

*Посвящается профессору А. Ф. Пожарскому
в связи с его 70-летием*

**Н. И. Иванова, П. А. Волков, Л. В. Байкалова, Н. К. Гусарова,
Б. А. Трофимов**

**РЕАКЦИЯ АЛЬДЕГИДОВ ИМИДАЗОЛЬНОГО РЯДА
С БИС[2-(2-ПИРИДИЛ)ЭТИЛ]ФОСФИНХАЛЬКОГЕНИДАМИ:
СИНТЕЗ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ
СИСТЕМ**

Нуклеофильное присоединение бис[2-(2-пиридил)этил]фосфинсульфида и бис-[2-(2-пиридил)этил]фосфинселенида к 1-органил-2-формилимидазолам и -бенз-имидазолам эффективно протекает в некаталитических условиях при комнатной температуре и приводит к функционализированным гетероциклическим соединениям, содержащим имидазольные, бензимидазольные и пиридиновые ядра, а также халькогенофосфорильные и гидроксильные группы.

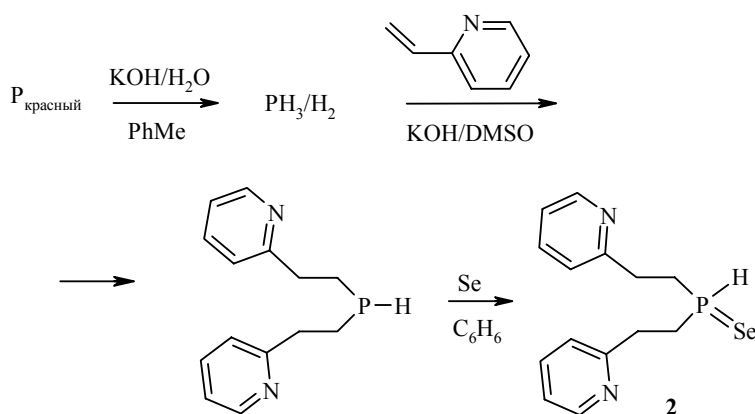
Ключевые слова: бис[2-(2-пиридил)этил]фосфинхалькогениды, 2-{бис[2-(2-пиридил)этил]халькогенофосфорилгидрокси-метил}-1-этил(винил)имидазолы и -бенз-имидазолы, 2-формил-1-органилбензимидазолы, 2-формил-1-органилимидазолы, гидрохалькогенофосфорилирование.

Полигетероциклические системы, построенные с участием азотистых гетероциклов, продолжают интенсивно изучаться как биологически активные соединения, эффективные полидентные лиганды для дизайна металлокомплексов, а также широко используются в качестве реакционно-способных строительных блоков для органического синтеза. Например, триазилил-, тиадиазилил- и оксадиазилилпиридины известны как усилители флеомицина [1], некоторые кетолиды с имидазолилпиридиновыми фрагментами являются эффективными антибиотиками [2], функциональные имидазолилпиридины с фторфенильными [3] и сульфинильными [4] группами обладают антивирусной активностью, а также влияют на процессы, протекающие с участием киназ [3, 5]. На основе имидазолилпиридинов получены металлокомплексные катализаторы [6–10], ионные жидкости, успешно применяемые, в частности, в реакции Хека [9], а также специальные материалы [6, 7].

Особое значение имеют функциональные гетероциклические системы. Например, имидазолы и бензимидазолы, содержащие халькогенофосфорильные и гидроксильные функции, являются эффективными лигандами для направленного синтеза перспективных биологически активных металлокомплексов [11–14], а также моделями для изучения некоторых

физико-химических аспектов [12–14]. Одним из удобных подходов к синтезу функциональных гетероциклических ансамблей может стать реакция вторичных пиридилфосфинхалькогенидов **1**, **2** с 1-органил-2-формилимидазолами **3**, **4** и -бензимидазолами **5**, **6**.

