

УДК 547.854.83 + 547.856.1

А.И. Васькевич, В.И. Станинец

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗАМЕЩЕННЫХ 2-АЛЛИЛТИОПИРИМИДИН-4(3H)-ОНОВ
С АРИЛСУЛЬФЕНИЛХЛОРИДАМИ**

Изучена реакция замещенных 2-аллилтиопиримидин-4(3H)-онов с арилсульфенилхлоридами. Найдена зависимость влияния добавок перхлората лития и полярности растворителя на соотношение продуктов реакции. Показано, что с ростом ионной силы среды увеличиваются выходы продуктов циклообразования, а в малополярных растворителях преимущественно происходит присоединение ArSCl по кратной $\text{C}=\text{C}$ связи.

Реакции сульфенилхлоридов с ненасыщенными системами — один из наиболее удобных способов функционализации соединений, позволяющих в зависимости от условий получать широкий спектр различных веществ.

Сульфенилхлориды относят к слабым электрофилам, поэтому их реакции с кратной $\text{C}=\text{C}$ связью обычно приводят к продуктам присоединения RSCl , в то время как присоединение сильных электрофилов часто сопровождается перегруппировками, участием внешнего нуклеофила, миграциями заместителей и т.п. [1].

В средах умеренной полярности электрофильное присоединение RSCl протекает через образование интермедиатов малополярных ионных пар или сульфурана. Увеличение ионизирующей способности растворителя способствует увеличению эффективной электрофильности RSCl , что в свою очередь приводит к увеличению полярности интермедиата (образуется разделенная ионная пара или эписульфониевый ион) [2]. Еще одна возможность достичь этого — использование перхлората лития, действие которого основано на так называемом "солевом эффекте" [1—4]. Именно промежуточное образование разделенной ионной пары или эписульфониевого иона приводит к реализации неаддитивного направления реакции — перегруппировкам, циклизациям, участию внешнего нуклеофила [5].

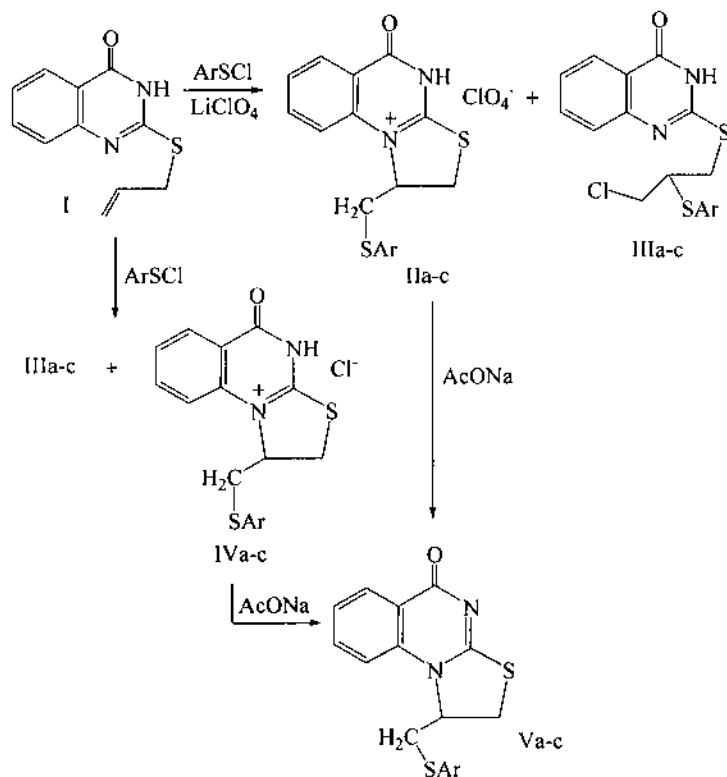
Ранее нами сообщалось, что взаимодействие 2-аллилтиопиримидин-4(3H)-онов с $4\text{-NO}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SCl}$ ведет к образованию продуктов присоединения, в то время как при использовании в качестве электрофила бензтиазолилсульфенилхлорида происходила циклизация [6]. Такое различие в региоселективности заставило нас внимательнее

рассмотреть влияние природы RSCl и условий проведения реакции на соотношение продуктов. Используя те же субстраты — производные 2-аллилмеркаптопиримидин-4(3H)-онов мы расширили круг арилсульфенилхлоридов (*para*-нитрофенилсульфенилхлорид, фенилсульфенилхлорид, *para*-толилсульфенилхлорид), варьировали растворители (нитрометан, хлороформ, уксусная кислота), а также изучали влияние добавок перхлората лития.

