

ПОЛУЧЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ ИЗ АРИЛАМИНОВ И БУТАДИЕНА

© Р. Н. Хуснитдинов, Р. Р. Гатауллин

Уфимский институт химии Уфимского федерального исследовательского центра РАН,
450054, Республика Башкортостан, г. Уфа, пр. Октября, д. 71
E-mail: husnitdinov54@mail.ru

Поступила в Редакцию 25 марта 2022 г.

После доработки 26 мая 2022 г.

Принята к публикации 21 июня 2022 г.

Получены N- и C-октадиенилзамещенные 1-, 2-нафтиламины и 6-аминохинолины, проявляющие антикоррозионную активность в солянокислой среде. Взаимодействие 2-нафтиламина с бутадиеном в присутствии комплексов палладия приводит к образованию смеси 1- или 3-октадиенилзамещенных производных. Первой стадией реакции является образование N-алкадиенилированного производного, который подвергается последующей катализируемой палладием ароматической аминоперегруппировке Кляйзена. При взаимодействии α -нафтиламина с бутадиеном в присутствии палладиевого катализатора и трифторуксусной кислоты получены продукты N- и C-алкенилирования. В катализируемых палладием реакциях бутадиена с 6-аминохинолином в зависимости от условий проведения теломеризации получены N-(2,7-октадиенил)- или N,N-бис(2,7-октадиенил)аминохинолины.

Ключевые слова: *аминохинолин; бутадиен; кислотная коррозия; нафтамин; теломеризация*
DOI: 10.31857/S0044461822040132, EDN: DHXBDC

Замещенные ариламины испытаны в качестве ингибиторов коррозии металлов в различных средах [1, 2], в то же время сведения об использовании в этом качестве алкадиенильных производных ариламинов встречаются редко. Следует отметить, что соединения этой группы могут характеризоваться повышенной противокоррозионной активностью благодаря присутствию в молекуле полиароматического, олефинового фрагментов и аминогруппы и, как следствие, активному адсорбционному взаимодействию алкадиенилариламинов с металлом. Это способствует повышению антикоррозионных показателей таких аминов. Таким образом, синтез и изучение защитных свойств аминоарилзамещенных алкадиенов представляется актуальным направлением исследований.

Одной из причин недостаточного внимания к алкадиенильным производным ариламинов может являться отсутствие разработанных и апробированных методик синтеза этих соединений. Известно незначительное количество методов их получения. Так, введение полиненасыщенного углеводородного фрагмента к аминогруппе ароматических аминов посредством их взаимодействия с тетрафторборатом или перхлоратом тропилия, а также алкадиенилирование аминопиридинов бутадиеном изучали в работах [3, 4]. В то же время примеры прямого алкадиенилирования ариламинов с конденсированными ароматическими и гетероароматическими ядрами практически отсутствуют.

Цель исследования — разработка доступной методики получения C- и N-алкадиенилированных арил-

аминов и изучение их активности ингибирования коррозии металлов в солянокислой среде.

Экспериментальная часть

Чистоту соединений контролировали на хроматографе Chrom 4 (н.р. Laboratorní Přístroje), детектор пламенно-ионизационный, колонка 2400×3 мм, подвижная фаза — силиконовый эластомер SE-30 5% на хроматоне N-AW (Chemapol), газ-носитель — гелий, рабочая температура $100\text{--}300^\circ\text{C}$. Спектры полученных соединений зарегистрированы на оборудовании ЦКП «Химия». Спектры ЯМР записаны на приборе Tesla BS-480B (Tesla) с рабочей частотой 100 МГц в CDCl_3 , внутренний стандарт — гексаметилдисилоксан (х.ч., АО «ЭКОС-1»). Масс-спектры зарегистрированы на масс-спектрометре МХ-1306 (Сумский завод электронных микроскопов), работающем в режиме ионизации электронами, при следующих условиях: энергия электронов 70 эВ, температура в камере ионизации 200°C . Элементный анализ выполнен на приборе CHNS-Analyzer-Eвро-2000 (НЕКАtech GmbH) (диапазон определения массовой доли элементов 0.005–100%). Анализ методом тонкослойной хроматографии выполняли с использованием пластин Sorbfil ПТСХ-АФ-А (ЗАО «Сорбполимер»). Применяемые для определения степени коррозии стальные пластины марки Ст3 (АО «Металлургический завод «Петросталь») взвешивали на аналитических весах ВЛР-200г 2-го класса точности (НПП «Госметр»).