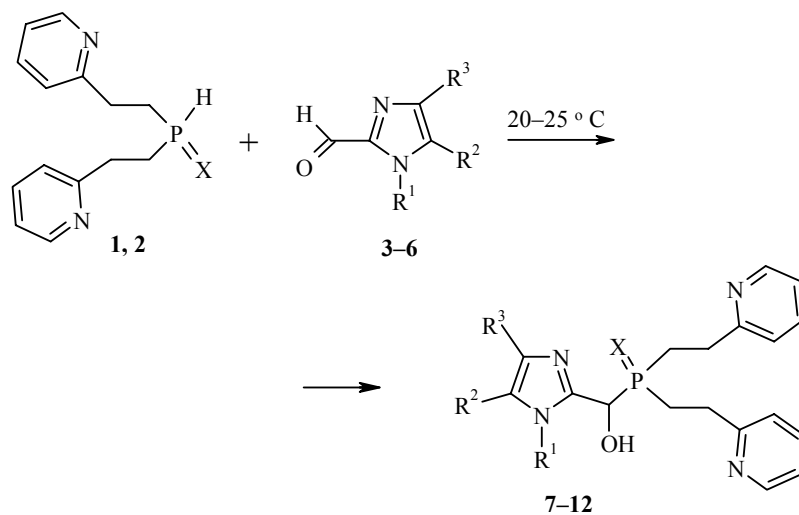
В настоящей работе с целью направленного синтеза новых гетероциклических систем, содержащих имидазольные и пиридиновые ядра, а также гидроксильные и халькогенофосфорильные функции, осуществлена и исследована реакция альдегидов **3–6** с доступным бис[2-(2-пиридил)этил]фосфинсульфидом (**1**) [15] и не описанным ранее бис[2-(2-пиридил)этил]фосфинселенидом (**2**). Последний получен нами из красного фосфора и 2-винилпиридина по схеме, включающей генерирование фосфина при расщеплении макромолекулы красного фосфора под действием водного гидроксида калия, присоединение фосфина к 2-винилпиридину в системе KOH–DMSO с образованием бис[2-(2-пиридил)этил]фосфина, который легко окисляется элементарным селеном до соответствующего фосфинселенида **2**.



Эксперимент показал, что гидрохалькогенофосфорилирование альдегидов **3–6** вторичными пиридилфосфинхалькогенидами **1**, **2** протекает практически количественно (данные ЯМР ^{31}P) в некаталитических условиях при комнатной температуре (3 ч, этанол или ТГФ) и приводит к 2-{бис[2-(2-пиридил)этил]тиофосфорилгидроксиметил}-1-этил(винил)имидазолам **7**, **8**, 2-{бис[2-(2-пиридил)этил]тиофосфорилгидроксиметил}-1-этилбензимидазолу (**9**), 2-{бис[2-(2-пиридил)этил]селенофосфорилгидроксиметил}-1-этил(винил)имидазолам **10**, **11** и 2-{бис[2-(2-пиридил)этил]селенофосфорилгидроксиметил}-1-винилбензимидазолу (**12**).

Соединения **7–9** устойчивы при комнатной температуре, в то время как селенофосфорилимидазолы **10–12** в этих условиях подвергаются превращению с выделением металлического селена. Этот процесс значительно замедляется при пониженной температуре (0–2 °С).

В спектрах ЯМР ^1H и ^{13}C соединений **7–12** наиболее характерными являются сигналы группы CH фрагмента $\text{OSHP}=\text{X}$, причем геминальная $\text{KCCB } ^{31}\text{P}-\text{C}-^1\text{H}$ в α -гидроксифосфинхалькогенидах мала, поэтому расщепление резонансного сигнала протона наблюдается только



1, 7–9 X = S; **2, 10–12** X = Se; **3, 7, 10** R¹ = Et, R² = R³ = H;
4, 8, 11 R¹ = Vin, R² = R³ = H; **5, 9** R¹ = Et, R² + R³ = (CH)₄;
6, 12 R¹ = Vin, R² + R³ = (CH)₄

в спектрах ЯМР ^1H халькогенофосфорилимидазолов **7, 9, 12**, тогда как в аналогичных спектрах соединений **8, 10, 11** присутствует узкий синглет в области 5.3–5.6 м. д. В спектрах ЯМР ^{13}C соединений **7–12** характерным является дублет при 67–68 м. д. ($^1J_{\text{PC}} \sim 57\text{--}59$ Гц для тиофосфорилимидазолов **7–9** и $^1J_{\text{PC}} = 49\text{--}52$ Гц для селенофосфорилимидазолов **10–12**). Неэквивалентность сигналов двух пиридинильных групп в спектрах ЯМР ^1H и ^{13}C соединений **7–12** обусловлена наличием хирального атома углерода во фрагменте $\text{OSHP}=\text{X}$.

