впервые синтезированы бисдиамидофосфиты на основе 2,6-дигидроксиантрацена, диантрона и бисацильных производных 9,10- и 1,4-дигидроксиантраценов. Изучено их поведение в реакциях окисления, фосфорилирования и комплексообразования. Показано, что данные соединения окисляются легко, сами могут служить фосфорилирующими реагентами, а также являются хорошими лигандами при комплексообразовании.

2. Впервые ацетоэфирные ароматических систем были использованы в препаративном фосфорилировании амидами фосфористой кислоты, что дало возможность получить фосфорилированные системы на основе 9,10- и 1,4-дигидроксиантрацена, ранее недоступные

3 Изучено влияние алкильного заместителя на продолжительность фосфорилирования и физико-химические свойства образующихся соединений. Показано, что реакция протекает легче при использовании ГМТА, а при фосфорилировании ГЭТА реакция протекает либо при нагревании, либо не идет совсем

4. Впервые синтезированы оригинальные металлофанов на основе бисдиамидофосфитов антрацендиолов и комплекса  $Pt(CH_3CN)_2Cl_2$ . Показано, что в отличие от соответствующих циклофанов, они являются устойчивыми соединениями.

5 Синтезированы первые представители класса фосфантраценоциклофанов методами прямого синтеза и молекулярной сборки. Наиболее удобным способом получения таких систем является метод прямого синтеза. Он экономичен, прост, образование циклов протекает быстро, побочные продукты легче удаляются. Показано, что при фосфоциклизации диантрона, в зависимости от метода синтеза (молекулярная сборка или прямой синтез), получают продукты различной молекулярной массы.

6 Получена серия оксо- и тиопроизводных на основе синтезированных циклофосфитов. Исследованы их структурные особенности, которые подтвердили сохранение циклической структуры при проведении данных реакций. Показано, что окисление атома фосфора в синтезированных циклах приводит к уменьшению их устойчивости за счет изменения валентных углов.

7 Показано, что в оксо- и сульфопроизводных на основе диантрона происходит внутримолекулярная циклизация по реакции Дильса-Альдера.

**Результаты работы изложены в следующих публикациях**

**Статьи:**

- 1 Нифантьев Э Е, Расадкина Е Н, Петров А В / Фосфоциклофаны на основе 2,6 – дигидроксиантрацена // *Журнал общей химии*. 2005 Т 75 Вып 4 С 698-699 (0 24 п л, авторский вклад 55%)
- 2 Расадкина Е Н, Петров А В, Нифантьев Э Е / Фосфорилирование и циклофосфорилирование 1,4-диацетоксиантрацена и диантрона // *Журнал общей химии*. 2007 Т 77 Вып 2 С 268-274 (0 7 п л, авторский вклад 55%)
- 3 Слитиков П В, Петров А В, Расадкина Е Н, Нифантьев Э Е / Металлофановые структуры на основе бисфосфорилированных дигидроксианфталинов и -антраценов // *Координационная химия*. 2007 № 4 С 286 (0 45 п л авторский вклад 35%)
- 4 Nifantsev E E, Petrov A V, Stach A I, Rasadkina E N / Anthracenediols in the synthesis of phosphacyclophanes // *Phosphorus, sulfur and silicon*. 2007 Vol 182 № 6 PP 1413 – 1424 (0 5 п л, авторский вклад 45%)

**Тезисы докладов:**

- 1 Petrov A V, Rasadkina E N, Nifantsev E E / The first phosphacyclophane from anthracene derivatives // Third international symposium “Molecular design and synthesis of supramolecular architectures”, 20-24 September 2004, Kazan, Russia. P 132 (0 08 п л, авторский вклад 25%)
- 2 Петров А В, Расадкина Е Н, Нифантьев Э Е / Фосфорилирование ацетатов дигидроксиантраценов // VIII молодежная научная школа – конференция по органической химии, 22 – 26 июля 2005, Казань, с 113 (0 04 п л, авторский вклад 35%)
- 3 Петров А В, Расадкина Е Н, Нифантьев Э Е / Синтез фосфамacroциклов на основе производных антрацена // Международная конференция по органической химии «Органическая химия от Бутлерова и Бейльштейна до современности», 26-29 июня 2006, Санкт-Петербург, Россия, С 396-397 (0 05 п л, авторский вклад 36%)
- 4 Слитиков П В, Петров А В, Расадкина Е Н, Нифантьев Э Е / Бисфосфорилированные дигидроксианфталины и антрацены в синтезе платиносодержащих металлофанов // Международная конференция по органической химии «Органическая химия от Бутлерова и Бейльштейна до современности», 26-29 июня 2006, Санкт-Петербург, Россия, С 543 (0 04 п л, авторский вклад 35%)

*Петров*



Подп к печ 04.09.2007 Объем 1 пл Заказ № 127 Тир 100 экз  
Типография МПГУ