



УДК 547.426 + 547.915.5

© 1991 г.

*Э. Е. Нифантьев, Д. А. Предводителев, Г. А. Савин***ФОСФОЛИПИДЫ НА ОСНОВЕ 1,1,1-ТРИМЕТИЛОЛКАНОВ  
I. СИНТЕЗ ЭТРИОЛОФОСФОЛИПИДОВ***Московский государственный педагогический институт им. В. И. Ленина*

Получены первые представители фосфолипидов на основе этриола. Полупродуктами синтеза явились амидофосфиты и циклофосфиты изопропилиденэтриола, которые вводились в окисление, сульфуризацию, селенизацию и другие реакции за счет фосфорной функции. Фосфоацетаты превращались в фосфолипиды путем ацилирования хлорангидридами высших жирных кислот.

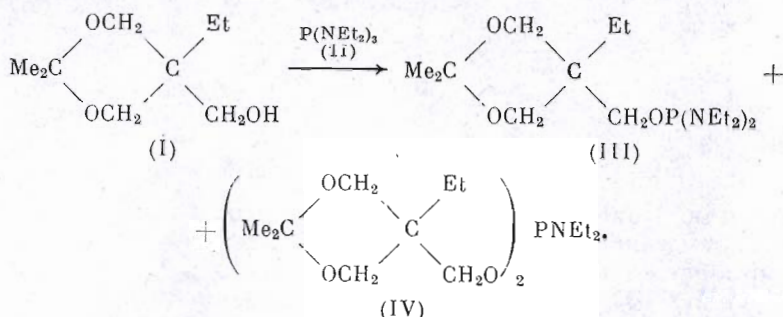
Общезвестны успехи химии глицерофосфолипидов [1, 2]. Между тем фосфолипиды на основе других алифатических триолов исследованы скромно: к настоящему времени стали известными лишь отдельные фосфолипиды, полученные хлорфосфатным методом и методом серебряных солей из 1,2,4-бутантриола, 1,2,5-пентантриола и 1,1,1-триметилолэтана (метриола) [3—5]. Эти фосфолипиды с успехом применены в качестве субстратов в ферментативных реакциях [3, 4]. Цитированные исследования, выполненные в начале 70-х годов, в дальнейшем не получили своего развития. По нашему мнению, новые аналоги глицерофосфатидов вследствие особой стереоорганизации их молекул могут оказаться ценными инструментами в различных направлениях физико-химической биологии, обращенных к изучению функционирования биологических мембран и метаболизма фосфолипидов. Укажем, например, на данные о том, что соотношение объемов, занимаемых головками и неполярными цепями молекул фосфолипидов, определяет самоорганизацию липидов в воде [6]. Видимо, на этот процесс должен влиять и вид каркаса молекулы липида.

Цель настоящей работы — разработка синтеза ранее неизвестных фосфолипидов на основе 1,1,1-триметилолпропана (этриола), а также их халькогенных аналогов с использованием производных фосфористой кислоты. Соответствующие методы формирования фосфорного узла в последнее время хорошо зарекомендовали себя в практике тонкого органического синтеза, в том числе и в синтезе глицерофосфолипидов [7—13]. Их применение в липидологии существенно стимулировало развитие исследований по синтезу как природных глицерофосфолипидов, так и их различных Р-аналогов, которые активно используются в мембранологии для исследований с помощью спектроскопии  $^{31}\text{P}$ -ЯМР [14—16].

Ранее сообщалось о фосфорилировании незащищенных метриола и этриола хлорангидридами [17, 18], амидами [19, 20] и эфирами [18, 21—23] фосфористой кислоты. Эти исследования выполнены с целью создания на основе указанных триолов конденсированных бициклических фосфорных соединений. О фосфорилировании изопропилиденового производного метриола эфирами и амидоэфирами фосфористой кислоты имеется только одна работа [19], которая, однако, выполнена не в целях липидной химии.

Наше исследование начато с изучения фосфорилирования 2,2-диметил-5-этил-5-гидроксиметилдиоксана-1,3 (изопропилиденэтриола) (I) гекса-

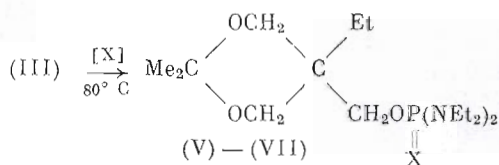
этилтриамидом фосфористой кислоты (II).



Реакцию проводили без растворителя при 90–100 °С с отгонкой выделяющегося диэтиламина. Амидофосфиты (III), (IV), имеющие разные температуры кипения, легко разделялись вакуумной перегонкой. Ранее при изучении фосфорилирования 1,2,0-изопропилиденглицерина триадами фосфористой кислоты было установлено, что характер фосфорных продуктов реакций зависит от мольных соотношений реагирующих веществ [9, 24]. Аналогичный факт нами отмечен и при фосфорилировании защищенного этриола (I). Оказалось, что во всех проводимых синтезах, как при эквимольном соотношении реагентов, так и при избытке триаида (II) была получена смесь амидофосфитов (III) и (IV). Их выход при мольном соотношении реагентов составляли 48 и 23%, при 2-кратном избытке триаида (II) — 63 и 14%, а при 3-кратном — 72 и 8%. Поэтому в дальнейшем при синтезе целевого продукта — диамидофосфита (III) использовали 3-кратный избыток триаида (II).

В спектрах  $^{31}\text{P}$ -ЯМР амидофосфитов (III), (IV) наблюдали синглеты в областях 135,0 и 146,9 м. д. Спектры  $^1\text{H}$ -ЯМР этих соединений подобны, однако они отличались интегральной интенсивностью протонов различных групп. Так, в них имелись два синглетных сигнала *gem*-диметильных протонов при  $\delta$  1,3–1,4 м. д., метиленовые и метиленовые протоны амидных групп резонировали в областях 1,0 и 2,9–3,0 м. д., а дублет с  $\delta$  3,8 м. д. отнесен к метиленовым протонам  $\text{CH}_2\text{OP}$ -фрагмента.

Путем окисления иодозобензолом [25], присоединения серы [7, 11] и селена [26, 27] диамидофосфит (III) был легко превращен в соответствующие фосфаты (V)–(VII) с выходами 65–80%.

