УДК 547.304

ФОСФОРСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ 1-ЭТИНИЛ-1-АМИНОЦИКЛОГЕКСАНА

[1]Джиембаев Б.Ж., [2]Барамысова Г.Т., [2]Ахатаев Н.А., [2]Аппазов Н.О., [1]Нузар Г.

[1]Казахский государственный женский педагогический университет, Алматы, e-mail: bulat.dzhiembaev@gmail.com;

[2]Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, e-mail: nurasar.82@mail.ru

Взаимодействием 1-этинил-1-аминоциклогексана с диалкилфосфитами различного строения и изотиоцианатом диэтилфосфористой кислоты в условиях реакции Тодда-Атертона получен ряд новых амидофосфонатов. Исходный 1-этинил-1-аминоциклогексан был синтезирован из известного карбинола через получение его хлорпроизводного по известной методике. Исходные диаллилфосфит, дипропаргилфосфит и этиленбисфосфит также получены по известным методикам. Реакцию 1-этинил-1-аминоциклогексана с диалкилфосфитами проводили в избытке CCl_4 при эквимолярном соотношении реагентов, в присутствии основания, триэтиламин. Во всех случаях взаимодействие протекает гладко, при комнатной температуре. Установлено, что в условиях реакции Тодда-Атертона с использованием этиленбисфосфита в качестве алкилирующего агента реакция с 1-этинил-1-аминоциклогексаном проходит с образованием продукта бисприсоединения. В развитие работ по синтезу новых функционально замещенных ацетиленсодержащих аминов было изучено взаимодействие 1-этинил-1-аминоциклогексана и с изотиоцианатом диэтилфосфористой кислоты. Состав и строение полученных соединений подтверждены данными элементного анализа, ИК -, ПМР -, ЯМР^{31}Р спектроскопии.

Ключевые слова: 1-этинил-1-аминоциклогексан, амидофосфонаты, реакция Тодда-Атертона, 0,0-диаллил-N-(1-этинилциклогексан-1-ил) амидофосфат, 0,0-дипропаргил-N-(1-этинилциклогексан-1-ил) амидофосфат, 1,6-бис(этинилциклогексиламин)-1,6-диоксифосфорил-2,5,7,10-тетраоксоциклодекан, N-(1-этинилциклогекс-1-ил)-N^1-диэтоксифосфорилтиомочевина

PHOSPHORUS DERIVATIVES 1-ETHINYL-1-AMINOCYCLOHEXANE

[1]Dzhiembaev B.Z., [2]Baramysova G.T., [2]Ahataev N.A., [2]Appazov N.O., [1]Nuzar G.

[1]Kazakh State Women's Pedagogical University, Almaty, e-mail: bulat.dzhiembaev@gmail.com;

[2]Kyzylorda State University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, e-mail: nurasar.82@mail.ru

New variety of amidophosphonates were taken by reacting 1-ethynyl-1-aminocyclohexane with various structures of dialkyl phosphites and isorhodanic diethyl phosphoric acid in reactions of Atherton-Todd. Initial 1-ethinyl-1-aminocyclohexane was synthesized from the known carbinol by obtaining its chlorinated derivative using known method. Also initial diallyl phosphite, dipropargyl phosphite and ethylenebisphosphyte were prepared by known method. 1-ethinyl-1-aminocyclohexane with dialkyl phosphites reaction was conducted in excess CCl_4 at an equimolar ratio of the reagent in the presence of a base, such as triethylamine. In all cases, the reaction proceeds smoothly at the room temperature. It is established that under the Todd-Atherton reaction conditions using ethylenesbiphosphyte as alkylating agent the reaction with 1-ethinyl-1-aminocyclohexane passes with forming a product such as bisaddition. In the development of research on the new functionally substituted acetyleneamines synthesis was studied the interaction of 1-ethinyl-1-aminocyclohexane with isorhodanic diethyl phosphoric acid. Composition and structure of the synthesized compounds were confirmed by elemental analysis, IR, PMR -, NMR^{31}P spectroscopy.

