

УДК 547.241

**ГАЛОГЕН- И ПСЕВДОГАЛОГЕНФОСФИТЫ В РЕАКЦИИ
АРБУЗОВА С ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ**

Шокол В. А., Кожушко Б. Н.

В обзоре систематизированы и обобщены литературные данные по реакциям галоген- и псевдогалогенфосфитов с различными галогенсодержащими соединениями.

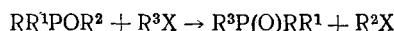
Библиография — 133 ссылки.

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Введение	162
II. Реакции моногалогенфосфитов и моногалогенфосфонитов с алкилгалогенидами	163
III. Реакции дигалогенфосфитов с алкилгалогенидами	164
IV. Галогенфосфиты в реакциях с α -хлор- и α -бромалкилизоцианатами	165
V. Галогенфосфиты в реакциях с сульфенилхлоридами	166
VI. Реакции галогенфосфитов с N-хлорсоединениями	168
VII. Реакции псевдогалогенфосфитов с алкилгалогенидами и N-хлорсоединениями	168

I. ВВЕДЕНИЕ

Исследуя строение фосфористой кислоты и ее эфиров, А. Е. Арбузов еще в начале нынешнего столетия установил, что полные эфиры фосфористой кислоты под влиянием алкилгалогенидов легко перегруппируются в эфиры алкилфосфоновых кислот [1, 2]. В дальнейшем реакция была распространена на полные эфиры фосфонистых и фосфинистых кислот.

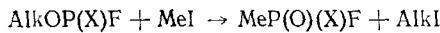


В отличие от полных эфиров галогенфосфиты и галогенфосфониты менее активны и в обычных условиях реакции Арбузова в большинстве случаев не вступают во взаимодействие с алкилгалогенидами. По-видимому, низкая нуклеофильность галогенфосфитов и галогенфосфонитов привела к тому, что только через пятьдесят с лишним лет они были введены в перегруппировку Арбузова. Эта реакция кроме теоретического значения представляет также значительный практический интерес, так как с ее помощью можно получать весьма реакционноспособные производные кислот четырехкоординированного пятивалентного фосфора, которые могут служить исходными соединениями для синтеза самых разнообразных производных фосфорных, фосфоновых и фосфиновых кислот. Опубликовано несколько обширных обзоров и обзорных докладов [2—23] по реакциям полных эфиров, тиоэфиров, амидоэфиров кислот трехвалентного фосфора с органическими соединениями, содержащими и не содержащими галоген. В этих публикациях имеются лишь отдельные примеры реакций галоген- и псевдогалогенфосфитов. Некоторые аспекты реакций галоген- и псевдогалогенфосфитов с галогенсодержащими соединениями несколько подробнее освещены в монографиях [24, 25], в докладе [26] и в обзоре [27]. Полных обзоров по реакции Арбузова с галоген- и псевдогалогенфосфитами нет.

Нам представлялось интересным и своевременным обобщить имеющийся в литературе материал по реакциям галоген- и псевдогалогенфосфитов с галогенсодержащими соединениями.

II. РЕАКЦИИ МОНОГАЛОГЕНФОСФИТОВ И МОНОГАЛОГЕНФОСФОНИТОВ С АЛКИЛГАЛОГЕНИДАМИ

В последние десятилетия было найдено, что наиболее реакционноспособные из галогенфосфитов и галогенфосфонитов — монофторпроизводные: диизопропилфторфосфит, алкилфторметилфосфониты и О-алкил-N, N-диметиламинофторфосфиты — реагируют с иодистым метилом, образуя продукты реакции Арбузова [28—30].

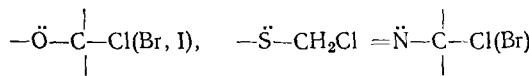


$$X = \text{AlkO, Me, } \text{Me}_2\text{N}$$

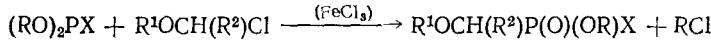
Аналогично реагируют диалкилфторфосфиты с хлорангидридами карбоновых кислот [31].



В дальнейшем было установлено, что в реакцию с диалкилгалогенфосфитами в довольно мягких условиях вступают соединения, содержащие активированную связь углерод — галоген.



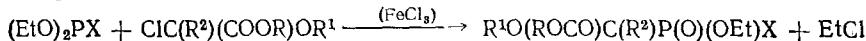
α -Хлорэтилалкиловые эфиры легко реагируют с диалкилхлорфосфитами, образуя хлорангидриды алкиловых эфиров α -алкоксиэтилфосфоновых кислот [32, 33], а α -хлорметилалкиловые и α,α -дихлорметилалкиловые эфиры вступают в реакцию Арбузова только в присутствии катализатора (FeCl_3) [34].



$$X = \text{Cl; R} = \text{Et, Bu, Am; R}' = \text{Et, Bu; R}^2 = \text{Me}$$

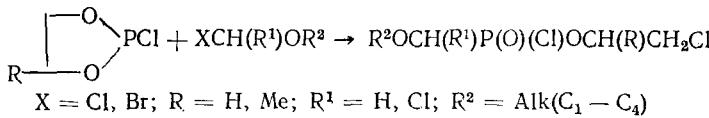
$$X = \text{Cl, F; R} = \text{Et; R}' = \text{Me, Et; R}^2 = \text{H, Cl}$$

Эфиры хлор- и дихлоруксусных кислот не реагируют с диалкилгалогенфосфитами. В отличие от них эфиры алкоксихлоруксусных кислот вступают во взаимодействие с диалкилхлор- и диалкилфторфосфитами как в присутствии катализаторов (кислот Льюиса), так и без них, а эфиры алкоксидихлоруксусных — только в присутствии катализатора [34—37].