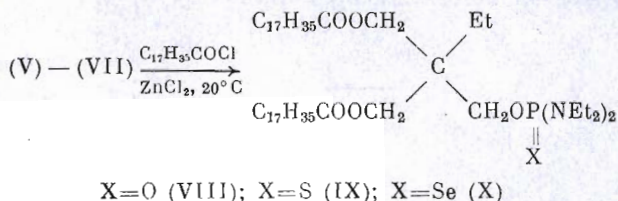


X=O (V); X=S (VI); X=Se (VII).

Фосфат (V) и селенофосфат (VII) выделяли с помощью колоночной хроматографии, а тиофосфат (VI) — перегонкой в вакууме. Соединения (V)–(VII) представляют собой вязкие жидкости, устойчивые при хранении. Перевод диамидофосфита (III) в соответствующие соединения пятивалентного фосфора контролировали с помощью ТСХ и спектроскопии  $^{31}\text{P}$ -ЯМР [27, 28]. Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР соединений (V)–(VII) практически полностью совпадали со спектром диамидофосфита (III).

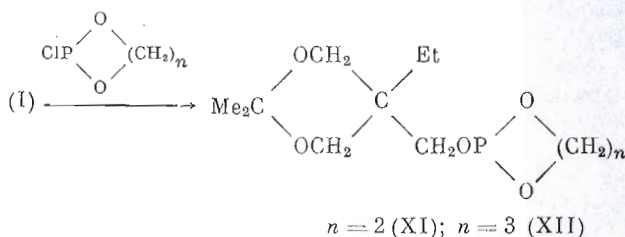
С целью получения диацилпроизводных (VIII)–(X) диамидофосфатов (V)–(VII) было проведено прямое ацилирование последних хлорангидридом стеариновой кислоты в присутствии каталитических количеств безводного хлорида цинка. Заметим, что ацилирование ацеталей, относящихся к фосфондиоксидам, было ранее изучено нами подробно [7, 29], но ацилирование соответствующих фосфо-1,3-диоксапов осуществлено

впервые.



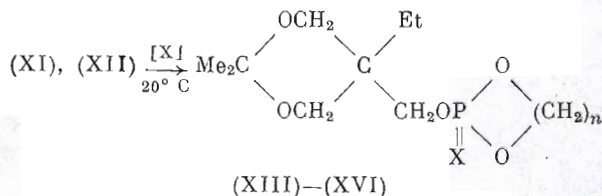
Неизвестные ранее амидные аналоги нейтральных фосфолипидов (VIII)—(X) выделяли хроматографией на силикагеле с выходами до 67%. В отличие от фосфатов (V)—(VII) в спектрах  $^1H$ -ЯМР липидных фосфатов (VIII)—(X) вместо резонанса *гем*-диметильных протонов изопропилиденовой группы наблюдали сигналы в области 0,8—2,3 м. д., характерные для метильных и метиленовых протонов жирнокислотных радикалов.

Другой линией нашей работы было исследование фосфорилирования изопропилиденэтриола (I) алкиленхлорфосфитами с целью использования кольчатых систем для перехода к другим аналогам фосфолипидов



Циклические фосфиты (XI), (XII) выделяли перегонкой в вакууме с выходом 59—76%. Их индивидуальность доказана данными спектров  $^{31}P$ -ЯМР, в которых присутствовали синглеты с  $\delta$  133,7 и 129,8 м. д. соответственно. В спектрах  $^1H$ -ЯМР алкиленфосфитов (XI), (XII) кроме сигналов протонов изопропилиденэтриола (I) имелись сигналы протонов, характерные для алкиленовых циклов. Так, в спектре этиленфосфита (XI) мультиплеты метиленовых протонов фосфоланового цикла находились в области 3,5—3,7 м. д., в спектре пропиленфосфита (XII) экваториальные и аксиальные метиленовые протоны при C5 фосфоринанового цикла резонировали в области 0,8 и 2,1 м. д., а экваториальные и аксиальные протоны при C4 и C6 — в области 3,4 и 4,2 м. д. [30].

Перевод алкиленфосфитов (XI), (XII) в алкиленфосфаты (XIII)—(XVI) был осуществлен окислением с помощью иодозобензола, серы и селена. Отметим, что в данном случае в отличие от реакций диамидофосфита (III) с иодозобензолом, серой и селеном реакции с алкиленфосфитами (XI), (XII) протекали уже при комнатной температуре за 1,5—2 ч.



$n = 2$ , X = S (XIII);  $n = 3$ , X = O (XIV);  $n = 3$ , X = S (XV);  $n = 3$ , X = Se (XVI)

Алкиленфосфаты (XIII)—(XVI) выделяли колоночной хроматографией с выходами 59—87%. В спектрах  $^{31}P$ -ЯМР этих соединений по сравнению со спектрами алкиленфосфитов (XI), (XII) происходило ожидаемое смещение химического сдвига сигнала в сильное поле. Спектры  $^1H$ -ЯМР алкиленфосфатов (XIII)—(XVI) были аналогичны спектрам соответствующих фосфитов (XI), (XII).

Для введения в структуру изучаемых систем (XIV)—(XVI) остатков высших жирных кислот было проведено их прямое ацилирование хлор-



тон — хлороформ; из маточных растворов фосфотион (XXV) выделяли хроматографией на силикагеле. В спектрах  $^{31}\text{P}$ -ЯМР химические сдвиги фосфолипидов (XXIV), (XXV) имели значения 14,6 и 56,1 м. д. соответственно.

При реакции пропиленселенонфосфата (XXI) с триметиламином в тех же условиях, что и в случае взаимодействия тионфосфата (XX), описанной изомеризации не происходит. В спектре  $^{31}\text{P}$ -ЯМР селенонфосфогомохолина (XXVI), как и других селенонфосфатов, имелся один основной сигнал в области 56,1 м. д., а также спутники, обусловленные спин-спиновым взаимодействием  $^{31}\text{P}$ - $^{77}\text{Se}$ . По сравнению с селенонфосфатом (XXI) происходило уменьшение константы  $^1J(\text{P}-\text{Se})$  с 990 до 794 Гц, что, видимо, связано с образованием амбидентного иона [34].