Валентным колебаниям ассоциированной группы OH в ИК спектрах полученных α -гидроксифосфинхалькогенидов отвечает полоса поглощения в интервале $3108\text{--}3134\text{ см}^{-1}$.

Таким образом, гидрохалькогенофосфорилирование альдегидов азольного ряда вторичными пиридилфосфинхалькогенидами является простым атом-экономным методом синтеза новых полифункциональных хиральных гетероциклических соединений с имидазольными и пиридиновыми ядрами – высокорекреационноспособных строительных блоков для органического синтеза, предшественников оптически активных амфифильных лигандов для энантиоселективных процессов, а также прекурсорами для синтеза лекарственных препаратов, обладающих, например, антигипоксическими, кардио- и гепатопротекторными свойствами [16–18].

Спектры ЯМР ^1H , ^{13}C , ^{15}N , ^{31}P и ^{77}Se получены на спектрометре Bruker DPX 400 (400.13, 101.62, 40.56, 161.98 и 76.31 МГц соответственно) в CDCl_3 относительно ГМДС (ЯМР ^1H , ^{13}C), MeNO_2 (ЯМР ^{15}N), H_3PO_4 (ЯМР ^{31}P) и Me_2Se (ЯМР ^{77}Se). ИК спектры записаны на спектрометре Bruker IFS 25 в тонком слое. Опыты проводились в атмосфере аргона. Синтез 1-органил-2-формилимидазолов **3–6** описан в [19].

Бис[2-(2-пиридил)этил]фосфинселенид (2). Суспензию, состоящую из 25 г КОН, 6 мл H_2O и 55 мл ДМСО продувают аргоном и насыщают фосфиноводородной смесью, генерируемой в отдельной колбе добавлением 50% водного раствора КОН (200 г) к смеси 20 г красного фосфора в 70 мл толуоле при 70–75 °С. Полученную суспензию нагревают до 55–57 °С и прибавляют к ней по каплям 10.5 г (100 ммоль) раствора 2-винилпиридина, стабилизированного 0.02 г гидрохинона, в 15 мл ДМСО в течение 2 ч 20 мин при непрерывном пропускании фосфиноводородной смеси. Реакционную смесь перемешивают 30 мин при 55–57 °С, затем продувают аргоном, перемешивают еще 30 мин при этой же температуре, охлаждают, разбавляют 100 мл воды, экстрагируют эфиром (60 мл \times 5), эфирный экстракт промывают водой (30 мл \times 2) и пропускают через слой прокаленного K_2CO_3 . Эфир отгоняют, остаток перегоняют при 1 мм рт. ст., получают 9.32 г (76%) бис[2-(2-пиридил)этил]фосфина (ЯМР ^{31}P , $\delta = -69.6$ м. д.). К суспензии 1.26 г (16 ммоль) металлического селена в 30 мл бензола при перемешивании в течение 5 мин прибавляют раствор 3.91 г (16 ммоль) бис[2-(2-пиридил)этил]фосфина в 40 мл бензола; при этом температура реакционной смеси повышается до 35 °С и при этой температуре перемешивают еще 15 мин. Растворитель удаляют в вакууме, остаток промывают небольшим количеством гексана (0.9 мл \times 2), сушат в вакууме, получают 4.93 г (95%) фосфинселенида **2**, т. пл. 40–41 °С (из гексана). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.39, 2.75 (4H, м, CH_2P); 3.99 (4H, м, PyCH_2); 6.16 (1H, д, $^1J_{\text{PH}} = 439.8$, PH); 7.12 (2H, м, H-3, Py); 7.22 (2H, д, $^3J_{\text{HH}} = 7.7$, H-5, Py); 7.59 (2H, д, т, $^3J_{\text{HH}} = 7.8$, $^4J_{\text{HH}} = 1.7$, H-4, Py); 8.49 (2H, д, $^3J_{\text{HH}} = 4.9$, H-6, Py). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 27.31 (д, $^1J_{\text{PC}} = 45.3$, CH_2P); 30.92 (PyCH_2); 121.16 (C-5, Py); 122.63 (C-3, Py); 136.06 (C-4, Py); 148.64 (C-6, Py); 158.23 (д, $^3J_{\text{PC}} = 11.8$, C-2, Py). Спектр ЯМР ^{15}N , δ , м. д.: -72.8. Спектр ЯМР ^{77}Se , δ , м. д. (J , Гц): -415.7 ($^1J_{\text{P,Se}} = 704.3$). Спектр ЯМР ^{31}P (CDCl_3), δ , м. д.: 5.01. Найдено, %: C 51.96; H 5.29; N 8.64; P 9.49; Se 24.39. $\text{C}_{14}\text{H}_{17}\text{N}_2\text{PSe}$. Вычислено, %: C 52.02; H 5.30; N 8.67; P 9.58; Se 24.43.