В синтезах использовали ацетилацетонат палладия, свежеполученный из PdCl_2 (ч., Мерск) и ацетилацетона (ч.д.а., ГП «Завод химических реактивов») в присутствии KOH (ч., Chemapol) по методике [5]. Трифенилфосфин (ч., ЛАСНЕМА) перед применением перекристаллизовывали из бензола (х.ч., АО «ЭКОС-1»). Для колоночной хроматографии использовали коммерческий петролейный эфир, фракция $40\text{--}70^\circ\text{C}$ (ч., ООО «Компонент-Реактив»). 1-Нафтиламин (ч.д.а., ОАО «Шосткинский завод химреактивов») перекристаллизовывали из смеси этанол–вода, 6-аминохинолин и 2-нафтиламин (оба — ч., ОАО «Шосткинский завод химреактивов») перекристаллизовывали из бензола. Бутадиен (ч., ОАО «Синтез-Каучук») использовали свежеперегнанный. Триэтилалюминий (содержание основного вещества 91.86%, п/я М-5168) использовали без очистки. Для колоночной хроматографии использовали оксид алюминия по Брокману II (нейтральный, Reanal).

Общая методика получения алкадиенилариламинов (2), (3), (6), (9), (10). К смеси 0.3 ммоль $\text{Pd}(\text{acac})_2$, 0.3 ммоль PPh_3 и 1 мл бутадиена в 2 мл бензола в токе аргона добавили 0.6 ммоль AlEt_3 и перемешивали 20 мин при -5°C . Полученную каталитическую систему переносили в стальной пальчиковый автоклав объемом 17 см^3 в токе аргона, куда предварительно помещали 25 ммоль соответствующего ариламина и 100 ммоль бутадиена. Автоклав термостатировали в течение 6 ч при 100°C (в случае α -нафтиламина при 40°C). Затем реакционную массу охлаждали и переносили в хроматографическую колонку с Al_2O_3 (100 г, элюент — петролейный эфир).

Смесь [1-(1-винилгекс-5-ен-1-ил)-2-нафтил]- (2) и 3-[1-(1-винилгекс-5-ен-1-ил)-2-нафтил]аминов (3). Получали из 3.58 г 2-нафтиламина. Выход 4.39 г (70%). R_f 0.4 (петролейный эфир: C_6H_6 , 10:1), n_D^{20} 1.6160. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 750, 1525, 1630, 3030 (ArH); 920, 1000, 3070 ($\text{CH}=\text{CH}_2$); 3380, 3460 (NH_2). Спектр ЯМР ^1H (δ , м. д.): 1.41 м (4H, CH_2), 1.9 м (2H, $\text{CH}_2\text{—C}=\text{C}$), 3.16 м (1 H, Ar—CH), 3.6 с (2H, NH_2), 4.83 м (4H, $\text{CH}_2=\text{C}$), 5.33 м (2H, $\text{CH}=\text{C}$), 7.27 м (6H, C_{10}H_6); M^+ 251.

Найдено (%): С 85.90, Н 8.25, N 5.45.
 $\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{N}$. Вычислено (%): С 86.01, Н 8.42, N 5.57.

N-[(2*E*)-Окта-2,7-диен-1-ил]нафтил-2-амин (4). Выход 4.46 г (71%). R_f 0.5 (петролейный эфир), n_D^{20} 1.6020. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 765, 1530, 1635, 3040 (ArH); 925, 1010, 3075 ($\text{CH}=\text{CH}_2$); 3450 (NH). Спектр ЯМР ^1H (δ , м. д.): 1.35–1.45 м (2H, CH_2), 1.89–1.98 м (4H, $2\text{CH}_2\text{—C}=\text{C}$), 3.45–3.49 м (2H, N—CH_2), 3.70 уш. с (1H, NH), 4.87–5.05 м (2H, $\text{CH}_2=\text{C}$), 5.53–5.77 м (3H, $\text{CH}=\text{C}$, $\text{CH}=\text{CH}$), 6.30–6.60 м (2H, ArH), 7.30–7.70 м (5H, ArH). Масс-спектр, m/z : 251 [M^+].

Найдено (%): С 85.87, Н 8.30, N 5.48.
 $\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{N}$. Вычислено (%): С 86.01, Н 8.42, N 5.57.

