УДК 547.821.2+547.1'11

ПОДХОДЫ К СИНТЕЗУ ПИРИДИНФОСФОНОВЫХ КИСЛОТ — ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ

М. Ю. Крысин[1], Х. С. Шихалиев[1], Н. В. Столповская[1], А. В. Зорина[1], Г. В. Шаталов[1], А. С. Перегудова[1], А. К. Сайкиа[2]

[1] Воронежский государственный университет
[2] Индийский институт технологий Guwahati

Поступила в редакцию 10.02.2012 г.

Аннотация. [[Пиридин-2(3,4)-илметил)имино]ди(метилен)]бисфос-фоновые кислоты, [(пиридин-2(3,4)-илимино)ди(метилен)]бисфосфоновые кислоты, [пиперидин-1-ил-(пиридин-2(3,4)-ил)-метил] фосфоновые кислоты и [морфолин-4-ил(пиридин-2(3,4)-ил)метил]фосфоновые кислоты, проявляющие свойства ингибиторов коррозии металлов в различных средах, получены в результате трехкомпонентной конденсации соответствующих аминов, альдегидов и фосфористой кислоты.

Ключевые слова: Пиридинфосфоновые кислоты, аминометилендифосфоновые килоты, фосфористая кислота, морфолин, пиперидин, пиридинкарбальдегиды.

Abstract. [[Pyridine-2(3,4)-ylmethylimino]di(methylene)]biphosphonic acids, [[pyridine-2(3,4)-ylimino]di(methylene)]biphosphonic acids, [piperidine-1-yl(pyridine-2(3,4)-yl)methylphosphonic acids, [morfoline-1-yl(pyridine-2(3,4)-yl)methylphosphonic acids showing properties of inhibitors jf corrosion of metals in various environments, are received as a result of three-componental condensation amines, aldehydes and phosphorous acid.

Keywords: Pyridinephosphonic asids, aminomethylendiphosphonic asids, phosphorous acid, morfoline, piperidine, pyridinecarbaldehydes.

ВВЕДЕНИЕ

В результате исследования закономерностей формирования наноразмерных защитных покрытий фосфоновых кислот на низкоуглеродистой стали в водном растворе хлорида натрия и боратном буфере было обнаружено, что характер процессов (активация или пассивация) зависит как от концентрации фосфоновой кислоты, так и структуры органического радикала в ее молекуле. Во многом это связано с комплексообразующими свойствами, а также гидрофильностью молекул. Это дает возможность целенаправленно регулировать защитные свойства фосфоновых кислот диверсификацией органических фрагментов [1]. Азагетероциклический фрагмент играет существенную роль в процессах образования тонких пленок органических веществ на поверхности металлов [2—4].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Контроль над ходом реакций и индивидуальностью синтезированных веществ осуществляли методом ТСХ на пластинах Silufol UV-254. Спектры ЯМР ^{1}H регистрировали на приборе Bruker AC-300 (300 МГц) в ДМСО-d6, внутренний стандарт — Me_4Si, масс-спектры — на приборе LKB 9000, энергия ионизирующих электронов 70 эВ. Элементный анализ проводили на приборе Carlo Erba NA 1500.

[[Пиридин-2(3,4)-илметил)имино]ди (метилен)]бисфосфоновые кислоты 1а-в

Общая методика. Смесь 0,05 моль фосфористой кислоты, 0,025 моль соответствующего пиколиламина, 5 мл соляной кислоты и 5 мл воды кипятили в течение 30 минут. К смеси прибавили 0,1 моль формальдегида и кипятили еще 2 часа. Отогнали воду на роторном испарителе. Образовавшуюся смолу растерли с ацетоном. Выпавший осадок — отфильтровали и высушили при комнатной температуре.