Keywords: 1-ethinyl-1-aminocyclohexane, amidophosphonates, reaction of Atherton-Todd, 0,0-diallyl-N-(1-ethinylcyclohexane-1-il)amidophosphyte, 0,0-dipropargyl-N-(1- ethinylcyclohexane-1-ил) amidophosphyte, 1,6-bis(ethinylcyclohexylamine)-1,6-dihydroxyphosphoryl-2,5,7,10-tetraoxocyclohexane, N-(1-ethinylcyclohexane-1-ил)-N1-diethoxyphosphoryltiourea

В настоящее время невозможно представить себе практическую деятельность человека без использования органических фосфорсодержащих соединений. Инсектициды, фунгициды, дефолианты и гербициды в сельском хозяйстве, фосфорорганические мономеры, обработка натуральных волокон органическими соединениями фосфора для придания им огнестойкости, аниониты и катиониты, обладающие высокой избирательностью, металлокомплексные катализаторы, позволяющие проводить направленный синтез, использование органических соединений фосфора в нефтехимической промышленности – вот далеко не полный перечень успешного применения этих соединений [14,17–19,21]. К настоящему времени среди фосфорилированных производных алициклических и ацетиленсодержащих аминов найдены вещества с высокой биологической активностью [1–3,6–8,10–13, 15, 16].

Цель исследования. С целью выяснения влияния заместителей в фосфонатной группе на их биологическую активность и для расширения круга соединений этого типа, нами были синтезированы новые 0,0-диалкил-N-(1-этинилциклогексан-1-ил) амидофосфонаты (7, 8).

Материалы и методы исследования

Исходный 1-этинил-1-аминоциклогексан был (3) синтезирован из известного карбинола (1) через получение его хлорпроизводного (2) по известной методике [5, 20]. Исходные диаллилфосфит (4), дипропаргилфосфит (5) и этиленбисфосфит (6) получены по методикам [4, 5].

Хлорирование (1) проводили концентрированной HCl в присутствии каталитических количеств CuCl, медной бронзы и $CaCl_2$. Выход (2) составил 31%. Дальнейшим аминированием циклогексилхлорида (2) жидким азотом в токе инертного газа получен целевой продукт (3а) с 74,0% выходом в виде гидрохлорида. Основание (3) получено с 62,0% выходом. Реакцию 1-этинил-1-аминоциклогексана (3) с диалкилфосфитами (4,5) проводили в избытке CCl_4 при эквимолярном соотношении реагентов, в присутствии основания, триэтиламин. Во всех случаях взаимодействие протекает гладко, при комнатной температуре (рис. 1).

Наибольшие выходы 0,0-диалкил-N-(1-этинилциклогексан-1-ил) амидофосфонатов (7, 8) удалось достичь при добавлении эквимолярных количеств диалкилфосфитов (4, 5) к смеси 1-этинил-1-аминоциклогексана (3) и триэтиламина в 50 мл сухого CCl_4 при 20°C и перемешиваем в течение 3–5 ч. Выпавший в результате реакции гидрохлорид триэтиламина отфильтровали, фильтрат отогнали в вакууме. Полученные амидофосфанаты (7, 8) представляют собой белые кристаллические вещества, легко очищающиеся перекристаллизацией из петролейного эфира. Ход реакции и индивидуальность синтезированных соединений контролировали методом тонкослойной хроматографии на оксиде алюминия II степени активности (бензол: этанол; 10: 1).

Состав и строение полученных соединений (7, 8) подтверждены данными элементного анализа, ИК -, ПМР -, ЯМР^{31}Р спектроскопии.

В спектрах ИК эфироамидов (7, 8) имеются полосы поглощения в области 1232, 1235 см$^{-1}$, характерные для Р=О группы, в интервале 1050–1070 см$^{-1}$ наблюдаются интенсивные дублетные полосы поглощения Р–О–С– связи. Вторичной аминогруппе соответствуют полосы поглощения в области 3200 и 3220 см$^{-1}$ соответственно, табл. 2.

