

УДК 546.18+546.786+541.49

О.О. Коваленко, А.І. Брусиловець

РЕАКЦІЇ АЛКОКСИДІВ ВОЛЬФРАМУ (VI) ЗІ СПОЛУКАМИ НИЗЬКОКООРДИНОВАНОГО ФОСФОРУ, ЩО МІСТЯТЬ КРАТНІ P=N-ЗВ'ЯЗКИ

Встановлено, що при взаємодії оксиалкоксидів вольфраму складу $WO(OR)_4$ ($R = Et, iPr$) зі сполуками $(Me_3Si)_2NPNSiMe_3$, $(Me_3Si)_2NPNCMe_3$, $(Me_3Si)_2NPS(NCMe_3)$ та $(Me_3Si)_2NP(NSiMe_3)_2$ у середовищі бензену відбуваються реакції 1,2-приєднання по кратному зв'язку P=N, які приводять до утворення чотиричленних вольфрамвмісних гетероциклів. Висновки про шляхи перебігу хімічних реакцій та будову одержаних сполук зроблені на основі даних ЯМР (^{31}P , ^{13}C , 1H) спектроскопічних досліджень.

ВСТУП. Сполуки двохкоординованого тривалентного та трьохкоординованого п'ятивалентного фосфору, які містять кратні зв'язки фосфор–нітроген, відкривають можливості для одержання нових типів координаційних і металоорганічних сполук, оскільки мають високу реакційну здатність і легко вступають в реакції з органічними, неорганічними та металоорганічними сполуками [1—3].

Раніше [4—15] нами було показано, що при взаємодії сполук типу $(Me_3Si)_2NPNSiMe_3$ (I), $(Me_3Si)_2NPNCMe_3$ (II), $(Me_3Si)_2NPS(NCMe_3)$ (III) та $(Me_3Si)_2NP(NSiMe_3)_2$ (IV) з алкоксидами та алкоксигридами Ti, Sn, Zr, Nb і Ta легко проходять реакції 1,2-приєднання по кратному P=N-зв'язку, які приводять до утворення чотиричленних металовмісних гетероциклів. У випадку протікання реакції зі сполуками I та II замикання циклу відбувається через містковий атом оксигену алкоксигрупи [5, 6], у випадку використання сполуки III — через атом сульфуру [7], а у випадку сполуки IV — через атом нітрогену [7, 8].

Інтерес до похідних алкоксидів вольфраму стрімко зріс за останнє двадцятиріччя. Це пов'язано з їх цікавими каталітичними властивостями в реакціях метатезису та полімеризації олефінів [16—19]. Накопичення інформації про взаємодію сполук вольфраму з поліфункціональними лігандами викликає велику зацікавленість в теоретичному плані та може бути важливим при їхньому практичному застосуванні, наприклад, при моделюванні каталізаторів.

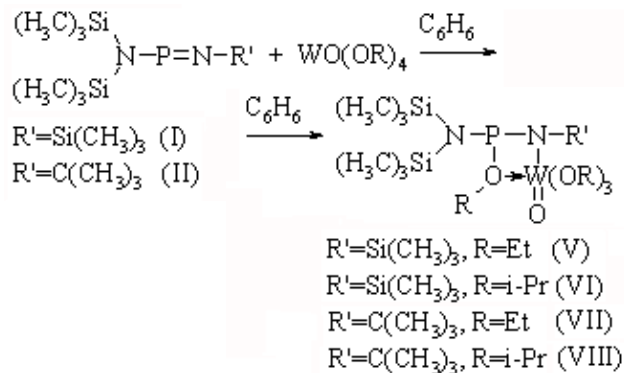
Враховуючи вищезазначене та продовжуючи попередні дослідження, нами була вивчена взаємодія оксиалкоксидів вольфраму складу $WO(OR)_4$,

де $R = Et, iPr$, зі сполуками I—IV.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Всі експериментальні дослідження були проведені при використанні стандартних методів роботи Шленка в середовищі аргону. Органічні розчинники перед використанням ретельно абсолютувалися за стандартними технологіями.