В спектрах  $^1\text{H}$ -ЯМР фосфогомохолинов (XXII)—(XXVI) имелись характерные сигналы метильных протонов группы  $\overset{+}{\text{N}}(\text{CH}_3)_3$  в области 3,3—3,4 м. д. и отсутствовали сигналы метиленовых протонов фосфоланового и фосфоринанового циклов. Отметим важное отличие спектра  $^1\text{H}$ -ЯМР тиолфосфогомохолина (XXIV) от спектра тионфосфогомохолина (XXV). Метиленовые протоны  $\text{POCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\overset{+}{\text{N}}(\text{CH}_3)_3$ -группы в соединении (XXV) имели сдвиг  $\delta$  3,9 м. д. ( $^3J(\text{H}-\text{P})$  8,30 Гц), а метиленовые протоны группы  $(\text{PSCCH}_2)$  в тиолфосфогомохолине (XXIV) уже резонировали в более сильном поле —  $\delta$  2,7 м. д. ( $^3J(\text{H}-\text{P})$  13,97 Гц).

В заключение отметим, что фосфохолины на основе этриола и их халькогенные аналоги, впервые полученные в настоящем исследовании, представляют интерес для изучения организации и динамики биомембран.

### Экспериментальная часть

Спектры  $^1\text{H}$ -ЯМР растворов соединений (V—X, XIII, XIV, XVIII—XXVI) в дейтерохлороформе, а соединений (III, IV, XI, XII, XV—XVII) в дейтеробензоле записаны на приборе Bruker АН-400 (400 МГц). Отнесение сигналов  $^1\text{H}$  проведено на основании данных двойного магнитного резонанса. Спектры  $^{31}\text{P}$ -ЯМР соединений (III—VII, XI—XIII, XV—XXI) в бензоле, а соединений (VIII—X, XIV, XXII—XXVI) в хлороформе получены на спектрометре Bruker WP-80SY (32,4 МГц) относительно внешнего стандарта 85% фосфорной кислоты.

Колоночную хроматографию осуществляли на силикагеле L 40/100 мкм (ЧСФР), ТСХ — на силуфоле (ЧСФР) с использованием систем: бензол — диоксан, 3 : 1 (А), бензол — диоксан, 5 : 1 (Б); бензол — диоксан, 10 : 1 (В); хлороформ — метанол, 3 : 1 (Г), хлороформ — метанол — вода, 65 : 25 : 4 (Д); гексан — диоксан, 3 : 1 (Е); гексан — диоксан, 5 : 1 (Ж); гексан — диоксан, 10 : 1 (З). Обнаружение фосфорсодержащих веществ — молибденовым сияем [35]; веществ, содержащих серу, — 1% водным нитратом серебра [36,37], а также прокаливанием.

Изопропилиденэтриол (I) получали по методу [38].

Все синтезы с участием производных трехвалентного фосфора проводили в атмосфере сухого аргона.

*Бис(диэтиламино)фосфит 2,2-изопропилиденди(гидроксиметил)бутан-1-ола (III) и бис[2,2-изопропилиденди(гидроксиметил)бутил]диэтиламинофосфит (IV)*. 0,87 г изопропилиденэтриола (I) и 1,24 г гексаэтилтриамида фосфористой кислоты (II) (мольное соотношение 1 : 1) нагревали 1,5 ч при 100° С и давлении 380 мм рт. ст. до прекращения выделения диэтиламина. После отгонки остатка триамида (II) остаток перегоняли. Выход диаминофосфита (III) 0,84 г (48%), т. кип. 124—126° С (130 Па),  $n_D^{20}$  1,4690;  $R_f$  0,35 (А), 0,20 (Б), 0,70 (Г). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР ( $\text{C}_6\text{D}_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,82т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 0,99 м (12H,  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ), 1,25 кв (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,36с, 1,39с (6H,  $\text{CH}_2\text{CO}$ ), 2,97м (8H,  $\text{CH}_2\text{NP}$ ,  $^3J(\text{H}-\text{P})$  12,92 Гц), 3,56 с (4H,  $\text{CH}_2\text{OC}$ ), 3,78 д (2H,  $\text{CH}_2\text{OP}$ ,  $^3J(\text{H}-\text{P})$  5,70 Гц). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 135,0с. Найдено, %: С 58,70; Н 10,87; N 8,19; P 8,66.  $\text{C}_{17}\text{H}_{37}\text{N}_2\text{O}_3\text{P}$ . Вычислено, %: С 58,59; Н 10,70; N 8,04; P 8,84.

Выход амидофосфита (IV) 0,52 г (23%), т. кип. 156—158° С (130 Па),  $n_D^{20}$  1,4685;  $R_f$  0,45 (А), 0,30 (В). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР ( $\text{C}_6\text{D}_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,80т (6H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 0,98 м (6H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}$ ), 1,22 кв (4H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,33с, 1,33с (12H,  $\text{CH}_3\text{CO}$ ), 2,94 м (4H,  $\text{CH}_2\text{NP}$ ),  $^3\text{J}$  (H—P) 12,87 Гц), 3,52с (8H,  $\text{CH}_2\text{OC}$ ), 3,76д (4H,  $\text{CH}_2\text{OP}$ ),  $^3\text{J}$  (H—P) 5,72 Гц). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 146,9с. Найдено, %: С 58,83; Н 10,03; N 3,29; P 6,71.  $\text{C}_{22}\text{H}_{44}\text{NO}_6\text{P}$ . Вычислено, %: С 58,77; Н 9,87; N 3,11; P 6,89.