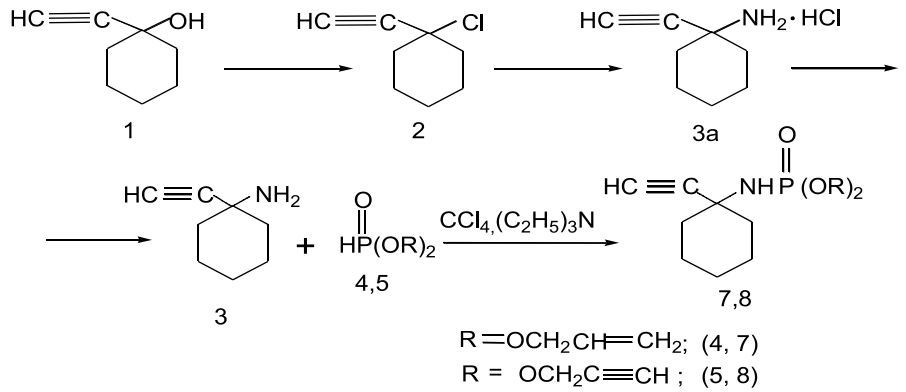

Рис. 1

Таблица 1

Физико-химические свойства соединений (7–9, 11)

соед. №	Выход, %	Т.пл., °С	R_f*	Вычислено %				Брутто-формула	Найдено, %			
				C	H	N	P		C	H	N	P
7	76,0	48–49	0,64	59,1	7,7	4,8	10,3	$C_{14}H_{22}NO_3P$	59,3	7,7	4,9	10,9
8	63,0	61–62	0,59	60,2	6,4	5,0	11,1	$C_{14}H_{18}NO_3P$	60,0	6,2	5,3	10,8
9	75,0	109	0,67	52,4	6,9	6,1	13,5	$C_{20}H_{32}N_2O_6P_2$	52,3	6,9	6,0	13,4
11	72,0	72–73	0,56	49,0	7,2	8,8	9,74	$C_{13}H_{23}N_2O_3PS$	48,9	7,0	8,6	9,63

Таблица 2

ИК -, ПМР -, ЯМР^{31}Р спектры соединений (7–9, 11)

соед. №	ИК-спектр, ν, см$^{-1}$					ПМР-спектр, δ, м.д.			ЯМР ^{31}Р, δ, м.д.
	P=O	P-O-C	NH	≡CH	C≡C	≡CH	NH	P-O	
7	1232	1050, 1020	3200	3300	2110	2,35 с	3,65 д (J=6 Гц)	5,2 кв. 4,45м	6,40
8	1235	1070, 1040	3220	3290	2135	2,42 с	5,01 д (J=8 Гц)	4,62 кв 2,325	6,42
9	1260	1030, 1050	3170	3300	2110	–	–	–	–
11	1250	1050, 1080	3260	3320	2115	–	–	–	–

В области 2110 и 2135см$^{-1}$ наблюдаются валентные колебания, характерные для тройной связи (C≡C). Валентным колебаниям концевого ацетиленового водорода соответствуют полосы поглощения в области 3330 и 3290 см$^{-1}$ соответственно.

В спектрах ПМР соединений (7, 8) сигналы протона амидной группы проявляются в виде дублета в области 3,65 м.д. и 5,01 м.д. с константой спин-спинового расщепления J_{NH-P} = 8 Гц, сигнал этинильного протона проявляется в виде синглета при 2,35 м.д. и 2,42 м.д. Сигналы протонов диалкоксифосфорильных группы проявляются в виде квадруплета в области 5,2 м.д. и мультиплета в области 4,45 м.д. (10Н, $POCH_2C{\equiv}CH$).

В спектрах ЯМР^{31}Р продуктов реакции (7, 8) имеются синглетные сигналы в области 6,40 и 6,42 м.д., что соответствует резонансу ядра фосфора в амидах диалкилфосфорных кислот.

Интересной группой диалкилфосфористых кислот в синтетическом отношении являются циклические бисфосфиты, которые представляют собой биофункциональные фосфорсодержащие мономеры. Одним из методов получения фосфорсодержащих продуктов с несколькими функциональными группами является реакция переэтерификации диалкилфосфитов диолами [4, 6, 9, 10].