[[Пиридин-2-илметил)имино]ди(метилен)] бисфосфоновая кислота 1а

Выход 75%, т.пл. 278—280 °С. Найдено (%):С, 32,43; Н, 4,75; N, 9,47. $C_8H_{14}N_2O_6P_2$. Вычислено (%):С, 32,44; Н, 4,76; N, 9,46. Спектр ЯМР^{1}Н 3,2 (2Н, м., 1CH_2пирид); 4,5—4,8 (4Н, м., 2CH_2); 8,2 (1Н, т., 1СНпирид); 8,8—8,9 (1Н, д., СНпирид); 9,0 (1Н, т., 1СНпирид); 9,2 (1Н, д., 1СНпирид); 13,00 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 296$[M]^+$.

[[Пиридин-3-илметил)имино]ди(метилен)] бисфосфоновая кислота 1б

© Крысин М. Ю., Шихалиев Х. С., Столповская Н. В., Зорина А. В., Шаталов Г. В., Перегудова А. С., Сайкиа А. К., 2012

Выход 79%, т.пл. 283—285 °С. Найдено (%):С, 32,42; Н, 4,78; N, 9,44. $C_8H_{14}N_2O_6P_2$. Вычислено (%):С, 32,44; Н, 4,76; N, 9,46. Спектр ЯМР^{1}Н 3,4 (2Н, м., 1СH_2пирид); 4,6—5,0 (4Н, м., 2СH_2); 8,2 (1Н, т., 1СНпирид); 8,8—8,9 (2Н,2 д., 2СНпирид); 9,2 (1Н, с., 1СНпирид); 12,00 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 296[M]$^+$.

[[Пиридин-4-илметил)имино]ди(метилен)] бисфосфоновая кислота 1в

Выход 80%, т.пл. 283—285 °С. Найдено (%):С, 32,46; Н, 4,74; N, 9,47. $C_8H_{14}N_2O_6P_2$. Вычислено (%):С, 32,44; Н, 4,76; N, 9,46. Спектр ЯМР^{1}Н 3,6 (2Н, м., 1СH_2пирид); 4,4—4,7 (4Н, м., 2СH_2); 8,3 (2Н,2 д., 2СНпирид); 9,0 (2Н,2 д., 2СНпирид); 13,50 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 296[M]$^+$.

[(R-пиридин-2(3,4)-илимино)ди(метилен)] бисфосфоновые кислоты 2 а-д.

Общая методика. Смесь 0,05 моль фосфористой кислоты, 0,025 моль соответствующего пиридиламина, 5 мл соляной кислоты и 5 мл воды кипятили в течение 30 минут. К смеси прибавили 0,1 моль формальдегида и кипятили еще 2 часа. Отогнали воду на роторном испарителе. Образовавшуюся смолу растерли с ацетоном. Выпавший осадок — отфильтровали и высушили при комнатной температуре.

[(Пиридин-2-илимино)ди(метилен)] бисфосфоновая кислота 2 а

Выход 54%, т.пл. >300 °С. Найдено (%):С, 29,78; Н, 4,25; N, 9,96. $C_7H_{12}N_2O_6P_2$. Вычислено (%):С, 29,80; Н, 4,29; N, 9,93. Спектр ЯМР^{1}Н 4,6—4,8 (4Н, м., 2СH_2); 8,3 (1Н, т., 1СНпирид); 8,8—8,9 (1Н, д., СНпирид); 9,0 (1Н, т., 1СНпирид); 9,2 (1Н, д., 1СНпирид); 13,00 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 282[M]$^+$.

[(Пиридин-3-илимино)ди(метилен)] бисфосфоновая кислота 2 б

Выход 49%, т.пл. >300 °С. Найдено (%):С, 29,79; Н, 4,27; N, 9,90. $C_7H_{12}N_2O_6P_2$. Вычислено (%):С, 29,80; Н, 4,29; N, 9,93. Спектр ЯМР^{1}Н 5,0—5,2 (4Н, м., 2СH_2); 8,2 (1Н, т., 1СНпирид); 8,8—8,9 (2Н,2 д., 2СНпирид); 9,2 (1Н, с., 1СНпирид); 12,00 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 282[M]$^+$.

