

УДК 547.241

## α-АЛКОКСИАЛКИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ФОСФОРА И НЕКОТОРЫЕ ИХ АНАЛОГИ

*Петров К. А., Чаузов В. А., Агафонов С. В.*

Приведены данные по способам получения α-алкоксиалкильных фосфорорганических соединений, рассмотрены их химические свойства и основные направления использования.

Библиография — 305 ссылок.

### ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Введение	412
II. Методы синтеза	412
III. Свойства и применение	424

### I. ВВЕДЕНИЕ

α-Алкоксиалкильные производные относятся к обширному классу производных функционально-замещенных фосфорорганических соединений; они интенсивно исследуются в последние годы. Для их получения предложены оригинальные и удобные методы синтеза и выявлены некоторые направления практического использования. Однако в отечественной и зарубежной литературе нет обзорных статей, посвященных химии этих соединений, что явилось основанием для написания настоящего обзора.

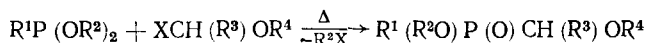
### II. МЕТОДЫ СИНТЕЗА


Получение α-алкоксиалкильных фосфорорганических соединений осуществляют несколькими способами, которые можно разделить на две группы. К первой группе относятся методы α-алкоксиалкилирования соединений трехвалентного фосфора, ко второй — методы преобразования различных групп фосфорорганических соединений в α-алкоксильную группу.

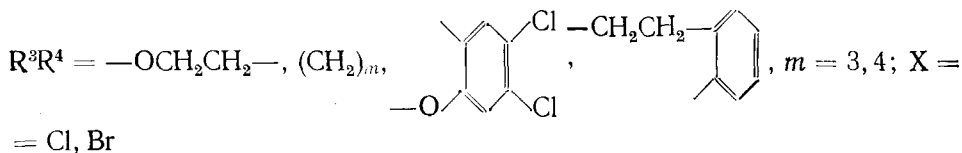
#### 1. α-Алкоксиалкилирование соединений трехвалентного фосфора

а) Алкилирование α-галогеналкиловыми эфирами полных эфиров кислот трехвалентного фосфора.

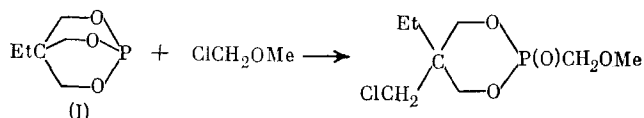
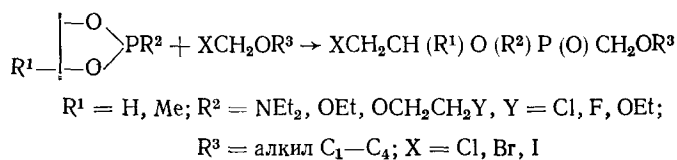
Таким способом получают эфиры α-алкоксиалкилфосфиновых [1—26] и алкил(арил)фосфиновых [24, 27, 28] кислот, в том числе соединения, содержащие различные функциональные группы в углеводородных радикалах.



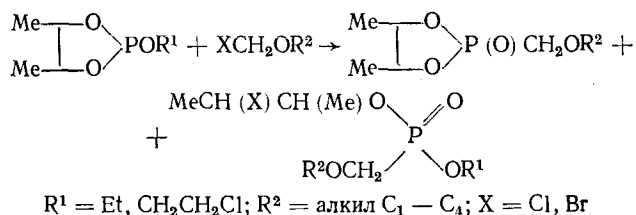
$R^1$  = алкоксил  $C_1-C_4$ , в том числе содержащий галоген,  $OCH_2CH_2OMe$ ,  $OCH_2CH_2OEt$ ,  $OC_6H_4Y$ ,  $Me$ ,  $Et$ ,  $Ph$ ,  $ClC_6H_4$ ;  $Y = Cl, NO_2, CN, Me_2NSO_2$ ;  $R^2$  = алкил  $C_1-C_5$ , в том числе содержащий галоген;  $R^3 = H$ , алкил  $C_1-C_7$ ,  $Ph$ ,  $CH_2Br$ ,  $COMe$ ,  $COOMe$ ,  $COOEt$ ,  $CONH_2$ ,  $CONHEt$ ,  $CON$    $O$ ,  $P(O)(OBu)_2$ ;  $R^4$  = алкил  $C_1-C_{18}$ ,  $(CH_2)_n-Ph$ ,  $ZCH=CHCH_2$ ,  $ZCH=CHCH_2CH_2$ ;  $n = 0, 1, 2$ ;  $Z = H, Cl, Br$ , алкил  $C_1-C_5$ ;



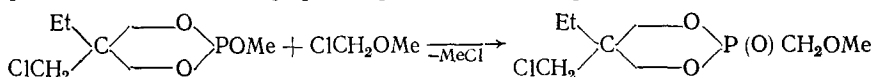
4,5-Незамещенные и монозамещенные 2-алкокси(диэтиламино)-1,3,2-диоксафосфоланы [29—34] и бициклический фосфит (I) [35] реагируют с раскрытием цикла:



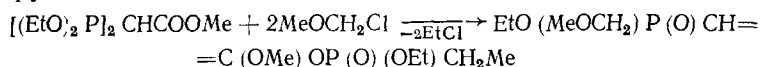
2-Алкокси-4,5-диметил-1,3,2-диоксафосфоланы взаимодействуют с хлорметилалкиловыми эфирами с образованием смеси двух веществ [31].



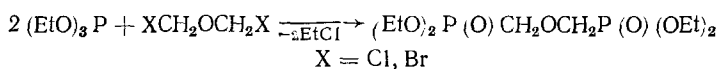
Реакция 2-метокси-5-этил-5-хлорметил-1,3,2-диоксафосфоринана с хлорметилметилowym эфиром протекает с сохранением цикла [34].



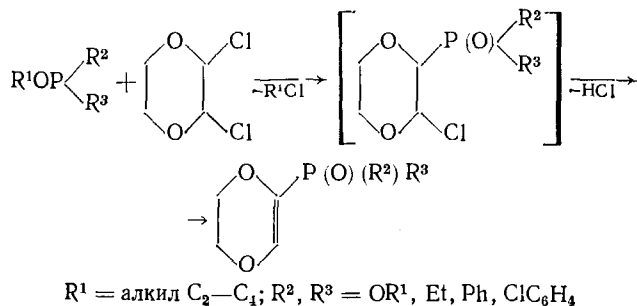
Метоксиметилирование тетраэтилкарбметоксиметилендифосфонита сопровождается кетоенольной миграцией этокси(метоксиметил)фосфинильной группы [36, 37].



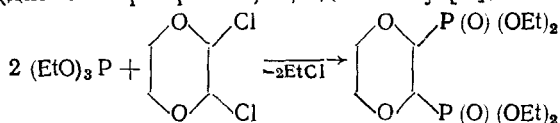
При алкилировании бис-галогендиметилowymi эфирами триэтилфосфита получен соответствующий дифосфонат [38].



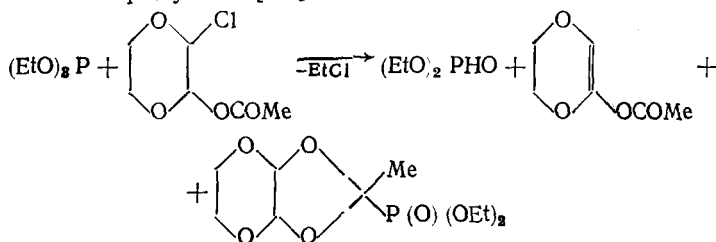
При взаимодействии 2,3-дихлор-1,4-диоксана с одним молем триалкилфосфита, фосфонита или фосфинита продукт алкилирования самопроизвольно дегидрохлорируется [39, 40].



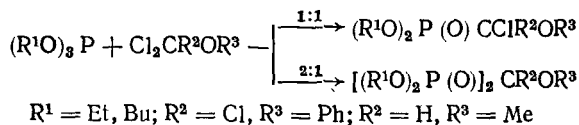
Реакция 2,3-дихлор-1,4-диоксана с избытком триэтилфосфита приводит к 2,3-бис(диэтоксифосфинил)-1,4-диоксану [5].



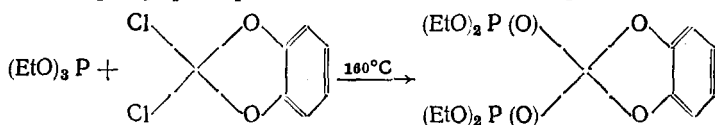
Взаимодействие триэтилфосфита с 2-хлор-3-ацетокси-1,4-диоксаном приводит к смеси продуктов [41].



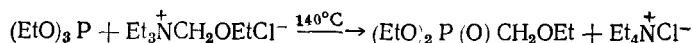
В трихлорметилфениловом и дихлорметилметилом эфирах при взаимодействии с триалкилфосфитами в зависимости от соотношения реагентов может замещаться преимущественно либо один, либо два атома хлора [9, 26].



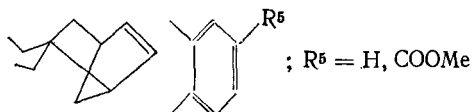
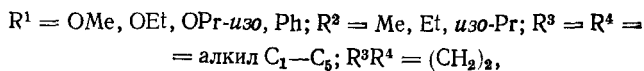
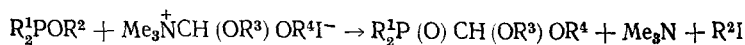
Реакцией 2,2-дихлор-1,3-бенз[d]диоксола с избытком триэтилфосфита получен бис-фосфорилированный бенздиоксол [5].



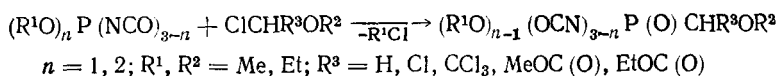
При использовании вместо  $\alpha$ -хлорэфиров хлорэтилата диэтилэтоксиметиламина алкоксиалкилирование протекает только в жестких условиях [42].



В аналогичных условиях эфиры кислот трехвалентного фосфора алкилируются иодметилатами ацеталей диметилформамида [43, 44].

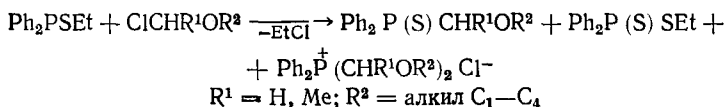


При алкилировании алкилфосфитизоцианатов для завершения реакции требуется длительное кипячение смеси или присутствие катализатора ( $\text{FeCl}_3$ ) [45—47].



Алкилирование этилового эфира дифенилтиофосфинистой кислоты осложняется окислительно-восстановительными процессами и приводит

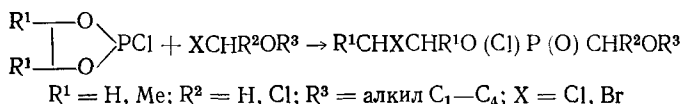
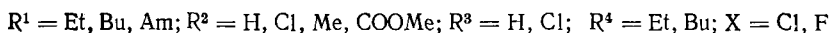
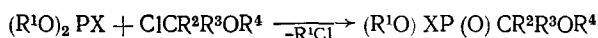
к смеси продуктов [48].



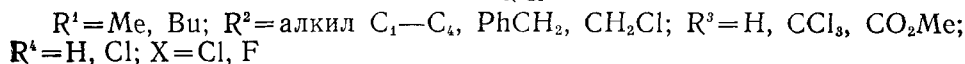
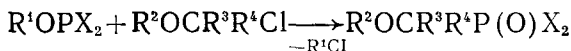
б) Алкилирование  $\alpha$ -галогеналкиловыми эфирами эфирохлорангидридов кислот трехвалентного фосфора.

Благодаря легкому гетеролизу связи углерод — галоген  $\alpha$ -галоген-эфиры являются одними из наиболее реакционноспособных алкилирующих реагентов. Однако в рассмотренных реакциях с высоконуклеофильными производными трехвалентного фосфора эта особенность химических свойств  $\alpha$ -галогенэфиров проявлялась лишь в некотором ускорении процесса алкилирования или в протекании его в более мягких условиях по сравнению с тем, когда употребляются, например, алкилгалогениды.

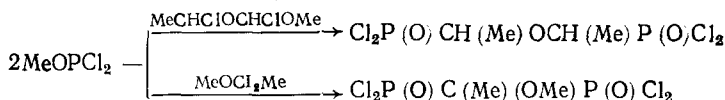
Иначе обстоит дело при использовании в реакциях алкилирования существенно менее нуклеофильных эфирогалогенангидридов кислот трехвалентного фосфора: если последние вяло или вовсе не алкилируются алкилгалогенидами, то с  $\alpha$ -галогеналкиловыми эфирами они способны эффективно взаимодействовать по схеме реакции Арбузова. Так, диалкилгалогенфосфиты [49—53] и 2-хлор-1,3,2-диоксафосфоланы [31—33, 54, 55] взаимодействуют с образованием эфирогалогенангидридов  $\alpha$ -алкоксиалкилфосфоновых кислот.



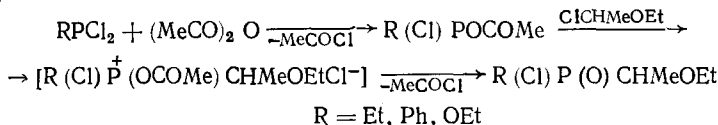
Менее нуклеофильные алкилдихлор(фтор)фосфиты алкилируются  $\alpha$ -хлорэфирами лишь в присутствии электрофильных катализаторов —  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{BF}_3$  и др. [7, 56—64].



При взаимодействии с метилдихлорфосфитом в бис- $\alpha$ -хлорэтиловом и  $\alpha$ ,  $\alpha$ -динодэтилметилом эфирах замещаются все атомы галогена [56].