Получение 2-{бис[2-(2-пиридил)этил]халькогенофосфорилгидроксиметил}-1-органилимидазолов 7–12 (общая методика). Смесь 1.1 ммоль альдегида **3–6** и 1.0 ммоль пиридилфосфинхалькогенида **1**, **2** в 3 мл этанола (в случае сульфида **1**) или в 2 мл ТГФ (при использовании селенида **2**) продувают аргоном и перемешивают при комнатной температуре 3 ч. Растворитель удаляют в вакууме, остаток промывают небольшими порциями этанола (0.3 мл \times 3), сушат в вакууме, получают соединения **7–12**, вязкие масла, растворимые в хлороформе, ацетоне, ДМСО.

2-{Бис[2-(2-пиридил)этил]тиофосфорилгидроксиметил}-1-этилимидазол (7). Выход 84%. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3134 (ν_{OH}), 573 ($\nu_{\text{P=S}}$). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.39 (3H, т, $^3J_{\text{HH}} = 7.3$, CH_3); 2.38, 2.54, 2.72 (4H, м, CH_2P); 2.99, 3.21 (4H, м, PyCH_2); 4.21 (2H, кв, $^3J_{\text{HH}} = 7.3$, NCH_2); 5.31 (1H, д, $^2J_{\text{HP}} = 1.8$, PCH); 5.92 (1H, уш. с, OH); 6.93, 7.03 (2H, два с, H-4,5, имидазольное кольцо); 7.05–7.24 (4H, м, H-5,3, Py); 7.55 (2H, м, H-4, Py); 8.44 (2H, м, H-6, Py). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 15.46 (CH_3); 25.96 (д, $^1J_{\text{PC}} = 48.3$, CH_2P); 27.25 (д, $^1J_{\text{PC}} = 48.3$, CH_2P); 29.55 (PyCH_2); 29.84 (PyCH_2); 41.98 (NCH_2); 67.40 (д, $^1J_{\text{PC}} = 56.7$, PCH); 119.70 (C-5, имидазольное кольцо); 121.10, 121.25 (C-5, Py); 122.80, 122.96 (C-3, Py); 126.57

(C-4, имидазольное кольцо); 136.33, 136.41 (C-4, Py); 142.55 (C-2, имидазольное кольцо); 148.56 (C-6, Py); 159.99 (д, $^3J_{PC} = 13.9$, C-2, Py); 159.72 (д, $^3J_{PC} = 11.6$, C-2, Py). Спектр ЯМР ^{31}P , δ , м. д.: 59.34. Найдено, %: C 59.73; H 6.29; N 13.84; P 7.61; S 8.13. $C_{20}H_{25}N_4OPS$. Вычислено, %: C 59.98; H 6.29; N 13.99; P 7.73; S 8.13.