[(Пиридин-4-илимино)ди(метилен)] бисфосфоновая кислота 2 в

Выход 66%, т.пл. >300 °С. Найдено (%):С, 29,82; Н, 4,31; N, 9,91. $C_7H_{12}N_2O_6P_2$. Вычислено (%):С, 29,80; Н, 4,29; N, 9,93. Спектр ЯМР^{1}Н 4,7—4,9 (4Н, м., 2СH_2); 8,5 (2Н,2 д., 2СНпирид); 9,2 (2Н,2 д., 2СНпирид); 13,50 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 282[M]$^+$.

[((4-Метил)пиридин-2-илимино)ди (метилен)] бисфосфоновая кислота 2 г

Выход 55%, т.пл. >300 °С. Найдено (%):С, 32,41; Н, 4,79; N, 9,43. $C_8H_{14}N_2O_6P_2$. Вычислено (%):С, 32,44; Н, 4,76; N, 9,46. Спектр ЯМР^{1}Н 2,5 (3Н, с., CH_3); 4,7—4,9 (4Н, м., 2СH_2); 8,5 (1Н, т., 1СНпирид); 8,8—8,9 (1Н, д., СНпирид); 9,0 (1Н, т., 1СНпирид); 9,2 (1Н, д., 1СНпирид); 13,00 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 296[M]$^+$.

[((6-Метил)пиридин-2-илимино)ди (метилен)] бисфосфоновая кислота 2д

Выход 75%, т.пл. >300 °С. Найдено (%):С, 32,48; Н, 4,75; N, 9,48. $C_8H_{14}N_2O_6P_2$. Вычислено (%):С, 32,44; Н, 4,76; N, 9,46. Спектр ЯМР^{1}Н 2,7 (3Н, с., CH_3); 4,8—5,0 (4Н, м., 2СH_2); 8,0 (1Н, т., 1СНпирид); 9,0—9,1 (1Н, д., СНпирид); 9,2 (2Н, 2д., 2СНпирид); 13,00 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 296[M]$^+$.

[пиперидин-1-ил-(пиридин-2(3,4)-ил)-метил] фосфоновые кислоты 3 а-в и [морфолин-4-ил(пиридин-2(3,4)-ил)метил]фосфоновые кислоты 4 а-в

Общая методика. Смесь 0,05 моль фосфористой кислоты, 0,05 моль пиперидина (морфолина), 5 мл соляной кислоты и 5 мл воды кипятили в течение 30 минут. К смеси прибавили 0,1 моль соответствующего пиридинкарбальдегида и кипятили еще 3 часа. Воду отогнали на роторном испарителе. К образовавшейся смоле добавили 30 мл водного ацетона (1:3), выпавший осадок отфильтровали и высушили при комнатной температуре.

[Пиперидин-1-ил(пиридин-2-ил)метил] фосфоновая кислота 3а

Выход 64%, т.пл. 250—252 °С. Найдено (%):С, 51,58; Н, 6,65; N, 10,96. $C_{11}H_{17}N_2O_3P$. Вычислено (%):С, 51,56; Н, 6,69; N, 10,93. Спектр ЯМР^{1}Н 2,5—2,7 (6Н, м, 3СH_2); 3,3 (1Н, с., СН); 3,5—3,7 (4Н, м, 2СH_2); 8,5 (1Н, т., 1СНпирид); 8,8—8,9 (1Н, д., СНпирид); 9,0 (1Н, т., 1СНпирид); 9,1 (1Н, д., 1СНпирид); 13,00 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 256[M]$^+$.

[Пиперидин-1-ил(пиридин-3-ил)метил] фосфоновая кислота 3б

Выход 59%, т.пл. 269—271 °С. Найдено (%):С, 51,54; Н, 6,67; N, 10,90. $C_{11}H_{17}N_2O_3P$. Вычислено (%):С, 51,56; Н, 6,69; N, 10,93. Спектр ЯМР^{1}Н 2,9—3,1 (6Н, м, 3СH_2); 3,4 (1Н, с., СН); 3,8—4,0 (4Н, м, 2СH_2); 8,3 (1Н, т., 1СНпирид); 8,5—8,7 (2Н,2 д., 2СНпирид); 9,0 (1Н, с., 1СНпирид); 12,00 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 256[M]$^+$.