*Бис(диэтиламидо)фосфат 2,2-изопропилиден(диоксиметил)бутан-1-ола* (V). 0,5 г диамидофосфита (III) и 0,38 г подовобензола в 10 мл абс. бензола кипятили 6 ч, фильтровали, упаривали. Диамидофосфат (V) из остатка выделяли хроматографией на колонке с силикагелем, элюируя продукт (V) смесью бензол — диоксан, 3 : 1. Выход 0,34 г (65%),  $n_D^{20}$  1,4725;  $R_f$  0,50 (А), 0,45 (Б), 0,30 (Ж). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР ( $\text{CDCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,83 т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,09 м (12H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}$ ), 1,29кв (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,30с 1,33с (6H,  $\text{CH}_3\text{CO}$ ), 3,09м (8H,  $\text{CH}_2\text{NP}$ ),  $^3\text{J}$  (H—P) 12,70 Гц), 3,63с (4H,  $\text{CH}_2\text{OC}$ ), 3,97д (2H,  $\text{CH}_2\text{OP}$ ),  $^3\text{J}$  (H—P) 4,93 Гц). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 17,0с. Найдено, %: С 56,14; Н 10,35; P 8,62.  $\text{C}_{17}\text{H}_{37}\text{N}_2\text{O}_4\text{P}$ . Вычислено, %: С 56,02; Н 10,23; P 8,51.

*Бис(диэтиламидо)тионфосфат 2,2-изопропилиден(диоксиметил)бутан-1-ола* (VI). 0,6 г диамидофосфита (III) и 0,1 г серы в 10 мл абс. бензола кипятили 6 ч, фильтровали, упаривали, а оставшееся масло перегоняли в вакууме. Выход 0,53 г (82%), т. кип. 140—142° С (баня) при 13 мПа,  $n_D^{20}$  1,4880;  $R_f$  0,80 (А), 0,55 (В), 0,90 (Г). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (V). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 79,0с. Найдено, %: С 53,57; Н 9,76; P 8,10.  $\text{C}_{17}\text{H}_{37}\text{N}_2\text{O}_3\text{PS}$ . Вычислено, %: С 53,65; Н 9,80; P 8,15.

*Бис(диэтиламидо)селенофосфат 2,2-изопропилиден(диоксиметил)бутан-1-ола* (VII). 0,4 г диамидофосфита (III) и 0,1 г селена в 10 мл абс. диоксана кипятили 6 ч, фильтровали, упаривали, а селенофосфат (VII) выделяли на колонке с силикагелем, элюируя соединение (VII) смесью бензол — диоксан, 10 : 1. Выход 0,39 г (79,3%),  $n_D^{20}$  1,4985;  $R_f$  0,80 (А), 0,60 (Б), 0,90 (Г). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (V). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 80,7с; сателлиты с  $^1\text{J}$  (P—Se) 851,8 Гц. Найдено, %: С 47,66; Н 8,82; P 7,13.  $\text{C}_{17}\text{H}_{37}\text{N}_2\text{O}_3\text{PSe}$ . Вычислено, %: С 47,76; Н 8,73; P 7,25.

*Бис(диэтиламидо)фосфат 2,2-ди(стеароилоксиметил)бутан-1-ола* (VIII). 0,20 г фосфата (V), 0,33 г стеароилхлорида, 0,01 г безводного хлорида цинка в 5 мл сухого хлороформа выдерживали 8 ч при 20° С в ванне аргона, смесь фильтровали, упаривали, фосфат (VIII) выделяли на колонке с силикагелем, элюируя продукт смесью гексан — диоксан, 10 : 1. Выход 0,30 г (64%), т. пл. 59—61° С;  $R_f$  0,70 (А), 0,40 (В), 0,65 (Е). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР ( $\text{CDCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,87т (6H,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}$ ), 0,88т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,08м (12H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}$ ), 1,24м (56H,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}$ ), 1,46кв (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,59м (4H,  $\text{OCCH}_2\text{CH}_2$ ), 2,29т (4H,  $\text{OC}(\text{O})\text{CH}_2$ ), 3,07м (8H,  $\text{CH}_2\text{NP}$ ),  $^3\text{J}$  (H—P) 12,65 Гц), 3,82д (4H,  $\text{CH}_2\text{OC}$ ), 3,99д (2H,  $\text{CH}_2\text{OP}$ ),  $^3\text{J}$  (H—P) 4,95 Гц). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 17,2с. Найдено, %: С 69,88; Н 11,70; P 3,70.  $\text{C}_{50}\text{H}_{101}\text{N}_2\text{O}_6\text{P}$ . Вычислено, %: С 70,05; Н 11,87; P 3,62.

*Бис(диэтиламидо)тионфосфат 2,2-ди(стеароилоксиметил)бутан-1-ола* (IX) получали аналогично соединению (VIII) из 0,12 г тионфосфата (VI), 0,2 г стеароилхлорида и 5 мг безводного хлорида цинка. Выход 0,17 г (62%), т. пл. 50—52° С;  $R_f$  0,80 (Б), 0,50 (В), 0,70 (Е). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (VIII). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 79,1 с. Найдено, %: С 68,80; Н 11,75; P 3,60.  $\text{C}_{50}\text{H}_{101}\text{N}_2\text{O}_5\text{PS}$ . Вычислено, %: С 68,76; Н 11,66; P 3,55.

*Бис(диэтиламидо)селенофосфат 2,2-ди(стеароилоксиметил)бутан-1-ола* (X) получали аналогично соединению (VIII) из 0,35 г селенофосфата (VII), 0,50 г стеароилхлорида и 15 мг безводного хлорида цинка в 7 мл сухого хлороформа. Выход 0,5 г (66,5%), т.пл. 42—44° С;  $R_f$  0,80 (Б), 0,50 (В), 0,70 (Е). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (VIII). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 80,64с; сателлиты с  $^1\text{J}$  (P—Se) 850,0 Гц.

Найдено, %: С 65,17; Н 11,22; Р 3,52.  $C_{50}H_{101}N_2O_5PSe$ . Вычислено, %: С 65,25; Н 11,06; Р 3,37.