N-[(2*E*)-Окта-2,7-диен-1-ил]нафтил-1-амин (6). Получали из 3.58 г 1-нафтиламина при 40°C . Выход 3.77 г (43% в пересчете на 60%-ную конверсию). R_f 0.5 (петролейный эфир), n_D^{20} 1.5990. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 775, 1535, 1630, 3020 (CH в C_{10}H_7); 915, 1000, 3070 ($\text{CH}=\text{CH}_2$); 975, 3020 (*транс*- $\text{CH}=\text{CH}$); 3430 (NH). Спектр ЯМР ^1H (δ , м. д.): 1.35–1.44 м (2H, CH_2), 1.88–1.96 м (4H, $2\text{CH}_2\text{—C}=\text{C}$), 3.47–3.55 м (2H, N—CH_2), 3.98 уш. с (1H, NH), 4.89–4.94 м (2H, $\text{H}_2\text{C}=\text{C}$), 5.45 м (3H, $\text{CH}=\text{C}$, $\text{CH}=\text{CH}$), 7.16–7.57 м (7H, C_{10}H_7). Масс-спектр, m/z : 251 [M^+].

Найдено (%): С 85.92, Н 8.31, N 5.44.
 $\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{N}$. Вычислено (%): С 86.01, Н 8.42, N 5.57.

[2-(1-Винилгекс-5-ен-1-ил)-1-нафтил]амин (7). К раствору 2.0 г соединения (6) в 8 мл бензола в пальчиковом автоклаве добавили 0.49 г трифторуксусной кислоты и нагревали при 160°C 6 ч. Реакционную смесь охлаждали до комнатной температуры, обрабатывали водным раствором Na₂CO₃ (3 г в 10 мл H₂O), сушили над KOH, органический слой декантировали, концентрировали в вакууме, продукт реакции выделяли хроматографированием на колонке с силикагелем (20 г, элюент — гексан, затем гексан-бензол, 10:1). Выход 1.56 г (78%). *R_f* 0.4 (C₆H₁₄:C₆H₆, 10:1). *n_D²⁰* 1.6110. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 775, 1535, 1630, 3020 (CH в C₁₀H₇); 915, 1000, 3070 (CH=CH₂); 975, 3020 (*транс*-CH=CH); 3390, 3450 (NH₂). Спектр ЯМР ¹H (δ , м. д.): 1.35–1.74 м (4H, —CH₂—CH₂—), 2.00–2.08 м (2H, CH₂—C=C), 3.03–3.08 м (1H, N—CH), 4.45 уш. с (2H, NH₂), 4.90–5.70 м (5H, H₂C=C, CH=C, CH=CH), 7.10–8.10 м (6H, C₁₀H₆). Масс-спектр, *m/z*: 251 [M⁺].

Найдено (%): C 85.99, H 8.29, N 5.42.
C₁₈H₂₁N. Вычислено (%): C 86.01, H 8.42, N 5.57.

N,N-Ди-(2E)-окта-2,7-диен-1-илхинолин-6-амин (9). Получали из 3.6 г ариламина (8) по вышеприведенной общей методике. От продукта моноалкадиенилирования (10) изолировали хроматографированием на колонке с Al₂O₃ (150 г, элюент — петролейный эфир). Выход 0.29 г (8%). *R_f* 0.8 (петролейный эфир: C₆H₆, 10:1), *n_D²⁰* 1.5980. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 920, 1000, 3085 (CH=CH₂); 975, 3015 (*транс*-CH=CH); 830, 1515 (CH в C₉H₆N). Спектр ЯМР ¹H (δ , м. д.): 1.47–1.52 м (4H, 2CH₂), 2.01–2.08 м (4H, 2CH₂—C=C), 3.67–3.71 м (4H, H₂C—N—CH₂), 4.95–5.70 м (8H, CH₂=C, CH=CH), 6.67–8.92 м (6H, C₉H₆N). Масс-спектр, *m/z*: 360 [M⁺].

Найдено (%): C 83.08, H 8.79, N 7.58.
C₂₅H₃₂N₂. Вычислено (%): C 83.28, H 8.95, N 7.77.

N-[(2E)-Окта-2,7-диен-1-ил]хинолин-6-амин (10). Дальнейшим элюированием петролейным эфиром вышеприведенной реакционной смеси получили 4.1 г (64%) соединения (10). *R_f* 0.4 (петролейный эфир: C₆H₆, 10:1), *n_D²⁰* 1.5940. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 920, 1000, 3080 (CH=CH₂); 980, 3025 (*транс*-CH=CH); 840, 1630 (CH в C₉H₆N); 3280 (N—H). Спектр ЯМР ¹H (δ , м. д.): 1.54–1.59 м (2H, CH₂), 2.06 м (4H, 2CH₂—C=C), 3.70 м (2H, N—CH₂—C=C), 4.5 уш. с (1H, NH), 5.01–5.12 м (2H, CH₂=C), 5.40–5.70 м (3H, CH=C, HC=CH), 6.70–7.90 м (5H, ArH), 8.88 м (1H, H-2). Масс-спектр, *m/z*: 252 [M⁺].