В дальнейшем в результате подробного изучения этой реакции было показано, что при соотношении диэтилфосфита и гликоля 1:1 в присутствии металлического натрия получается вещество, почти полностью перегоняющееся в вакууме. По данным элементного анализа и молекулярному весу оно соответствовало циклическому десятичленному бисфосфонату. При изучении реакции присоединения различных карбонильных соединений, таких как хлораль, бензальдегид, п-нитробензальдегид, ацетон, параформальдегид к этиленбисфосфиту, были получены и охарактеризованы продукты бис-присоединения, среди которых найдены биологически активные соединения [6, 10].

С целью создания и поиска новых биологически активных соединений исследована реакция этиленбисфосфита (6) с 1-этинил-1-амино-циклогексаном (3) в условиях реакции Тодда-Атертона (рис. 2).

Реакцию этиленбисфосфита (6) с 1-этинил-1-аминоциклогексаном (3) проводили при комнатной температуре в избытке CCl_4 при соотношении реагентов 1:2, в качестве акцептора HCl использовали триэтиламин. В результате с выходом 75% был получен и охарактеризован ранее не описанный диамид этиленбисфосфорной кислоты – 1,6-бис(этинилцикло-гексиламин)-1,6-диоксифосфорил-2,5,7,10-тетраоксоциклодекан (9), который представляет собой белое кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде и в большинстве органических растворителей.

Состав и строение соединения (9) подтверждено данными элементного анализа, ИК-спектрометрии. Физико-химические и спектральные характеристики соединения (9) представлены в табл. 1,2.

В спектре ИК диамида (9) имеются полосы поглощения, характерные для P=O группы в области 1260 см$^{-1}$, в интервале 1030–1050 см$^{-1}$ наблюдаются интенсивные полосы поглощения связи P–O–C. Вторичной аминогруппе соответствуют полосы поглощения в области 3170 см$^{-1}$. Отчетливо проявляются полосы поглощения терминальной ацетиленовой связи C≡C при 2110 см$^{-1}$, а также концевого ацетиленового водорода (≡CH) при 3300 см$^{-1}$.

Таким образом, установлено, что в условиях реакции Тодда-Атертона с использованием этиленбисфосфита в качестве алкилирующего агента реакция с 1-этинил-1-аминоциклогексаном проходит с образованием продукта бисприсоединения.

Одной из типичных реакций первичных аминов является реакция с алкилизотиоцианатами, позволяющая синтезировать различно замещенные тиомочевины [6, 10]. Несомненный интерес представляет возможность синтеза новых производных фосфорсодержащих тиомочевин на основе ацетиленовых аминов. В развитие работ по синтезу новых функционально замещенных ацетиленсодержащих аминов было изучено взаимодействие 1-этинил-1-аминоциклогексана (3) и с изотиоцианатом диэтилфосфористой кислоты (10) (рис. 3).

Реакцию проводили в среде сухого бензола при нагревании эквимолярных соотношений реагентов при 80 °С в течение 3–5 ч. В результате с выходом 72% была выделена и охарактеризована N-диэтокси-N^1-(1-этинил-циклогекс-1-ил)тиомочевина (11). Состав и строение целевого продукта (11) установлены на основании данных элементного анализа, ИК-спектроскопии, индивидуальность с помощью тонкослойной хроматографии на оксиде алюминия, (бензол: этанол; 5:1).