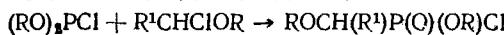
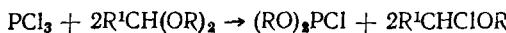
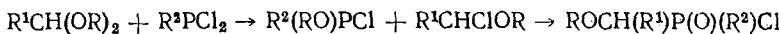


$$X = \text{Cl, F; R and R}' = \text{Me, Et; R}^2 = \text{H, Cl}$$

При нагревании циклических хлоралкилфосфитов с хлорметил-, бромметил- и α,α -дихлорметилалкиловыми эфирами реакция Арбузова всегда идет с разрывом C—O-связи у незамещенного атома углерода [38—42].

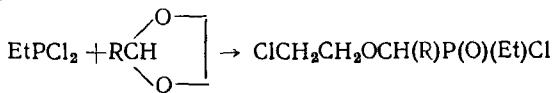


В работах [43—49] показано, что при взаимодействии треххлористого фосфора, алкилдихлорфосфитов, этил- и фенилдихлорфосфинов с ацеталиями первоначально образуются α -хлорэфиры и наряду с другими эфирами кислот трехвалентного фосфора, диалкилхлорфосфиты и алкилхлорэтил(фенил)фосфониты, которые вступают в реакцию Арбузова.

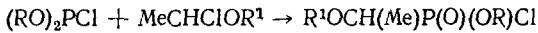
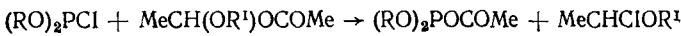


$$\text{R} = \text{Alk; R}' = \text{H, Me; R}^2 = \text{AlkO, Et, Ph}$$

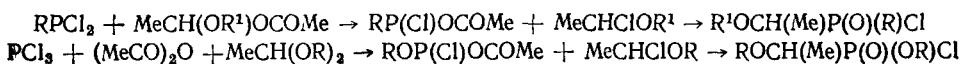
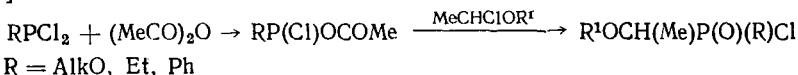
Подобным образом этилдихлорфосфин реагирует с 2-алкил-1,3-диоксоланами [50].



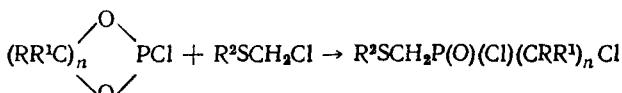
При реакции диалкилхлорфосфитов с ацилалями образуются α -хлорэфиры, вступающие во взаимодействие с исходными диалкилхлорфосфитами [51].



Аналогично диалкилхлорфосфитам и алкилхлорфосфонитам реагируют с α -хлорэфирами алкилацетилхлорфосфиты и ацетилхлорфосфониты, образующиеся при действии уксусного ангидрида или ацилаля уксусной кислоты на дихлорфосфиты или дихлорфосфины [52—57]. Такого же типа реакция происходит при взаимодействии треххлористого фосфора со смесью уксусного ангидрида и ацетала уксусного ангидрида [58].



Запатентована реакция циклических хлорфосфитов с хлорметилалкилсульфидами [59].



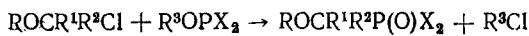
$$n = 2, 3; \text{ R и R'} = \text{H, Me}$$

III. РЕАКЦИИ ДИГАЛОГЕНФОСФИТОВ С АЛКИЛГАЛОГЕНИДАМИ

А. Е. Арбузов показал, что ни иодистый метил, ни хлористый бензил даже при нагревании в течение 12 ч до 200°С не действует на «хлорангидрид Меншуткина», MeOPCl_2 [3]. Однако, по патентным данным [60, 61], продукты перегруппировки Арбузова образуются при нагревании (260—325°С, запаянная трубка) метилдихлорфосфита с MeI , MeCl или CCl_4 в присутствии катализаторов (FeCl_3 , ZnI_2 , NiI_2 и др.). В более мягких условиях без катализатора идет реакция метилдихлорфосфита с иодистым аллилом [62] и этилдихлорфосфита с 2-пропил-4,5-метилендиоксибензилиодидом [63].

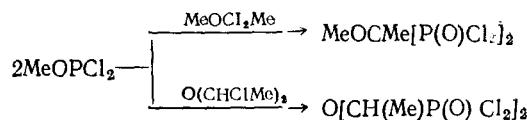
Значительно легче, чем с иодистым метилом, в реакцию Арбузова (в присутствии FeCl_3 или BF_3) вступают метил- и этилдихлорфосфит [64—70], а также бутилдифторфосфит [69—71] при действии α -хлоралкиловых эфиров, содержащих [69, 70] или не содержащих [64—68, 71] электроотрицательную карбалкоксильную или трехметильную группу у α -углеродного атома.

При взаимодействии алкилдихлорфосфитов [71—73] и бутилдифторфосфита [71, 73] с α,α -дихлор- и α,α' -дихлордиметиловыми эфирами [72] или с алкиловыми эфирами аллоксидихлоруксусной кислоты [71, 73] даже при большом избытке фосфита в реакцию вступает только один атом хлора, а при реакции метилдихлорфосфита с α,α' -дихлордизтиловым или α,α -диноидэтилметиловым эфиром замещаются оба атома галогена [27].

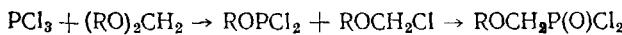


$$\text{X} = \text{Cl, F; R} = \text{Alk(C}_1 - \text{C}_4\text{), ClCH}_2;$$

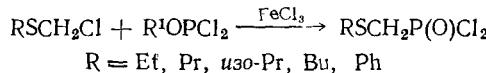
$R^1 = H, CCl_3, COOMe, COOEt; R^2 = H, Cl;$
 $R^3 = Me, Et, Bu$



При реакции диалкилформалей с избытком треххлористого фосфора в присутствии $ZnCl_2$ образуются α -хлорэфиры и алкилдихлорфосфиты, реагирующие между собой по схеме реакции Арбузова [47, 48, 74].