Так, взаимодействием соединения I с ArSCl в нитрометане с добавлением эквимолярного количества LiClO_4 получены вещества II а–с и незначительное количество продуктов присоединения против правила Марковникова III а–с (схема 1, табл. 1). При проведении реакции в нитрометане в отсутствие перхлората лития отмечалось снижение на треть выходов циклических солей IV а–с, а при проведении реакции в хлороформе получены в основном продукты присоединения III а–с.

Из этих данных можно сделать вывод, что, как и предполагалось, увеличение полярности растворителя, а также добавление в среду соли хлорной кислоты, способствует большему участию внутреннего нуклеофила на завершающей стадии реакции и увеличивают выходы циклических продуктов.

Соотношение продуктов реакции установлено при помощи ЯМР ^1H спектроскопии по соответствующим реперным химическим сдвигам. Для соединений II а и IV а выбран метиновый протон тиазолинового ядра, химический сдвиг которого находился в области 5.71—5.87 м.д. Аналогично для II б, IV б — при 5.49—5.70 м.д., а для II с и IV с — в области 5.42—5.68 м.д. Для соединения III а соотношение определялось по химическим сдвигам группировки $\text{CH}(\text{SAr})$ при 4.39—



Ar = 4-NO₂-C₆H₄ (a), C₆H₅ (b), 4-CH₃-C₆H₄ (c).

Схема 1.

4.45 м.д., аналогично для III с — в области 3.83—3.87 м.д., а для III б — по химическому сдвигу метиленовой группы при 3.56—3.73 м.д.

Дальнейшая обработка солей II а-с и IV а-с в ДМСО водным раствором ацетата натрия приводит к образованию ангулярных соединений V а-с.

Аналогичные результаты получены при

проведении реакции соединения VI с ArSCl в хлороформе, нитрометане, нитрометане в присутствии эквимольного количества LiClO₄ (схема 2, табл. 1). Кроме того, для соединения VI проводились реакции в уксусной кислоте и уксусной кислоте с эквимольным количеством LiClO₄. Полученные результаты сопоставимы с результатами использования в качестве растворителя нитрометана.

Соотношение продуктов реакции установлено при помощи ЯМР ¹H спектроскопии по соответствующим реперным химическим сдвигам. Так, для соединений VII а и IX а выбран метиновый протон тиазолинового ядра, химический сдвиг которого находился в области 5.23—5.39 м.д. Аналогично для VII б, IX б — при 5.04—5.23 м.д., а для VII с и IX с — в области 5.04—5.21 м.д. Для соединений VIII а соотношение определялось по химическим сдвигам группировки CH(SAr) при 4.32—4.36 м.д., аналогично для VIII с — в области 3.80—3.83 м.д., а для VIII б — по химическому сдвигу метиленовой группы при 3.43—3.65 м.д. (табл. 2,3).

Для получения соединений X а-с раствор солей VII а-с и IX а-с в ДМСО обрабатывался водным раствором ацетата натрия.

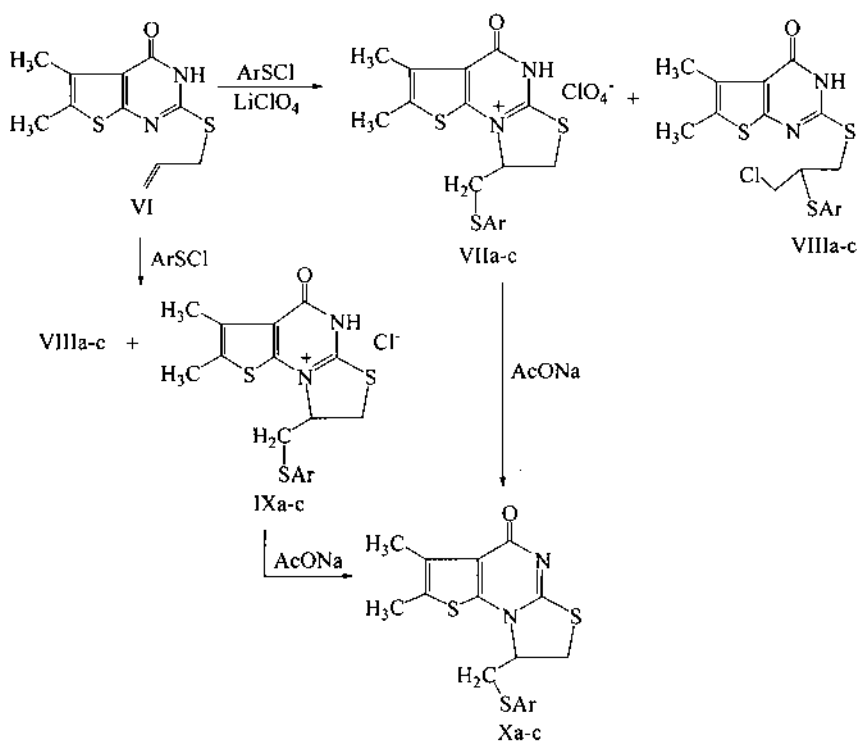
Взаимодействием аллилтиопиридина XI с арилсульфенилхлоридами в присутствии перхлората лития в нитрометане получены соли циклических соединений XII а-с и XIII а-с в соотношении 4:3 соответственно (схема 3). В спектрах ЯМР ¹H прореагировавшей реакционной смеси