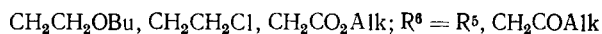
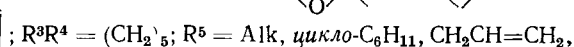
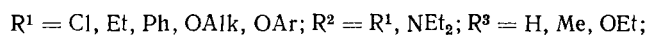
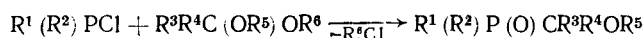
Наряду с алкилдихлорфосфитами в реакцию с  $\alpha$ -хлоралкиловыми эфирами вступают также ацетилхлорфосфиты или -фосфониты, промежуточно получающиеся при действии уксусного ангидрида на смесь этил(фенил)дихлорфосфина или этилдихлорфосфита и  $\alpha$ -хлорэфира [64, 65].



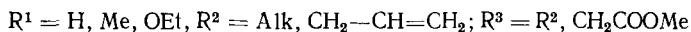
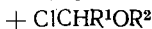
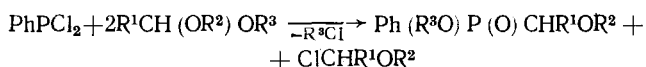
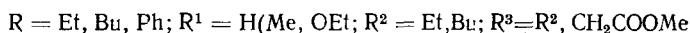
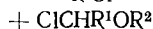
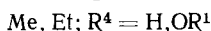
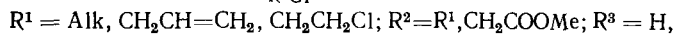
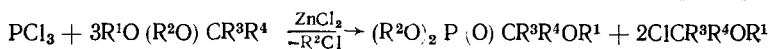
Хлорангидриды кислот трехвалентного фосфора и некоторые их производные реагируют также с ацетальми и ортоэфирами карбоновых кислот с образованием  $\alpha$ -алкоксиалкильных производных фосфора. При этом первоначально в результате обмена алкоксигруппой между хлорангидридом и ацеталем или ортоэфиром образуются  $\alpha$ -хлоралкиловые эфиры и средние эфиры или эфирохлорангидриды кислот трехвалентно-

го фосфора, при взаимодействии которых в конечном итоге получают  $\alpha$ -алкоксилалкильные соединения фосфора.

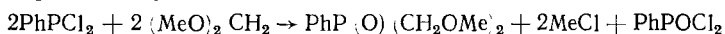
В эту реакцию вовлекались треххлористый фосфор [67, 68], алкил-дихлорфосфиты [68—70], диарилхлорфосфиты [71, 72], диалкилхлорфосфиты [70—78], фенилдихлорфосфин [78, 79], этилдихлорфосфин и диэтиламиноэтилхлорфосфин [80], диэтил- и дифенилхлорфосфины [69, 71, 75, 76, 78, 79, 81], О-арил(алкил)хлорфенилфосфониты [79].



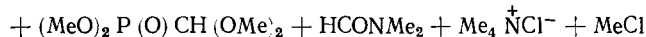
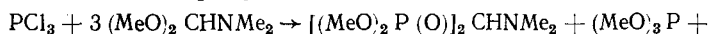
Вместо диалкилхлорфосфитов в этих реакциях можно использовать смесь триалкилфосфита и треххлористого фосфора в соотношении 2 : 1 [20, 72, 75, 82]. К тем же продуктам приводит и взаимодействие треххлористого фосфора с тремя молями ортоэфира или ацетала [20, 69, 72—74, 82—85], а также алкил(арил)дихлорфосфитов [69, 74, 82] и фенил-дихлорфосфина [69, 78, 79] с двумя молями ацетала или ортоэфира.



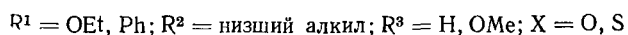
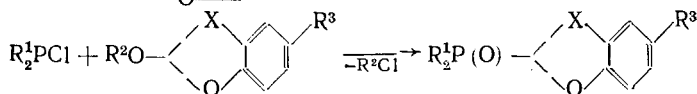
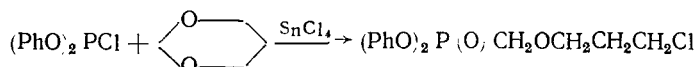
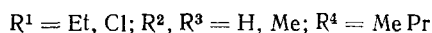
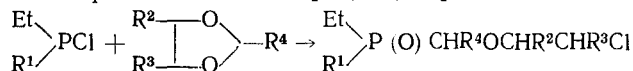
Реакция фенилдихлорфосфина с метилалем сопровождается окислительно-восстановительным процессом и приводит к фенил-бис-метоксиметилфосфиноксиду [79].

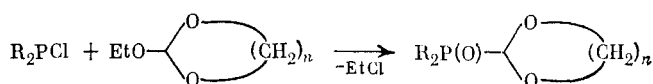


Взаимодействие ацетала диметилформамида с треххлористым фосфором приводит к смеси продуктов [86].



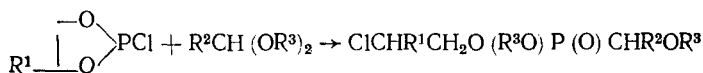
Циклические ацетали реагируют с галогенангидридами кислот трехвалентного фосфора с раскрытием цикла [72, 87, 88], а циклические ортоэфиры — с сохранением цикла [78, 89, 90].



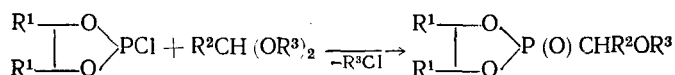


R = OEt, Ph; n = 2, 3

Реакции ацеталей и ортоэфиров с алкиленхлорфосфитами протекают как с раскрытием [34, 72, 77, 82, 91], так и с сохранением цикла в последних [72, 77].

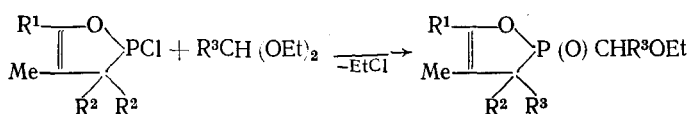
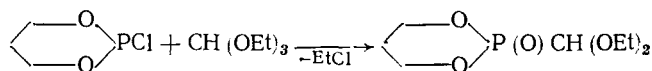


R<sup>1</sup> = H, Me; R<sup>2</sup> = R<sup>1</sup>, OR<sup>3</sup>; R<sup>3</sup> = Me, Et, Pr, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OEt, CH<sub>2</sub>CHEtBu, (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>Cl, n = 2, 4

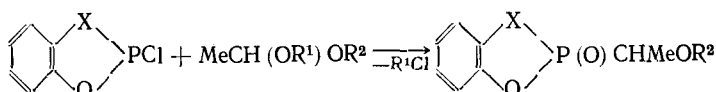


R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> = Me, R<sup>3</sup> = Me, Et, Pr; R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> = H, R<sup>3</sup> = CH<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub>

Пропиленхлорфосфит [78], хлорксафосфолены [92], пирокатехин- и салицилхлорфосфиты [70, 93] взаимодействуют с ацетальми и ортоэфиром с сохранением цикла.

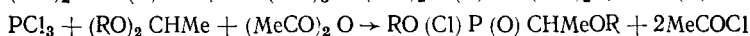
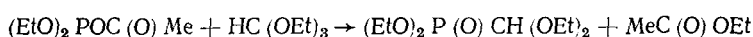


R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> = H, Me; R<sup>3</sup> = Me, OEt



R<sup>1</sup> = Me, Et; R<sup>2</sup> = Et, CH<sub>2</sub>COEt; X = O, COO

Подобно хлорфосфитам с ортоэфирами реагируют ацилфосфиты [73], в том числе образующиеся в процессе реакции [94].

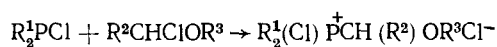


R = Bu, Pr, Et

Взаимодействие арилдихлорфосфинов [95, 96], алкилдихлорфосфинов [97, 98] и диалкилхлорфосфитов [96, 99, 100] с ацетальацетальми протекает с образованием смеси хлорангидридов, эфирохлорангидридов, эфирангидридов и кислых эфиров арил-α-алкоксиэтилфосфиновых или α-алкоксиэтилфосфиновых кислот. Взаимодействие диалкилхлорфосфитов с ацетальортоформиадом также приводит к смеси продуктов [101].

в) Алкилирование α-галогеналкиловыми эфирами хлорфосфинов и амидохлорфосфитов

В мягких условиях диалкил(арил)хлорфосфины алкилируются α-галогеналкиловыми эфирами [102—107]

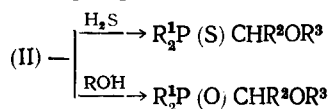


(II)

R<sup>1</sup> = Et, Ph, C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Me; R<sup>2</sup> = H, Me, CH<sub>2</sub>Cl; R<sup>3</sup> = низший алкил, галогеналкил

При обработке устойчивого при низких температурах комплекса (II) сероводородом получены соответствующие фосфинсульфиды [102—104],

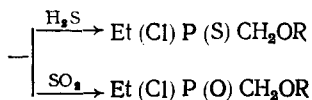
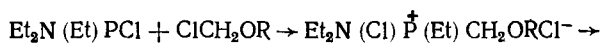
а при обработке водой, водным спиртом, уксусной кислотой, спиртом или смесью пиридина с водой — фосфиноксиды [102—106].



R = H, Bu, MeCO

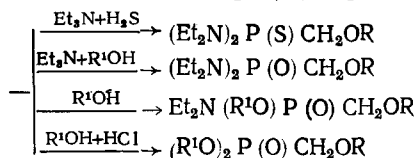
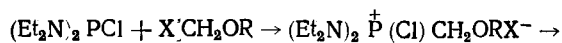
Вместо свободного дифенилхлорфосфина в этой реакции может быть использован более доступный комплекс дифенилхлорфосфина и хлористого алюминия [108, 109].

Аналогично на холоду взаимодействует с хлорметилалкиловыми эфирами этилдиэтиламинохлорфосфонит с образованием комплекса, разложение которого сероводородом или двуокисью серы сопровождается дезаминированием [110—113].



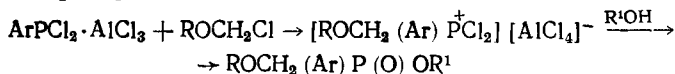
R = низший алкил

Диамидохлорфосфиты алкилируются галогенметилалкиловыми эфирами также с образованием квазифосфониевых солей, разложение которых сероводородом или спиртами в присутствии третичных аминов приводит к диамидам алкоксиметил(тио)фосфоновых кислот [114, 115]; разложение этих солей спиртами в отсутствие акцептора хлористого водорода приводит к амидоэфирам, а спиртами и хлористым водородом — к диэфирам алкоксиметилфосфоновых кислот [113, 115—117, 119].



R, R<sup>1</sup> = низший алкил; X = Cl, Br, I

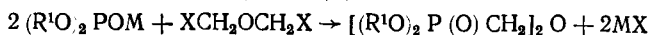
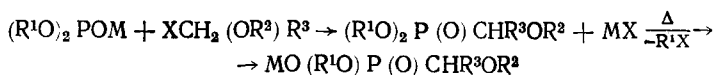
Комплексы арилдихлорфосфинов и хлористого алюминия легко взаимодействуют с хлорметилалкиловыми эфирами, и после алкоголиза продуктов их взаимодействия выделены эфиры арилалкоксиметилфосфиновых кислот [120].



Ar = Ph, CH<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>; R, R<sup>1</sup> = низший алкил

г) Алкилирование α-галогеналкиловыми эфирами солей кислот трехвалентного фосфора.

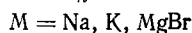
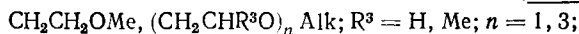
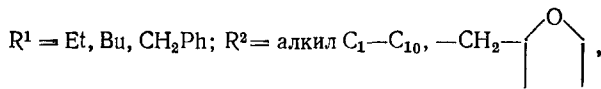
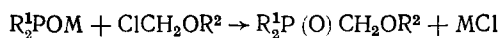
Нагреванием при 100° С диалкилфосфитов натрия, калия [1, 9, 16, 21, 38, 40, 121—124] или серебра [125] с α-хлоралкиловыми эфирами получены соответствующие фосфонаты и дифосфонаты



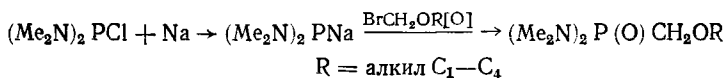
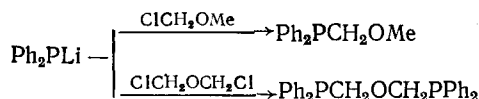
R<sup>1</sup> = алкил C<sub>1</sub>—C<sub>4</sub>, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OAlk, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>, Ph; R<sup>2</sup> = алкил C<sub>1</sub>—C<sub>4</sub>, CH<sub>2</sub>Ph; R<sup>3</sup> = H, P(O)(OBu)<sub>2</sub>; R<sup>2</sup>R<sup>3</sup> = (CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>, —CHMe, —CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CHCl—;

X = Cl, Br, I; M = Na, K, Ag

При взаимодействии натриевых, калиевых и галогенмагниевых солей фосфинистых кислот с хлорметилалкиловыми эфирами при кипячении в тетрагидрофуране образуются соответствующие фосфиноксиды [126—131].

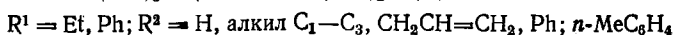
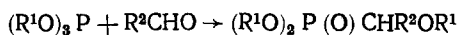


При алкоксиметилировании галогенметилалкиловыми эфирами дифенилфосфидами лития [132] и продукта металлирования тетраметилдиамидохлорфосфита [133] получены соответствующие фосфины и амиды фосфоновых кислот.

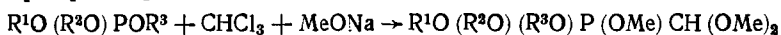


д) Прочие методы  $\alpha$ -алкоксиалкилирования соединений трехвалентного фосфора.