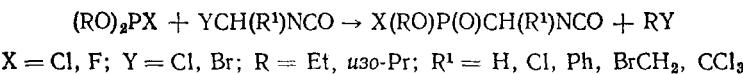


Аналогично α -хлорэфирам реагируют с алкилдихлорфосфитом алкил- и арилхлорметилсульфиды [75, 76].

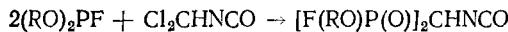


IV. ГАЛОГЕНФОСФИТЫ В РЕАКЦИЯХ С α -ХЛОР- И α -БРОМАЛКИЛИЗОЦИАНАТАМИ

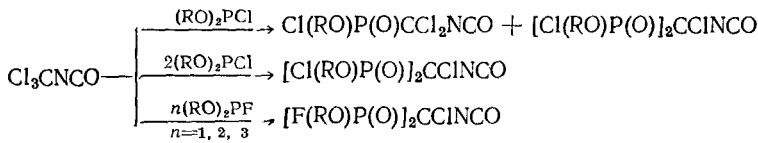
Диалкилхлор- и диалкилфторфосфиты очень легко вступают в перегруппировку Арбузова с α -хлор- и α -бромалкилизоцианатами, образуя α -алкоксихлорфосфонил- и α -алкоксифторфосфонилалкилизоцианаты [24, 26, 77—85].



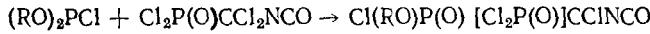
С двумя молями диалкилфторфосфита дихлорметилизоцианат дает *бис*(алкоксифторфосфонил)метилизоцианат [26, 80, 81].



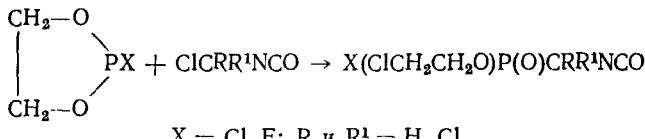
При реакции трихлорметилизоцианата с одним молем диалкилхлорфосфита получается смесь алкоксихлорфосфонилдихлорметил- и *бис*(алкоксихлорфосфонил)хлорметилизоцианатов, а с двумя молями — только *бис*-фосфорилированный изоцианат. При любом соотношении трихлорметилизоцианата и диалкилфторфосфита удается выделить только *бис*(алкоксифторфосфонил)хлорметилизоцианат [26, 86].



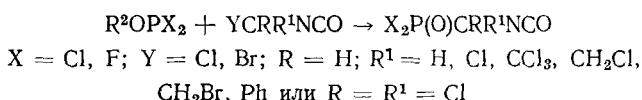
Диалкилхлорфосфит реагирует и с дихлорфосфонилдихлорметилизоцианатом, образуя смешанный *бис*-фосфорилированный хлорметилизоцианат [26, 86].



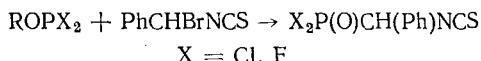
Циклические фосфиты — 2-хлор- и 2-фторфосфоланы — реагируют с хлор-, дихлор- и трихлорметилизоцианатами по схеме перегруппировки Арбузова с раскрытием цикла и образованием соответствующих β -хлорэтоксихлор- и β -хлорэтоксифторфосфонилалкилизоцианатов [26, 87].



При взаимодействии алкилдихлор- и алкилдифторфосфитов с α -хлор- или α -бромалкилизоцианатами образуются дихлорфосфонил- и дифторфосфонилалкилизоцианаты. Реакция идет только в присутствии катализаторов — кислот Льюиса [24, 26, 77—79, 81—84, 86, 88—90].

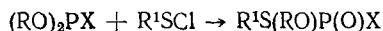


Аналогично α -галогеналкилизоцианатам реагирует с алкилдихлор- и алкилдифторфосфитами α -бромбензилизоцианат [91].

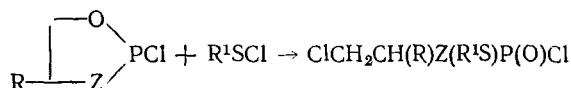


V. ГАЛОГЕНФОСФИТЫ В РЕАКЦИЯХ С СУЛЬФЕНИЛХЛОРИДАМИ

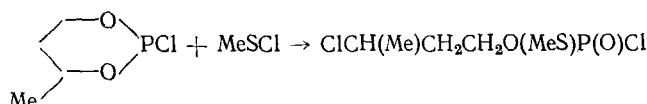
Диалкилхлор- и диалкилдифторфосфиты очень легко реагируют с алкил- и арилсульфенилхлоридами по схеме арбузовской перегруппировки с образованием эфирогалогенангидридов алкил- и арилтиолфосфорной кислоты [25, 92—95].



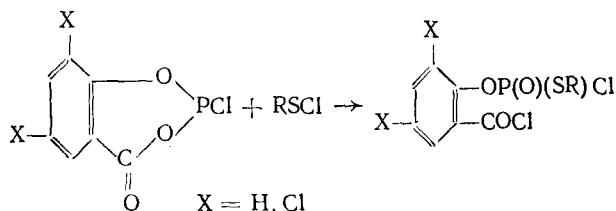
Пятичленные циклические хлорфосфиты — 2-хлор-1,3,2-диокса-, 2-хлор-1,2,3-оксатиа- и 2-хлор-1,3,2-оксазафосфоланы — реагируют с алкил- и арилсульфенилхлоридами с раскрытием цикла по связи C—O (в 1,3,2-диоксафосфоланах — у незамещенного атома углерода [96—98].