Т а б л и ц а 1

Соотношение продуктов взаимодействия соединений I, VI с ArSCl *

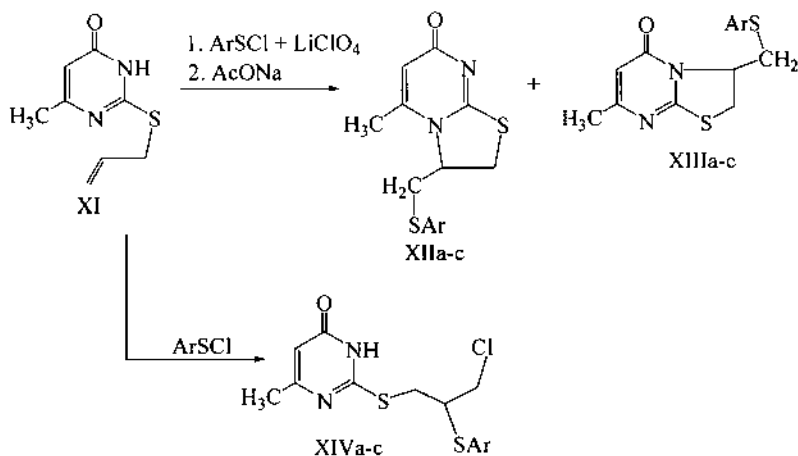
Условия проведения реакции	ArSCl		
	4-NO ₂ -C ₆ H ₄ -SCl	C ₆ H ₅ -SCl	4-CH ₃ -C ₆ H ₄ -SCl
CH ₃ NO ₂ (LiClO ₄)	II а : III а = 7:3	II б : III б = 20:1	II с : III с = 9:1
CH ₃ NO ₂	III а : IV а = 3:2	III б : IV б = 3:7	III с : IV с = 3:7
CHCl ₃	III а : IV а = 30:1	III б : IV б = 15:1	III с : IV с = 30:1
CH ₃ NO ₂ (LiClO ₄)	VII а : VIII а = 3:1	VII б : VIII б = 20:1	VII с : VIII с = 7:1
CH ₃ NO ₂	VIII а : IX а = 3:2	VIII б : IX б = 2:3	VIII с : IX с = 4:7
CHCl ₃	VIII а : IX а = 45:1	VIII б : IX б = 15:1	VIII с : IX с = 45:1
CH ₃ COOH	VIII а : IX а = 7:3	VIII б : IX б = 2:3	VIII с : IX с = 3 : 7
CH ₃ COOH (LiClO ₄)	VII а : VIII а = 3:1	VII б : VIII б = 30:1	VII с : VIII с = 45:1

* Устанавливалось с помощью ЯМР ¹H спектроскопии.



Ar = 4-NO₂-C₆H₄ (a), C₆H₅ (b), 4-CH₃-C₆H₄ (c).

Схема 2.



Ar = 4-NO₂-C₆H₄ (a), C₆H₅ (b), 4-CH₃-C₆H₄ (c).

Схема 3.

были зафиксированы незначительные количества продуктов присоединения XIV а-с (химический сдвиг реперного метинового протона наблюдался при 4.35 м.д. для XIV а, 3.72—3.77 м.д. для XIV с, а для XIV б химический сдвиг реперной метиленовой группы был при 3.44—3.63 м.д.). Замыкающие кольца на атомы N¹ или N³ пиримидина XI

можно объяснить стерическими затруднениями, которые оказывает метильная группа в положении 6 пиримидинового ядра. Иного характера результаты получены при проведении реакции в хлороформе, где в реакционной смеси идентифицированы в основном продукты присоединения XIV а-с и с выходом 2—7 % — продукты циклизации.