2-{Бис[2-(2-пиридил)этил]тиофосфорилгидроксиметил}-1-винилимидазол (8). Выход 86%. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3112 (ν_{OH}), 576 ($\nu_{P=S}$). Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.35, 2.55, 2.71 (4H, м, CH_2P); 3.04, 3.20, 3.30 (4H, м, $PyCH_2$); 4.88 (1H, д, $^3J_{HH} = 8.4$, $=CH_2$, *цис*); 5.20 (1H, д, $^3J_{HH} = 15.4$, $=CH_2$, *транс*); 5.31 (1H, с, PCH); 6.24 (1H, уш. с, OH); 7.01–7.27, 7.45–7.59 (9H, м, H-4,5, имидазольное кольцо; $CH=$, H-5,3,4, Py); 8.43 (2H, м, H-6, Py). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 26.93 (д, $^1J_{PC} = 47.5$, CH_2P); 27.64 (д, $^1J_{PC} = 47.5$, CH_2P); 29.89 ($Py\text{---}CH_2$); 30.30 ($Py\text{---}CH_2$); 68.37 (д, $^1J_{PC} = 58.7$, PCH); 103.38 ($=CH_2$); 117.37 (C-5, имидазольное кольцо); 121.64, 121.80 (C-5, Py); 123.34, 123.53 (C-3, Py); 128.67 ($CH=$); 130.49 (C-4, имидазольное кольцо); 136.88, 137.07 (C-4, Py); 143.02 (C-2, имидазольное кольцо); 148.89, 148.99 (C-6, Py); 160.16 (д, $^3J_{PC} = 13.6$, C-2, Py); 160.38 (д, $^3J_{PC} = 11.9$, C-2, Py). Спектр ЯМР ^{31}P , δ , м. д.: 57.89. Найдено, %: C 60.41; H 5.79; N 14.02; P 7.55; S 7.97. $C_{20}H_{23}N_4OPS$. Вычислено, %: C 60.29; H 5.82; N 14.06; P 7.77; S 8.05.

2-{Бис[2-(2-пиридил)этил]тиофосфорилгидроксиметил}-1-этилбензимидазол (9). Выход 82%. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3112 (ν_{OH}), 564 ($\nu_{P=S}$). Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.29 (3H, т, $^3J_{HH} = 7.2$, CH_3); 2.39, 2.57, 2.76 (4H, м, CH_2P); 2.96, 3.18, 3.22 (4H, м, $PyCH_2$); 4.32, 4.50 (2H, м, NCH_2); 5.44 (1H, д, $^2J_{HP} = 3.3$, PCH); 6.99–7.21, 7.27–7.52 (9H, м, H-7,8,9, бензимидазольное кольцо; H-5,3,4, Py); 7.60 (1H, д, $^3J_{HH} = 7.8$, H-6, бензимидазольное кольцо); 8.36 (1H, д, $^3J_{HH} = 4.2$, H-6, Py); 8.40 (1H, д, $^3J_{HH} = 4.4$, H-6, Py). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 14.57 (CH_3); 26.24 (д, $^1J_{PC} = 47.1$, CH_2P); 27.48 (д, $^1J_{PC} = 47.5$, CH_2P); 29.60 ($Py\text{---}CH_2$); 29.94 ($Py\text{---}CH_2$); 39.89 (NCH_2); 68.19 (д, $^1J_{PC} = 57.9$, PCH); 109.81 (C-6, бензимидазольное кольцо); 119.04 (C-9, бензимидазольное кольцо); 121.13, 121.34 (C-5, Py); 122.06 (C-7, бензимидазольное кольцо); 122.66 (C-8, бензимидазольное кольцо); 122.89, 123.09 (C-3, Py); 134.54 (C-5, бензимидазольное кольцо); 136.40, 136.61 (C-4, Py); 141.36 (C-4, бензимидазольное кольцо); 148.44 (д, $^3J_{PC} = 2.8$, C-6, Py); 149.30 (C-2, бензимидазольное кольцо); 159.07 (д, $^3J_{PC} = 12.1$, C-2, Py); 159.99 (д, $^3J_{PC} = 14.3$, C-2, Py). Спектр ЯМР ^{31}P , δ , м. д.: 58.07. Найдено, %: C 63.86; H 6.01; N 12.39; P 6.79; S 7.08. $C_{24}H_{27}N_4OPS$. Вычислено, %: C 63.98; H 6.04; N 12.44; P 6.87; S 7.12.