В шестичленных циклических хлорфосфитах разрывается связь C—O у замещенного атома углерода [98].



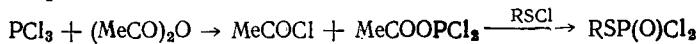
При действии алкил- и арилсульфенилхлоридов на смесь алкилдихлорфосфита и уксусного ангидрида или уксусной кислоты вначале, по-видимому, образуются алкилацетилхлорфосфиты, которые и вступают в перегруппировку Арбузова с выделением хлористого ацетила [99, 100]. Подобным образом реагирует циклический «салицилхлорфосфит» [101].



Алкил- и арилсульфенилхлориды более реакционноспособны, чем алкилгалогениды; они вступают в реакцию Арбузова с алкилдихлор- и алкилдифторфосфитами без катализаторов [93, 94, 102—108].



Вероятно, реакция Арбузова идет и при действии алкил- и арилсульфенилхлоридов на смесь треххлористого фосфора и уксусного ангидрида [100].

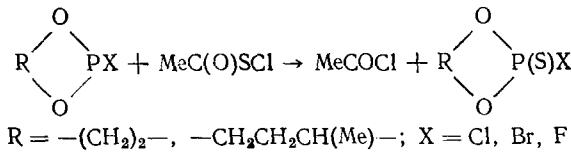


Аналогично сульфенилхлоридам реагируют с алкилдихлорфосфитами селениилхлориды, но реакция проходит только в присутствии катализаторов (SbCl_5 , BCl_3) [108, 109].

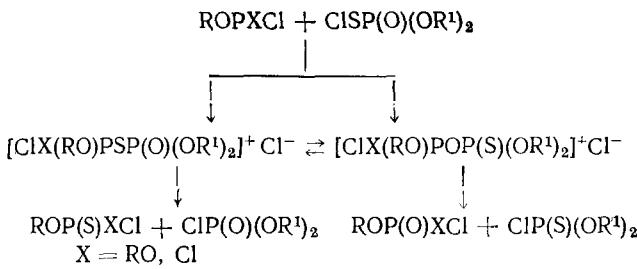


Ацетил-, диалкилфосфоно- и диалкиламино- или N-алкил-N-диалкилфосфоноаминосульфенилхлориды также легко вступают во взаимодействие с диалкилгалоген- и алкилдигалогенфосфитами, но в результате не образуются продукты перегруппировки Арбузова.

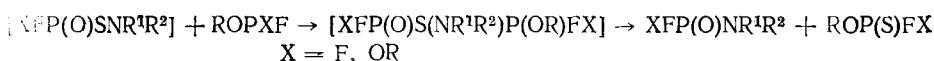
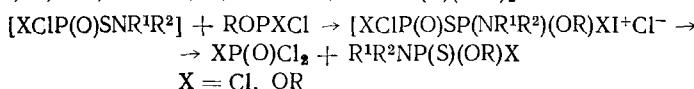
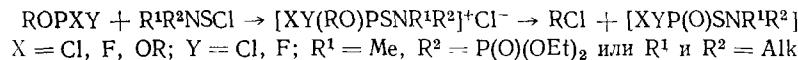
Так, циклические хлор-, бром- и фторфосфиты реагируют с ацетилсульфенилхлоридом, образуя хлористый ацетил и галогентионфосфаты [110—112].



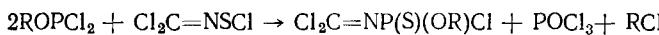
При действии диалкилхлор- и алкилдихлорфосфитов на диалкилфосфоносульфенилхлориды отщепляется либо сера, либо кислород [25, 113].



Диалкилхлор- и алкилдихлорфосфиты реагируют с диалкиламино- и N-метил-N-диалкоксифосфониламиносульфенилхлоридами в соотношении 2:1 с образованием хлористого алкила, алкилдихлорфосфата или хлорокиси фосфора и амидов тионфосфорных кислот, а диалкилфтор- и алкилдифторфосфиты превращаются в смеси фтортионфосфатов и фторамидофосфатов. Предполагается, что вначале образуются продукты перегруппировки Арбузова — аллоксигалогенфосфонил- или дигалогенфосфонилсульфениламиды, которые по-разному реагируют со второй молекулой соответствующего галогенфосфита [25, 114—118].

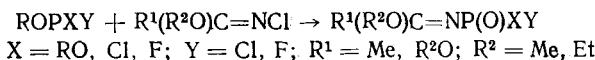


Аналогично диалкиламиносульфенилхлоридам реагирует с алкилдихлорфосфитом дихлорметилиминоминосульфенилхлорид [119, 120].

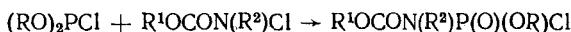


VI. РЕАКЦИИ ГАЛОГЕНФОСФИТОВ С N-ХЛОРСОЕДИНЕНИЯМИ

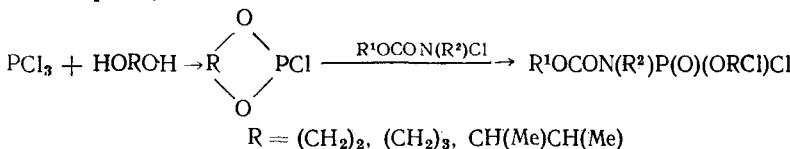
Диалкилхлор- и диалкилфторфосфиты, а также алкилдихлор- и алкилдифторфосфиты очень легко реагируют с эфирами N-хлорамидокарбоновых кислот по схеме реакции Арбузова [121].



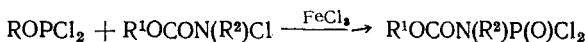
При реакции диалкилхлорфосфитов с эфирами N-хлор-N-алкилкарбаминовых кислот также получаются продукты перегруппировки Арбузова [122].