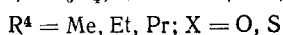
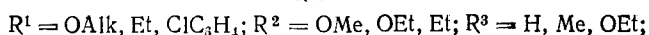
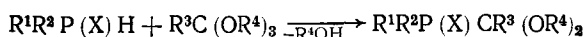
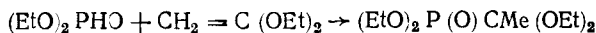
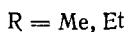
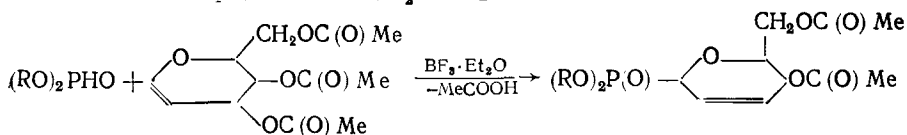
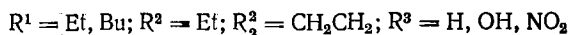
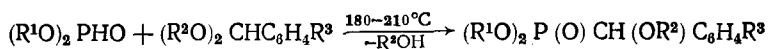
При продолжительном нагревании триалкил(арил)фосфитов с альдегидами иногда удается получить  $\alpha$ -алкоксиалкилфосфонаты [134—136].



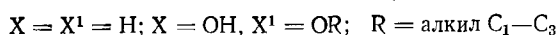
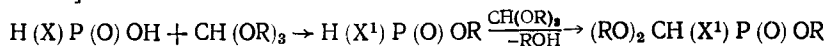
Смесь хлороформ — метилат натрия в мягких условиях алкилирует средние фосфиты [137].



Неполные эфиры кислот трехвалентного фосфора  $\alpha$ -алкоксиалкилируются ацетальми [138], виниловыми эфирами [139], кетенацетальми [140], ортоэфирами карбоновых [141—144] и угольной [118] кислот.

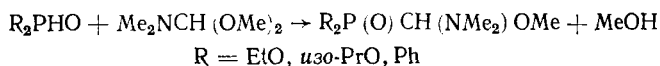


Фосфорилированные формали образуются и при взаимодействии фосфористой и фосфорноватистой кислот с избытком ортоформата [145—149].

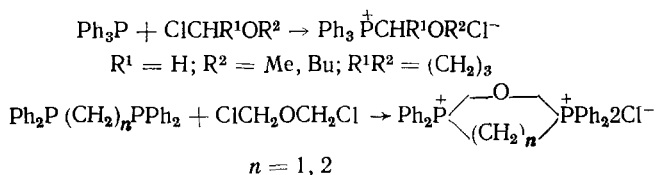




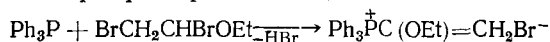
Обработка метилалем диметилформаида диалкилфосфитов и ди-арилфосфиноксигов приводит к фосфинилированным аминаоацеталам [150].



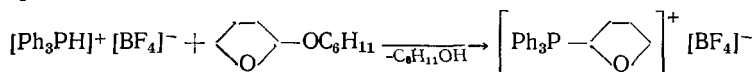
Алкилированием фосфинов  $\alpha$ -хлоралкиловыми эфирами получены фосфониевые [23, 151, 152] и циклические бис-фосфониевые соли [132]



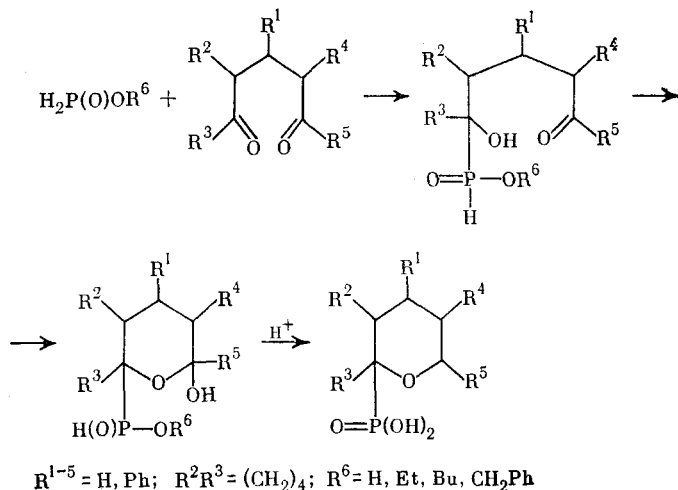
Алкилирование трифенилфосфина 1,2-дибромэтиловым эфиром сопровождается дегидробромированием [153].



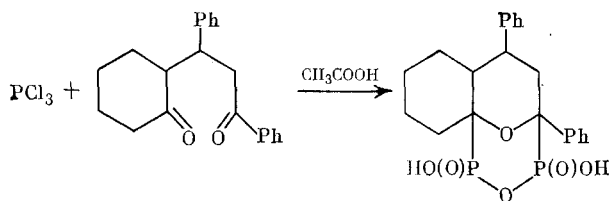
Взаимодействие борфторида трифенилфосфония и  $\alpha$ -циклогексил-окситетрагидрофурана также приводит к  $\alpha$ -алкоксиалкилфосфониевой соли [23].



Тетрагидропиранилфосфонаты получают при нагревании 1,5-дикетонов с фосфорноватистой кислотой или алкилгипофосфитами [154—157].

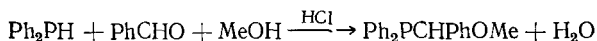
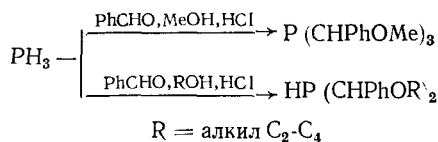


Ангидрид тетрагидропиранилдифосфоновой кислоты наряду с другими продуктами выделен при взаимодействии 1,5-дикетонов с треххлористым фосфором в среде уксусной кислоты [158].

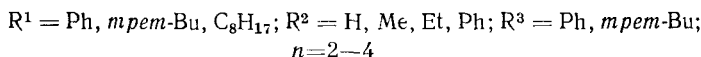
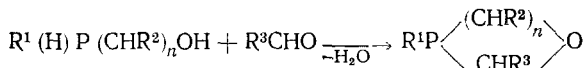


Фосфин [159] и дифенилфосфин [160] реагируют с бензальдегидом и спиртами в присутствии хлористого водорода с образованием  $\alpha$ -алкок-

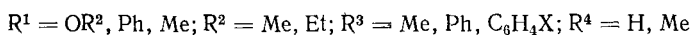
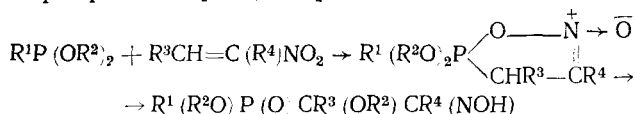
сибензилфосфинов.



Взаимодействием алкил-ω-оксиалкилфосфинов с альдегидами получены 1,3-оксафосфоринаны, -оксафосфоланы и -оксафосфепаны [161—166].



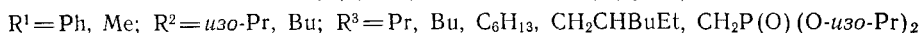
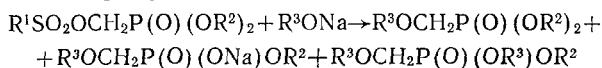
Присоединение триалкилфосфитов и диалкилфосфонитов к α, β-непредельным нитросоединениям с последующей изомеризацией промежуточно образующихся фосфоранов приводит к оксима α-алкокси-β-кетофосфонатов и фосфинатов [167, 168].



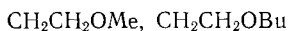
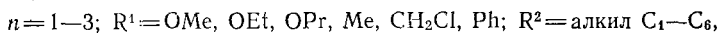
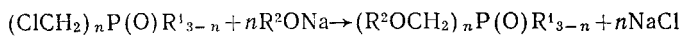
2. Методы преобразования замещенных алкильных групп фосфорорганических соединений в α-алкоксиалкильные группы

а) Реакции замещения в хлор(сульфонилокси)метилфосфорорганических соединениях

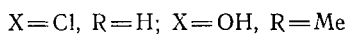
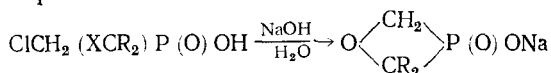
Этот метод имеет ограниченное значение для получения соединений с одной α-алкоксиалкильной группой у атома фосфора, поскольку описанные выше способы получения таких соединений являются более эффективными. Так, при алкоксилровании арилсульфонилоксиметилфосфонатов протекают побочные реакции переэтерификации и деалкилирования эфирных групп у атома фосфора, что снижает выход и затрудняет выделение целевых продуктов [169].



Однако для получения соединений с двумя и тремя α-алкоксиалкильными группами у атома фосфора этот метод удобен благодаря относительной доступности, например, бис- и трис-хлорметил(оксиметил)фосфорорганических соединений. Так, этим методом получены бис-алкоксиметилфосфинаты [127, 170—173] и трис-алкоксиметилфосфиноксиды [173].

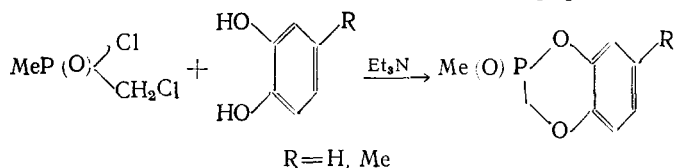


Взаимодействие бис-хлорметил- [174] и хлорметил-α-оксиалкилфосфиновых кислот [174, 175] с водным раствором гидроокиси натрия приводит к 1,3-оксафосфетанам.

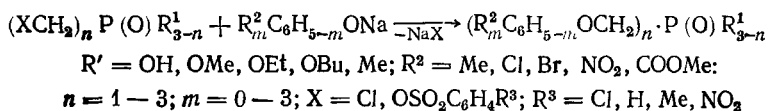


Взаимодействие пирокатехина с хлорангидридом хлорметилметилфос-

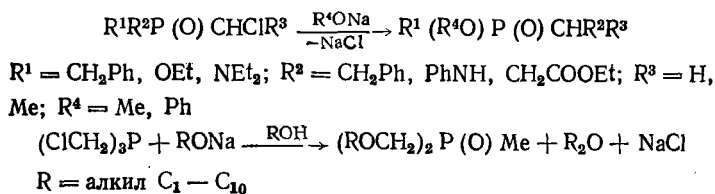
финовой кислоты приводит к бенз-1,4,2-диоксафосфоринанам [176].



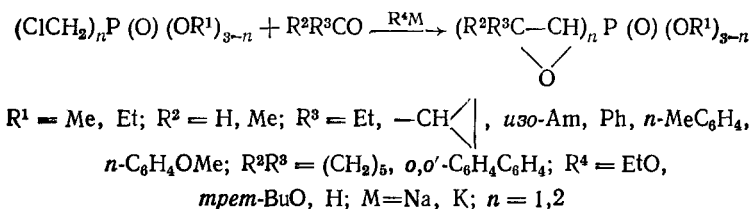
Метод алкилирования применялся для получения арилоксиметил-фосфорорганических соединений [171—173, 177—181].



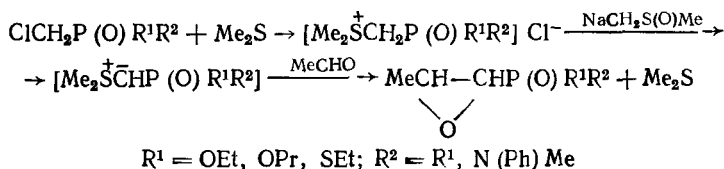
Однако в некоторых случаях реакция  $\alpha$ -галогеналкилфосфорорганического соединения с алкоголем или фенолятом протекает в ином направлении — с образованием продуктов нуклеофильной [182—184] или псевдоаллильной (в случае соединений Р III) перегруппировок [185—189].



Удобным способом получения  $\alpha, \beta$ -эпоксидалкилфосфорорганических соединений является реакция Дарзана [190—193].

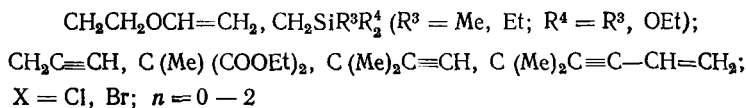
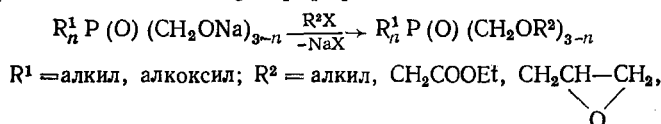


Вариантом этой реакции является взаимодействие хлорметилфосфоната с диметилсульфидом, за которым следует превращение сульфониевой соли в илид и далее его обработка альдегидом [194].

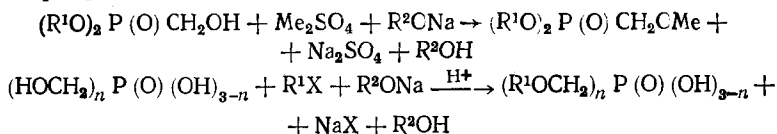


б) Алкилирование  $\alpha$ -гидроксидалкильных фосфорорганических соединений

Препаративные достоинства этого метода определяются доступностью  $\alpha$ -гидроксидалкильных фосфорорганических соединений. Так, обработкой натриевых производных последних [195—205] алкилгалогенидами получен ряд алкоксиметилфосфорорганических соединений.

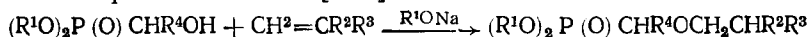


Некоторые гидроксиметилфосфорорганические соединения алкилируются непосредственно в присутствии алкоголята натрия или раствора едкого натра [206—210].



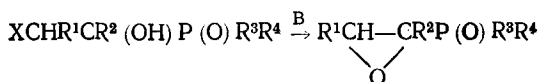
$R^1$  = низший алкил,  $CH_2CH=CH_2$ ;  $R^2 = R^1, H$ ;  $X = Cl, Br$ ;  $n = 2, 3$

Алкилирующими реагентами являются также эфиры и нитрилы акриловой и метакриловой кислот [211].