Соотношение солей соединений XII а-с и XIII а-с установлено по химическому сдвигу метинового протона тиазolinoвого ядра. Так, для солей соединения XII а химический сдвиг был зафиксирован при 5.26—5.36 м.д., для XII б — в области 5.21, для XII с — при 5.15 м.д. Немного отличаются реперные химические сдвиги соответствующих им изомерных соединений: 5.14 м.д. для XIII а, 5.05 м.д. для XIII б и 5.01 м.д. для XIII с.

В ИК-спектрах соединений II а-с и VII а-с наблюдаются валентные колебания карбонильной группы пиримидинового ядра в области 1745—1730 см⁻¹, а также колебания группы ClO₄⁻ в области 1140—1055 см⁻¹. Для соответствующих оснований V а-с и X а-с колебания C=O группы наблюдались при 1660—1640 см⁻¹. Для соединений III а-с и VIII а-с колебания карбонильной группы отмечались при 1695—1670 см⁻¹. Существенно отличались также колебания карбонильной группы для соединений XII а-с и XIII а-с. Так, для XII а-с ν(C=O) они наблюдались при 1655—1650 см⁻¹, а для XIII а-с — при 1685—1680 см⁻¹ (табл. 3). Различие полос поглощения карбонильной группы обусловлено разной степенью сопряжения группы C=O с пиримидиновым ядром.

ИК-спектры записаны на приборе UR-20 в таблетках KBr. Спектры ЯМР ¹H растворов веществ в ДМСО-*d*₆ получены на спектрометре Varian VXR-300 (300 МГц) с внутренним стандар-

том.

Выходы, температуры плавления и данные элементного анализа соединений II, III, V, VII, VIII, X, XII—XIV

Соединение	Выход, %	$T_{пл}^{\circ}C$	Найдено, %				Брутто-формула	Вычислено, %				
			C					C				
			C	H	Cl	N		C	H	Cl	N	S
II a	59 ^a	256–258 ¹	43.19	2.83	7.43	8.79	13.64	43.27	2.99	7.51	8.90	13.59
II b	65 ^a	250–252 ¹	47.71	3.52	8.16	6.42	14.96	47.83	3.54	8.30	6.56	15.02
II c	84 ^a	217–219 ¹	48.89	3.77	7.93	6.27	14.63	49.03	3.89	8.04	6.39	14.54
III b	83 ^c	165–166 ²	56.21	4.05	9.83	7.65	17.54	56.27	4.17	9.77	7.72	17.67
III c	58 ^c	166–167 ²	57.26	4.49	9.37	7.36	17.07	57.36	4.55	9.41	7.43	17.01
V a	69	209–211 ¹	54.85	3.47	—	11.18	17.13	54.97	3.53	—	11.31	17.27
V b	77	169–171 ³	62.48	4.31	—	8.53	19.62	62.55	4.32	—	8.58	19.65
V c	86	140–142 ¹	63.44	4.63	—	8.17	18.70	63.50	4.74	—	8.23	18.84
VII a	61 ^a , 56 ^c	209–211 ¹	40.31	3.13	6.95	8.16	18.94	40.35	3.19	7.01	8.30	19.01
VII b	74 ^a , 78 ^c	247–249 ¹	44.16	3.68	7.52	6.04	20.83	44.29	3.72	7.69	6.08	20.87
VII c	76 ^a , 82 ^c	262–265 ¹	45.39	3.95	7.31	5.78	20.21	45.51	4.03	7.46	5.90	20.25
VIII b	78 ^c	170–172 ²	51.38	4.23	8.79	7.03	24.13	51.44	4.32	8.93	7.06	24.23
VIII c	76 ^c	170–171 ¹	52.54	4.63	8.53	6.77	23.34	52.60	4.66	8.63	6.82	23.40
X a	71	213–215 ¹	50.18	3.71	—	10.25	23.63	50.35	3.73	—	10.36	23.72
X b	83	161–162 ³	56.57	4.36	—	7.71	26.58	56.64	4.47	—	7.77	26.68
X c	82	161–163 ³	57.63	4.75	—	7.43	25.66	57.72	4.84	—	7.48	25.68
XII a	34	216–217 ¹	50.01	3.83	—	12.39	18.99	50.14	3.91	—	12.53	19.12
XII b	33	178–180 ³	57.82	4.78	—	9.57	22.07	57.90	4.86	—	9.65	22.08
XII c	36	162–164 ³	58.97	5.29	—	9.14	21.03	59.18	5.30	—	9.20	21.06
XIII a	21	175–176 ¹	50.03	3.85	—	12.47	19.07	50.14	3.91	—	12.53	19.12
XIII b	26	99–101 ³	57.78	4.77	—	9.64	21.99	57.90	4.86	—	9.65	22.08
XIII c	27	90 ³	59.06	5.26	—	9.19	21.09	59.18	5.30	—	9.20	21.06
XIV b	59	132–133	51.26	4.53	10.73	8.43	19.57	51.44	4.63	10.85	8.57	19.62
XIV c	63	148–149 ¹	52.74	5.07	10.36	8.18	18.71	52.85	5.03	10.40	8.22	18.81