При взаимодействии треххлористого фосфора с гликолями и эфирами N-хлор-N-алкилкарбаминовых кислот, по-видимому, вначале образуются циклические хлорфосфиты, которые и реагируют с N-хлорсодинениями [123].



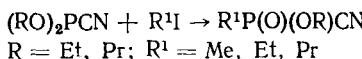
Алкилдихлорфосфиты реагируют с алкиловыми эфирами N-хлор-N-алкилкарбаминовой кислоты в присутствии катализатора (FeCl_3) [124].



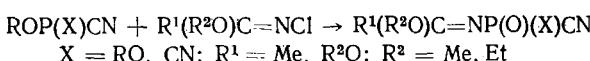
При нагревании бутилдифторфосфита с N-хлор-N,N'-диметилбензамидином получается N-дифторфосфонил-N,N'-диметилбензамидин [125].

VII. РЕАКЦИИ ПСЕВДОГАЛОГЕНФОСФИТОВ С АЛКИЛГАЛОГЕНИДАМИ

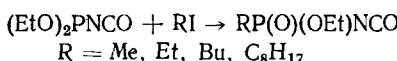
Диалкилцианфосфиты вступают в реакцию Арбузова с иодистыми алкилами при длительном нагревании в запаянной трубке при 160°C [126].



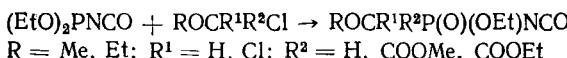
Эфиры N-хлоримидокарбоновых кислот реагируют с диалкилциан- и алкилдицианфосфитами в бензоле [121].



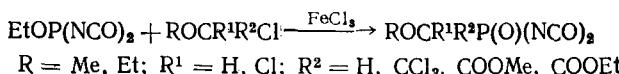
При длительном кипячении диэтилизоцианатофосфит реагирует с иодистыми алкилами по схеме перегруппировки Арбузова с образованием этокси-алкилфосфонилизоцианатов [127, 128].



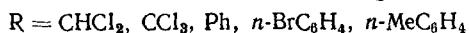
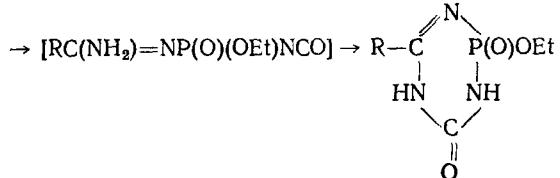
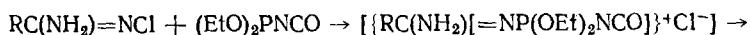
α -Хлоралкиловые эфиры реагируют с диэтилизоцианатофосфитом значительно легче, чем иодистые алкилы, а α,α -дихлоралкиловые эфиры — только в присутствии катализатора (FeCl_3) [24, 129].



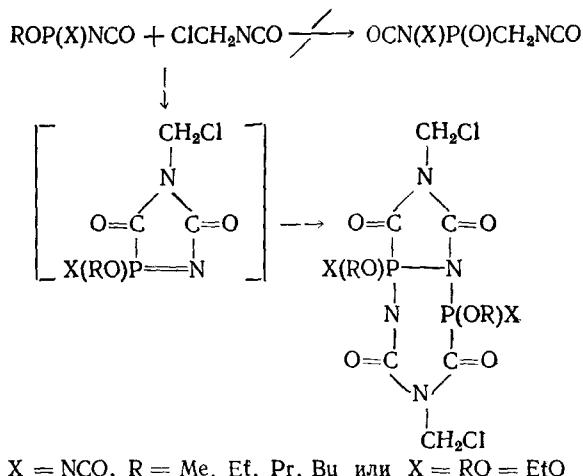
Этилдиизоцианатофосфит реагирует как с α -хлор-, так и с α,α -дихлоралкиловыми эфирами только в присутствии катализатора [129, 130].



При взаимодействии диэтилизоцианатофосфита с N-хлорамидинами⁴ получаются соответствующие фосфониевые соли, которые легко отщепляют хлористый этил, превращаясь в N-(этоксиизоцианатофосфонил) амидины, циклизующиеся в 2,4-диоксо-2-этокси-6-R-2,3,4,5-тетрагидро-1,3,5,2-триазаfosфоринаны [127, 131].



При действии хлорметил- и *n*-хлорметилфенилизоцианатов на диэтилизоцианат- и алкилдизоцианатофосфиты получить продукты перегруппировки не удается — реакция идет в другом направлении. Вначале в результате [3+2]-циклоприсоединения образуется замещенный 3,5-диоксо-Δ¹-1,4,2-диазафосфолин, который очень легко димеризуется в трициклический 1,3,2λ⁵,4λ⁶-диазадифосфетидин [24, 132, 133].



Из представленного в обзоре материала следует, что в последние годы сформировалось новое направление в реакции Арбузова, 80-летие которой отмечается в 1985 г., заключающееся в том, что галоген- и псевдогалогенфосфиты и -фосфиниты, обладающие пониженными нуклеофильными свойствами, также способны вступать в перегруппировку с различными галогенсодержащими электрофилами. Распространение реакции Арбузова на галоген- и псевдогалогенфосфиты и -фосфиниты позволило непосредственно получатьmono- и дигалогенангидриды, mono- и диизоцианаты и другие высокореакционные производные кислот четырехкоординированного фосфора, которые находят широкое применение для синтеза самых разнообразных фосфорорганических соединений, обладающих полезными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арбузов А. Е. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1952, с. 41.
2. Арбузов А. Е. Успехи химии, 1951, т. 20, с. 521.
3. Арбузов Б. А. В кн.: Реакции и методы исследования органических соединений, кн. 3. М.: Госхимиздат, 1954, с. 7.
4. Нестеров Л. В. В сб.: Тр. I конф. «Химия и применение фосфорорганических соединений». М.: Изд-во АН СССР, 1957, с. 42.
5. Кухтия В. А., Пудовик А. Н. Успехи химии, 1959, т. 28, с. 96.
6. Cadogan J. I. Quart. Rev., 1962, v. 16, p. 208.
7. Arbuzov B. A. Pure Appl. Chem., 1964, B. 9, S. 307.