[Пиперидин-1-ил(пиридин-4-ил)метил] фосфоновая кислота 3в

Выход 56%, т.пл. 258—260 °С. Найдено (%):С, 51,55; Н, 6,71; N, 10,95. $C_{11}H_{17}N_2O_3P$. Вычислено (%):С, 51,56; Н, 6,69; N, 10,93. Спектр ЯМР^{1}Н 2,8—3,0 (6Н, м, $3CH_2$); 3,2 (1Н, с., СН); 3,6—3,8 (4Н, м, $2CH_2$); 8,1 (2Н,2 д., 2СНпирид); 8,9 (2Н,2 д., 2СНпирид); 13,50 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 256$[M]^+$.

[Морфолин-4-ил(пиридин-2-ил)метил] фосфоновая кислота 4а

Выход 49%, т.пл. 241—243 °С. Найдено (%):С, 46,54; Н, 5,88; N, 10,86. $C_{10}H_{15}N_2O_4P$. Вычислено (%):С, 46,52; Н, 5,86; N, 10,85. Спектр ЯМР^{1}Н 3,5 (1Н, с., СН); 4,5—5,0 (8Н, м, 4СН2); 8,2 (1Н, т., 1СНпирид); 8,7—8,8 (1Н, д., СНпирид); 8,9 (1Н, т., 1СНпирид); 9,0 (1Н, д., 1СНпирид); 13,00 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 258$[M]^+$.

[Морфолин-4-ил(пиридин-3-ил)метил] фосфоновая кислота 4б

Выход 58%, т.пл. 259—261 °С. Найдено (%):С, 46,50; Н, 5,85; N, 10,83. $C_{10}H_{15}N_2O_4P$. Вычислено (%):С, 46,52; Н, 5,86; N, 10,85. Спектр ЯМР^{1}Н 3,4 (1Н, с., СН); 4,6—5,2 (8Н, м, 4СН2); 8,5 (1Н, т., 1СНпирид); 8,8—8,9 (2Н,2 д., 2СНпирид); 9,1 (1Н, с., 1СНпирид); 12,00 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 258$[M]^+$.

[Морфолин-4-ил(пиридин-4-ил)метил] фосфоновая кислота 4в

Выход 63%, т.пл. 255—257 °С. Найдено (%):С, 46,51; Н, 5,89; N, 10,87. $C_{10}H_{15}N_2O_4P$. Вычислено (%):С, 46,52; Н, 5,86; N, 10,85. Спектр ЯМР^{1}Н 3,3 (1Н, с., СН); 4,3—4,9 (8Н, м, 4СН2); 8,4 (2Н,2 д., 2СНпирид); 8,9 (2Н,2 д., 2СНпирид); 13,50 (4Н, уш.с., 4ОНпирид). Масс-спектр, m/z 258$[M]^+$.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для получения пиридинаминометиленфосфоновых кислот были изучены реакции, основанные на трехкомпонентной конденсации аминной компоненты, карбонильных соединений и фосфористой кислоты [5—8]. Варьируя первыми двумя субстратами, по данной методологии можно синтезировать различные пиридинфосфоновые кислоты, в которых пиридиновый фрагмент находится в α- или β-положении относительно остатка фосфоной кислоты. Таким образом, были исследованы три типа реакций:

— взаимодействия пиколиламинов, формальдегида и фосфористой кислоты, приводящие к [[(пиридин-2(3,4)-илметил)имино]ди(метилен)] бисфосфоновым кислотам **1а-в**;

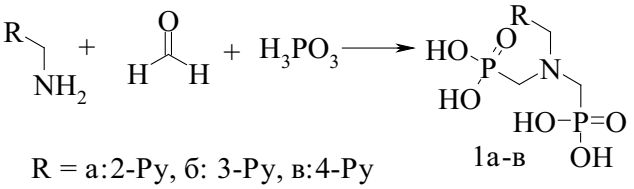
— взаимодействия аминопиридинов, формальдегида и фосфористой кислоты, приводящие к [(пиридин-2(3,4)-илимино)ди(метилен)]бисфосфоновым кислотам **2а-д**;

— взаимодействия пиперидина и морфолина, пиридинкарбальдегидов и фосфористой кислоты, приводящие к [пиперидин-2-ил(пиридин-2(3,4)-ил) метил]фосфоновым кислотам и [морфолин-4-ил(пиридин-2(3,4)-ил)метил]фосфоновым кислотам, соответственно.