ЯМР-спектроскопічні дослідження виконували на приладі Varian Mercury з робочою частотою 400 МГц. Як дейтерований розчинник використовували C_6D_6 . Хімічні зсуви приведені в м.ч. по відношенню до $SiMe_4$ як внутрішнього стандарту (1H , ^{13}C) і 85 % H_3PO_4 — як зовнішнього стандарту (^{31}P). Сполуки I—IV одержані, як описано в літературі [20—22]. Оксиалкоксидами вольфраму синтезовано згідно з літературними даними [23].

Було встановлено, що при взаємодії оксиалкоксидів вольфраму складу $WO(OR)_4$, де $R=Et, iPr$, зі сполуками I та II в середовищі бензену легко протікає реакція 1,2-приєднання по кратному P=N-зв'язку, при цьому утворюються чотиричленні вольфрамвмісні гетероцикли, замкнуті містковим атомом оксигену алкоксигрупи:



© О.О. Коваленко, А.І. Брусиловець, 2010

Дані ЯМР-спектроскопії та елементного аналізу для сполук V—X

Сполука	Бруто-формула	Розраховано Знайдено, %			ЯМР-спектроскопічні дані (δ, м.ч.; J, Гц)
		C	H	N	
V	 $C_{17}H_{47}N_2O_5PSi_3W$	$\frac{31.00}{30.81}$	$\frac{7.19}{6.97}$	$\frac{4.25}{4.16}$	^{31}P 159.21; 1H 0.29(с, 9H, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 0.34 (с, 9H, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 0.57 (с, 9H, $NSi(CH_3)_3$), 1.25(т, 3H, $^3J_{HH}=6.8$, $POCH_2CH_3$), 1.31(т, 3H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 1.33(т, 3H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 1.35(т, 3H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 3.80(к, $^3J_{HH}=6.8$; д, $^3J_{PH}=4.0$, 1H, $POCH_2CH_3$), 3.95(к, $^3J_{HH}=6.8$; д, $^3J_{PH}=4.0$, 1H, $POCH_2CH_3$), 4.61(к, 2H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 4.79(к, 2H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 4.81(к, 2H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$); ^{13}C 3.76(д, $^3J_{PC}=3.0$, $NSi(CH_3)_3$), 4.83(с, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 4.95(д, $^3J_{PC}=24.0$, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 16.07(д, $^3J_{PC}=7.0$, $POCH_2CH_3$), 18.52(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 19.17(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 19.55(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 62.53(д, $^2J_{PC}=18.0$, $POCH_2CH_3$), 69.51(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 70.70(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 71.91 (с, $W(OCH_2CH_3)_3$)
VI	 $C_{21}H_{55}N_2O_5PSi_3W$	$\frac{35.29}{35.10}$	$\frac{7.76}{7.58}$	$\frac{3.92}{3.81}$	^{31}P 146.19; 1H 0.33(д, 9H, $^4J_{PH}=3.2$, $NSi(CH_3)_3$), 0.41(с, 9H, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 0.56(с, 9H, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 1.33(д, 3H, $^3J_{HH}=6.0$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 1.34(д, 3H, $^3J_{HH}=6.0$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 1.38(д, 3H, $^3J_{HH}=6.0$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 1.39(д, 