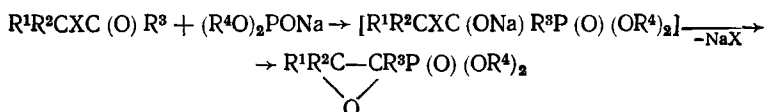
$R^1 = Me, Et, \text{изо-Pr}$ ;  $R^2 = HMe$ ;  $R^3 = CN, COOMe$ ;  $R^4 = H, Me, Et$

$\alpha, \beta$ -Эпоксифосфорорганические соединения получают действием оснований на соответствующие галогенгидрины [212—216].



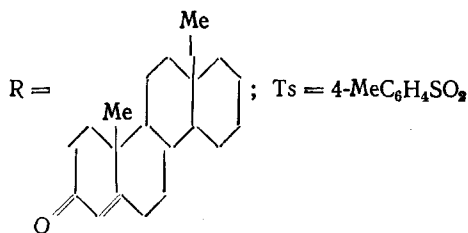
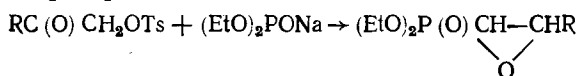
$R^1 = H, Me, Ph$ ;  $R^2 = H$ ;  $R^1R^2 = (CH_2)_4$ ;  $R^3 = OH, ONH_4$ , алкокси  $C_1-C_4$ ,  $Ph$ ;  $R^4 = R^3, OCHMeCO_2Alk$ ;  $B = NaOH, KOH$ , анионит;  $X = Cl, Br$

Исходные галогенгидрины обычно получают присоединением диалкилфосфитов к  $\alpha$ -галогенкарбонильным соединениям, причем стадии присоединения и циклизации можно совместить, если к  $\alpha$ -галогенкарбонильным соединениям добавлять диалкилфосфит в присутствии алкоголята [217—218] или диалкилфосфит натрия [218—226].

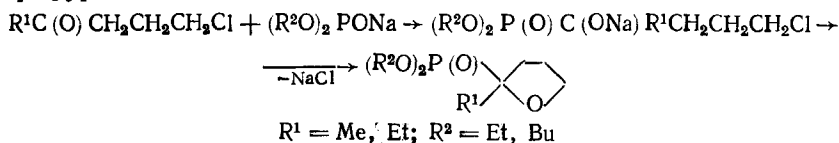


$R^1 = H, Me$ ;  $R^2 = R^1, Ph$ ;  $R^3 = Me, Et, \text{мет-}Bu, Ph, C_6H_4OMe$ ;  $R^2R^3 = (CH_2)_4$ ;  $R^4 = Me, Et, Bu, CH_2Ph$

Вместо  $\alpha$ -галогенкетонатов в последней реакции также использовался  $\alpha$ -тозилэпоксикетон [227].

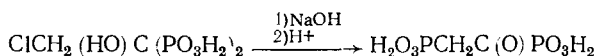


Аналогичным методом получены 2-алкил-2-диалкоксифосфинилтетрагидрофураны [223, 226].

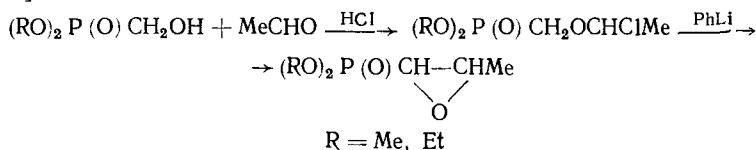


При попытке эпоксидирования 1-гидрокси-2-хлорэтан-1,1-дифосфоной кислоты щелочью [228, 229] протекает следующая перегруппи-

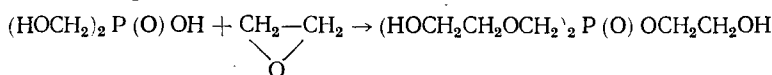
ровка:



Обработкой  $\alpha$ -хлорэтоксиметилфосфонатов (полученных из оксиметилфосфонатов, уксусного альдегида и хлористого водорода) сплавом цинка и меди или фениллитием получены эпоксипропиленфосфонаты [230, 231]

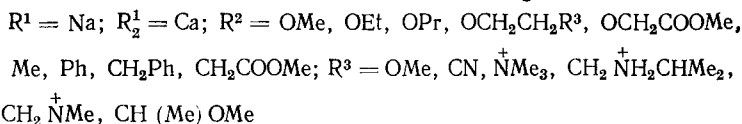
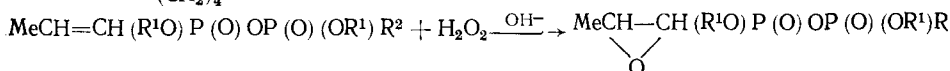
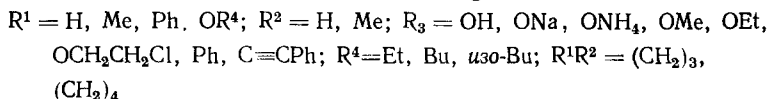
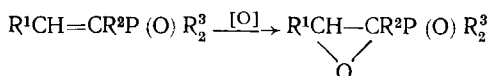


Метилольные группы бис-оксиметилфосфиновой кислоты алкилируются оксидом этилена [232].

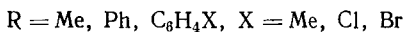
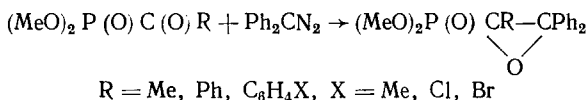


в) Прочие методы.

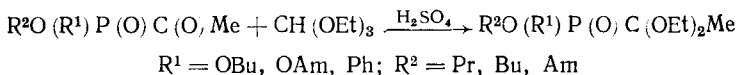
Эпоксидированием кратной связи в  $\alpha$ ,  $\beta$ -алкенилфосфорорганических соединениях биохимическими методами [233], надкислотами [234, 235], перекисями металлов [236], перекисью *трет*-бутила [237], перекисью водорода в щелочной среде или в присутствии солей вольфрамовой кислоты [235, 237—240] получают эпоксифосфонаты.



Реакцией  $\alpha$ -кетофосфонатов с дифенилдиазометаном синтезированы  $\alpha$ -метил(фенил)- $\beta$ ,  $\beta$ -дифенилэпоксифосфонаты [241, 242].



Кетализацией  $\alpha$ -кетофосфорорганических соединений триэтилортоформиатом получены  $\alpha$ -фосфорилированные кетали [244].



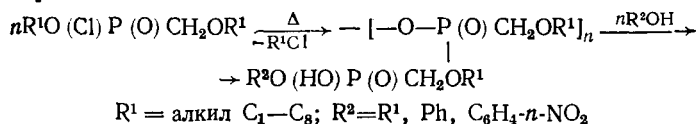
### III. СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

#### 1. Химические свойства

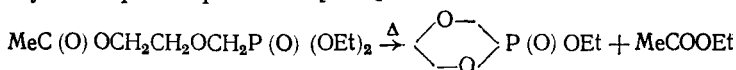
##### а) Реакция замещения у атома фосфора

Дихлорангидриды алкоксиметилфосоновых кислот при взаимодействии с пентасернистым фосфором превращаются в дихлорангидриды алкоксиметилтиофосоновых кислот [58, 60, 245]. Хлорангидриды этил-

алкоксиметилфосфиновой кислоты, дихлорангидриды и эфирохлорангидриды алкоксиметил(тио)фосфоновых кислот легко взаимодействуют со спиртами [7, 16, 50, 58, 60, 64, 110—112], алкоголями [60], меркаптанами [7, 60], превращаются во фторангидриды при действии трехфтористого мышьяка [52], амидируются вторичными аминами [16, 110, 112] и гидролизуются водой до кислот [110, 112], которые этерифицируются триалкилфосфитами при нагревании [178, 208, 146, 147]. Эфирохлорангидриды алкоксиметилфосфоновых кислот при нагревании легко превращаются в ангидриды; при взаимодействии последних со спиртами или фенолами получают моноэфиры алкоксиметилфосфоновых кислот [68, 248].



Диэтиловый эфир 2-ацетоксиэтилоксиметилфосфоновой кислоты легко циклизуется при нагревании [249].



Взаимодействием диэтилового эфира этоксиметилфосфоновой кислоты с бутиллитием получен этоксиметилдибутилфосфиноксид [250].

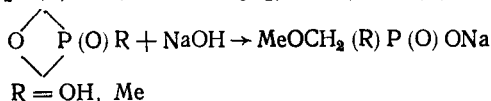
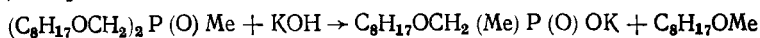
Подобно другим алкиловым эфирам фосфоновых кислот, алкоксиметилфосфонаты гидролизуются в щелочной среде с образованием солей моноэфиров алкоксиметилфосфоновых кислот [203], а при кипячении с соляной кислотой гидролизуются до алкоксиметилфосфоновых кислот [4, 26, 203].

О,О-Диэтилдиэтоксиметилфосфонат действием бромистоводородной кислоты превращается в диэтоксиметилфосфовую кислоту, в то время как обработка его газообразным сухим хлористым водородом сопровождается частичным разрывом С—Р-связи и приводит к смеси диэтилфосфита и О,О-диэтилэтоксихлорметилфосфоната [90].

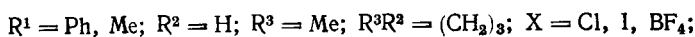
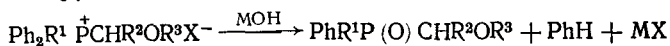
Реакцией α-алкоксиалкилфосфонатов с эквимольным количеством пятихлористого фосфора получают эфирохлорангидриды соответствующих кислот с удовлетворительными выходами [19, 52].

При использовании избытка пятихлористого фосфора наблюдается расщепление С—Р-связи, и вместо ожидаемого дихлорангидрида получается сложная смесь продуктов [251, 252]. Аналогичные процессы протекают при обработке пятихлористым фосфором α-алкоксиалкилпирофосфонатов и -фосфиноксидов [252].

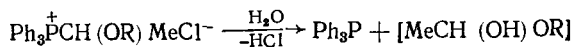
При действии на алкилалкоксиметилфосфорорганические соединения щелочей в жестких условиях отщепляются алкоксиметильные группы [174, 189].

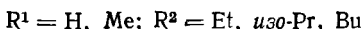
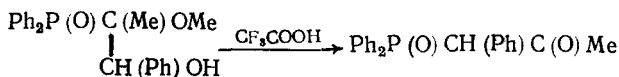


При взаимодействии четвертичных солей α-алкоксиалкилфенилфосфония с гидроокисями натрия или калия преимущественно отщепляются фенильные группы [23, 79, 152].

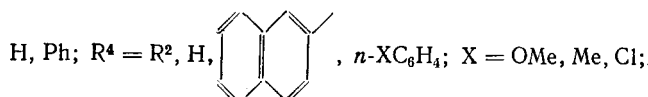
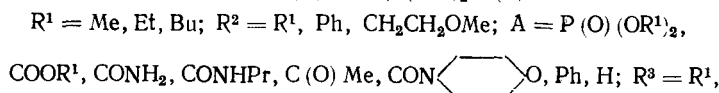


Хлорид трифенил-α-алоксиэтилфосфония и бромид трифенил-α-алокси-β-бромэтилфосфония расщепляются водой иначе [253—255]:

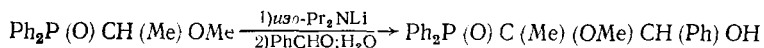



$$(\text{EtO})_2\text{P}(\text{O})\text{CHR}^1\text{CHMe} + (\text{R}^2\text{O})_2\text{PONa} \rightarrow [(\text{EtO})_2\text{P}(\text{O})\text{CR}^1(\text{ONa})\text{CHMeP}(\text{O})(\text{OR}^2)_2] \rightarrow$$

$$\text{Ph}_2\text{PCH}_2\text{OCH}_2\text{PPh}_2 + \text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{Br} \rightarrow \text{Ph}_2\text{P}^+ \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{P}^+\text{Ph}_2 \cdot 2\text{Br}^-$$
$$(R^1O)_2P(O)CR^2-CR^3R^4 \rightarrow (R^1O)_2P(O)CR^3R^4C(O)R^2$$

$$\text{Ph}_3\text{P}^+\text{CH}_2\text{OR}^1\text{Cl}^- \xrightarrow[\text{-B}\cdot\text{HCl}]{\text{B}} \text{Ph}_3\text{P}=\text{CHOR}^1 \xrightarrow{\text{R}^2\text{R}^3\text{CO}} \text{R}^2\text{R}^3\text{C}=\text{CHOR}^1 + \text{Ph}_3\text{PO}$$

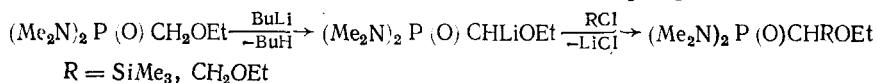
$\text{R}^1 = \text{Me, Bu, Ph, } n\text{-MeC}_6\text{H}_4; \text{R}^2 = \text{R}^1, \text{H}; \text{R}^3 = \text{R}^1; \text{R}^2\text{R}^3 = (\text{CH}_2)_n;$   
 $n = 4-7$

$$\begin{aligned} (R^1O)_2P(O)CH(A)OR^2 &\xrightarrow[-RH]{1)MR; 2)R^3R^4CO} (R^1O)_2P(O)CA(OR^2)CR^3R^4OM \xrightarrow{\Delta} \\ &\rightarrow R^3R^4C=C(A)OR^2 + (R^1O)_2P(O)OM \end{aligned}$$


При взаимодействии дифенил- $\alpha$ -метоксиэтилфосфиноксида с динизопропиламидом лития и далее с бензальдегидом выделен 1-фенил-2-метокси-2-дифенилфосфинилпропанол-1 [260].