Трехкомпонентная конденсация пиколиламинов, формальдегида и фосфористой кислоты протекает с образованием [(пиридин-2(3,4)-илимино) ди(метилен)] бисфосфоновых кислот **1а-в** (схема 1)**.** Этот процесс катализируется соляной кислотой. Необходимо ответить, что использование избытка соляной кислоты приводит к образованию четвертичной соли с пиридиновым циклом. Установлено, что положение атома азота в пиридиновом кольце существенного влияния на скорость реакции и выход продукта не оказывает.

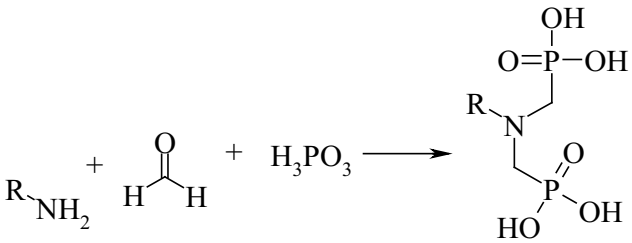
Соединения **1а-в** представляют собой белые или слегка желтоватые кристаллические вещества, плохо растворимые в хлороформе, спиртах, ацетоне, диметилформамиде, хорошо растворимые в воде. Структура [(пиридин-2(3,4)-илимино) ди(метилен)]бисфосфоновых кислот **1а-в** подтверждена методом ЯМР ^{1}Н спектроскопии. На спектрах видны характеристические сигналы двух CH_2 групп в области 4,5—5,00 м.д., сигнал CH_2 группы, связанной с пиридиновым кольцом в области 3,2—3,6 м.д., сигналы ароматических протонов пиридинового цикла соответствующей мультиплетности в области 8,0—9,2 м.д., а также уширенный синглет протонов гидроксильных групп в области 12,0—13,5 м.д.

Исследуя реакцию аминопиридинов различного строения с формальдегидом и фосфористой кислотой, было найдено, что при этом образуются [(пиридин-2(3,4)-илимино)ди(метилен)]бисфосфоновые кислоты **2а-д** (схема 2). По сравнению с предыдущим взаимодействием скорость реакции ниже, выход продукта также уменьшается. Вероятно, это связано с более слабой реакционной способностью аминогруппы.



R = а:2-Ру, б: 3-Ру, в:4-Ру

Схема 1. Трехкомпонентная конденсация пиколиламинов, формальдегида и фосфористой кислоты



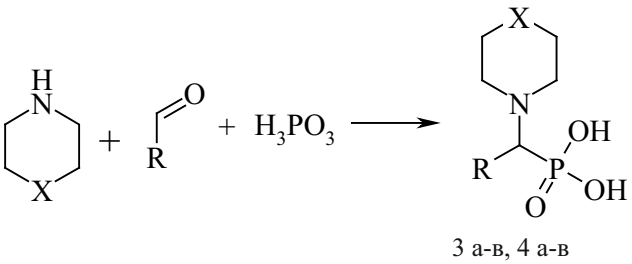
2а-д

R = а: 2-Ру, б: 3-Ру, в: 4-Ру, г: 2-(4-МеРу), д: 2-(6-МеРу).