2-(2,2-Изопропилиденди(оксиметил)бутокси-1)-1,3,2-диоксафосфо-лан (XI). К раствору 3,16 г этиленхлорфосфита в 75 мл абс. эфира при охлаждении ( $-10^{\circ}C$ ) и интенсивном перемешивании прибавляли смесь 4,35 г изопропилиденэтриола (I) и 2,53 г триэтиламина в 50 мл абс. эфира, смесь выдерживали 1 ч при комнатной температуре, затем фильтровали, упаривали, остаток перегоняли. Выход 5,0 г (76,27%), т. кип.  $80-82^{\circ}C$  (130 Па),  $n_D^{20}$  1,4685;  $R_f$  0,72 (А), 0,50 (Е). Спектр  $^1H$ -ЯМР ( $C_6D_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,68т (3H,  $CH_3CH_2C$ ), 1,16кв (2H,  $CH_3CH_2C$ ), 1,30с, 1,42с (6H,  $CH_3CO$ ), 3,43д, 3,59д (4H,  $CH_2OC$ ),  $^2J(H-H)$  6,83 Гц), 3,53м, 3,75м (4H,  $POCH_2CH_2O$ ), 3,87д (2H,  $CH_2OR$ ),  $^3J(H-R)$  6,83 Гц). Спектр  $^{31}P$ -ЯМР ( $C_6H_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 133,7с. Найдено, %: С 49,80; Н 7,92; Р 11,56.  $C_{11}H_{21}O_5P$ . Вычислено, %: С 49,99; Н 8,01; Р 11,73.

2-(2,2-Изопропилиденди(оксиметил)бутокси-1)-1,3,2-диоксафосфоринан (XII) получали аналогично соединению (XI) из 3,94 г пропиленхлорфосфита, 4,95 г изопропилиденэтриола (I) и 2,83 г триэтиламина при охлаждении ( $0^{\circ}C$ ). Выход 4,56 г (58,5%), т. кип.  $124-126^{\circ}C$  (130 Па),  $n_D^{20}$  1,4690;  $R_f$  0,70 (А), 0,62 (Б), 0,40 (Ж). Спектр  $^1H$ -ЯМР ( $C_6D_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,72т (3H,  $CH_3CH_2C$ ), 0,85м, 2,08м (2H,  $POCH_2CH_2CH_2O$ ), 1,27кв (2H,  $CH_3CH_2C$ ), 1,34с, 1,43с (6H,  $CH_3CO$ ), 3,45м, 4,23м (4H,  $POCH_2CH_2CH_2O$ ), 3,51д, 3,68д (4H,  $CH_2OC$ ),  $^2J(H-H)$  11,34 Гц), 3,89д (2H,  $CH_2OR$ ),  $^3J(H-R)$  5,88 Гц). Спектр  $^{31}P$ -ЯМР ( $C_6H_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 129,8с. Найдено, %: С 51,62; Н 8,21; Р 11,02.  $C_{12}H_{23}O_5P$ . Вычислено, %: С 51,78; Н 8,33; Р 11,14.

2-Тио-2-(2,2-изопропилиденди(оксиметил)бутокси-1)-1,3,2-диоксафосфо-лан (XIII). 1,25 г этиленфосфита (XI) и 0,36 г серы в 20 мл абс. бензола выдерживали 2 ч при комнатной температуре, фильтровали, раствор упаривали, тионфосфат (XIII) выделяли на колонке с силикагелем, элюируя продукт смесью бензол—диоксан, 5 : 1. Выход 1,22 г (86,8%),  $n_D^{20}$  1,4928;  $R_f$  0,65 (А), 0,45 (В), 0,20 (Ж). Спектр  $^1H$ -ЯМР ( $CDCl_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,75 т (3H,  $CH_3CH_2C$ ), 1,22 кв. (2H,  $CH_3CH_2C$ ), 1,29 с, 1,31 с (6H,  $CH_3CO$ ), 3,54 с, 3,59 с (4H,  $CH_2OC$ ), 4,16 д (2H,  $CH_2OR$ ),  $^3J(H-R)$  7,82 Гц), 4,30 м (4H,  $POCH_2CH_2O$ ). Спектр  $^{31}P$ -ЯМР ( $C_6H_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 83,5 с. Найдено, %: С 44,46; Н 7,32; Р 10,38.  $C_{11}H_{21}O_5PS$ . Вычислено, %: С 44,58; Н 7,14; Р 10,46.

2-Оксо-2-(2,2-изопропилиденди(оксиметил)бутокси-1)-1,3,2-диоксафосфо-риная (XIV). 1,5 г пропиленфосфита (XI) и 1,5 г нодозобензола в 15 мл абс. бензола выдерживали 2 ч при комнатной температуре, фильтровали, раствор упаривали, пропиленфосфат (XIV) выделяли на колонке с силикагелем, элюируя продукт смесью бензол—диоксан, 3 : 1. Выход 0,94 г (58,7%),  $n_D^{20}$  1,4710;  $R_f$  0,30 (А), 0,80 (Г). Спектр  $^1H$ -ЯМР ( $C_6D_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,62 м, 1,38 м (2H,  $POCH_2CH_2CH_2O$ ), 0,73 т (3H,  $CH_3CH_2C$ ), 1,18 кв (2H,  $CH_3CH_2C$ ), 1,29 с, 1,42 с (6H,  $CH_3CO$ ), 3,43 д, 3,57 д (4H,  $CH_2OC$ ),  $^2J(H-H)$  12,21 Гц), 3,74м (4H,  $POCH_2CH_2CH_2O$ ), 4,29 д (2H,  $CH_2OR$ ),  $^3J(H-R)$  4,88 Гц). Спектр  $^{31}P$ -ЯМР ( $C_6H_6$ ,  $\delta$ , м. д.):  $-8,0$  с. Найдено, %: С 48,86; Н 7,62; Р 10,62.  $C_{12}H_{23}O_6P$ . Вычислено, %: С 48,97; Н 7,88; Р 10,53.

2-Тио-2-(2,2-изопропилиденди(оксиметил)бутокси-1)-1,3,2-диоксафосфо-ринан (XV) получали аналогично соединению (XIII) из 1,5 г пропиленфосфита (XI) и 0,18 г серы. Выход 1,42 г (85%),  $n_D^{20}$  1,4995;  $R_f$  0,5 (В), 0,35 (Е), 0,25 (Ж). Спектр  $^1H$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (XIV). Спектр  $^{31}P$ -ЯМР ( $C_6H_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 62,6 с. Найдено, %: С 46,57; Н 7,33; Р 10,11.  $C_{12}H_{23}O_5PS$ . Вычислено, %: С 46,43; Н 7,47; Р 9,99.