3H, $^3J_{HH}=6.0$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 1.42 (д, 3H, $^3J_{HH}=6.4$, $POCH(CH_3)_2$), 1.43(д, 3H, $^3J_{HH}=6.0$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 1.44(д, 3H, $^3J_{HH}=6.4$, $POCH(CH_3)_2$), 1.46(д, 3H, $^3J_{HH}=6.0$ Гц, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 4.28(сеп, $^3J_{HH}=6.4$; д, $^3J_{PH}=6.8$, 1H, $POCH(CH_3)_2$), 4.94(сеп, 1H, $^3J_{HH}=6.0$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 4.95(сеп, 1H, $^3J_{HH}=6.0$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$); ^{13}C 4.31(д, $^3J_{PC}=2.0$, $NSi(CH_3)_3$), 4.65(д, $^3J_{PC}=19.0$, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 4.68(с, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 22.99(д, $^3J_{PC}=4.0$, $POCH(CH_3)_2$), 23.13(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 23.38(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 23.40(д, $^3J_{PC}=4.0$, $POCH(CH_3)_2$), 23.71(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 25.25(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 25.26(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 26.31(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 69.94(д, $^2J_{PC}=8.0$, $POCH(CH_3)_2$), 74.41(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 76.81(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 77.44(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$)
VII	 $C_{18}H_{47}N_2O_5PSi_2W$	$\frac{33.65}{33.45}$	$\frac{7.37}{7.28}$	$\frac{4.36}{4.27}$	^{31}P 144.92; 1H 0.35(д, 9H, $^4J_{PH}=4.8$, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 0.59 (с, 9H, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 1.27(т, 3H, $^3J_{HH}=7.2$, $POCH_2CH_3$), 1.32(т, 3H, $^3J_{HH}=7.2$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 1.33(т, 3H, $^3J_{HH}=7.2$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 1.35(т, 3H, $^3J_{HH}=7.2$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 1.43(с, 9H, $NC(CH_3)_3$), 3.78(к, $^3J_{HH}=7.2$; д, $^3J_{PH}=4.0$, 1H, $POCH_2CH_3$), 3.98(к, $^3J_{HH}=7.2$; д, $^3J_{PH}=4.0$, 1H, $POCH_2CH_3$), 4.64(к, 2H, $^3J_{HH}=7.2$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 4.79 (к, 2H, $^3J_{HH}=7.2$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 4.81(к, 2H, $^3J_{HH}=7.2$, $W(OCH_2CH_3)_3$); ^{13}C 3.65(д, $^3J_{PC}=3.0$, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 6.11 (д, $^3J_{PC}=23.0$, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 16.03(д, $^3J_{PC}=6.0$, $POCH_2CH_3$), 18.88(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 19.18(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 19.42(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 33.58(д, $^3J_{PC}=1.0$, $NC(CH_3)_3$), 58.92(д, $^2J_{PC}=2.0$, $NC(CH_3)_3$), 62.43(д, $^2J_{PC}=19.0$, $POCH_2CH_3$), 69.49(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 71.00(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 71.44 (с, $W(OCH_2CH_3)_3$)