2-{Бис[2-(2-пиридил)этил]селенофосфорилгидроксиметил}-1-этилимидазол (10). Выход 79%. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3127 (ν_{OH}), 470 ($\nu_{P=Se}$). Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.42 (3H, т, $^3J_{HH} = 7.3$, CH_3); 2.24, 2.49, 2.81 (4H, м, CH_2P); 2.96, 3.12, 3.30 (4H, м, $PyCH_2$); 4.21 (2H, кв, $^3J_{HH} = 7.3$, NCH_2); 5.36 (1H, с, PCH); 6.94, 7.05 (2H, два с, H-4,5, имидазольное кольцо); 7.09–7.69 (6H, м, H-5,3,4, Py); 8.47 (2H, H-6, Py). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 15.75 (CH_3); 25.62 (д, $^1J_{PC} = 40.5$, CH_2P); 26.80 (д, $^1J_{PC} = 40.5$, CH_2P); 30.58 ($Py\text{---}CH_2$); 31.05 ($Py\text{---}CH_2$); 42.15 (NCH_2); 67.35 (д, $^1J_{PC} = 52.3$, PCH); 119.73 (C-5, имидазольное кольцо); 121.22, 121.44 (C-5, Py); 122.99, 123.22 (C-3, Py); 127.34 (C-4, имидазольное кольцо); 136.39, 136.63 (C-4, Py); 142.42 (C-2, имидазольное кольцо); 148.64, 148.77 (C-6, Py); 159.76 (д, $^3J_{PC} = 11.8$, C-2, Py); 160.06 (д, $^3J_{PC} = 14.3$, C-2, Py). Спектр ЯМР ^{31}P , δ , м. д.: 51.48. Найдено, %: C 53.56; H 5.69; N 12.49; P 6.42; Se 17.57. $C_{20}H_{25}N_4OPSe$. Вычислено, %: C 53.69; H 5.63; N 12.52; P 6.92; Se 17.65.

2-{Бис[2-(2-пиридил)этил]селенофосфорилгидроксиметил}-1-винилимидазол (11). Выход 81%. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3108 (ν_{OH}), 475 ($\nu_{P=Se}$). Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.41, 2.68, 2.84 (4H, м, CH_2P); 3.06, 3.18, 3.38 (4H, м, $PyCH_2$); 4.86 (1H, д, $^3J_{HH} = 7.3$, $^2J_{HH} = 1.3$, $=CH_2$, *цис*); 5.17 (1H, д, $^3J_{HH} = 15.4$, $^2J_{HH} = 1.3$, $=CH_2$, *транс*); 5.33 (1H, с, PCH); 6.23 (1H, уш. с, OH); 6.98, 6.99 (2H, два с, H-4,5,

имидазольное кольцо); 7.05–7.26, 7.43–7.54 (7H, м, Н-5, Py; СН=; Н-3,4, Py); 8.41 (2H, Н-6, Py). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 26.52 (д, $^1J_{\text{PC}} = 40.3$, CH_2P); 27.14 (д, $^1J_{\text{PC}} = 40.3$, CH_2P); 30.80 ($\text{Py}\underline{\text{C}}\text{H}_2$); 31.28 ($\text{Py}\underline{\text{C}}\text{H}_2$); 67.74 (д, $^1J_{\text{PC}} = 49.5$, РСН); 103.59 ($=\text{CH}_2$); 117.37 (С-5, имидазольное кольцо); 121.64, 121.80 (С-5, Py); 123.34, 123.54 (С-3, Py); 128.67 (СН=); 130.49 (С-4, имидазольное кольцо); 136.87, 137.07 (С-4, Py); 143.02 (С-2, имидазольное кольцо); 148.89, 148.98 (С-6, Py); 159.95 (д, $^3J_{\text{PC}} = 11.9$, С-2, Py); 160.19 (д, $^3J_{\text{PC}} = 13.7$, С-2, Py). Спектр ЯМР ^{31}P , δ , м. д.: 50.38. Найдено, %: С 53.97; Н 5.23; N 12.53; P 6.86; Se 17.69. $\text{C}_{20}\text{H}_{23}\text{N}_4\text{OPSe}$. Вычислено, %: С 53.94; Н 5.21; N 12.58; P 6.95; Se 17.73.