2-Селено-2-(2,2-изопропилиденди(оксиметил)бутокси-1)-1,3,2-диоксафосфоринан (XVI) получали аналогично соединению (XIII) из 1,5 г пропиленфосфита и 0,5 г селена. Выход 1,52 г (80%),  $n_D^{20}$  1,5170;  $R_f$  0,70 (А), 0,5 (В), 0,25 (Ж). Спектр  $^1H$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (XIV). Спектр  $^{31}P$ -ЯМР ( $C_6H_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 67,3 с; сателлиты с  $^1J(P-Se)$  994,0 Гц. Найдено, %: С 40,19; Н 6,53; Р 8,56.  $C_{12}H_{23}O_5PSe$ . Вычислено, %: С 40,34; Н 6,49; Р 8,68.

2-Оксо-2-(2,2-ди(пальмитилоксиметил)бутокси-1)-1,3,2-диоксафосфори-

нан (XVII) получали аналогично соединению (VIII) из 0,30 г пропиленфосфата (XIV) и 0,56 г пальмитоилхлорида в присутствии 15 мг безводного хлорида цинка. Выход 0,49 г (67,5%), т. пл. 54—56° С;  $R_f$  0,30 (В), 0,55 (Е). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР ( $\text{CDCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,86 т (6H,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}$ ), 0,90 т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,23 м (48H,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}$ ), 1,49 кв (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,59 м (4H,  $\text{OC}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_2$ ), 1,80 м, 2,25 м (2H,  $\text{POCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$ ), 2,30 т (4H,  $\text{OC}(\text{O})\text{CH}_2$ ), 4,02 с (4H,  $\text{CH}_2\text{OC}$ ), 4,03 д (2H,  $\text{CH}_2\text{OR}$ ,  $^3\text{J}$  (H—P) 5,86 Гц), 4,35 м, 4,38 м (4H,  $\text{POCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$ ). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\delta$ , м. д.): —8,2 с. Найдено, %: С 67,23; Н 10,45; Р 4,36.  $\text{C}_{41}\text{H}_{79}\text{O}_8\text{P}$ . Вычислено, %: С 67,36; Н 10,48; Р 4,24.

2-Оксо-2-(2,2-ди(стеарилоксиметил)бутокси-1) - 1,3,2 - диоксафосфоринан (XVIII) получали аналогично соединению (VIII) из 0,85 г пропиленфосфата (XIV) и 1,75 г стеарилоилхлорида в присутствии 0,04 г безводного хлорида цинка. Выход 1,54 г (67%), т. пл. 57—58° С (из гептана);  $R_f$  0,20 (Ж), 0,40 (Е). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (XVII). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\delta$ , м. д.): —8,2 с. Найдено, %: М 68,78; Н 11,32; Р 3,86;  $\text{C}_{45}\text{H}_{87}\text{O}_8\text{P}$ . Вычислено, %: С 68,66; Н 11,14; Р 3,94.

2-Тио-2-(2,2-ди(пальмитоилоксиметил)бутокси-1) - 1,3,2 - диоксафосфоринан (XIX) получали аналогично соединению (VIII) из 0,32 г тионфосфата (XV), 0,56 г пальмитоилхлорида в присутствии 15 мг безводного хлорида цинка. Выход 0,52 г (69%), т. пл. 45—47° С;  $R_f$  0,40 (В), 0,70 (Е). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (XVIII). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 63,0 с. Найдено, %: С 65,74; Н 10,48; Р 4,20.  $\text{C}_{41}\text{H}_{79}\text{O}_7\text{PS}$ . Вычислено, %: С 65,92; Н 10,66; Р 4,15.

2-Селено-2-(2,2-ди(стеарилоксиметил)бутокси-1) - 1,3,2 - диоксафосфоринан (XX) получали аналогично соединению (VIII) из 1,52 г селенофосфата (XVI), 2,6 г стеарилоилхлорида в присутствии 0,075 г безводного хлорида цинка. Выход 1,30 г (64%), т. пл. 50—51° С (из гептана);  $R_f$  0,20 (З), 0,35 (Ж). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (XVII). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 68,28 с, сателлиты с  $^1\text{J}$  (P—Se) 990,0 Гц. Найдено, %: 63,38; Н 10,23; Р 3,47.  $\text{C}_{45}\text{H}_{87}\text{O}_7\text{PSe}$ . Вычислено, %: С 63,57; Н 10,32; Р 3,65.

2,2-Изопропилиденди(оксиметил)бутокси - 1 - тионфосфохолин (XXI). Раствор 1,22 г этилтионфосфата (XIII) и 0,25 г триметиламина в 5 мл абс. бензола нагревали в ампуле 5 ч при 80° С. Затем бензол упаривали в вакууме, а тионфосфохолин (XXI) выделяли на колонке с силикагелем, элюируя продукт смесью хлороформ — метанол, 3 : 1. Выход 0,97 г (68,7%), соединение (XXI) оплавляется при 75—77° С, образует пенный мениск при 118—130° С, разлагается при 223—225° С;  $R_f$  0,0 (А), 0,35 (Д). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР ( $\text{CDCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,80 т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,30 кв (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,32 с, 1,34 с (6H,  $\text{CH}_3\text{CO}$ ), 3,39 с (9H,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ ), 3,58 м (2H,  $\text{CH}_2\text{N}$ ), 3,64 д (2H,  $\text{CCH}_2\text{OR}$ ,  $^3\text{J}$  (H—P) 6,84 Гц), 3,84 м (2H,  $\text{POCH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ,  $^3\text{J}$  (HP) 8,42 Гц), 3,92 с (4H,  $\text{CH}_2\text{OC}$ ). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 55,8 с. Найдено, %: С 45,01; Н 8,69; Р 8,23.  $\text{C}_{14}\text{H}_{30}\text{NO}_5\text{PS} \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Вычислено, %: С 45,08; Н 8,65; Р 8,31.