Найдено (%): C 80.52, H 7.82, N 10.94.
C₁₇H₂₀N₂. Вычислено (%): C 80.91, H 7.99, N 11.10.

7-(1-Винилгекс-5-ен-1-ил)хинолин-6-амин (11). Раствор 1.51 г соединения (10) и 0.69 г трифторуксусной кислоты в 8 мл бензола нагревали при 180°C 6 ч. Реакционную смесь охлаждали до комнатной температуры, обрабатывали водным раствором Na₂CO₃ (3 г в 10 мл H₂O), сушили над KOH, органический слой декантировали, концентрировали в вакууме, продукт реакции выделяли хроматографированием на колонке с Al₂O₃ (40 г, элюент — гексан-бензол, 10:1). Выход 0.88 г (58%). *R_f* 0.4 (гексан:C₆H₆, 10:3), *n_D²⁰* 1.6560. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 920, 1000, 3080 (CH=CH₂); 980, 3025 (*транс*-CH=CH); 840, 1630 (CH в C₉H₆N); 3320, 3410 (NH₂). Спектр ЯМР ¹H (δ , м. д.): 1.35–1.75 м (4H, 2CH₂), 1.98–2.09 м (2H, CH₂—C=C), 3.20 м (1H, CH), 4.3 уш. с (2H, NH₂), 4.90–5.80 м (5H, 2H₂C=C, 2HC=C), 7.20 с (1H, H-5), 7.40–7.90 м (4H, ArH), 8.60 м (1H, H-2). Масс-спектр, *m/z*: 252 [M⁺].

Найдено (%): C 80.76, H 7.88, N 10.93.
C₁₇H₂₀N₂. Вычислено (%): C 80.91, H 7.99, N 11.10.

Методика определения антикоррозионной активности. В качестве рабочей среды использовали 15%-ный раствор HCl. Обезжиренные и высушенные до постоянного веса образцы стали помещали в рабочую среду на 6 ч при 20°C с добавлением ингибитора и без него. Затем образцы тщательно промывали в струе воды, погружали на 5–10 мин в 10%-ный раствор KOH, вновь промывали проточной водой и сушили до постоянного веса.

Скорость коррозии (ρ), степень защиты стали от коррозии (*Z*) определяли в соответствии с формулами

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{St}, \quad (1)$$

$$Z = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где m_1 , m_2 — изменение массы (г); S — площадь образца стали (м²); t — время испытания (ч); ρ_1 — скорость коррозии в среде без ингибитора (г·м⁻²·ч⁻¹); ρ_2 — скорость коррозии в среде с содержанием ингибитора (г·м⁻²·ч⁻¹).

Контрольная скорость коррозии $\rho_0 = 5.0$ г·м⁻²·ч⁻¹, $T = 20^\circ\text{C}$, содержание ингибитора 0.2 мас%.

Обсуждение результатов

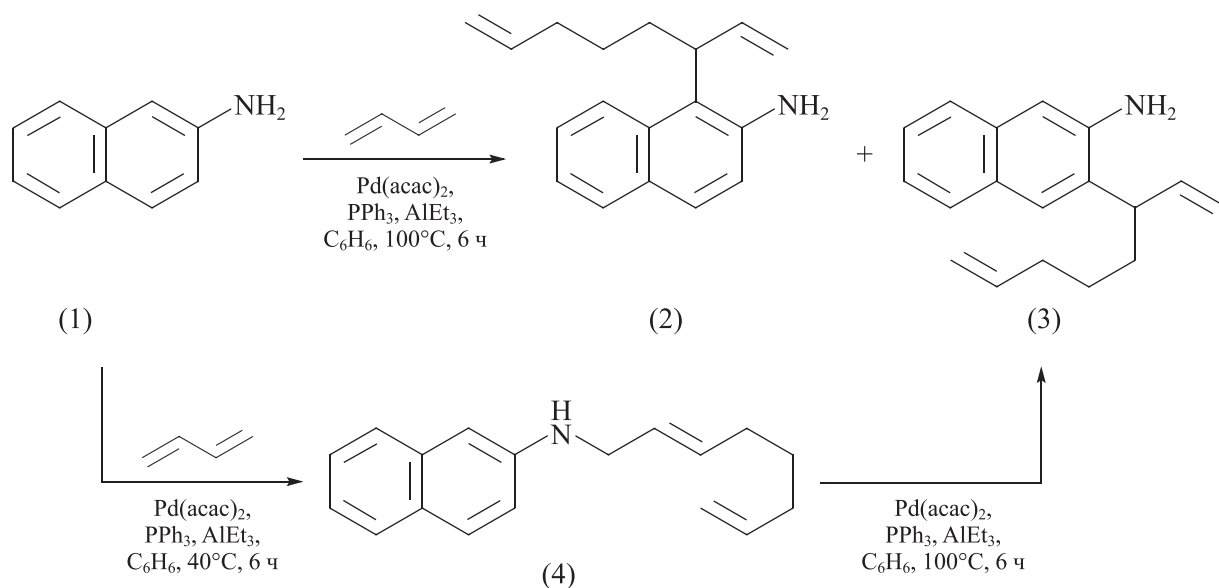
При проведении аналогичных, описанных ранее [4] реакций алкадиенилирования конденсированных ариламинов нами обнаружено, что взаимодействие бутадиена с 2-нафтиламином (1) в присутствии каталитической системы Pd(асас)₂-Ph₃P-AlEt₃ при 100°C