2-{Бис[2-(2-пиридил)этил]селенофосфорилгидроксиметил}-1-винилбензимидазол (12). Выход 78%. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3112 (ν_{OH}), 470 ($\nu_{\text{P=Se}}$). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.45, 2.82, 2.86 (4H, м, CH_2P); 2.96, 3.23, 3.31 (4H, м, PyCH_2); 5.27 (1H, д, $^3J_{\text{HH}} = 8.2$, $=\text{CH}_2$, *цис*); 5.58 (1H, д, $^3J_{\text{HH}} = 15.1$, $=\text{CH}_2$, *транс*); 5.59 (1H, д, $^2J_{\text{HP}} = 2.6$, РСН); 6.99–7.22, 7.47–7.59 (10H, м, Н-7,8,9, бензимидазольное кольцо; СН=; Н-5,3,4, Py); 7.67 (1H, д, $^3J_{\text{HH}} = 7.7$, Н-6, бензимидазольное кольцо); 8.39 (2H, м, Н-6, Py). ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 25.82 (д, $^1J_{\text{PC}} = 40.5$, CH_2P); 26.86 (д, $^1J_{\text{PC}} = 40.5$, CH_2P); 30.39 ($\text{Py}\underline{\text{C}}\text{H}_2$); 31.11 ($\text{Py}\underline{\text{C}}\text{H}_2$); 67.28 (д, $^1J_{\text{PC}} = 51.6$, РСН); 109.71 ($=\text{CH}_2$); 111.31 (С-6, бензимидазольное кольцо); 119.82 (С-9, бензимидазольное кольцо); 121.25, 121.45 (С-5, Py); 122.76 (С-7, бензимидазольное кольцо); 123.16 (С-8, бензимидазольное кольцо); 123.40, 123.54 (С-3, Py); 129.98 ($=\text{CH}$); 133.74 (С-5, бензимидазольное кольцо); 136.43, 136.99 (С-4, Py); 142.39 (С-4, бензимидазольное кольцо); 148.36, 148.67 (С-6, Py); 149.26 (С-2, бензимидазольное кольцо); 159.55 (д, $^3J_{\text{PC}} = 14.7$, С-2, Py); 159.93 (д, $^3J_{\text{PC}} = 11.4$, С-2, Py). Спектр ЯМР ^{31}P , δ , м. д.: 51.09. Найдено, С 58.13; Н 5.07; N 11.29; P 6.18; Se 15.86. $\text{C}_{24}\text{H}_{25}\text{N}_4\text{OPSe}$. Вычислено, %: С 58.18; Н 5.08; N 11.31; P 6.25; Se 15.94.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 07-03-00562а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. D. J. Brown, W. B. Cowden, *Austral. J. Chem.*, **36**, 1469 (1983).
2. N. Evrard-Todeschi, J. Gharbi-Benarous, C. Gaillet, L. Verdier, G. Bertho, C. Lang, A. Parent, J. P. Girault, *Bioorg. Med. Chem.*, **8**, 1579 (2000).
3. R. A. Johnson, S. M. Huong, E. S. Huang, *Antiviral Res.*, **41**, 101 (1999).
4. L. Daulhac, C. Mallet, C. Courteix, M. Etienne, E. Duroux, A.-M. Privat, A. Eschalier, J. Fialip, *Mol. Pharmacol.*, **70**, 1246 (2006).
5. P. Henklova, R. Vrzal, J. Ulrichova, Z. Dvorák, *Chem.-Biol. Interact.*, **172**, 93 (2008).
6. A. Manessi, G. S. Papaefstathiou, C. P. Raptopoulou, A. Terzis, T. F. Zafiroopoulos, *J. Inorg. Biochem.*, **98**, 2052 (2004).
7. T.-R. Chen, R.-H. Chien, M.-S. Jan, A. Yeh, J.-D. Chen, *J. Organomet. Chem.*, **691**, 799 (2006).
8. A. Bastero, A. F. Bella, F. Fernandez, S. Jansat, C. Claver, M. Gomez, G. Muller, A. Ruiz, M. Font-Bardia, X. Solans, *Eur. J. Inorg. Chem.*, 132 (2007).
9. R. Wang, J. C. Xiao, B. Twamley, J. M. Shreeve, *Org. Biomol. Chem.*, **5**, 671 (2007).
10. C. Liu, A. Zhou, S. Wang, Z. Chen, *Acta Crystallogr.*, **E64**, 914 (2008).