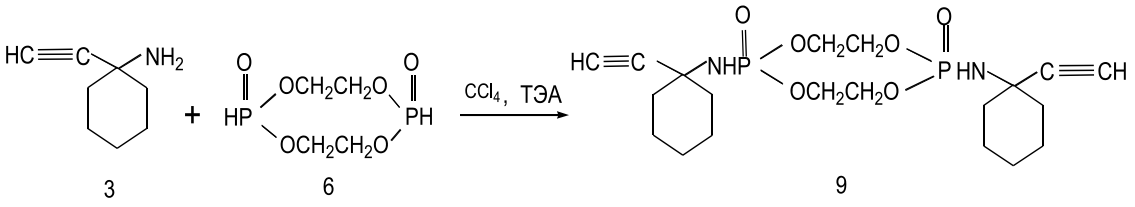

Рис. 2

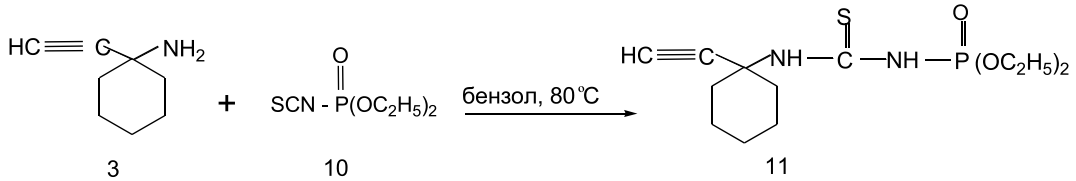

Рис. 3

В ИК-спектре соединения (11) отчетливо проявляются полосы поглощения в области 1250 $см^{-1}$, характерные для P=O группы. В области 1050–1080 $см^{-1}$ наблюдаются полосы поглощения P–O–C группы. Валентные колебания NH-групп проявляются в области 3260 $см^{-1}$ в виде уширенного пика, валентным колебанием (C≡C) тройной связи соответствует полоса поглощения в области 2110 $см^{-1}$, терминальному ацетиленовому водороду (≡CH) – при 3320 $см^{-1}$. Физико-химические и спектральные характеристики соединений (11) представлены в табл. 1, 2.

Результаты исследования и их обсуждение

0,0-диаллил-N-(1-этинилциклогексан-1-ил) амидофосфат (7). К смеси 0,025 моля (3,10 г) 1-этинил-1-аминоциклогексана (3) и 0,020 моля (2,63 г) триэтиламина в 50 мл сухого CCl_4 при комнатной температуре и перемешивании добавляют 0,025 моль (2,63 г) диаллилфосфита в 10 мл CCl_4. Смесь перемешивают в течение 3 ч. Выпавший хлоргидрат, триэтиламина отфильтровывают, фильтрат упаривают в вакууме. Остаток очищают перекристаллизацией из петролейного эфира. Выход 76%, $T._{плав}$. 48–49° (из гексана), R_f 0,64 (Al_2O_3, II ст. акт., бензол: этанол – 10:1).

0,0-дипропаргил-N-(1-этинилциклогексан-1-ил) амидофосфат (8). Получен аналогично. Выход 63%, Т.пл. 61–62 °C (из петролейного эфира), R_f 0,59 (Al_2O_3, II ст. акт., бензол: этанол – 10:1) (табл. 1, 2).

1,6-бис(этинилциклогексиламин)-1,6-диоксифосфорил-2,5,7,10-тетраоксоциклодекан (9). К смеси 0,022 моля (2,7 г) 1-этинил-1-аминоциклогексана (3) 0,022 моля (2,12 г) триэтиламина в 40 мл CCl_4 постепенно при перемешивании при комнатной температуре добавили 0,01 моля (2,16 г) этиленбисфосфита (6) в 10 мл CCl_4. Температура реакционной смеси поднялась на 6 °C. Перемешивание продолжили в течение 3-х часов при температуре 50 °C. Выпавший осадок гидрохлорида триэтиламина отфильтровали. Фильтрат упарили, остаток после перекристаллизации из ацетона и петролейного эфира представляет собой белое кристаллическое вещество. Выход 75%, Т.пл. 109–110 °C (из петролейного эфира), R_f 0,67 (Al_2O_3, II ст. акт., бензол: этанол – 10:1) (табл. 1, 2).

N-(1-этинилциклогекс-1-ил)-N¹-диэтоксифосфорилтиомочевина (11). В четырехгорлую колбу, снабженную обратным холодильником, мешалкой, термометром и капельной воронкой, добавляют 0,04 моля (7,8 г) изотиоцианат диэтилфосфористой кислоты (10), в 50 мл сухого бензола постепенно по каплям при комнатной температуре прибавляют 0,04 моля (4,90 г) 1-этинил-1-аминоциклогексана (3). При этом температура реакционной смеси поднимается с 18 до 26 °C. Смесь перемешивают в течение 3-х часов при 80 °C, наблюдается изменение цвета реакционной среды до оранжевого и отделение маслообразной массы. После двухкратной перекристаллизации из ацетона получают кристаллы белого цвета. Выход 72%, Т.пл. 72-73 °C, Rf 0,56 (бензол:этанол 5:1).