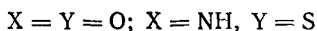
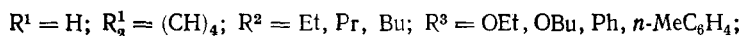
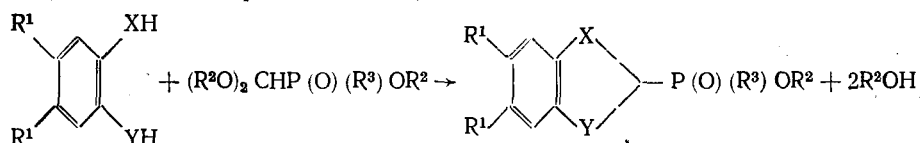


Металлированием алкоксиметилфосфонатов и последующей обработкой триметилхлорсиланом, хлорметилэтиловым эфиром [250], серой и иодистым метилом [264] получены  $\alpha$ -замещенные фосфонаты.

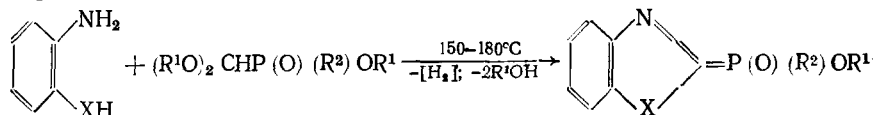


Хлорирование диалкиловых эфиров метоксиметилфосфоновой кислоты хлористым сульфуром приводит к  $\alpha$ -хлорметоксиметилфосфонатам [9].

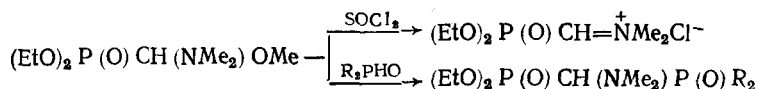
Известны также реакции замещения  $\alpha$ -алкоксигрупп. Так, циклические фосфорилированные формали и аминотеркапталы получают переацетализацией фосфорилированных диалкилформалей *o*-бисфенолами [265] и *o*-аминотиофенолом [266].



При использовании в этой реакции *o*-аминофенола и *o*-фенилендиамин в результате окисления продуктов переацетализации при выделении получают фосфорилированные производные бензоксазола и бензимидазола [267—268].

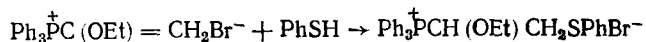


$\alpha$ -Диалкиламино- $\alpha$ -метоксиметилфосфорорганические соединения взаимодействуют с хлористым тионилем с образованием фосфорилированных аммониевых солей [150, 269], а также с диалкилфосфитами и дифенилфосфиноксидом — с образованием диалкиламинометан-бис-фосфорорганических соединений [150]



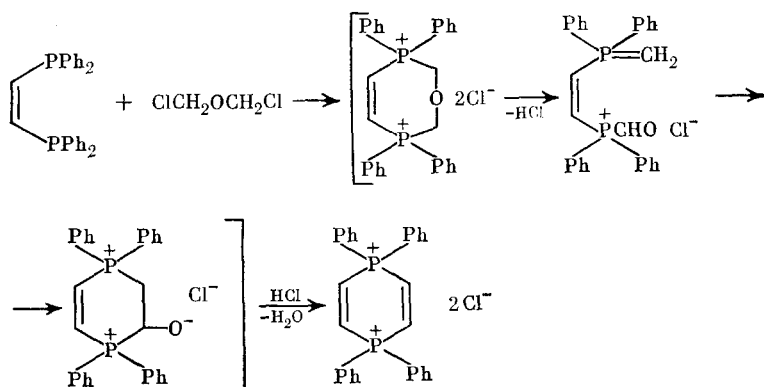
$\alpha$ -Алкокси- $\beta$ -галогенэтилфосфонаты легко дегидрохлорируются едким натром [3], а 2-диалкоксифосфинил-3-хлор-1,4-диоксаны и  $\alpha$ -алкокси- $\beta$ -хлорэтилфосфиноксиды элиминируют хлористый водород уже в процессе перегонки [39, 40, 104, 106].

Бромид  $\alpha$ -этоксивинилтрифенилфосфония легко присоединяет по кратной связи тиофенол [153].

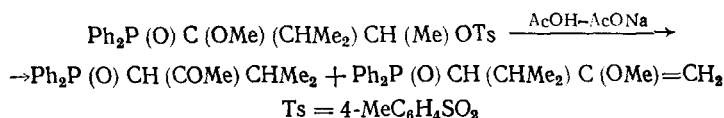


Описана перегруппировка, протекающая при алкилировании *цис*-бис-дифенилфосфиноэтилена бис-хлорметилэтиловым эфиром [270].



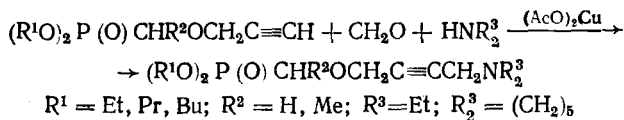


1-Метил-2-дифенилфосфинил-2-метокси-3-тозилокси-пентан в ацетатной среде изомеризуется в результате (2→3)-миграции метоксигруппы [260].

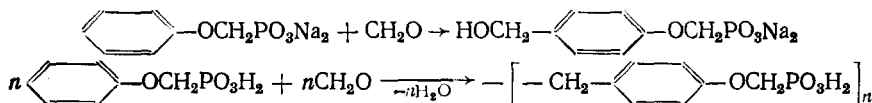


#### в) Прочие реакции

Пропаргиллоксиметилфосфонаты вступают в реакцию Манниха [198].

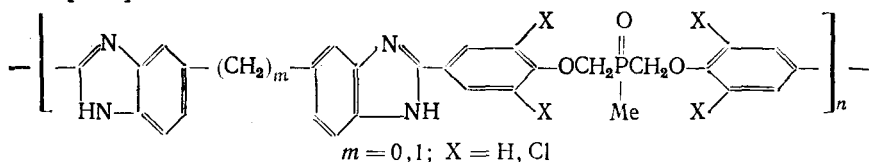


При действии формальдегида динатриевая соль феноксиметилфосоновой кислоты оксиметилируется, а свободная кислота превращается в полимер [272].



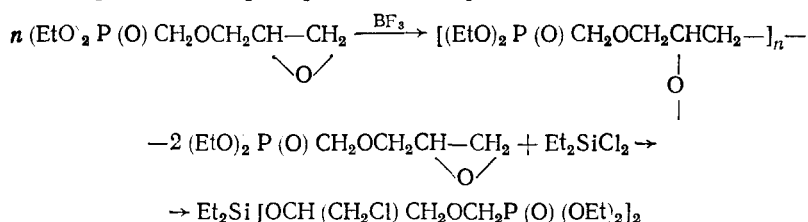
бис[ (4-Метоксикарбонил)феноксиметил]фосфиноксиды и фосфиновые кислоты при обработке едким натром в спирте превращаются в карбоксифеноксиметилфосфиноксиды и фосфиновые кислоты соответственно [171, 180]. бис[ (4-Метоксикарбонил)феноксиметил]фосфиновая кислота перезэтерифицируется 1,ω-диолами, ди- и тригликолями с образованием олигомеров [180]. бис[ (2- и 2,6-галогензамещенные-4-метоксикарбонил)феноксиметил]метилфосфиноксиды и полученные из них гидролизом карбоновые кислоты соответственно перезэтерифицируются или этерифицируются этиленгликолем, диэтиленгликолем и 1,2-пропиленгликолем с образованием термоустойчивых самозатухающих смол [273—275].

Конденсацией бис[ (4-метоксикарбонил)феноксиметил]метилфосфиноксида или бис[ (2,6-дихлор-4-карбокси)феноксиметил]метилфосфиноксида с 3,3'-диаминобензидинтетрагидрохлоридом или 3,3',4,4'-тетрааминодифенилметаном получают смолы с высокой термической стабильностью. [276].



2,3-Эпоксипропиленоксиметилфосфонат полимеризуется при обработке трехфтористым бором [196], а при нагревании взаимодействует с

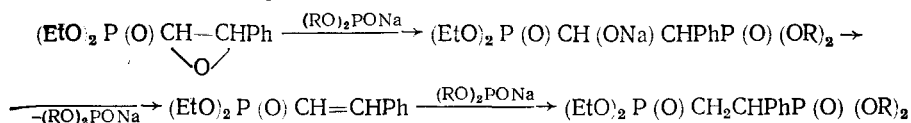
диэтилдихлорсиланом с раскрытием оксиранового цикла [277].



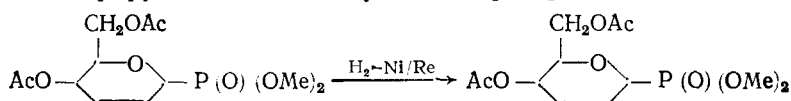
Обработка эпокси фосфонатов спиртовым раствором эфирата трехфтористого бора или серной кислоты приводит к  $\alpha$ -гидрокси- $\beta$ -алкокси-этилфосфонатам [237].

Оксирановый цикл  $\alpha$ ,  $\beta$ -эпокси фосфонатов раскрывается в направлении образования  $\beta$ -функционально-замещенных  $\alpha$ -гидрокси фосфонатов при действии водного раствора серной кислоты, анилина, аммиака [278], воды, аминов, спиртов, меркаптанов, цианистого калия, малонатов [229, 279—283].

Эпокси фосфонаты взаимодействуют с диалкилфосфитом натрия с образованием бис-фосфонатов [284].



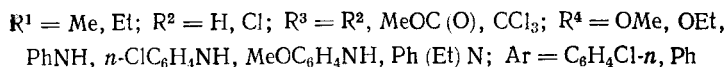
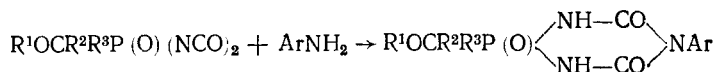
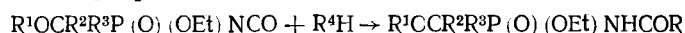
Кратная углерод-углеродная связь ненасыщенных гликозилфосфонатов легко гидрируется в обычных условиях [285].



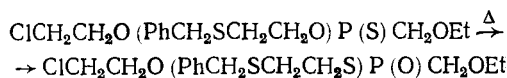
(—)-*цис*- $\alpha$ ,  $\beta$ -Эпоксипропиленфосфоновая кислота выделена из рацемической смеси посредством расщепления последней на  $\alpha$ -фенилэтиламин [286, 287].

$\beta$ -Хлорэтиловые эфиры алкоксиметилфосфоновых кислот при обработке сульфидом натрия с последующим подкислением превращаются в  $\beta$ -меркаптоэтиловые эфиры, а при обработке меркаптитом натрия — в  $\beta$ -алкилтиоэтиловые эфиры [288]. Алкилированием серебряной соли *цис*- $\alpha$ ,  $\beta$ -эпоксипропиленфосфоновой кислоты галогенпроизводными получены соответствующие эфиры [289].

Изоцианаты  $\alpha$ -алкоксиметилфосфоновых кислот легко присоединяют спирты и амины [47].



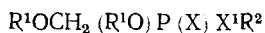
При нагревании тионфосфонатов протекает тион-тиольная перегруппировка [288].



## 2. Применение $\alpha$ -алкоксиалкилфосфорорганических соединений

$\alpha$ -Алкоксиалкилфосфорорганические соединения рекомендуется использовать в нескольких направлениях. Одно из них — это применение в качестве пестицидов. С этой целью испытаны некоторые эфиры алкоксиметил(ди)тиофосфоновых кислот, которые, как оказалось, обладают

высокой инсектицидной активностью и сравнительно низкой токсичностью для теплокровных [7, 56, 58, 60, 104].

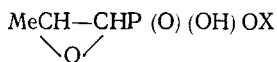


$X, X^1 = O, S; R^1 = \text{алкил } C_1-C_6; R^2 = \text{алкил } C_1-C_{10}, \text{ арил}$

$C_6-C_{10}, \text{ гетероциклический радикал } C_3-C_8$

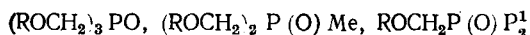
Второе направление — использование в медицине: некоторые соединения этого класса, например, смешанные алкиловые и *n*-нитрофениловые эфиры  $\alpha$ -метоксисалкилфосфоновых кислот, обладают антиферментной активностью, незначительной токсичностью для млекопитающих и рекомендованы для применения в терапии [290]. Эфиры бис-аллилосиметилфосфиновой кислоты обладают способностью угнетать деятельность центральной нервной системы [210], в связи с чем представляют определенный терапевтический интерес.

В ряду  $\alpha$ -эпоксифосфорорганических соединений найден эффективный антибиотик — 1-*R*,2-*S*-1,2-эпоксипропиленфосфоновая кислота [287, 191, 292]; ее производные, например соли с аминокислотами [241], эпоксипропиленпирофосфоновые кислоты также обладают высокой бактерицидной активностью [240, 293].



$X = H, P(O)(R)(OH)$

Третье направление — использование алкоксиметилфосфиноксидов в качестве экстрагентов [294], например урана и тория, особенно при извлечении последних из сернокислых растворов [189, 205].



$R \text{ и } R^1 = \text{алкил } C_2-C_7$

Наиболее эффективными экстрагентами являются диалкилалкоксиметилфосфиноксиды, которые по экстракционной способности приближаются к триалкилфосфиноксидам [294]. В приведенном выше ряду триалкоксиметилфосфиноксиды являются наименее эффективными, но и они на три порядка превосходят по активности трибутилфосфат [205].

Четвертое направление практического использования — это применение в качестве ионообменных смол продуктов поликонденсации бис-арилоксиметилфосфиновых кислот с формальдегидом [177, 178, 272], которые оказались селективными по отношению к некоторым поливалентным ионам.