Сполука	Бруто-формула	Розраховано, % Знайдено			ЯМР-спектроскопічні дані (δ, м.ч.; J, Гц)
		C	H	N	
VIII	 $C_{22}H_{55}N_2O_5PSi_2W$	37.82 37.63	7.93 7.73	4.01 3.90	^{31}P 135.71; 1H 0.38(д, 9H, $^4J_{PH}=4.4$, $N(Si(CH_3)_3)$, 0.60(с, 9H, $N(Si(CH_3)_3)_2$), 1.33(д, 3H, $^3J_{HH}=6.4$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 1.36(д, 3H, $^3J_{HH}=6.4$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 1.38(д, 3H, $^3J_{HH}=6.4$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 1.39(д, 3H, $^3J_{HH}=6.4$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 1.43(д, 3H, $^3J_{HH}=6.4$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 1.44(д, 3H, $^3J_{HH}=6.4$, $POCH(CH_3)_2$), 1.45(с, 9H, $NC(CH_3)_3$), 1.46(д, 3H, $^3J_{HH}=6.4$, $POCH(CH_3)_2$), 1.48(д, 3H, $^3J_{HH}=6.4$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 4.33(сеп, $^3J_{HH}=6.4$; д, $^3J_{PH}=8.0$, 1H, $POCH(CH_3)_2$), 4.96(сеп, 1H, $^3J_{HH}=6.4$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 4.99(сеп, 1H, $^3J_{HH}=6.4$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 5.09(сеп, 1H, $^3J_{HH}=6.4$, $W(OCH(CH_3)_2)_3$); ^{13}C 3.49(д, $^3J_{PC}=2.0$, $N(Si(CH_3)_2)$), 6.34(д, $^3J_{PC}=23.0$, $N(Si(CH_3)_2)$), 22.37(д, $^3J_{PC}=6.0$, $POCH(CH_3)_2$), 22.64(д, $^3J_{PC}=4.0$, $POCH(CH_3)_2$), 23.07(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 23.49(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 23.64(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 24.52(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 24.74(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 25.59(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 32.98(с, $NC(CH_3)_3$), 57.46(с, $NC(CH_3)_3$), 69.42(д, $J_{PC}=10.0$, $POCH(CH_3)_2$), 73.76(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 75.68(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$), 75.93(с, $W(OCH(CH_3)_2)_3$)
IX	 $C_{18}H_{47}N_2O_5PSSi_2W$	32.05 31.84	7.02 6.81	4.15 4.01	^{31}P 55.89(т, $^3J_{HP}=4.8$); 1H 0.30(с, 9H, $N(Si(CH_3)_2)$), 0.47(с, 9H, $N(Si(CH_3)_2)$), 1.08(т, 3H, $^3J_{HH}=6.8$, $POCH_2CH_3$), 1.19(т, 3H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 1.32(т, 3H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 1.34(т, 3H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 1.73(с, 9H, $NC(CH_3)_3$), 4.27(к, $^3J_{HH}=6.8$, д, $^3J_{PH}=4.8$, 1H, $POCH_2CH_3$), 4.64(к, $^3J_{HH}=6.8$, д, $^3J_{PH}=4.8$, 1H, $POCH_2CH_3$), 4.80(к, 2H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 4.88(к, 2H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$), 4.95(к, 2H, $^3J_{HH}=6.8$, $W(OCH_2CH_3)_3$); ^{13}C 4.29(д, $^3J_{PC}=2.0$, $N(Si(CH_3)_2)$), 5.31(д, $^3J_{PC}=2.0$, $N(Si(CH_3)_2)$), 15.63(д, $^3J_{PC}=10.0$, $POCH_2CH_3$), 18.62(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 19.04(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 19.82(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 33.97(д, $^3J_{PC}=7.0$, $NC(CH_3)_3$), 60.95(д, $^2J_{PC}=7.0$, $NC(CH_3)_3$), 64.57(д, $^2J_{PC}=5.0$, $POCH_2CH_3$), 71.71(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 71.75(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 72.60(с, $W(OCH_2CH_3)_3$)
X	 $C_{20}H_{56}N_3O_5PSi_4W$	32.21 32.00	7.57 7.37	5.63 5.49	^{31}P 20.91(т, $^3J_{HP}=6.4$); 1H 0.35(с, 9H, $NSi(CH_3)_3$), 0.45(с, 9H, $NSi(CH_3)_3$), 0.48(с, 18H, $N(Si(CH_3)_2)_2$), 1.10(т, 3H, $^3J_{HH}=7.2$, $POCH_2CH_3$), 1.34(ш.с, $\Delta^{1/2}h=28.8$ Гц, 9H, $W(OCH_2CH_3)_3$), 4.28(к, $^3J_{HH}=7.2$; д, $^3J_{PH}=6.4$, 2H, $POCH_2CH_3$), 4.91(ш.с, $\Delta^{1/2}h=31.2$ Гц, 6H, $W(OCH_2CH_3)_3$); ^{13}C 3.72(д, $^3J_{PC}=1.0$, $N(Si(CH_3)_2)$), 4.97(д, $^3J_{PC}=2.0$, $NSi(CH_3)_3$), 7.16(д, $^3J_{PC}=1.0$, $NSi(CH_3)_3$), 16.31(д, $^3J_{PC}=8.0$, $POCH_2CH_3$), 18.59(с, $W(OCH_2CH_3)_3$), 62.80(д, $^3J_{PC}=6.0$, $POCH_2CH_3$), 71.69(с, $W(OCH_2CH_3)_3$)