2,2-Ди(пальмитоилоксиметил)бутокси - 1 - фосфогомохолин (XXII). Раствор 0,73 г пропиленфосфата (XVIII) и 0,1 г триметиламина в 5 мл абс. бензола нагревали в ампуле 24 ч при 100° С. Выпавшие кристаллы фосфата (XXII) отделяли фильтрацией, растворяли в 10 мл метанола, фильтровали и упаривали. Затем кристаллы соединения (XXII) последовательно промывали 25 мл смеси ацетон — вода (10 : 1), 10 мл эфира и выдерживали 3 ч при 130 Па. Выход 0,55 г (69%), т. пл. 204—206° С;  $R_f$  0,0 (А), 0,45 (Д). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР ( $\text{CDCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,85 т (6H,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}$ ), 0,86 т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,23 м (56H,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}$ ), 1,46 кв (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,56 м (4H,  $\text{OC}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_2$ ), 2,09 м (2H,  $\text{POCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ), 2,26 т (4H,  $\text{OC}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_2$ ), 3,27 с (9H,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ ), 3,53 уш. с. (2H,  $\text{H}_2\text{O}$ ), 3,69 м (2H,  $\text{CH}_2\text{N}$ ), 3,74 д (2H,  $\text{CCH}_2\text{OR}$ ,  $^3\text{J}$  (H—P) 4,39 Гц), 3,92 м (2H,  $\text{POCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ,  $^3\text{J}$  (H—P) 8,30 Гц), 4,00 с (4H,  $\text{OC}(\text{O})\text{CH}_2$ ). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,3 с. Найдено, %: С 65,54; Н 11,23; Р 3,92.  $\text{C}_{44}\text{H}_{88}\text{NO}_5\text{P} \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Вычислено, %: С 65,40; Н 11,10; Р 3,84.

2,2-Ди(стеарилоксиметил)бутокси-1 - фосфогомохолин (XXIII) полу-



чали аналогично соединению (XXII) из 1,54 г пропиленфосфата (XIX) и 0,2 г триметиламина. Выход 1,26 г (73%), т. пл. 218—220° С;  $R_f$  0,0 (А), 0,45 (Д). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (XXII). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,01 с. Найдено, %: С 66,72; Н 11,17; Р 3,44.  $\text{C}_{48}\text{H}_{96}\text{NO}_8\text{P}\cdot\text{H}_2\text{O}$ . Вычислено, %: С 66,67; Н 11,12; Р 3,58.

2,2-Ди(пальмитилоксиметил)бутоксид-1-тиолфосфогомохолин (XXIV) и 2,2-ди(пальмитилоксиметил)бутоксид-1-тионфосфогомохолин (XXV). Раствор 1,5 г тионфосфата (XX) и 0,12 г триметиламина в 5 мл абс. бензола нагревали в ампуле 24 ч при 110° С. Выпавший осадок, представляющий смесь тиолфосфата (XXIV) и небольшого количества тионфосфата (XXV), отсасывали, промывали 15 мл смеси ацетон — вода, 10 : 1, и тиолфосфат (XXIV) трижды кристаллизовали из 5 мл смеси ацетон — хлороформ, 10 : 1. Кристаллы соединения (XXIV) промывали эфиром и сушили 3 ч при 130 Па. Выход тиолфосфогомохолина (XXIV) 0,59 г (37%), т. пл. 194—195° С;  $R_f$  0,0 (А), 0,48 (Д). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР ( $\text{CDCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 0,87 т (6H,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}$ ), 0,88 т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,24 м (48H,  $\text{CH}_2(\text{CH}_2)_{12}$ ), 1,47 кв (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$ ), 1,57 м (4H,  $\text{OC}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_2$ ), 2,23 м (2H,  $\text{PSCCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$ ), 2,28 т (4H,  $\text{OC}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_2$ ), 2,72 м (2H,  $\text{PSCCH}_2$ ),  $^3\text{J}$  (H—P) 13,97 Гц), 3,29 с (9H,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ ), 3,70 м (2H,  $\text{CH}_2\text{N}$ ), 3,81 д (2H,  $\text{CCH}_2\text{OP}$ ),  $^3\text{J}$  (H—P) 4,40 Гц), 4,01 с (4H,  $\text{OC}(\text{O})\text{CH}_2\text{C}$ ). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 14,6 с. Найдено, %: С 64,01; Н 10,92; Р 3,72.  $\text{C}_{44}\text{H}_{88}\text{NO}_7\text{PS}\cdot\text{H}_2\text{O}$ . Вычислено, %: С 64,13; Н 11,01; Р 3,76.

Объединенные маточные растворы после выделения тиолфосфата (XXIV) упаривали и соединение (XXV) выделяли на колонке с силикагелем, элюируя продукт смесью хлороформ — метанол, 3 : 1. Выход тионфосфогомохолина (XXV) 0,67 г (42%), т. пл. 186—188° С;  $R_f$  0,0 (А), 0,50 (Д). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (XXII). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 56,09 с. Найдено, %: С 64,03; Н 11,17; Р 3,69.  $\text{C}_{44}\text{H}_{88}\text{NO}_7\text{PS}\cdot\text{H}_2\text{O}$ . Вычислено, %: С 64,13; Н 11,01; Р 3,76.