приводит к *C*-алкадиенилированию β -нафтиламина с образованием 1-октадиенил- (2) или 3-октадиенильных производных (3) с общим выходом 67–70% (схема 1). Смесь алкадиенилированных β -нафтиламинов (2) и (3) гидрируется на Pd/C, при этом поглощается 2 моль H_2 и образуются два региоизомерных продукта гидрирования двойных связей алкадиенильного фрагмента в соотношении 1:1, разделяющиеся при газожидкостном хроматографическом анализе. В масс-спектре этой смеси присутствует пик, соответствующий молекулярному иону этих соединений, $m/z = 255$ а. е. Предположительно, при теломеризации вначале образуется *N*-(2,7-октадиенил)- β -нафтиламин (4), который в условиях реакции претерпевает даль-

нейшую перегруппировку в региоизомеры (2) и (3). Подтверждением этому является теломеризация β -нафтиламина с бутадиеном при более мягких условиях.

Попытки получить *N*-(2,7-октадиенил)- β -нафтиламин (4) при 80 или 60°C успехом не увенчались. Это соединение с выходом 43% удалось получить при снижении температуры реакции до 40°C [конверсия нафтиламина (1) при этом составила 60%]. Нагревание соединения (4) в присутствии предварительно подготовленной каталитической системы $Pd(acac)_2-PPh_3-AlEt_3$ при температуре бани 80–100°C в бензоле приводит к образованию смеси региоизомеров (2) и (3) с общим выходом 90% (схема 1).

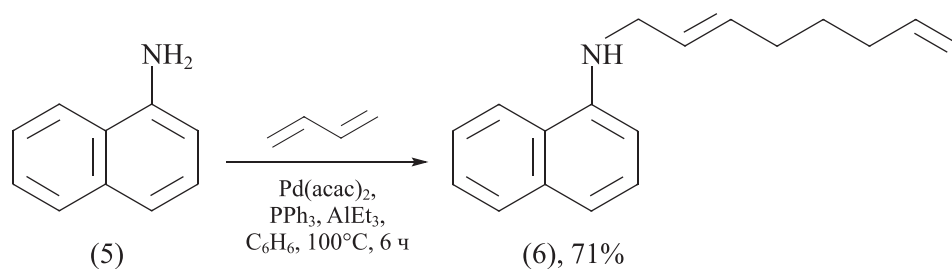
Схема 1



В отличие от *N*-алкадиенилирования β -нафтиламина (1) в случае нагревания смеси бутадиена и α -нафтиламина (5) в присутствии каталитической системы $Pd(acac)_2-PPh_3-AlEt_3$ при 100°C продукт за-

мещения в ароматическом ядре не образуется. В этом случае получен исключительно *N*-(2,7-октадиенил)- α -нафтиламин (6). Примеси *N,N*-бис(2,7-октадиенил)-ного производного также не обнаружено (схема 2).

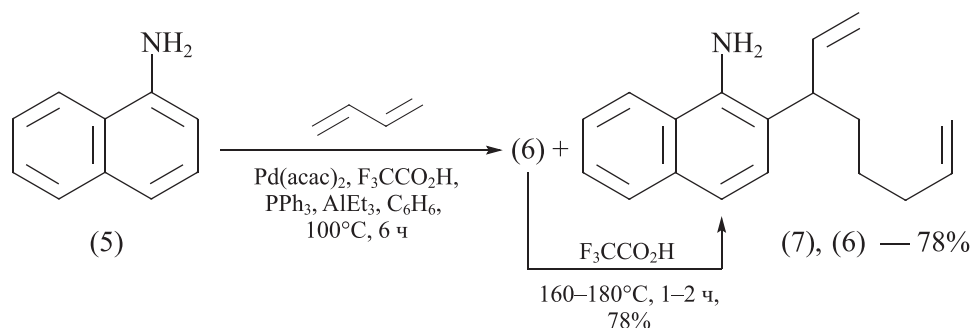
Схема 2



При теломеризации α -нафтиламина с бутадиеном в присутствии каталитической системы с добавкой $\text{CF}_3\text{CO}_2\text{H}$ при 100°C наряду с ожидаемым N -(2,7-октадиенил)- α -нафтиламином (6) образуется и продукт С-алкадиенилирования (7) с выходом 6% (схема 3). Продукт перегруппировки N -(2,7-октадиенил)- α -нафтиламина (6) протекает наиболее