доциклічний атом оксигену, зв'язаний з атомом фосфору та вольфраму, для сполук V—VIII. У випадку ж сполуки IX різниця полягає лише в

присутності ендоциклічного атома сульфуру замість ендоциклічного атома оксигену, який в даному випадку екзоциклічний та зв'язаний лише з

атомом фосфору. В свою чергу аксіальне положення займають два атоми кисню, один з яких зв'язаний з атомом вольфраму подвійним зв'язком, а інший належить алкоксигрупі. У випадку сполуки X три етоксигрупи, зв'язані з атомом вольфраму, еквівалентні, але сигнали атомів карбону для WOCH_2CH_3 -груп у ЯМР ^{13}C -спектроскопії значно уширені, порівняно з аналогічними сигналами для сполук V—IX, що, очевидно, обумовлено політопним перегрупуванням координаційних поліедрів.

Потрібно зазначити, що гексаєтоксид вольфраму, отриманий за раніше описаним методом [25], не реагує зі сполукою I та II навіть при нагріванні, а зі сполуками III та IV реакція протікає з утворенням цілого ряду сполук, про що свідчать дані ЯМР-спектроскопії ^{31}P , природу яких встановити не вдалося.

ВИСНОВКИ. Отже, нами вперше було досліджено взаємодію між алкоксидами, оксиалкоксидами вольфраму та сполуками двокоординованого тривалентного і трьохкоординованого п'ятивалентного фосфору, які містять кратні зв'язки фосфор—нітроген. На основі вищесказаного можна зробити висновок, що при взаємодії оксиалкоксидів вольфраму складу $\text{WO}(\text{OR})_4$, де $\text{R} = \text{Et}$, ^iPr , зі сполуками I та II у середовищі бензену відбувається реакція 1,2-приєднання по кратному $\text{P}=\text{N}$ -зв'язку, при цьому утворюються чотиричленні вольфрамвмісні гетероцикли, замкнуті містковим атомом кисню алкоксигрупи. У випадку ж взаємодії $\text{WO}(\text{OEt})_4$ зі сполуками III та IV у середовищі бензену протікає аналогічна реакція з утворенням чотиричленних вольфрамвмісних гетероциклів, але замикання циклів відбувається через атоми сульфору і нітрогену відповідно.

РЕЗЮМЕ. Установлено, что при взаимодействии оксиалкоксидов вольфрама состава $\text{WO}(\text{OR})_4$ ($\text{R} = \text{Et}$, ^iPr) с соединениями $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NPNSiMe}_3$, $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NPNMe}_3$, $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NPS}(\text{NCMe}_3)$ и $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NP}(\text{NSiMe}_3)_2$ в среде бензола происходят реакции 1,2-присоединения по кратной связи $\text{P}=\text{N}$, которые приводят к образованию четырехчленных вольфрамсодержащих гетероциклов. Выводы о путях прохождения химических реакций и строении полученных веществ сделаны на основании данных ЯМР (^{31}P , ^{13}C , ^1H) спектроскопических исследований.

SUMMARY. Ascertained, that the reactions of $\text{WO}(\text{OR})_4$ ($\text{R} = \text{Et}$, ^iPr) with $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NPNSiMe}_3$, $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NPNMe}_3$, $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NPS}(\text{NCMe}_3)$ and $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NP}(\text{NSiMe}_3)_2$ in benzene solution undergo via 1,2-addition and subsequently a metallacycle formation. All interactions were investigated by ^1H , ^{13}C , ^{31}P NMR spectroscopy.