2,2-Ди(стеарилоксиметил)бутоксид-1-селенонфосфогомохолин (XXVI). Раствор 1,70 г селенонфосфата (XXI) и 0,12 г триметиламина в 5 мл абс. бензола нагревали в ампуле 24 ч при 110° С. Затем бензол упаривали в вакууме, а селенонфосфат (XXVI) выделяли на колонке с силикагелем, элюируя продукт смесью хлороформ — метанол, 3 : 1. Выход 1,15 г (63,5%), т. пл. 197—199° С;  $R_f$  0,0 (А), 0,50 (Д). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР аналогичен спектру соединения (XXII). Спектр  $^{31}\text{P}$ -ЯМР ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\delta$ , м. д.): 56,1 с; сателлиты с  $^1\text{J}$  (P—Se) 794,0 Гц. Найдено, %: С 62,07; Н 10,59; Р 3,19.  $\text{C}_{48}\text{H}_{96}\text{NO}_7\text{PSe}\cdot\text{H}_2\text{O}$ . Вычислено, %: С 62,19; Н 10,65; Р 3,34.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eibl H. // Chem. Phys. Lipids. 1980. V. 26. № 4. P. 405—429.
2. Stepanov A. E., Shvets V. I. // Chem. Phys. Lipids. 1986. V. 41. № 1. P. 1—51.
3. Bonsen P. P. M., Burbach-Westerhuis G. J., De Haas G. H., Van Deenen L. L. M. // Chem. Phys. Lipids. 1972. V. 8. № 3. P. 199—220.
4. Bonsen P. P. M., De Haas G. H., Pieterse W. A., Van Deenen L. L. M. // Biochim. et biophys. acta. 1972. V. 270. № 3. P. 364—382.
5. Безуглов В. В., Молотковский Ю. Г., Бергельсон Л. Д. // Журн. орган. химии. 1974. Т. 10. Вып. 7. С. 1398—1402.
6. Бергельсон Л. Д. Мембраны, молекулы, клетки. М.: Наука, 1982. С. 27.
7. Нифантьев Э. Е., Предводителев Д. А. // Биооргани. химия. 1981. Т. 7. № 9. С. 1285—1309.
8. Богомолов О. В., Капун А. П., Швеи В. И. // Успехи химии. 1988. Т. 57. Вып. 4. С. 684—710.
9. Предводителев Д. А., Поджумас Г. А., Нифантьев Э. Е. // Журн. общей химии. 1974. Т. 41. Вып. 10. С. 2195—2199.
10. Предводителев Д. А., Маленковская М. А., Нифантьев Э. Е. // Журн. орган. химии. 1987. Т. 23. Вып. 3. С. 588—593.
11. Nijanjayev E. E., Predvoditelev D. A., Rasadkina E. N., Bekker A. R. // Phosphorus and sulfur. 1987. V. 34. № 3. P. 109—117.
12. Bruzik K., Jiang R. T., Tsai M. D. // Biochemistry. 1983. V. 22. № 10. P. 2478—2486.
13. Mlotkowska B., Markowska A. // Liebigs Ann. Chem. 1988. № 2. P. 191—193.
14. Чупин В. В., Василенко И. А., Предводителев Д. А., Серебрянникова Г. А., Евстигнеева Р. П. // Докл. АН СССР. 1979. Т. 248. № 1. С. 235—237.
15. Василенко И. А., Евстигнеева Р. П. // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1984. № 3. С. 388—402.

16. *Василенко И. А., Евстигнеева Р. П.* // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1986. № 4 С. 550—560.
17. *Verkade J. G., Reynolds L. T.* // J. Org. Chem. 1960. V. 25. № 4. P. 663—665.
18. *Wadsworth W. S., Emmons W. D.* // J. Amer. Chem. Soc. 1962. V. 84. № 4. P. 610—617.
19. *Петров К. А., Нифантьев Э. Е., Хорхояну Л. В., Щерба И. Г.* // Журн. общей химии. 1964. Т. 34. Вып. 1. С. 70—75.
20. *Нифантьев Э. Е., Петрова И. М.* // Журн. общей химии. 1970. Т. 40. Вып. 40. С. 2196—2199.
21. Пат. 3157675 (1964) США // РЖХим. 1966. № 24. H541П.
22. *Фурсенко И. В., Бахвалов Г. Т., Нифантьев Э. Е.* // Журн. общей химии. 1968. Т. 38. Вып. 11. С. 2528—2532.
23. Пат. 3845168 (1974) США // РЖХим. 1975. № 20. H91П.
24. *Предводителев Д. А., Чукбар Т. Г., Нифантьев Э. Е.* // Журн. общей химии. 1976. Т. 46. Вып. 2. С. 291—297.
25. *Смирнова Л. И., Маленковская М. А., Предводителев Д. А., Нифантьев Э. Е.* // Журн. орган. химии. 1980. Т. 16. Вып. 6. С. 1170—1179.
26. *Нифантьев Э. Е., Предводителев Д. А., Фурсенко И. В.* // Журн. общей химии. 1980. Т. 51. Вып. 11. С. 2435—2441.
27. *Предводителев Д. А., Расаджина Е. И., Беккер А. Р., Нифантьев Э. Е.* // Журн. общей химии. 1988. Т. 58. Вып. 7. С. 1504—1512.
28. *Mishalska M., Michalski J., Orlich-Krezel J.* // Pol. J. Chem. 1979. V. 53. № 1. P. 253—264.
29. *Nifantsev E. E., Predvoditelev D. A., Fursenko I. V., Smirnova L. I.* // Synthesis. 1982. № 2. P. 132—134.
30. *Нифантьев Э. Е., Сорокина С. Ф., Борисенко А. А.* // Журн. общей химии. 1985. Т. 55. № 8. С. 1665—1684.
31. *Нифантьев Э. Е., Предводителев Д. А., Аларкон Х. Х.* // Журн. общей химии. 1976. Т. 46. Вып. 4. С. 912—916.
32. *Предводителев Д. А., Аларкон Х. Х., Нифантьев Э. Е.* // Журн. орган. химии. 1980. Т. 16. Вып. 7. С. 1549—1550.
33. *Нифантьев Э. Е., Предводителев Д. А., Расаджина Е. И., Козлова Г. Г.* // Био-орган. химия. 1990. Т. 16. № 3. С. 407—418.
34. *Vorecka V., Chojnowski J., Sypnyk M., Michalski J., Zielinska J.* // J. Organometal. Chem. 1979. V. 171. № 1. P. 17—34.
35. *Dittmer J. C., Lester R. L.* // J. Lipid Res. 1964. V. 5. № 1. P. 126—127.
36. *Потапов А. М., Красильникова Е. А., Разумов А. И., Байгильдина С. Ю.* // Журн. общей химии. 1970. Т. 40. № 3. С. 564—566.
37. *Предводителев Д. А., Иванов В. И., Аларкон Х. Х., Нифантьев Э. Е.* // Журн. общей химии. 1978. Т. 48. Вып. 6. С. 1273—1276.
38. *Hannig E., Wilgelm H.* // Pharmazie. 1969. V. 24. № 1. P. 32—35.

Поступила в редакцию  
8.II.1990

E. E. NIFANTYEV, D. A. PREDVDITELEV, G. A. SAVIN

## PHOSPHOLIPIDS BASED ON 1,1,1-TRIMETHYLOLALKANES.

### I. SYNTHESIS OF ETHRIOLOPHOSPHOLIPIDS

*V. I. Lenin State Pedagogical Institute, Moscow*

New phospholipids based on ethriol have been synthesized via phosphite derivatives. These phospholipids and their thio and seleno analogues can be used for studying the structure of biomembranes.