8. Harvey R. G., DeSombre E. R. In: Topics in Phosphorus Chemistry, v. 1/Ed. by M. Grayson, E. J. Griffith. New York: Wiley and Sons, 1964, p. 57.
9. Miller B. In: Topics in Phosphorus Chemistry, v. 2/Ed. by M. Grayson, E. J. Griffith. New York: Wiley and Sons, 1965, p. 133.
10. Henning H.-G., Hilgetag G. Z. Chem., 1967, B. 7, S. 169.
11. Хадсон Р. Структура и механизм реакций фосфорорганических соединений. М.: Мир, 1967.
12. Иванов Б. И., Желтухин В. Ф. Успехи химии, 1970, т. 39, с. 773.
13. Пудовик А. Н., Ястrebова Г. Е. Там же, 1970, т. 39, с. 1190.
14. Нифантеев Э. Е. Химия фосфорорганических соединений. М.: Изд-во МГУ, 1971.
15. Кирби А., Уоррен С. Органическая химия фосфора. М.: Мир, 1971.
16. Арбузов В. А. В сб.: Тр. III конф. «Химия и применение фосфорорганических соединений». М.: Наука, 1972, с. 4.
17. Пудовик А. Н. В сб.: Тр. IV конф. «Химия и применение фосфорорганических соединений». М.: Наука, 1972, с. 15.
18. Коновалова И. В., Пудовик А. Н. Успехи химии, 1972, т. 41, с. 799.
19. Arbuзов В. А. Z. Chem., 1974, B. 14, S. 41.
20. Красильникова Е. А. Успехи химии, 1977, т. 46, с. 1638.
21. Пудовик А. Н., Газизов Т. Х. Изв. АН СССР. Сер. хим., 1977, с. 1945.
22. Майер Л. В сб.: Тр. VI конф. «Химия и применение фосфорорганических соединений». Киев: Наукова думка, 1981, с. 23.
23. Bhattacharya A. K., Thyagarajan G. Chem. Rev. 1981, v. 81, p. 415.
24. Шокол В. А. В сб.: Успехи химии фосфорорганических и сераорганических соединений, вып. 3/Под ред. А. В. Кирсанова, И. Н. Жмуровой. Киев: Наукова думка, 1973, с. 6.
25. Гусарь Н. И. Сульфенилхлориды в химии фосфорорганических соединений. Киев: Наукова думка, 1979.
26. Шокол В. А., Дорошенко В. В., Кожушко Б. Н., Стукало Е. А. В сб.: Тр. V конф. «Химия и применение фосфорорганических соединений». М.: Наука, 1974, с. 54.
27. Петров К. А., Чаязов В. А., Агафонов С. В. Успехи химии, 1982, т. 51, с. 412.
28. Childs A. F., Williams L. T. D. Пат. Великобритании 810930 (1959); С. А., 1959, v. 53, 15978.
29. Кулакова В. Н., Зиновьев Ю. М., Соборовский Л. З. Ж. общ. химии, 1969, т. 39, с. 838.
30. Дрозд Г. И., Сокальский М. А., Ивин С. З., Сисоева Е. П., Струков О. Г. Там же, 1969, т. 39, с. 936.
31. Соборовский Л. З., Гололобов Ю. Г. Там же, 1964, т. 34, с. 1141.
32. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Останина Л. П., Русалкина А. М. Там же, 1971, т. 41, с. 2575.
33. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Останина Л. П., Шакиров И. Х., Зыкова Т. В., Салахутдинов Р. А. Там же, 1972, т. 42, с. 2634.
34. Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Богельфер Л. Я., Шокол В. А. Там же, 1980, т. 50, с. 1273.
35. Шокол В. А., Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А. Там же, 1976, т. 46, с. 438.
36. Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Шокол В. А. Там же, 1978, т. 48, с. 1426.
37. Шокол В. А., Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Егоров Ю. П. Там же, 1979, т. 49, с. 1474.
38. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Васильев А. В. Авт. свид. СССР 449914 (1974); Бюл. изобр., 1974, № 42, с. 50.
39. Крутский Л. Н., Жегалина Л. В., Цивунин В. С. Ж. общ. химии, 1974, т. 44, с. 60.
40. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Симоненко А. А., Васильев А. В., Зыкова Т. В., Цивунин В. С. Там же, 1976, т. 46, с. 507.
41. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Розина Н. М., Субботина М. А., Веретельникова Н. А., Зыкова Т. В., Салахутдинов Р. А., Цивунин В. С. Там же, 1978, т. 48, с. 2206.
42. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Горячева О. Л., Зыкова Т. В., Цивунин В. С. Там же, 1978, т. 48, с. 780.
43. Цивунин В. С., Крутский Л. Н., Эрназаров М., Камай Г. Х. Там же, 1970, т. 40, с. 2560.
44. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Зыкова Т. В., Аношина Н. А., Салахутдинов Р. А. Там же, 1975, т. 45, с. 1704.
45. Петров К. А., Чаязов В. А., Агафонов С. В., Позднев В. В. Авт. свид. СССР 666180 (1979); Бюл. изобр., 1979, № 21, с. 81.
46. Газизов М. Б. Ж. общ. химии, 1979, т. 49, с. 369.
47. Петров К. А., Чаязов В. А., Агафонов С. В. Там же, 1980, т. 50, с. 789.
48. Петров К. А., Чаязов В. А., Агафонов С. В., Пажитнова Н. В., Кострова С. М. Там же, 1980, т. 50, с. 1021.
49. Петров К. А., Чаязов В. А., Агафонов С. В. Там же, 1980, т. 50, с. 1510.
50. Крутский Л. И., Сафиуллина О. З., Крутская Л. В., Цивунин В. С. Там же, 1980, т. 50, с. 1892.
51. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Зыкова Т. В., Пашинкин А. П., Салахутдинов Р. А. Там же, 1976, т. 46, с. 1223.
52. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Останина Л. П. Там же, 1972, т. 42, с. 1647.
53. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Ельникова Г. Н., Останина Л. П. Там же, 1972, т. 42, с. 2112.

54. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Останина Л. П., Галяутдинов А. А. Там же, 1973, т. 43, с. 213.
 55. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Останина Л. П., Зыкова Т. В., Салахутдинов Р. А. Там же, 1973, т. 43, с. 2160.
 56. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Останина Л. П., Зыкова Т. В., Савельева Э. И. Там же, 1974, т. 44, с. 1255.
 57. Газизов М. Б., Зыкова Т. В., Аношина Н. П., Султанова Д. Б., Салахутдинова Р. А. Там же, 1978, т. 48, с. 1979.
 58. Разумов А. И., Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Федотова Р. П. Авт. свид. СССР 455117 (1974); Бюл. изобр., 1974, № 48, с. 50.
 59. Близнюк Н. К., Стрельцов Р. В., Кирилина Л. Э. Авт. свид. СССР 488825 (1975); Бюл. изобр., 1975, № 39, с. 67.
 60. Kwiatak J. Пат. США 2882309 (1959); С. А., 1959, в. 53, 16964.
 61. Kwiatak J. Пат. США 2882311 (1959); С. А., 1959, в. 53, 16964.
 62. Груздев В. Г., Ивин С. З., Караванов К. В. Авт. свид. СССР 185910 (1966); Бюл. изобр., 1966, № 18, с. 40.
 63. Fischer M. H., Incho H. H., Drummond P. E., Montgomery R. E. Франц. пат. 1531732 (1968); С. А., 1969, в. 71, 70736.
 64. Kwiatak J., Copenhafer J. W. Пат. США 2882313 (1959); С. А., 1959, в. 53, 16965.
 65. Козлова Т. Ф., Грапов А. Ф., Мельников Н. Н. Ж. общ. химии, 1972, т. 42, с. 1282.
 66. Szabo K. Пат. США 3733379 (1973); РЖХим., 1974, 8Н371.
 67. Grisley D. W., Szabo K. J. Chem. Eng. Data, 1974, в. 19, N 2, р. 175.
 68. Szabo K. Пат. США 3919359 (1975); РЖХим., 1976, 19О356.
 69. Шокол В. А., Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Гуменюк А. В. Ж. общ. химии, 1976, т. 46, с. 1650.
 70. Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Шокол В. А. Там же, 1976, т. 46, с. 2387.
 71. Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Негребецкий В. В., Шокол В. А. Там же, 1980, т. 50, с. 998.
 72. Козлова Т. Ф., Грапов А. Ф., Мельников Н. Н. Там же, 1975, т. 45, с. 1392.
 73. Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А. Там же, 1978, т. 48, с. 230.
 74. Петров К. А., Чаузов В. А., Агафонов С. В. Авт. свид. СССР 730688 (1980); Бюл. изобр., 1980, № 16, с. 85.
 75. Грапов А. Ф., Козлова Т. Ф., Мельников Н. Н. Авт. свид. СССР 430107 (1974); Бюл. изобр., 1974, № 20, с. 72.
 76. Грапов А. Ф., Козлова Т. Ф., Мельников Н. Н. Ж. общ. химии, 1976, т. 46, с. 304.
 77. Шокол В. А., Дорошенко В. В., Деркач Г. И. Там же, 1969, т. 39, с. 938.
 78. Шокол В. О., Дорошенко В. В., Деркач Г. Г. Доп. АН УРСР. Сер. Б, 1969, с. 818.
 79. Шокол В. А., Дорошенко В. В., Деркач Г. И. Ж. общ. химии, 1970, т. 40, с. 535.
 80. Шокол В. А., Кожушко Б. Н. Там же, 1972, т. 42, с. 2346.
 81. Шокол В. А., Кожушко Б. Н. Там же, 1977, т. 47, с. 321.
 82. Шокол В. А., Силина Е. Б., Кожушко Б. Н., Голик Г. А. Там же, 1979, т. 49, с. 312.
 83. Кожушко Б. Н., Силина Е. Б., Шокол В. А. Там же, 1979, т. 49, с. 2153.
 84. Кожушко Б. Н., Гуменюк А. В., Михайлюченко Н. К., Шокол В. А. Там же, 1980, т. 50, с. 541.
 85. Михайлюченко Н. К., Кожушко Б. Н., Шокол В. А. Там же, 1983, т. 53, с. 548.
 86. Шокол В. А., Кожушко Б. Н., Гуменюк А. В. Там же, 1975, т. 45, с. 1965.
 87. Кожушко Б. Н., Гуменюк А. В., Шокол В. А. Там же, 1977, т. 47, с. 2766.
 88. Дорошенко В. В., Стукало Е. А., Шокол В. А., Кожушко Б. Н. Там же, 1971, т. 41, с. 2155.
 89. Дорошенко В. В., Кожушко Б. Н., Стукало Е. А., Шокол В. А. Там же, 1972, т. 42, с. 484.
 90. Стукало Е. А., Юрьева Е. М., Марковский Л. Н. Там же, 1980, т. 50, с. 343.
 91. Кожушко Б. Н., Шокол В. А. Там же, 1981, т. 51, с. 479.
 92. Kühle E. Synthesis, 1971, p. 563.
 93. Петров К. А., Сокольский Г. А., Полеес Б. М. Ж. общ. химии, 1956, т. 26, с. 3381.
 94. Петров К. А., Неймышева А. А., Доцев Г. В., Варич А. Г. Там же, 1961, т. 31, с. 1366.
 95. Lippmann A. E. J. Org. Chem., 1965, в. 30, р. 3217.
 96. Коломиц А. Ф., Калуцкий Л. А., Доцев Г. В., Близнюк Н. К. Авт. свид. СССР 202937 (1967); Бюл. изобр., 1967, № 20, с. 35.
 97. Hoffmann H., Scheinpflug H. Пат. ЮАР 6802053 (1968); С. А., 1969, в. 70, 87308.
 98. Hoffmann H. Пат. Великобритании 1158709 (1969); С. А., 1970, в. 72, 43126.
 99. Близнюк Н. К., Кваша З. Н., Маджара Г. А. Авт. свид. СССР 395372 (1973); Бюл. изобр., 1973, № 35, с. 69.
 100. Близнюк Н. К., Кваша З. Н., Маджара Г. А., Солнцева Л. М. Авт. свид. СССР 446510 (1974); Бюл. изобр., 1974, № 38, с. 57.
 101. Близнюк Н. К., Кваша З. Н., Чистова Г. И. Авт. свид. СССР 433156 (1974); Бюл. изобр., 1974, № 23, с. 65.
 102. Schrader G. Пат. ФРГ 1159935 (1962); С. А., 1964, в. 60, 11945.
 103. Aichenegg P. C., Gillen L. E. Пат. США 3454679 (1969); С. А., 1969, в. 71, 90816.
 104. Гладштейн Б. М., Шитов Л. Н. Авт. свид. СССР 215974 (1968); Бюл. изобр., 1968, № 14, с. 26.
 105. Шитов Л. Н., Гладштейн Б. М. Ж. общ. химии, 1968, т. 38, с. 2340.
 106. Winkler D. Diss. Dokt. Naturwiss. Abt. Chem. Bochum: Ruhr-Univ. 1978; РЖХим., 1979, 18B14.