полно в присутствии 0.5 эквивалентного количества $\text{CF}_3\text{CO}_2\text{H}$ в течение 1–2 ч при 160°C с выходом 78%. Продление нагрева до 2 ч при этой температуре не повлияло на продуктивность реакции. Повышение температуры нагрева до 180°C приводит к снижению выхода амина (7).

Схема 3



Бутадиен и 6-аминохинолин (8) в присутствии каталитической системы $\text{Pd}(\text{acac})_2$ – Ph_3P – AlEt_3 – $\text{CF}_3\text{CO}_2\text{H}$ при 100°C взаимодействуют с образованием N,N -бис(2,7-октадиенил)- (9) и N -(2,7-октадиенил)-6-аминохинолина (10) в соотношении $\approx 1:8$, которые удается индивидуализировать с помощью колоночной хроматографии. Ароматическая аминоперегруппировка алкадиенильного фрагмента в соединении (10) возможна только при более жестких условиях. Вероятно, конденсированное к бензольному гетероциклическое кольцо дезактивирует положение С-7 молекулы соединения (10).

Таким образом, алкадиенильный фрагмент перемещается только к атому С-8 с образованием единственного продукта перегруппировки лишь при 180°C в присутствии эквимольного количества трифторуксусной кислоты с образованием 7-(1,7-октадиен-3-ил)-6-аминохинолина (11) с удовлетворительным выходом (схема 4). Об этом свидетельствует наличие в спектре ЯМР ^1H этого соединения синглетного сигнала протона Н-5 в области 7.20 м. д. Применение меньших стехиометрических соотношений амин:кислота для осуществления реакции перегруппировки менее продуктивно (табл. 1).

Схема 4

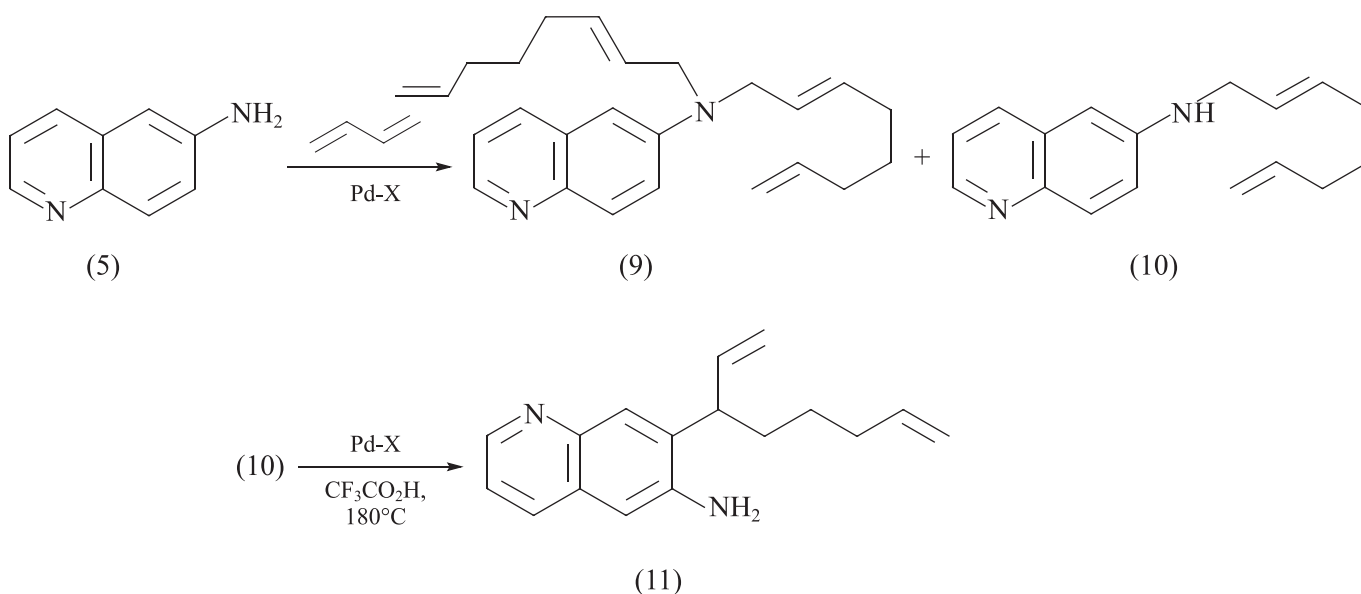


Таблица 1

Зависимость выхода продукта перегруппировки 7-(1-винилгекс-5-ен-1-ил)хинолин-6-амина от соотношения *N*-[(2*E*)-окта-2,7-диен-1-ил]хинолин-6-амина и трифторуксусной кислоты (продолжительность нагревания 5 ч)