NPNCMe₃, (Me₃Si)₂NPS(NCMe₃) and (Me₃Si)₂NP(NSiMe₃)₂ in benzene solution undergo via 1,2-addition and subsequently a metallacycle formation. All interactions were investigated by ¹H, ¹³C, ³¹P NMR spectroscopy.

1. Regitz M., Scherer O.J. // Multiple Bonds and Low Coordination in Phosphorus Chemistry. -New York: Thieme Publ. Group, 1990.
2. Witt M., Roesky H.W. // Chem. Rev. -1994. -**94**. -P. 1163—1181.
3. Markovski L.N., Romanenko V.D., Ruban A.V. // Pure & Appl. Chem. -1987. - **59**, № 8. -P. 1047—1052.
4. Brusilovets A., Bdjhola V., Lis T., Sovitsky A. // Phosphorus, Sulfur and Silicon. -1999. -**144—146**. -P. 729—732.
5. Брусиловец А.И., Русанов Э.Б., Чернега А.Н., Бджола В.Г. // Журн. общ. химии. -1996. -**66**, № 2. -С. 228—232.
6. Брусиловец А.И., Трачевский В.В. // Там же. -1990. -**60**, № 7. -С. 1676—1678.
7. Русанов Э.Б., Брусиловец А.И., Чернега А.Н. // Там же. -1992. -**62**, № 11. -С. 2551—2558.
8. Трачевский В.В., Брусиловец А.И., Корендович И.В. и др. // Укр. хим. журн. -2002. -**68**, № 7. -С. 14—18.
9. Брусиловец А.И., Русанов Э.Б., Немыкин В.Н. // Журн. общ. химии. -1989. -**59**, № 8. -С. 1893—1894.
10. Брусиловец А.И., Русанов Э.Б. // Там же. -1989. -**59**, № 9. -С. 2149—2150.
11. Брусиловец А.И. // Там же. -1990. -**60**, № 1. -С. 216—217.
12. Брусиловец А.И., Трачевский В.В., Аверков А.И. // Там же. -1990. -**60**, № 6. -С. 1435—1436.
13. Брусиловец А.И., Корендович И.В. // Укр. хим. журн. -1997. -**63**, № 12. -С. 84—88.
14. Брусиловец А.И., Бджола В.Г. // Там же. -1997. -**63**, № 11. -С. 6—10.
15. Брусиловец А.И., Бджола В.Г., Лис Т. // Журн. общ. химии. -1998. -**68**, № 7. -С. 1112—1115.
16. Schrock R.R. // Chem. Rev. -2009. -**109**. -P. 3211—3226.
17. Vintonyak V.V., Maier M.E. // Angew. Chem. Int. Ed. -2007. -**46**. -P. 5209—5211.
18. Kress J., Osborn J.A. // J. Amer. Chem. Soc. -1983. -**105**. -P. 6346—6347.
19. Dodda H.T., Rutta K.J. // J. Mol. Catal. -1982. -**15**. -P. 103—110.
20. Niecke E., Flick W. // Angew. Chem. -1973. -**85**, № 13. -P. 586—587.
21. Scherer O.J., Kuhn N. // J. Organomet. Chem. -1974. -**82**, № 1. -P. 3—6.
22. Markovski L.N., Romanenko V.D., Ruban A.V. // Synthesis. -1979. -№ 10. -P. 811—813.
23. Кучейко С.И., Турова Н.Я., Козлова Н.И., Жаданов Б.В. // Координац. химия. -1985. -11, № 11. -С. 1521—1528.
24. Брусиловец А.И. // Докл. АН УССР. Сер. Б. -1998. -№ 2. -С. 39—41.
25. Кучейко С.И., Турова Н.Я., Козлова Н.И. // Координац. химия. -1985. -**11**, № 12. -С. 1656—1662.