Схема 2. Трехкомпонентная конденсация пиридиниламинов, формальдегида и фосфористой кислоты

Соединения **2а-д** представляют собой белые или слегка желтоватые кристаллические вещества, плохо растворимые в хлороформе, спиртах, ацетоне, диметилформамиде, хорошо растворимые в воде. Структура [(пиридин-2(3,4)-илимино) ди(метилен)]бисфосфоновых кислот **2а-д** подтверждена методом ЯМР ^{1}H спектроскопии. На спектрах видны характеристические сигналы двух CH_2 групп в области 4,6—5,20 м.д., сигналы ароматических протонов пиридинового цикла соответствующей мультиплетности в области 8,3—9,2 м.д., а также уширенный синглет протонов гидроксильных групп в области 12,0—13,5 м.д. Для соединений **2 г-д** проявляется сигнал метильной группы в области 2,5—2,7 м.д.

Альтернативным вариантом получения пиридинфосфоновых кислот является замена карбонильной компоненты, в качестве которой выступал формальдегид, на пиридинкарбальдегиды, при этом аминную компоненту можно использовать любую. В целях получения монофосфоновых кислот, содержащих в α-положении пиридиновый цикл, были введены в реакцию, протекающую по типу реакции Манниха, вторичные циклические амины, такие как морфолин и пиперидин. Взаимодействия пиперидина (морфолина), пиридинкарбальдегидов и фосфористой кислоты приводят к образованию [пиперидин-2-ил(пиридин-2(3,4)-ил) метил] фосфоновых кислот **3а-в** и [морфолин-4-ил(пиридин-2(3,4)-ил)метил]фосфоновых кислот **4а-в**, соответственно (схема 3).



3 а-в, 4 а-в

R = а: 2-Ру, б: 3-Ру, в: 4-Ру.

X = 3 а-в: H, 4 а-в: O

Схема 3. Трехкомпонентная конденсация пиперидина (морфолина), пиридинкарбальдегидов и фосфористой кислоты

Реакция протекает в стандартных условиях, при трехчасовом кипячении реагентов с эквимольным количеством соляной кислоты. Найдено, что природа амина и положение азота в пиридиновом цикле существенного влияния на скорость протекания реакции и выход продуктов не оказывает. Соединения **3а-в** и **4а-в** представляют собой белые кристаллические вещества, плохо растворимые в хлороформе, спиртах, ацетоне, диметилформамиде, хорошо растворимые в воде. Структура [пиперидин-2-ил(пиридин-2(3,4)-ил)метил] фосфоновых кислот **3а-в** и [морфолин-4-ил(пиридин-2(3,4)-ил)метил] фосфоновых кислот **4а-в** подтверждена методом ЯМР ^{1}H спектроскопии. На спектрах видны характеристические сигналы: синглет CH-протона в области 3,2-,35, мультиплеты двух NCH_2 групп в области 3,6—5,20 м.д., в этой же области лежат сигналы двух OCH_2 групп морфолина, тогда, как оставшиеся 3 CH_2 группы пиперидина лежат в области более слабого поля — при 2,5—3,1 м.д. Присутствуют также сигналы ароматических протонов пиридинового цикла соответствующей мультиплетности в области 8,3—9,2 м.д., а также уширенный синглет протонов гидроксильных групп в области 12,0—13,5 м.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложены методы синтеза ряда пиридинфосфоновых кислот с различными заместителями и функциональными группами, перспективные для изучения возможности образования наноразмерных монослоев на поверхности металлов

Работа выполнена при поддержке федеральной целевой программы Минобрнауки РФ «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 годы, госконтракт № 14.740.11.0368, аналитической ведомственной целевой программы Минобрнауки РФ «Развитие научного потенциала высшей школы (2009—2011 годы)», проект № 2.1.1/11994 и федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007—2013 годы», госконтракт № 16.512.11.2205.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синтез и антикоррозионные свойства некоторых аминометиленфосфоновых кислот / А. М. Левина [и др.] // Новые химические технологии: производство и применение: междунар. науч.-техн. конф : сб. ст., Пенза, 2009. — С. 35—37.

2. Corrosion inhibition of carbon steel and antibacterial properties of aminotris-(methylenephosphonic) acid / N. Labjar [et al.] // Materials Chemistry and Physics. 2010. — V. 119, № 1. — P. 330—336.