Температура реакции, °С	Соотношение <i>N</i> -[(2 <i>E</i>)-окта-2,7-диен-1-ил]хинолин-6-амин:CF ₃ CO ₂ H	Выход 7-(1-винилгекс-5-ен-1-ил)хинолин-6-амина, %
160	1:1	5
180	1:0.5	16
180	1:0.75	43
180	1:1	58

Таблица 2

Результаты антикоррозионных испытаний ариламинов в 15%-ной HCl

Соединение	Скорость коррозии ρ, г·м ⁻² ·ч ⁻¹	Степень защиты Z, %
2-Аминонафталин (1)	0.74	85.2
Смесь [1-(1-винилгекс-5-ен-1-ил)-2-нафтил]- (2) и 3-[1-(1-винилгекс-5-ен-1-ил)-2-нафтил]аминов (3)	0.275	94.5
<i>N</i> -[(2 <i>E</i>)-Окта-2,7-диен-1-ил]нафтил-2-амин (4)	0.25	95.0
1-Аминонафталин (5)	0.745	85.1
<i>N</i> -[(2 <i>E</i>)-окта-2,7-диен-1-ил]нафтил-1-амин (6)	0.18	96.4
[2-(1-Винилгекс-5-ен-1-ил)-1-нафтил]амин (7)	0.245	95.1
6-Аминохинолин (8)	0.615	87.7
<i>N,N</i> -Ди-(2 <i>E</i>)-окта-2,7-диен-1-илхинолин-6-амин (9)	0.06	98.8
<i>N</i> -[(2 <i>E</i>)-Окта-2,7-диен-1-ил]хинолин-6-амин (10)	0.275	94.5
7-(1-Винилгекс-5-ен-1-ил)хинолин-6-амин (11)	0.17	96.6

Структура продуктов *N*-алкадиенилирования и перегруппировки подтверждена спектральными методами. Региолокализация сигналов протонов алкадиенильной группы в спектрах ЯМР ¹H этих соединений практически совпадает с химическими сдвигами в ранее описанных аналогичных соединениях [4]. Удвоенная уширенная полоса поглощения в области 3320–3390 и 3390–3460 см⁻¹ в ИК-спектре смеси региоизомеров (2) и (3), 2-алкадиенилнафтиламина (7), а также хинолинового аналога (11) свидетельствует о наличии NH₂-группы. В спектре ЯМР ¹H этих соединений присутствуют мультиплетные сигналы в области 1.5 м. д., относящиеся к метиленовым протонам, в области 1.9 м. д. резонируют аллильные протоны. Метиленовые протоны у ароматического ядра резонируют при 3.52 м. д. Группе олефиновых и ароматических протонов соответствуют мультиплетные сигналы при 4.83, 5.33 и 7.30 м. д. В масс-спектрах полученных соединений значения *m/z* молекулярных ионов соответствуют расчетным данным.

Аминные основания являются хорошими ингибиторами коррозии металлов в кислых средах [6–8]. Исследования полученных нами соединений в качестве ингибиторов коррозии показали их высокую эффективность (табл. 2). Алкадиенильный заместитель при атоме азота или при углеродном атоме ароматического кольца нафтиламинов или 6-аминохинолина способствует существенному увеличению степени антикоррозионной активности.

Выводы

Структура продуктов реакции теломеризации α- и β-нафтиламинов, 6-аминохинолина с бутадиеном зависит от природы самого амина, а также от состава применяемой каталитической системы. Первоначальными аддуктами взаимодействия являются *N*-октадиенильные производные, которые варьированием условий реакции могут быть превращены в продукты ароматической аминоперегруппировки

Кляйзена. В случае 2-нафтиламина образующийся продукт *N*-алкадиенилирования в ходе реакции подвергается аминоперегруппировке Кляйзена, тогда как 1-нафтиламиновый и 6-аминохинолиновый аналоги перегруппируются лишь в присутствии трифторуксусной кислоты при высоких температурах.