Выводы

Таким образом, взаимодействием 1-этинил-1-аминоциклогексана с диалкилфосфитами различного строения и изотиоцианатом диэтилфосфористой кислоты в условиях реакции Тодда-Атертона получен ряд новых амидофосфонатов. Состав и строение полученных соединений подтверждены данными элементного анализа, ИК-, ПМР -, $ЯМР^{31}Р$ спектроскопии.

Список литературы

1. Абиюров Б.Д., Кулумбетова К.Ж., Джиембаев Б.Ж., Абдуллаев Н.Б., Казанбаева Л.С., Кияшев Д.К. Предельные и непредельные фосфорорганические соединения гетероциклического ряда // Сб. научн. тр.: Химия природных и биологически активных веществ. – Алма-Ата: Наука, 1977. – С. 139–146.

2. Ахатаев Н.А., Барамысова Г.Т., Джиембаев Б.Ж., Нургожаева А.М., Бутин Б.М. Синтез, строение и химические превращения азот- и фосфорсодержащих производных 1-этинил-1-аминоциклогексана // Матер. 1-ой Международной Российско-Казахстанской конференции по химии и химической технологии. – Томск, 26–29 апреля 2011. – С. 225–227.

3. Барамысова Г.Т., Ахатаев Н.А., Джиембаев Б.Ж., Нургожаева А.М. Синтез новых полифункциональных производных на основе 1-этинил-1-аминоциклогексана // IV меж. конф. Научно-технического общество КАХАК. – Алматы, 2011. – № 2. – С. 231–232.

4. Борисов Г., Троев К. Получение бисфосфитов и присоединение к альдегидам и кетонам // Изв. Болг. АН. ОХН. – 1972. – Т. 5, кн. 2. – С. 175–180.

5. Джайлауов С.Д. Синтез и превращения аллиловых и пропаргиловых эфиров окси- и аминофосфоновых кислот: дис….канд. хим. наук. – Алма-Ата. 1975. – 119 с.

6. Джиембаев Б.Ж. α-Окси- и α-аминофосфонаты шестичленных (N, O, S, Se) гетероциклов. – Алматы: Комплекс, 2003. – 234 с.

7. Джиембаев Б.Ж. Фосфорорганические производные пиперидинового ряда. // Избр. тр. ИХН МОН РК: Химическая наука как основа развития химической промышленности Казахстана в XXI веке. – Алматы: Гылым, 2001. – С. 360–372.

8. Джиембаев Б.Ж., Абиюров Б.Д., Абдуллаев Н.Б., Кияшев Д.К. и др. II. Предельные и непредельные фосфорорганические соединения гетероциклического ряда // Тр. ИХН.Алма-Ата: Природные и синтетические биологически активные вещества. – Наука, 1980. – Т. 52. – С. 67–84.

9. Джиембаев Б.Ж., Абиюров Б.Д., Полянская И.И. О взаимодействии этиленбисфосфита с кетонами пиперидинового ряда // Тезисы докладов VII Всесоюз. конф. по химии фосфорорг. соед. – Л., 1982. – С. 183.

10. Ергожин Е.Е., Джиембаев Б.Ж., Барамысова Г.Т. Научное наследие академика М.И. Горяева. – Алматы: Эверо, 2004. – 540 с.

11. Ионин Б.И., Боголюбов Г.М., Петров А.А. Фосфорорганические соединения с ацетиленовыми и диеновыми заместителями // Усп. химии. – 1967. – Т. 36. – С. 587–610.

12. Косыхова Л.А., Пикшилингайте Ю.-В.К., Закс А.С., Работников Ю.М. Синтез и противовоспалительная активность диамидофосфорильных производных амино-циклогексана // Хим-фарм. ж. – 1996. – № 5. – С. 45–46.