Карбоксисалкилоксиметилфосфоновые кислоты, например  $\text{H}_2\text{O}_3\text{PCH}_2\cdot\text{OCH}_2\text{COOH}$ , рекомендуется использовать в качестве комплексонов для предотвращения отложения солей [202, 203].

Пятое направление — применение ди(три)галогеналкил(фенил)оксиметилфосфонатов [6, 8, 181] и продуктов присоединения к  $\alpha$ -эпоксифосфонатам спиртов, меркаптанов, аминов, цианидов, сульфидов и т. д. [278—283] в качестве огнезащитных добавок к полимерам и текстильным изделиям.

Указывается на возможность применения  $\alpha$ -алкоксисалкилфосфонатов, фосфинатов и фосфиноксидов в качестве эффективно сольватирующих катионы щелочных металлов растворителей [85, 127, 188, 271, 295, 296], пластификаторов [2, 85, 170], фитофармацевтических препаратов [8], мономеров [177, 272] и т. д. Отмечено также, что высшие алкоксиметилфосфоновые кислоты обладают хорошими поверхностно-активными свойствами [4, 297].

После поступления настоящего обзора в редакцию появилось несколько публикаций, описывающих синтез и свойства  $\alpha$ -алкоксисалкильных соединений фосфора.

Алкилированием атома фосфора С-фосфорилированного малонового эфира хлорметилалкиловыми эфирами [298] и диэтоксиметилацетатом [299] получены илиды фосфора.

Взаимодействием дифенилхлорфосфина с рядом диметилацеталей синтезированы  $\alpha$ -метоксиалкилдифенилфосфиноксиды [300]. Нагреванием дифенилхлорфосфина с бензальдегидом наряду с другими продуктами получен бис-( $\alpha$ -дифенилфосфинил)бензиловый эфир [301].

Описано алкилирование в присутствии *n*-толуолсульфокислоты фосфорноватистой кислоты ортоформатами, приводящее к смеси бис-диалкоксиметилфосфината и *O*-алкил диалкоксиметилфосфонита [302].

Изучена реакция первичных и вторичных фосфинов со спиртами и ароматическими альдегидами в присутствии *n*-толуолсульфокислоты [303]. Показано, что в зависимости от вида заместителей в ароматическом ядре получают либо  $\alpha$ -алкоксибензилфосфины, либо бензилен-бис-фосфины.

Исследовано термическое расщепление 1-алкокси-2-бромэтил- и  $\alpha$ -алкоксиалкилтриорганфосфониевых солей, в первом случае протекающее с образованием триорганфосфиноксида, а во втором случае — триорганфосфина [304].

При присоединении к трифенил( $\alpha$ -алкоксивинил)фосфониевым солям электрофильных реагентов (бромистого водорода, тетрапропилдиборана) направляющее действие алкоксильной группы превалирует над таковым положительно заряженного атома фосфора [305].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов В. С., Сергеева Е. В., Челпанова И. В. Ж. общ. химии, 1944, т. 14, с. 1030.
2. Абрамов В. С., Тряпицина Н. Ф. Там же, 1949, т. 19, с. 929.
3. Абрамов В. С., Карп Г. А. Там же, 1954, т. 24, с. 1823.
4. Horiuchi K., Okamoto Y., Sakurai H. Kogyo Kagaku Zasshi, 1966, v. 69, № 7, p. 1302; C. A., 1967, v. 66, 38014.
5. Grob H., Engelhardt G., Freiberg J., Burger W., Costisella B. Lieb. Ann., 1967, B. 707, S. 35.
6. Benghiat I. Пат. США 3700760 (1972); C. A., 1973, v. 78, 73133.
7. Szabo K. Пат. США 3733379 (1973); C. A., 1973, v. 79, 18850.
8. Balde D., Perret Z., Nady G. Пат. США 3851020 (1974); кл. 260—950.
9. Gross H., Seibt H. J. prakt. Chem., 1970, B. 312, S. 475.
10. Швейц. пат. 555368 (1974); кл. C 07 f 9/40.
11. Насакин О. Е., Афанасьев Ю. Н., Кормачев В. В., Абрамов И. А., Гефтер Е. Л., Кухтин В. А. В сб.: Химия и химическая технология, вып. 3, с. 3, Чебоксары (1973).
12. Арбузов Б. А., Ухватава Э. Н. Ж. общ. химии, 1959, т. 29, с. 503.
13. Абрамов В. С., Карп Г. А. Докл. АН СССР, 1953, т. 91, с. 1095.
14. Green M. J. Chem. Soc., 1963, p. 1324.
15. Grob H., Freiberg J. Angew. Chem., 1965, B. 77, S. 1022.
16. Grell W., Machleidt H. Lieb. Ann., 1966, B. 699, S. 53.
17. Schumann E., Grabley F. Ibid., 1977, S. 88.
18. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Розина Н. М., Субботина М. А., Аппязова И. Г. Авт. свид. СССР 563422 (1976); Бюл. изобр. 1977, № 24, с. 54.
19. Hajner L. S., Garrison M. V., Brown G. E., Alexander B. H. J. Org. Chem., 1965, v. 30, p. 677.
20. Gross H., Freiberg J., Costisella B. Chem. Ber., 1968, B. 101, S. 1250.
21. Triem J., Paulsen H. Phosphorus, 1975, v. 6, p. 51.
22. Triem J., Guenther M., Paulsen H. Chem. Ber., 1975, B. 108, S. 2279.
23. Kruse C. G., Poels E. K., Yen A. J. Org. Chem., 1979, v. 44, p. 2911.
24. Газизов М. Б., Разумов А. И., Гизатуллина И. Х. Ж. общ. химии, 1980, т. 50, с. 1421.
25. Kluge A. F., Cloudsdale I. S. J. Org. Chem., 1979, v. 44, p. 4847.
26. Петров К. А., Чаузов В. В., Агафонов С. В., Пажитнова Н. В. Ж. общ. химии, 1980, т. 50, с. 1515.
27. Арбузов А. Е., Разумов А. И. Изв. АН СССР, сер. хим., 1945, с. 167.
28. Майкова А. И., Москва В. В., Разумов А. И. В сб.: Фосфорорганические соединения и полимеры. Чебоксары, 1977, вып. 3, с. 9.
29. Крутская Л. В., Крутский Л. Н., Аппязова И. Г., Веретельникова Н. А., Зыкова Т. В., Цивунин В. С. Ж. общ. химии, 1978, т. 48, с. 82.
30. Крутская Л. В., Крутский Л. Н., Аппязова И. Г., Веретельникова Н. А., Зыкова Т. В., Цивунин В. С. Там же, 1978, т. 48, с. 1978.
31. 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.

32. Крутский Л. Н., Жегалина Л. В., Цивунин В. С. Там же, 1974, т. 44, с. 60.
33. 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.
34. Крутский Л. Н., Жегалина Л. В., Рихтерман Д. Л. Сб. науч. трудов Кузбасского политехн. ин-та, 1972, т. 52, с. 130.
35. Wadsworth W. S., Etmans W. D. J. Am. Chem. Soc., 1962, v. 84, p. 610.
36. Новикова З. С., Скоробогатова С. Я., Луценко И. Ф. Ж. общ. химии, 1975, т. 45, с. 2560.
37. Новикова З. С., Скоробогатова С. Я., Луценко И. Ф. Там же, 1978, т. 48, с. 757.
38. Абрамов В. С., Азановская М. М. Там же, 1942, т. 12, с. 270.
39. Цивунин В. С., Заринова В. Г., Разумов А. И. Авт. свид. СССР 509600 (1976); Бюл. изобр., 1976, № 53, с. 89.
40. Цивунин В. С., Заринова В. Г., Зыкова Т. В., Разумов А. И. Ж. общ. химии, 1978; т. 48, с. 316.
41. Цивунин В. С., Заринова В. Г., Зыкова Т. В., Салахутдинов Р. А. Там же, 1979, т. 49, с. 1906.
42. Иванов Б. Е., Крохина С. С. Изв. АН СССР, сер. хим., 1967, с. 424.
43. Costisella B., Gross H. J. prakt. Chem., 1974, B. 316, S. 913.
44. Costisella B., Gross H. Ibid., 1977, B. 319, S. 8.
45. Шокол В. А. В сб.: Успехи химии фосфорорганических и сероорганических соединений. Киев: Наукова думка, вып. 3, с. 6.
46. Шокол В. А., Палийчук Ю. А., Кожушко Б. Н., Гуменюк А. В. Ж. общ. химии, 1978, т. 48, с. 1656.
47. Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Шокол В. А. Там же, 1979, т. 49, с. 1019.
48. Красильникова Е. А., Разумов А. И., Баяндина Е. В., Заринова В. Г. Там же, 1971, т. 41, с. 1173.
49. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И. Там же, 1971, т. 41, с. 2575.
50. 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.
51. Шокол В. А., Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А. Там же, 1976, т. 46, с. 438.
52. Шокол В. А., Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Егоров Ю. П. Там же, 1979, т. 49, с. 1474.
53. Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Богельфер Л. Я., Шокол В. А. Там же, 1980, т. 50, с. 1273.
54. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Васильев А. В. Авт. свид. СССР 449914 (1974); Бюл. изобр., 1974, № 42, с. 78.
55. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Горячева О. Л., Зыкова Т. В., Цивунин В. С. Ж. общ. химии, 1978, т. 48, с. 780.
56. Kwiatek J., Arlington N., Copenhagen J. W. Пат. США 2882313 (1954); С. А., 1959, v. 53, 16965.
57. Козлова Т. Ф., Грапов А. Ф., Мельников Н. Н. Ж. общ. химии, 1972, т. 42, с. 1282.
58. Grisley D. W., Szabo K. J. Chem. Eng. Data, 1974, v. 19, p. 175.
59. Козлова Т. Ф., Грапов А. В., Мельников Н. Н. Ж. общ. химии, 1975, т. 45, с. 1392.
60. Szabo K. Пат. США 3919359 (1975); С. А., 1976, 84, 90299.
61. Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Шокол В. А. Ж. общ. химии, 1976, т. 46, с. 2387.
62. Шокол В. А., Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Гуменюк А. В. Там же, 1976, т. 46, с. 1650.
63. Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А. Там же, 1978, т. 48, с. 230.
64. Кожушко Б. Н., Палийчук Ю. А., Негребецкий В. В., Шокол В. А. Там же, 1980, т. 50, с. 998.
65. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Останина Л. П., Галляутдинова А. А. Там же, 1973, т. 43, с. 213.
66. Газизов М. Б., Султанова Д. Б. Там же, 1973, т. 43, с. 2160.
67. Петров К. А., Чаузов В. А., Агафонов С. В. Авт. свид. СССР 730688 (1977); Бюл. изобр., 1980, № 16, с. 85.
68. Петров К. А., Чаузов В. А., Агафонов С. В. Ж. общ. химии, 1980, т. 50, с. 789.
69. Газизов М. Б. Там же, 1979, т. 49, с. 369.
70. Газизов М. Б. Там же, 1978, т. 48, с. 1477.
71. Майкова А. И., Москва В. В., Разумов А. И. В сб.: Фосфорорганические соединения и полимеры, Чебоксары, 1976, вып. 2, с. 17.
72. Петров К. А., Чаузов В. А., Агафонов С. В., Пажитнова Н. В., Кострова С. М. Ж. общ. химии, 1980, т. 50, с. 1021.
73. Крохина С. С., Пыркин Р. И., Левин Я. А., Иванов Б. Е. Изв. АН СССР, сер. хим., 1968, с. 1420.
74. Kreutzkamp N., Genser E. M. Arch. Pharm., 1962, B. 295, S. 188.
75. Москва В. В., Майкова А. И., Разумов А. И. Ж. общ. химии, 1969, т. 39, с. 595.
76. Москва В. В., Майкова А. И., Разумов А. И. Там же, 1968, т. 38, с. 198.
77. Атавин А. С., Трофимов Б. А., Никитин В. М., Красильник Н. А. Авт. свид. СССР 283220 (1969); РЖХим., 1971, 16Н136.
78. Dietsche W. Lieb. Ann., 1968, B. 712, S. 21.
79. Петров К. А., Чаузов В. А., Агафонов С. В. Ж. общ. химии, 1980, т. 50, с. 1510.
80. Цивунин В. С., Крутский Л. Н., Эрнзаров М., Камай Г. Х. Там же, 1970, т. 40, с. 2560.
81. Петров К. А., Чаузов В. А., Агафонов С. В. Авт. свид. СССР 730689 (1977); Бюл. изобр., 1980, № 16, с. 85.
82. Gross H., Costisella B. J. prakt. Chem., 1969, B. 311, S. 571.

83. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Зыкова Т. В., Аношина Н. А., Салахутдинов Р. А. Ж. общ. химии, 1975, т. 45, с. 1704.
84. Арбузов Б. А., Богоносцева И. П. Изв. АН СССР, сер. хим., 1953, с. 484.
85. Brown J. H. Пат. США 2500022 (1950); С. А., 1950, v. 44, 4923.
86. Grob H., Costisella B. Z. Chem., 1970, B. 10, S. 404.
87. Разумов А. И., Майкова А. И., Москва В. В. Изв. вузов, химия и хим. технол., 1973, вып. 16, с. 1600.
88. Крутский Л. Н., Сафиулина О. З., Крутская Л. В., Цивунин В. С. Ж. общ. химии, 1980, т. 50, с. 1892.
89. Gross H., Costisella B. Synthesis, 1977, v. 9, p. 622.
90. Gross H., Costisella B. J. prakt. Chem., 1971, B. 313, S. 265.
91. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Кротова Л. С., Супружникова Л. Н. Сб. научн. трудов Кузбасского политехн. ин-та, 1974, т. 69, с. 167.
92. Арбузов Б. А., Визель А. О., Щукина Л. И., Зябликова Т. А. Ж. общ. химии, 1978, т. 48, с. 984.
93. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Останина Л. П., Зыкова Т. В., Салахутдинов Р. А., Разумов А. И. Там же, 1971, т. 41, с. 2167.
94. Разумов А. И., Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Федотова Р. П. Авт. свид. СССР 455117 (1974); Бюл. изобр., 1974, № 48, с. 50.
95. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Ельникова Г. Н., Останина Л. П. Ж. общ. химии, 1972, т. 42, с. 2112.
96. Газизов М., Зыкова Т. В., Антошина Н. П., Султанова Д. Б., Салахутдинов Р. А. Там же, 1978, т. 48, с. 1979.
97. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Останина Л. П., Зыкова Т. В., Савельева З. И. Там же, 1974, т. 44, с. 1255.
98. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Останина Л. П. Там же, 1972, т. 42, с. 1647.
99. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Москва В. В., Майкова А. И., Разумов А. И. Там же, 1971, т. 41, с. 932.
100. 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.
101. Газизов М. Б., Разумов А. И., Секерин Е. А. Там же, 1973, т. 43, с. 1407.
102. Цивунин В. С., Камай Г. Х., Кормачев В. В. Там же, 1965, т. 35, с. 2190.
103. Цивунин В. С., Камай Г. Х., Хисамутдинова Р. Ш., Шагидуллин Р. Р., Кормачев В. В. Авт. свид. СССР 172800 (1965); Бюл. изобр., 1965, № 14, с. 27.
104. Цивунин В. С., Камай Г. Х., Хисамутдинова Р. Ш. Авт. свид. СССР 173230 (1965); Бюл. изобр., 1965, № 15, с. 31.
105. Цивунин В. С., Шагидуллин Р. Р., Камай Г. Х., Хисамутдинова Р. Ш. Ж. общ. химии, 1965, т. 35, с. 1234.
106. Цивунин В. С., Камай Г. Х., Шагидуллин Р. Р., Хисамутдинова Р. Ш. Там же, 1965, т. 35, с. 1811.
107. Цивунин В. С., Крутский Л. Н., Камай Г. Х. Там же, 1967, т. 37, с. 2752.
108. Легин Г. Я. Там же, 1976, т. 46, с. 545.
109. Легин Г. Я. Авт. свид. СССР 407917 (1972); Бюл. изобр., 1973, № 47, с. 86.
110. Цивунин В. С., Камай Г. Х., Крутский Л. Н. Ж. общ. химии, 1970, т. 40, с. 597.
111. Цивунин В. С., Крутский Л. Н., Камай Г. Х. Там же, 1970, т. 40, с. 2187.
112. Цивунин В. С., Камай Г. Х., Крутский Л. Н. Сб. тр. IV Конф. «Химия и применение фосфорорганических соединений». М.: Наука, 1972, с. 318.
113. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Симоненко А. А., Цивунин В. С. Ж. общ. химии, 1974, т. 44, с. 2584.
114. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Симоненко А. А. Авт. свид. СССР 498309 (1976); Бюл. изобр., 1976, № 1, с. 84.
115. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Симоненко А. А. Авт. свид. СССР 533600 (1976); Бюл. изобр., 1976, № 40, с. 64.
116. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Симоненко А. А. Авт. свид. СССР 498310 (1976); Бюл. изобр., 1976, № 1, с. 85.
117. Крутский Л. Н., Крутская Л. В., Симоненко А. А. Авт. свид. СССР 476273 (1975); Бюл. изобр., 1975, № 25, с. 75.
118. Москва В. В., Майкова А. И., Разумов А. И. Ж. общ. химии, 1967, т. 37, с. 2137.
119. Крутская Л. В., Крутский Л. Н., Цивунин В. С. Там же, 1974, т. 44, с. 2106.
120. Легин Г. Я. Авт. свид. СССР 412202 (1974); Бюл. изобр., 1974, № 3, с. 98.
121. Абрамов В. С., Милицкова Е. А. Ж. общ. химии, 1951, т. 21, с. 2011.
122. Петров К. А., Макляев Ф. Л., Близнюк Н. К. Там же, 1960, т. 30, с. 1960.
123. Арбузов Б. А., Луговкин Б. П. Там же, 1952, т. 22, с. 1193.
124. Chemerda J. N., Giatkowski E. J. Пат. ФРГ 1924173 (1969), С. А., 1970, v. 72, 43871.
125. Арбузов А. Е., Абрамов В. С. Изв. АН СССР, сер. хим., 1959, с. 35.
126. Кабачник М. И., Цветков Е. Н. Там же, 1963, с. 1227.
127. Осипенко Н. Г., Цветков Е. Н., Шербина Т. М., Раннева Ю. И., Петров Э. С., Шатеништейн А. И., Кабачник М. И. Там же, 1977, с. 1578.
128. Петров К. А., Чаузов В. А., Ерохина Т. С. Ж. общ. химии, 1976, т. 46, с. 1256.
129. Downie J. M., Morris G. J. Chem. Soc., 1965, p. 5771.
130. Hays H. R. J. Org. Chem., 1968, v. 33, p. 3690.
131. Boller J., Ledour G. Франц. заявка 2346361 (1977); С. А., 1978, v. 89, 109949.
132. Aguiar A. M., Hansen K. C., Mague J. T. J. Org. Chem., 1967, v. 32, p. 2383.
133. Normant H. Франц. заявка 1509091 (1966); С. А., 1969, v. 70, 47592.

134. Абрамов В. С. Докл. АН СССР, 1954, т. 95, с. 991.
135. Гинсбург В. А., Якубович А. Я. Ж. общ. химии, 1960, т. 30, с. 3979.
136. Иванов Б. Е., Кудрявцева Л. А. Изв. АН СССР, сер. хим., 1969, с. 480.
137. Нестеров Л. В., Крепышева Н. Е. Там же, 1980, с. 1450.
138. Петров К. А., Трещалина Л. В., Буркина Л. В. Авт. свид. СССР 414269 (1974); Бюл. изобр., 1974, № 5, с. 86.
139. Paulsen H., Thiem J. Chem. Ber., 1973, B. 106, S. 3850.
140. Fukuda M., Kan K., Okamoto Y., Sakurai H. J. Chem. Soc. Japan, 1975, v. 48, p. 2103.
141. Разумов А. И., Москва В. В. Авт. свид. СССР 175961 (1965); Бюл. изобр., 1965, № 21, с. 18.
142. Разумов А. И., Москва В. В. Ж. общ. химии, 1964, т. 34, с. 3125.
143. Москва В. В., Майкова А. И., Разумов А. И. Там же, 1967, т. 37, с. 1623.
144. Разумов А. И., Москва В. В. Там же, 1965, т. 35, с. 1595.
145. Fitch S. J. Am. Chem. Soc., 1964, v. 86, p. 61.
146. Gross H., Costisella B. Пат. ГДР 99168 (1973); С. А., 1974, v. 80, 121099.
147. Gross H., Costisella B. Пат. ГДР 77712 (1970); С. А., 1971, v. 75, 129939.
148. Gross H., Costisella B. Пат. ГДР 83762 (1972); кл. 12о 26/01.
149. Gross H., Costisella B. J. prakt. Chem., 1974, B. 316, S. 550.
150. Gross H., Costisella B. Ibid., 1969, B. 311, S. 925.
151. Wittig G., Schlosser M. Chem. Ber., 1961, B. 94, S. 1373.
152. Trippett S. J. Chem. Soc., 1961, p. 2813.
153. Intosh J. M., Goodbrand H. B. Synthesis, 1974, p. 862.
154. Скобун А. С., Высоцкий В. И., Тиличенко М. Н. Авт. свид. СССР 525695 (1976); Бюл. изобр., 1976, № 31, с. 63.
155. Высоцкий В. И., Скобун А. С., Тиличенко М. Н. Ж. общ. химии, 1978, т. 48, с. 2442.
156. Высоцкий В. И., Скобун А. С., Тиличенко М. Н. Там же, 1979, т. 49, с. 329.
157. Высоцкий В. И., Скобун А. С., Тиличенко М. Н. Там же, 1979, т. 49, с. 1956.
158. Высоцкий В. И., Васильева И. А., Черный В. Н., Чупракова К. Г., Тиличенко М. Н. Там же, 1979, т. 49, с. 1949.
159. Ettel V., Horak J. Coll. Czech. Chem. Commun., 1960, v. 25, p. 2191.
160. Epstein M. Пат. США 3117165 (1962); С. А., 1964, v. 61, 7046.
161. Oehme H., Issleib K., Leissring E., Erfurt G. Пат. ГДР 94393 (1972); С. А., 1973, v. 79, 42689.
162. Issleib K., Oehme H., Scheibe M. Syn. Inorg., Metal-Org. Chem., 1972, v. 2, p. 223.
163. Oehme H., Issleib K., Leissring E. Tetrahedron, 1972, v. 28, p. 2587.
164. Oehme H., Leissring E. Z. Chem., 1973, B. 13, S. 291.
165. Zschunke A., Meyer H., Leissring E., Oehme H., Issleib K. Phosphorus and Sulfur, 1978, v. 5, p. 81.
166. Oehme H., Leissring E. Z. Chem., 1979, B. 19, S. 57.
167. Гареев Р. Д., Борисова Е. Е., Шермергорн И. М. Ж. общ. химии, 1975, т. 45, с. 944.
168. Борисова Е. Е., Вафина Н. М., Зябликова Т. А., Ильясов А. В., Трутнева Е. Н., Шермергорн И. М. Там же, 1978, т. 48, с. 767.
169. Петров К. А., Трещалина Л. В., Чижов В. М. Там же, 1977, т. 47, с. 2474.
170. Михаметзянова Э. Х., Шермергорн И. М. Авт. свид. СССР 192812 (1967); Бюл. изобр., 1967, № 6, с. 27.
171. Цветков Е. Н., Борисов Г., Сивриев Х., Малеванная Р. А., Кабачник М. И. Ж. общ. химии, 1970, т. 40, с. 285.
172. Кабачник М. И., Цветков Е. Н., Лобанов Д. И., Борисов Г., Малеванная Р. А. Авт. свид. СССР 173765 (1965); Бюл. изобр., 1965, № 16, с. 34.
173. Reuter M. Пат. ФРГ 1230800 (1966); С. А., 1967, v. 66, 95192.
174. Uhing E. Н. Франц. пат. 1558199 (1969); С. А., 1970, v. 72, 43868.
175. Зябликова Т. А., Ивасюк Н. В., Мухаметзянова Э. Х., Шермергорн И. М. Ж. общ. химии, 1975, т. 45, с. 1984.
176. Wieber M., Eichhorn B. Monatsh. Chem., 1968, B. 99, S. 261.
177. Кузнецова Н. Н., Ваништейн А. А., Папукова К. А. Высокомол. соедин., 1967, т. 9, с. 1751.
178. Мухаметзянова Э. Х., Быльев В. А., Шермергорн И. М., Ягфаров М. Ш. Материалы научн. конференции ин-та органической и физической химии АН СССР, Казань, 1969, с. 50.
179. Визгерт Р. В., Волошин М. П. Ж. общ. химии, 1971, т. 41, с. 1991.
180. Borisov G., Devedjiev I. Докл. Болг. АН., 1972, т. 25, с. 759.
181. Kleiner H. J., Duersch W., Staehler G., Racky W. Пат. ФРГ 2258662 (1974); С. А., 1974, v. 81, 63770.
182. Burns P., Sarozzi G., Haake P. Tetrahedron Letters, 1972, p. 925.
183. Петров К. А., Чаузов В. А., Ерохина Т. С., Пастухова И. В. Ж. общ. химии, 1976, т. 46, с. 2494.
184. Петров К. А., Чаузов В. А., Ерохина Т. С., Пастухова И. В. Там же, 1977, т. 47, с. 2749.
185. Кабачник М. И., Цветков Е. Н. Докл. АН СССР, 1962, т. 143, с. 592.
186. Кабачник М. И., Цветков Е. Н., Николаев А. В., Миронова З. Н., Малеванная Р. А. Авт. свид. СССР 189856 (1967); Бюл. изобр., 1967, № 1, с. 20.
187. Кабачник М. И., Цветков Е. Н., Шапиро И. О., Петров Э. С., Шатенштейн А. И. Авт. свид. СССР 102130 (1967); Бюл. изобр., 1967, № 19, с. 31.
188. Шапиро И. О., Цветков Е. Н., Шатенштейн А. И., Кабачник М. И. Докл. АН СССР 1968, т. 179, с. 888.