107. Haas A., Winkler D. Z. anorg. allg. Chem., 1980, B. 468, S. 68.
108. Haas A., Winkler D., Mikolajczak J. J. Fluor. Chem., 1980, v. 16, p. 595.
109. Haas A., Mikolajczak J. Chem. Ber., 1981, B. 114, S. 829.
110. Mikolajczyk M., Krzywanski J., Ziemnicka B. Phosphorus, 1974, v. 5, p. 67; С. А., 1975, v. 83, 78404.
111. Mikolajczyk M., Krzywanski J., Ziemnicka B. Tetrahedron Letters, 1975, p. 1607.
112. Mikolajczyk M., Witczak M. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1977, p. 2213.
113. Гусарь Н. И., Иванова Ж. М., Третьяк М. Г., Сергеев В. С., Гололобов Ю. Г. Ж. общ. химии, 1975, т. 45, с. 734.
114. Иванова Ж. М., Гусарь Н. И., Гололобов Ю. Г. ЖВХО им. Д. И. Менделеева, 1973, т. 18, с. 349.
115. Гусарь Н. И., Иванова Ж. М., Гололобов Ю. Г. Ж. общ. химии, 1974, т. 44, с. 1456.
116. Иванова Ж. М., Гусарь Н. И., Мирошниченко В. В., Гололобов Ю. Г. Там же, 1972, т. 42, с. 2115.
117. Гусарь Н. И., Иванова Ж. М., Чauc М. П., Гололобов Ю. Г. Там же, 1976, т. 46, с. 1981.
118. Гусарь Н. И., Иванова Ж. М., Чauc М. П., Гололобов Ю. Г. Докл. АН УССР. Сер. Б., 1978, с. 522.
119. Иванова Ж. М., Гусарь Н. И., Мирошниченко В. В., Самарай Л. И. Авт. свид. СССР 374321 (1973); Бюл. изобр., 1973, № 15, с. 52.
120. Иванова Ж. М., Гусарь Н. И., Гололобов Ю. Г. Ж. общ. химии, 1974, т. 44, с. 538.
121. Петров К. А., Неймышева А. А., Фоменко М. Г., Чернушевич Л. М., Кунцевич А. Д. Там же, 1961, т. 31, с. 516.
122. Гамалея В. Ф., Шокол В. А. Там же, 1978, т. 48, с. 943.
123. Кваша З. Н., Голенкевич С. Б., Близнюк Н. К. Авт. свид. СССР 522188 (1976); Бюл. изобр., 1976, № 27, с. 75.
124. Шокол В. А., Гамалея В. Ф., Михайлюченко Н. К., Кожушко Б. Н. Ж. общ. химии, 1979, т. 49, с. 946.
125. Марковский Л. Н., Синица А. Д., Кальченко В. И., Атамась Л. И., Негребецкий В. В. Там же, 1982, т. 52, с. 445.
126. Петров К. А., Гаценко Л. Г., Неймышева А. А. Там же, 1959, т. 29, с. 1827.
127. Деркач Г. И., Губницкая Е. С., Колотило М. В., Матюша А. Г. Там же, 1966, т. 36, с. 2215.
128. Губницкая Е. С., Деркач Г. И. Там же, 1968, т. 38, с. 1530.
129. Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Шокол В. А. Там же, 1979, т. 49, с. 1019.
130. Шокол В. А., Палийчук Ю. А., Кожушко Б. Н., Гуменюк А. В. Там же, 1978, т. 48, с. 1656.
131. Колотило М. В., Матюша А. Г., Деркач Г. И. Там же, 1969, т. 39, с. 188.
132. Шокол В. А., Дорошенко В. В., Деркач Г. И. Там же, 1969, т. 39, с. 214.
133. Кожушко Б. Н., Силина Е. Б., Поволоцкий М. И., Шокол В. А. Там же, 1982, т. 52, с. 443.

Институт органической химии
АН УССР, Киев