13. Косыхова Л.А., Пикшилингайте Ю.-В.К., Микульскис П.П., Карпавичюс К.П., Кнунянц И.Л. Синтез несимметричных N,N'-диамидофосфорильных производных аминоциклогексана и стереоизомерной 4-аминоциклогексанкарбоновой кислоты // Изв. АН СССР. Сер.хим. – 1987. – № 9. – С. 2045–2049.

14. Нифантьев Э.Е. Фосфорорганические соединения // Соровский образовательный журнал. – 1996. – № 7. – С. 39–46.

15. Салимбаева А.Д., Джиембаев Б.Ж., Туканова С.К., Бутин Б.М. Синтез новых фосфорилированных ацетиленовых аминов // Ж. общ. химии. – 1990. – Т. 60, № 5. – С. 1008–1011.

16. Туканова С.К., Джиембаев Б.Ж., Бутин Б.М. Фосфорилирование 1-этинил-1-аминоциклогексана диалкилфосфористыми кислотами // Ж. общ. химии. – 1989. – Т. 59, № 11. – С. 2633–2634.

17. Черкасов Р.А., Галкин В.И, Галкина И.В., Гарифзянов А.Р., Собанов А.А. Аминофосфонаты: механизмы образования, реакционная способность и аналитические свойства // Бутлеровские сообщения. – 2005, Т. 6. – С. 30–36.

18. Черкасов Р.А. Элементоорганические соединения: интеграция химии на современном этапе // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 5. – С. 30–34.

19. Юделевич В.И., Ионин Б.И. Фосфорорганические лекарственные препараты. – Санкт-Петербург: Теза, 1995. – 85 с.

20. Яснопольский В.Д. Физико-химические константы органических соединений с ацетиленовой связью. – Баку: Красный Восток. 1966. – 559 с.

21. Kukhar V. Aminophosphonic and Aminophosphinic Acids: Chemistry and Biological Activity. USA: John Wiley & Son, 2000. – 600 p.

References

1. Abijurov B.D., Kulumbetova K.Zh., Dzhiembaev B.Zh., Abdullaev N.B., Kazanbaeva L.S., Kijashev D.K. Predel'nye i nepredel'nye fosfororganicheskie soedinenija geterociklicheskogo rjada // Sb. nauchn. tr.: Himija prirodnyh i biologicheski aktivnyh veshhestv. Alma-Ata: Nauka, 1977. pp. 139–146.

2. Ahataev N.A., Baramysova G.T., Dzhiembaev B.Zh., Nurgozhaeva A.M., Butin B.M. Sintez, stroenie i himicheskie prevrashhenija azot- i fosforsoderzhashhih proizvodnyh 1-jetinil-1-aminociklogeksana // Mater. 1-oj Mezhdunarodnoj Rossijsko-Kazahstanskoj konferencii po himii i himicheskoj tehnologii. Tomsk, 26–29 aprelja 2011. pp. 225–227.

3. Baramysova G.T., Ahataev N.A., Dzhiembaev B.Zh., Nurgozhaeva A.M. Sintez novyh polifunkcional'nyh proizvodnyh na osnove 1-jetinil-1-aminociklogeksana // IV mezh. konf. Nauchno-tehnicheskogo obshhestvo KAHAK. Almaty, 2011. no. 2. pp. 231–232.

4. Borisov G., Troev K. Poluchenie bisfosfitov i prisoedinenie k al'degidam i ketonam // Izv. Bolg. AN. OHN. 1972. T. 5, kn. 2. pp. 175–180.

5. Dzhajlauov S.D. Sintez i prevrashhenija allilovyh i propargilovyh jefirov oksi- i aminofosfonovyh kislot: dis…. kand. him. nauk. Alma-Ata. 1975. 119 p.

6. Dzhiembaev B.Zh. a-Oksi- i a-aminofosfonaty shestichlennyh (N,O,S,Se) geterociklov. Almaty: Kompleks, 2003. 234 p.

7. Dzhiembaev B.Zh. Fosfororganicheskie proizvodnye piperidinovogo rjada. // Izbr. tr. IHN MON RK: Himicheskaja nauka kak osnova razvitija himicheskoj promyshlennosti Kazahstana HHI veke. Almaty: Fylym, 2001. pp. 360–372.