¹ Соединение кристаллизовано из метанола; ² из ацетона; ³ из этилацетата; ^a соединение получено по методике A; ^c по методике C; ^e по методике E.

Соединение	ЯМР ¹ H, δ м.д., J, Гц	ν, см ⁻¹
II a	3.61–3.94 м (3H, CH ₂ + CH); 4.03–4.09 м (1H, CH); 5.83–5.90 м (1H, CH); 7.47 д (2H, 2CH _{аром} , J 9.3); 7.55 т (1H, CH _{аром} , J 8.1); 7.69 д (1H, CH _{аром} , J 8.4); 7.89–7.98 м (4H, 4CH _{аром})	1730 (C=O), 1130 (CЮ ₄), 1060 (CЮ ₄)
II b	3.38–3.77 м (3H, CH ₂ + CH); 4.03–4.09 м (1H, CH); 5.70 м (1H, CH); 7.19–7.34 м (5H, 5CH _{аром}); 7.43 д (1H, 1CH _{аром} , J 8.4); 7.54 т (1H, CH _{аром} , J 7.8); 7.84 т (1H, 1CH _{аром} , J 8.1); 8.00 д (1H, CH _{аром} , J 7.5)	1745 (C=O), 1130 (CЮ ₄), 1055 (CЮ ₄)
II c	2.23 с (3H, CH ₃); 3.30–3.75 м (3H, CH ₂ + CH); 4.01–4.08 м (1H, CH); 5.65 м (1H, CH); 6.95 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.1); 7.19 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.1); 7.37 д (1H, 1CH _{аром} , J 8.4); 7.54 т (1H, CH _{аром} , J 7.8) 7.82 т (1H, CH _{аром} , J 8.4); 7.99 д (1H, 1CH _{аром} , J 9.3)	173 (C=O), 1110 (CЮ ₄), 1080 (CЮ ₄)
III b	3.55–3.73 м (2H, CH ₂); 3.92–4.08 м (3H, CH + CH ₂); 7.32–7.60 м (7H, 7 CH _{аром}); 7.78 т (1H, 1CH, J 8.7); 8.04 д (1H, 1CH, J 8.1); 12.68 с (1H, NH)	1695 (C=O)
III c	2.33 с (3H, CH ₃); 3.53–3.68 м (2H, CH ₂); 3.80–4.02 м (3H, CH + CH ₂); 7.21–7.29 м (3H, 3CH _{аром}); 7.40–7.48 м (3H, 3CH _{аром}); 7.76 т (1H, 1CH, J 8.4); 8.03 д (1H, 1CH, J 9.0); 12.64 с (1H, NH)	1690 (C=O)
V a	3.49–3.53 м (1H, CH); 3.58–3.87 м (2H, 2CH); 3.92–3.98 м (1H, CH); 5.65–5.71 м (1H, CH); 7.39–7.46 м (3H, 3CH _{аром}); 7.53 д (1H, CH _{аром} , J 8.1); 7.77 т (1H, CH _{аром} , J 8.1); 7.86–7.95 м (3H, 3CH _{аром})	1655 (C=O)
V b	3.28–3.56 м (3H, CH + CH ₂); 3.89–3.95 м (1H, CH); 5.38–5.43 м (1H, CH); 7.15 д (1H, 1CH _{аром} , J 8.4); 7.25–7.42 м (6H, 6CH _{аром}); 7.66 т (1H, 1CH _{аром} , J 7.2); 7.95 д (1H, CH _{аром} , J 9.0)	1660 (C=O)
V c	2.26 с (3H, CH ₃); 3.24–3.53 м (3H, CH + CH ₂); 3.87–3.93 м (1H, CH); 5.31–5.38 м (1H, CH); 7.05 м (3H, 3CH _{аром}); 7.27 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.4); 7.39 т (1H, CH _{аром} , J 7.5); 7.64 т (1H, 1CH _{аром} , J 7.2); 7.94 д (1H, CH _{аром} , J 7.2)	1655 (C=O)
VII a	2.23 с (3H, CH ₃); 2.40 с (3H, CH ₃); 3.67–3.96 м (3H, CH + CH ₂); 4.04–4.10 м (1H, CH); 5.37 м (1H, CH); 7.54 д (2H, 2CH _{аром} , J 7.8); 8.02 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.4)	1730 (C=O), 1130 (CЮ ₄), 1060 (CЮ ₄)