189. Миронова Э. Н., Цветков В. Н., Николаев А. В., Кабачник М. И. Ж. общ. химии, 1973, т. 43, с. 534.
190. Мартынов В. Ф., Тимофеев В. Е. Там же, 1962, т. 32, с. 3449.
191. Мартынов В. Ф., Тимофеев В. Е. Там же, 1964, т. 34, с. 3890.
192. Дормидонов Н. А., Мартынов В. Ф., Тимофеев В. Е. Там же, 1972, т. 42, с. 479.
193. Ulman A., Sprecher M. J. Org. Chem., 1979, v. 44, p. 3703.
194. Christensen, Burton G., Firestone, Raymond A. Пат. ФРГ 1924135 (1969); С. А., 1970, 72, 43870.
195. Арбузов Б. А., Богоносцева И. П. Ж. общ. химии, 1959, т. 29, с. 2617.
196. Орлов Н. Ф., Викторов О. Ф., Елкина Н. С. Докл. АН СССР, 1966, т. 166, с. 378.
197. Атавин А. С., Трофимов Б. А., Гусаров А. В. Авт. свид. СССР 213861 (1968); Бюл. изобр., 1968, № 11, с. 31.
198. Пудовик А. Н., Хасаинова Н. Г., Тимошина Т. В. Ж. общ. химии, 1970, т. 40, с. 1040.
199. Зарипов Р. К., Азербайев И. Н., Шамгунов К. М. Тр. химико-металлургического ин-та АН КазССР. Ташкент, 1972, т. 18, с. 79.
200. Зарипов Р. К., Азербайев И. Н., Шамгунов К. М., Аймаков Ю. А. В сб.: Докл. IV Всесоюз. конф. по химии ацетилену, Алма-Ата, 1972, т. 2, с. 22.
201. Азербайев И. Н., Аймаков Ю. А., Зарипов Р. К., Минбаев Б. У. В сб.: Докл. V Всесоюз. конф. по химии ацетилену. Тбилиси, 1975, с. 248.
202. Grutchfield M. M., Maier L. Пат. ФРГ 2617906 (1976); С. А., 1977, v. 86, 55455.
203. Maier L., Grutchfield M. M. Phosphorus and Sulfur, 1978, v. 5, p. 45.
204. Орлов Н. Ф., Милешкевич В. П. Докл. АН СССР, 1965, т. 164, с. 344.
205. Миронова Э. Н., Цветков Е. Н., Николаев А. В., Кабачник М. И., Дядин Ю. А. Ж. общ. химии, 1974, т. 44, с. 1217.
206. Иванов Б. Е., Вавилова Т. Г. Авт. свид. СССР 169116 (1965); Бюл. изобр., 1965, № 6, с. 26.
207. Миронова Э. Н., Цветков Е. Н., Николаев А. В., Кабачник М. И. Авт. свид. СССР 201395 (1967); Бюл. изобр., 1967, № 18, с. 33.
208. Магдеев И. М., Шермергорн И. М. Авт. свид. СССР 225185 (1968); Бюл. изобр., 1968, № 27, с. 38.
209. Мухаметзянова Э. Х., Шермергорн И. М. Авт. свид. СССР 213855 (1968); Бюл. изобр., 1968, № 45, с. 30.
210. Березовская И. В., Елисеева Л. А., Кузнецов Е. В., Мухамедзянова Э. Х., Шермергорн И. М. Изв. АН СССР, сер. хим., 1968, с. 1369.
211. Пудовик А. Н., Зимин М. Г., Кургузова А. М. Ж. общ. химии, 1971, т. 41, с. 1964.
212. Быйстро В. К., Кричевский Л. А., Мулхамедов Э. М. Там же, 1976, т. 46, с. 783.
213. Кирпичников Р. А., Капустина А. С., Токарева Г. Н. Тр. Казанского химико-технологич. ин-та, 1964, т. 33, с. 188.
214. Абрамов В. С., Савинцева Р. С. Химия органических соединений фосфора, 1967, с. 129.
215. Reuter M., Wolf E. Пат. ФРГ 1046047 (1958); С. А., 1961, v. 55, 3613.
216. Shingo M., Masakuni O., Masao M. Яп. пат. 49—36629 (1974); С. А., 1974, v. 81, 136292.
217. Springs B., Naake P. J. Org. Chem., 1976, v. 41, p. 1165.
218. Арбузов Б. А., Виноградова В. С. Докл. АН СССР, 1956, т. 111, с. 107.
219. Grofts P. C. Quart. Rev. Chem. Soc., 1958, v. 12, p. 341.
220. Normant H., Sturtz G. Compt. rend., 1961, v. 253, p. 2366.
221. Арбузов Б. А., Виноградова В. С., Зверева М. А. Изв. АН СССР, сер. хим., 1960, с. 1772.
222. Арбузов Б. А., Виноградова В. С., Полежаева Н. А., Самхутдинова А. В. Там же, 1963, с. 1380.
223. Sturts G. Bull. soc. chim. France, 1964, p. 2333.
224. Meisters A., Swan J. M. Austral. J. Chem., 1965, v. 18, p. 168.
225. Sprecher M., Kost D. Tetrahedron Letters, 1969, p. 703.
226. Арбузов Б. А., Виноградова В. С., Полежаева Н. А. Изв. АН СССР, сер. хим., 1959, с. 41.
227. Hirai S., Harvey R. G., Jensen E. V. Tetrahedron, 1966, v. 22, p. 1625.
228. Onimply O. T., Cilley W. A., Prentice J. B., Nicholson D. A. J. Org. Chem., 1973, v. 38, p. 1867.
229. Разумов А. И., Лиорбер Б. Г., Гуревич П. А. Ж. общ. химии, 1967, т. 37, с. 2782.
230. Glamkowski E., Seetzinder M. Пат. ФРГ 1924097 (1968); С. А., 1970, v. 73, 25659.
231. Firestone R. A., Glamkowski E. J. Пат. ФРГ 1924105 (1968); С. А., 1970, v. 72, 132952.
232. Иванов В. Е., Шермергорн И. М., Карпова Т. Н., Гурская В. Ш. Авт. свид. СССР 202947 (1967); Бюл. изобр., 1967, № 20, с. 37.
233. White R. F. Канад. пат. 976100 (1975); С. А., 1976, v. 84, 134124.
234. Hunger K. Chem. Ber., 1968, B. 101, S. 3530.
235. Андреев Г. Ф., Алексеев В. Н., Раков А. П. Ж. общ. химии, 1975, т. 45, с. 2345.
236. Koji J., Katsumi J., Shigeru J. Яп. пат. 53—05121 (1978); С. А., 1978, v. 89, 90219.
237. Griffin C. E., Kundu S. K. J. Org. Chem., 1969, v. 34, p. 1532.
238. Murauma M., Matsuura S. Яп. пат. 49—15251 (1974); С. А., 1974, v. 81, 136290.
239. Быйстро В. К., Кричевский Л. Н., Мулдахметов Э. М. Тезисы докл. V Всесоюз. конф. по химии ацетилену. Тбилиси, 1975, с. 242.
240. Lassauniere C., Thoung Nguyen Thanh, Warolin C. J. M. Пат. ФРГ 2632136 (1977); С. А., 1977, v. 87, 68492.
241. Белг. пат. 877644 (1979); С. А., 1980, v. 92, 198525.



242. Пудовик А. Н., Гареев Р. Д., Стабровская Л. А. Ж. общ. химии, 1970, т. 40, с. 698.
243. Пудовик А. Н., Гареев Р. Д., Аганов А. В., Стабровская Л. А. Там же, 1971, т. 41, с. 1232.
244. Газизов М. Б., Разумов А. И., Газизова К. С. Там же, 1969, т. 39, с. 709.
245. Грапов А. Ф., Козлова Т. Ф., Мельников Н. Н. Там же, 1973, т. 43, с. 676.
246. Зябликова Т. А., Пантелеева Р. Р., Шермергорн И. М. Изв. АН СССР, сер. хим., 1969, с. 373.
247. Елисеева Л. А., Кузнецов Е. В., Разумовская Т. В., Шермергорн И. М. Авт. свид. СССР 216722 (1967); Бюл. изобр., 1968, № 15, с. 33.
248. Петров К. А., Чаузов В. А., Агафонов С. В., Позднеев В. В. Авт. свид. СССР 666180 (1977); Бюл. изобр., 1979, № 21, с. 81.
249. Арбузов Б. А., Ярмухаметова Д. Х. Изв. АН СССР, сер. хим., 1960, с. 1767.
250. Lavielle G., Reisdorf D. Compt. rend., 1971, v. 272, p. 100.
251. Газизов М. Б., Султанова Д. Б., Разумов А. И., Трегубова Т. В. Ж. общ. химии, 1973, т. 43, с. 2087.
252. Газизов М. Б., Сулахутдинов Р. А., Зыкова Т. В., Султанова Д. Б. Там же, 1978, т. 48, с. 1984.
253. Хачатрян Р. А., Торгомян А. М., Овакимян М. Ж., Инджикян М. Г. Арм. хим. ж., 1975, т. 28, с. 34.
254. Торгомян А. М., Овакимян М. Ж., Инджикян М. Г. Там же, 1977, т. 30, с. 1022.
255. Торгомян А. М., Овакимян М. Ж., Инджикян М. Г. Там же, 1978, т. 31, с. 669.
256. Baboulene M., Stutz G. Synthesis, 1978, v. 6, p. 456.
257. Арбузов Б. А., Полежаева Н. А., Виноградова В. С. Изв. АН СССР, сер. хим., 1967, с. 1146.
258. Sprecher M., Kost D. Tetrahedron Letters, 1969, p. 703.
259. Churi R. H., Griffin C. E. J. Am. Chem. Soc., 1966, v. 88, p. 1824.
260. Earnshaw G., Grayson J. I., Warren S. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1979, p. 1506.
261. Wittig G., Boll W., Kruck K. H. Chem. Ber., 1962, B. 95, S. 2514.
262. Wittig G., Boll W. Ibid., 1962, B. 95, S. 2526.
263. Kluge A. F. Tetrahedron Letters, 1978, p. 3629.
264. Lavielle G., Reisdorf D. Compt. rend., 1971, v. 272, p. 100.
265. Разумов А. И., Гуревич П. А., Ж. общ. химии, 1968, т. 38, с. 944.
266. Разумов А. И., Лиорбер Б. Г., Гуревич П. А. Там же, 1968, т. 38, с. 199.
267. Разумов А. И., Гуревич П. А. Там же, 1967, т. 37, с. 1620.
268. Разумов А. И., Гуревич П. А., Лиорбер Б. Г., Борисова Т. Б. Там же, 1969, т. 39, с. 392.
269. Grob H., Costisella B. Lieb. Ann., 1971, B. 44, S. 750.
270. Aguiar A. M., Hausen K. G. J. Am. Chem. Soc., 1967, v. 89, p. 4235.
271. Марченко В. М., Якушин Ф. С., Цветков Е. Н., Кабачник М. И., Шатенштейн Ж. общ. химии, 1973, т. 43, с. 3.
272. Walsh E. N., Beck T. M., Toy A. D. F. J. Am. Chem. Soc., 1956, v. 78, p. 4455.
273. Борисов Г., Сивриев Х., Цветков Е. Н., Кабачник М. И. Высокомолекул. соед., «А», 1970, т. 12, с. 620.
274. Борисов Г., Сивриев Х., Цветков Е. Н., Кабачник М. И. Там же, 1973, т. 15, с. 1095.
275. Sivriev H., Borissov G., Kron T. E., Tsvetkov E. N., Kabachnic M. I. Europ. Polym. J., 1979, v. 15, p. 771.
276. Sivriev H., Borissov G., Ibid., 1977, v. 13, p. 25.
277. Викторова И. П., Гладких А. Ф., Викторов О. Ф. Ж. общ. химии, 1976, т. 46, с. 2023.
278. Kerst A. F. Пат. США 3962318 (1975); С. А., 1976, v. 85, 143296.
279. Kerst A. F. Пат. США 3705191 (1972); РЖхим., 1973, 10Н81.
280. Kerst A. F. Пат. США 3833690 (1974); кл. 260—932.
281. Kerst A. F. Пат. США 3940436 (1976); С. А., 1976, v. 84, 180394.
282. Kerst A. F. Пат. США 3944599 (1976); С. А., 1976, v. 85, 21611.
283. Kerst A. F. Пат. США 3957858 (1976); С. А., 1976, v. 85, 124141.
284. Пудовик А. Н., Зимин М. Г., Собанов А. А., Камалетдинова Б. Х. Ж. общ. химии, 1975, т. 45, с. 2403.
285. Thiem S., Meyer B., Paulsen H. Chem. Ber., 1978, B. 111, S. 3325.
286. Яп. пат. 53—24407 (1978); С. А., 1979, v. 90, 6534.
287. Benigni F., Trevisan L. Пат. ФРГ 2820794 (1979); С. А., 1979, v. 91, 158099.
288. Насакин О. Е., Кормачев В. В., Абрамов И. А., Кухтин В. А. Изв. вузов, химия и хим. технол., 1975, т. 18, с. 1376.
289. Christensen B. G., Leanza W. J., Alber-Schonberg G. Пат. США 3929840 (1975); С. А., 1976, v. 84, 90302.
290. Becker E. L., Fukuto T. R., Boone B., Canham D. C., Boger E. Biochemistry, 1963, v. 2, p. 72.
291. Christensen B. G., Leanza W. J., Beattie T. R., Patchett A. A., Arison B. H., Kuehl F. A., Alber-Schonberg G. Science, 1969, v. 166, p. 123.
292. Woodruff H. B., Mata G. M., Herandez S., Mochales S., Rodriguez A., Stapley E. O. Wallich Chemotherapy (Basel), 1976, v. 22, p. 1.
293. Chabrier P. E., Thuong Nguyen Thanh, Chassignol M. C. R. Hebd. Seances Acad. Sci. Ser. C., 1979, v. 288, p. 437.

294. Артюхин П. И., Шавинский Б. М., Митякин Ю. Л., Миронова З. Н., Цветков Е. Н., Николаев А. В., Кабачник М. И. Изв. СО АН СССР, сер. хим., 1974, т. 12, № 5, с. 41.
295. Осипенко Н. Г., Петров Э. С., Раннева Ю. И., Цветков Е. Н., Шатеништейн А. И. Ж. общ. химии, 1977, т. 47, с. 1956.
296. Осипенко Н. Г., Петров Э. С., Раннева Ю. И., Цветков Е. Н., Шатеништейн А. И. Там же, 1977, т. 47, с. 2172.
297. Sakurai T., Okamoto U., Horyuti T. Яп. пат. 45—18971 (1970); РЖхим, 1971, 14Р450.
298. Маленко Д. М., Красухин Л. Ф., Пономарчук М. П., Гололобов Ю. Г. Ж. общ. химии, 1980, т. 50, с. 1946.
299. Маленко Д. М., Гололобов Ю. Г. Там же, 1981, т. 51, с. 1432.
300. Maleki M., Miller A. Tetrahedron Letters, 1981, v. 22, p. 365.
301. Death N. J., Miller A., Nunn M. J., Stewart D. J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1981, p. 776.
302. Gallagher M. J., Honegger H. Austral. J. Chem., 1980, v. 30, p. 287.
303. Oehme H., Leissring E. Tetrahedron, 1981, v. 37, p. 753.
304. Торгомян А. М., Овакимян М. Ж., Инджикян М. Г. Арм. хим. ж., 1980, т. 33, с. 63.
305. Торгомян А. М., Погосян А. С., Овакимян М. Ж., Инджикян М. Г. Там же, 1980, т. 33, с. 501.