3. Hofer R. Alkyl phosphate monolayers, self-assembled from aqueous solution onto metal oxide surfaces / R. Hofer, M. Textor, N.D. Spencer // Langmuir. — 2001. — Vol. 17, № 13. — P. 4014—4020.

4. Self-assembled monolayers of alkylphosphonic acids on metal oxides / W. Gao [et al.] // Langmuir, — 1996. — Vol.12, № 26. — P. 6429—6435.

5. Kurt M. The direct synthesis of α–aminometylphosphonic acid. Mannich-type reactions with orthophosphorous acid / M. Kurt, I.R. Riyad // J. Org. Chem. — 1966. — V. 31, № 5. — P. 1603—1607.

6. Process for preparing α-aminoalkylenephosphonic acids: пат. 3567768 США: C 07 F 9/38 / Shen C. Y., Fitch S. J., Louis St. ; заявл. 2.10.1967; опубл. 2.03.1971. — 2 с.

7. Murphy P. J. Organophosphorous reagents. A practical approach in chemistry / P. J. Murphy — New York: Oxford University Press, 2004. — 284 p.

8. Schwarzenbach G. Neue Derivate der Imino-diessigsäure und ihre Erdalkalikomplexe. Beziehungen zwischen Acidität und Komplexbildung / G. Schwarzenbach, H. Ackermann, P. Ruckstuhl // Helv. Chim. Acta. — 1949. — V. 32. — P. 1175.

Шихалиев Хидмет Сафарович — д.х.н., профессор, заведующий кафедры органической химии; Воронежский Государственный Университет; тел.: (473) 2208956; e-mail: shikh1961@yandex.ru

Крысин Михаил Юрьевич — д.х.н., профессор кафедры органической химии; Воронежский Государственный Университет; тел.: (473) 2208956; e-mail: chocd261@chem.vsu.ru

Столповская Надежда Владимировна — к.х.н., доцент кафедры органической химии; Воронежский Государственный Университет; тел.: (473) 208521; e-mail: Gusnv@yandex.ru

Зорина Анна Вячеславовна — ассистент кафедры органической химии; Воронежский Государственный Университет; тел.: (473) 2208521; e-mail: chocd261@chem.vsu.ru

Шаталов Геннадий Валентинович — профессор кафедры высокомолекулярных соединений и коллоидов; Воронежский Государственный Университет; тел.: (473) 2208521; e-mail: chocd261@chem.vsu.ru

Перегудова Александра Сергеевна — студентка кафедры органической химии; Воронежский Государственный Университет; тел.: (473) 2208521; e-mail: chocd261@chem.vsu.ru

Сайкиа Анил — доктор, профессор, Индийский институт технологий Guwahati, тел: +91 361 2582316, +91 361 2584316, факс: +91 361 2690762, e-mail: asaikia@iitg.ernet.in

Shikhaliev Khidmed S. — Dr. Sci., professor, Head of the organic chemistry department, Voronezh State University, tel.: (473) 2208433; e-mail: shikh1961@yandex.ru

Krisin Mikhail U. — Dr. Sci., professor, organic chemistry department, Voronezh State University, tel.: (4732) 208433; e-mail: chocd261@chem.vsu.ru

Stolpovskaya Nadezhda V. — PhD, senior lecturer, organic chemistry department, Voronezh State University, tel.: (473) 2208433; e-mail: Gusnv@yandex.ru

Zorina Anna V. — PhD, assistant, organic chemistry department, Voronezh State University, tel. :(473) 2208433; e-mail: Gusnv@yandex.ru

Shatalov Gennady V. — Dr. Sci., professor, department of macromolecular compounds and colloids, Voronezh State University, tel.: (473) 2208433; e-mail: chocd261@chem.vsu.ru

Peregudova Alexandra .S. — student, organic chemistry department, Voronezh State University, tel.: (473) 2208521; e-mail: chocd261@chem.vsu.ru

Anil K. Saikia — Dr, professor, Indian Institute of Technology Guwahati, Phone: +91 361 2582316 (O), +91 361 2584316 (R), Fax: +91 361 2690762, e-mail: asaikia@iitg.ernet.in