Продукты октадиенилирования проявляют высокую активность против кислотной коррозии металлов. Наличие алкадиенильной группы при атоме азота или при ароматическом ядре полученных соединений способствует улучшению эффективности против кислотной коррозии металлов по сравнению с исходными ариламинами.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Информация о вкладе авторов

Оба автора — проведение экспериментов по синтезу и выделению веществ, расчеты антикоррозионной активности, написание текста статьи; Р. Н. Хуснитдинов — подготовка образцов и проведение испытаний по антикоррозионной активности; Р. Р. Гатауллин — интерпретация спектральных данных.

Информация об авторах

Хуснитдинов Рамиль Нуретдинович, к.х.н., доцент, с.н.с. Уфимского института химии РАН
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8454-3056>

Гатауллин Раил Рафкатович, д.х.н., проф., в.н.с. Уфимского института химии РАН
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3269-2729>
Scopus: 7003753298

Список литературы

- [1] *Abdullatef O. A.* Electropolymerization, characterization and corrosion protection evolution of poly(4-aminomethyl-5-hydroxymethyl-2-methylpyridine-3-ol) on steel and copper. // *Russ. J. Appl. Chem.* 2017. V. 90. N 4. P. 613–624.
<https://doi.org/10.1134/S1070427217040188>
- [2] *Доценко В. В., Евмещенко Т. Ю., Аксенов Н. А., Аксенова И. В., Крапивин Г. Д., Шарара Д. И., Чаусов Ф. Ф., Стрелков В. Д., Дядюченко Л. В.* Некоторые новые реакции и свойства гидрида ксантана (5-амино-1,2,4-дитиазол-3-тиона) // *ЖОХ.* 2018. Т. 88. № 10. С. 1601–1609 [*Dotsenko V. V., Eymeshchenko T. Yu., Aksenov N. A., Aksenova I. V., Krapivin G. D., Sharapa D. I., Chausov F. F., Strelkov V. D., Dyadyuchenko L. V.* Some new reactions and properties of xanthane hydride (5-amino-1,2,4-dithiazole-3-thione) // *Russ. J. Gen. Chem.* 2018. V. 88. N 10. P. 2050–2057.
<https://doi.org/10.1134/S1070363218100043>].
- [3] *Юнникова Л. П., Лихарева Ю. Е., Эсенбаева В. В.* Электрофильное тропилирование аминопиридинов и 4-аминохинолина // *ЖОХ.* 2019. Т. 89. № 9. С. 1482–1486 [*Yunnikova L. P., Likhareva Yu. E., Esenbaeva V. V.* Electrophilic tropylation of aminopyridines and 4-aminoquinoline // *Russ. J. Gen. Chem.* 2019. V. 89. N 9. P. 1927–1930.
<https://doi.org/10.1134/S0044460X1909021X>].
- [4] *Фахретдинов Р. Н., Хуснитдинов Р. Н., Абдрахманов И. Б., Джемилев У. М.* Теломеризация аминопиридинов с бутадиеном, катализируемая комплексами палладия // *ЖОХ.* 1984. Т. 20. № 5. С. 1101–1108 [*Fakhretdinov R. N., Khusnitdinov R. N., Abdrakhmanov I. B., Dzhemilev U. M.* // *Zhurnal Organitsheskoj Khimii.* 1984. V. 20. N 5. P. 1101–1108].
- [5] *Гринберг А. А., Симонова Л. К.* К вопросу получения ацетилацетоната палладия // *ЖПХ.* 1953. Т. 26. № 8. С. 880–882.
- [6] *El Aatiaooui A., Daoudi W., El Boutaybi A., Guo L., Benchat N.-E., Aouinti A., Oussaid A., Loutou M.* Synthesis and anticorrosive activity of two new imidazo[1, 2-a]pyridine Schiff bases // *J. Molec. Liq.* 2022. V. 350. ID 118458.
<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.118458>
- [7] *Verma C., Olasunkanmi L. O., Ebenso E. E., Quraishi M. A., Obot I. B.* Adsorption behavior of glucosamine-based, pyrimidine-fused heterocycles as green corrosion inhibitors for mild steel: Experimental and theoretical studies // *J. Phys. Chem. C.* 2016. V. 120. N 21. P. 11598–11611.
<https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.6b04429>
- [8] *Obot I. B., Obi-Egbedi N. O., Eseola A. O.* Anticorrosion potential of 2-mesityl-1H-imidazo[4,5-f][1,10]-phenanthroline on mild steel in sulfuric acid solution: Experimental and theoretical study // *Ind. Eng. Chem. Res.* 2011. V. 50. N 4. P. 2098–2110.
<https://doi.org/10.1021/ie102034c>