8. Dzhiembaev B.Zh., Abijurov B.D., Abdullaev N.B., Kijashev D.K. i dr. II. Predel'nye i nepredel'nye fosfororganicheskie soedinenija geterociklicheskogo rjada // Tr. IHN. Alma-Ata: Prirodnye i sinteticheskie biologicheski aktivnye veshhestva. Nauka, 1980. T. 52. pp. 67–84.

9. Dzhiembaev B.Zh., Abijurov B.D., Poljanskaja I.I. O vzaimodejstvii jetilenbisfosfita s ketonami piperidinovogo rjada // Tezisy dokladov VII Vsesojuz. konf. po himii fosfororg. soed. L., 1982. p. 183.

10. Ergozhin E.E., Dzhiembaev B.Zh., Baramysova G.T. Nauchnoe nasledie akademika M.I. Gorjaeva. Almaty: Jevero, 2004. 540 p.

11. Ionin B.I., Bogoljubov G.M., Petrov A.A. Fosfororganicheskie soedinenija s acetilenovymi i dienovymi zamestiteljami // Usp. himii. 1967. T. 36. pp. 587–610.

12. Kosyhova L.A., Pikshilingajte Ju.-V.K., Zaks A.S., Rabotnikov Ju.M. Sintez i protivovospalitel'naja aktivnost' diamidofosforil'nyh proizvodnyh amino-ciklogeksana // Him-farm. zh. 1996. no. 5. pp. 45–46.

13. Kosyhova L.A., Pikshilingajte Ju.-V.K., Mikul'skis P.P., Karpavichjus K.P., Knunjanc I.L. Sintez nesimmetrichnyh N,N'-diamidofosforil'nyh proizvodnyh aminociklogeksana i stereoizomernoj 4-aminociklogeksankarbonovoj kisloty // Izv. AN SSSR. Ser.him. 1987. no. 9. pp. 2045–2049.

14. Nifant'ev Je.E. Fosfororganicheskie soedinenija // Sorovskij obrazovatel'nyj zhurnal. 1996. no. 7. pp. 39–46.

15. Salimbaeva A.D., Dzhiembaev B.Zh., Tukanova S.K., Butin B.M. Sintez novyh fosforilirovannyh acetilenovyh aminov // Zh. obshh. himii. 1990. T. 60, no. 5. pp. 1008–1011.

16. Tukanova S.K., Dzhiembaev B.Zh., Butin B.M. Fosforilirovanie 1-jetinil-1-aminociklogeksana dialkilfosforistymi kislotami // Zh. obshh. himii. 1989. T. 59, no. 11. pp. 2633–2634.

17. Cherkasov R.A., Galkin V.I, Galkina I.V., Garifzjanov A.R., Sobanov A.A. Aminofosfonaty: mehanizmy obrazovanija, reakcionnaja sposobnost' i analiticheskie svojstva // Butlerovskie soobshhenija. 2005, T. 6. pp. 30–36.

18. Cherkasov R.A. Jelementoorganicheskie soedinenija: integracija himii na sovremennom jetape // Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal. 1997. no. 5. pp. 30–34.

19. Judelevich V.I., Ionin B.I. Fosfororganicheskie lekarstvennye preparaty. Sankt-Peterburg: Teza, 1995. 85 p.

20. Jasnopol'skij V.D. Fiziko-himicheskie konstanty organicheskih soedinenij s acetilenovoj svjaz'ju. Baku: Krasnyj Vostok. 1966. 559 p.

21. Kukhar V. Aminophosphonic and Aminophosphinic Acids: Chemistry and Biological Activity. USA: John Wiley & Son, 2000. 600 p.

Рецензенты:

Бутин Б.М., д.х.н., профессор, советник ректора Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Казахский государственный женский педагогический университет» Министерства образования и науки Республики Казахстан, г. Алматы;

Менлигазиев Е.Ж., д.х.н., профессор кафедры химии Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Казахский государственный женский педагогический университет» Министерства образования и науки Республики Казахстан, г. Алматы.

Работа поступила в редакцию 30.12.2014.