11. Н. К. Гусарова, С. Н. Арбузова, А. М. Реуцкая, Н. И. Иванова, Л. В. Байкалова, Л. М. Синеговская, Н. Н. Чипанина, А. В. Афонин, И. А. Зырянова, *XГС*, 71 (2002). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **38**, 65 (2002)].
12. Л. В. Байкалова, И. А. Зырянова, Н. Н. Чипанина, Л. М. Синеговская, Н. И. Иванова, Т. В. Мамасева, Н. К. Гусарова, А. В. Афонин, Б. А. Трофимов, *ЖОХ*, **75**, 226 (2005).
13. Н. Н. Чипанина, Л. В. Байкалова, Л. М. Синеговская, Л. В. Каницкая, С. В. Федоров, И. А. Зырянова, Н. И. Иванова, А. М. Реуцкая, М. П. Тиунов, Н. К. Гусарова, Б. А. Трофимов, *ЖОХ*, **74**, 591 (2004).
14. Л. В. Байкалова, Н. Н. Чипанина, В. И. Сокол, Н. И. Иванова, Н. К. Гусарова, В. С. Сергиенко, П. Н. Андреев, Б. А. Трофимов, в кн. *XVIII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии*, Москва, 2007, с. 116 i.
15. N. K. Gusarova, M. V. Bogdanova, N. I. Ivanova, N. A. Chernysheva, V. G. Sukhov, L. M., Sinegovskaya, O. N. Kazheva, G. G. Alexandrov, O. A. D'yachenko, B. A. Trofimov, *Synthesis*, 3103 (2005).
16. X. X. Бабаниязов, М. А. Зайцева, С. П. Нечипоренко, Б. А. Трофимов, В. А. Баринов, Н. В. Пронина, З. Х. Бабаниязова, В. К. Станкевич, Л. В. Байкалова, Н. С. Грачев, Д. Д. Гришак, М. С. Некрасов, Пат. РФ 2290927; *Б. И.*, № 1 (2007).
17. Н. В. Пронина, X. X. Бабаниязов, С. П. Нечипоренко, Б. А. Трофимов, В. А. Баринов, З. Х. Бабаниязова, Л. В. Байкалова, В. К. Станкевич, М. С. Некрасов, Н. М. Хамидуллин, Д. Д. Гришак, Н. С. Грачев, Пат. РФ 2290928; *Б. И.*, № 1 (2007).
18. М. С. Некрасов, X. X. Бабаниязов, И. Р. Бобр, С. П. Нечипоренко, Б. А. Трофимов, В. А. Баринов, Н. В. Пронина, З. Х. Бабаниязова, В. К. Станкевич, Л. В. Байкалова, Д. Д. Гришак, Н. М. Хамидуллин, И. И. Шавва, Пат. РФ 2301062; *Б. И.*, № 17 (2007).
19. Л. В. Байкалова, Е. С. Домнина, Н. Н. Чипанина, А. В. Афонин, А. М. Шулунова, *Изв. АН, Сер. хим.*, 971 (1999).

*Иркутский институт химии
им. А. Е. Фаворского,
Иркутск 664033, Россия
e-mail: gusarova@irioc.irk.ru*

Поступило 31.07.2008