VII b	2.27 с (3H, CH ₃); 2.36 с (3H, CH ₃); 3.42–3.79 м (3H, CH + CH ₂); 4.04–4.11 м (1H, CH); 5.20–5.25 м (1H, CH); 7.21–7.22 м (3H, 3CH _{аром}); 7.34–7.38 м (2H, 2CH _{аром})	1730 (C=O), 1125 (CЮ ₄), 1060 (CЮ ₄)
VII c	2.24 с (3H, CH ₃); 2.28 с (3H, CH ₃); 2.37 с (3H, CH ₃); 3.36–3.77 м (3H, CH + CH ₂); 4.02–4.09 м (1H, CH); 5.18–5.24 м (1H, CH); 7.01 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.1); 7.24 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.1)	1730 (C=O), 1130 (CЮ ₄), 1060 (CЮ ₄)
VIII b	2.34 2с (6H, 2CH ₃); 3.44–3.66 м (2H, CH ₂); 3.92–4.05 м (3H, CH + CH ₂); 7.32–7.56 м (5H, 5CH _{аром}); 12.67 с (1H, NH)	1670 (C=O)
VIII c	2.32 с (3H, CH ₃); 2.33 2с (6H, 2CH ₃); 3.41–3.58 м (2H, 2CH); 3.76–4.00 м (3H, CH + CH ₂); 7.22 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.1); 7.42 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.1); 12.64 с (1H, NH)	1675 (C=O)
X a	2.22 с (3H, CH ₃); 2.34 с (3H, CH ₃); 3.52–3.55 м (1H, CH); 3.62–3.86 м (2H, 2CH); 3.92–3.99 м (1H, CH); 5.12–5.17 м (1H, CH); 7.52 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.7); 8.02 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.7)	1650 (C=O)
X b	2.29 с (3H, CH ₃); 2.30 с (3H, CH ₃); 3.29–3.57 м (3H, 3CH); 3.90–3.97 м (1H, CH); 4.87–4.93 м (1H, CH); 7.23–7.43 м (5H, 5CH _{аром})	1640 (C=O)
X c	2.27–2.30 3с (9H, 3CH ₃); 3.31–3.50 м (2H, CH ₂); 3.52–3.56 м (1H, CH); 3.89–3.95 м (1H, CH); 4.85–4.89 м (1H, CH); 7.10 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.1); 7.29 д (2H, 2CH _{аром} , J 7.8)	1655 (C=O)
XII a	2.28 с (3H, CH ₃); 3.41–3.44 м (1H, CH); 3.56–3.69 м (2H, 2CH); 3.75–3.82 м (1H, CH); 5.07–5.14 м (1H, CH); 5.68 с (1H, CH); 7.67 д (2H, 2CH _{аром} , J 9.0); 8.15 д (2H, 2CH _{аром} , J 8.7)	1655 (C=O)

фильтровали, промывали на фильтре эфиром. Смесь анализировали при помощи ЯМР ^1H спектроскопии.

Е. ($\text{LiClO}_4 + \text{CH}_3\text{COOH}$). К суспензии 1 ммоль вещества VI в 10 мл уксусной кислоты при 15—20 °С и перемешивании прибавляли раствор 0.11 г (1 ммоль) LiClO_4 в 10 мл уксусной кислоты, прикапывали 1.1 ммоль ArSCl в 10 мл уксусной кислоты. Смесь перемешивали 5—6 ч и оставляли на 12 ч. Растворитель удаляли в вакууме, остаток растирали в эфире, фильтровали, промывали на фильтре эфиром. Полученные соединения VII а–с кристаллизовали из метанола.

Общая методика получения 1-арилтиометил-1,2-дигидро-5Н-[1,3]тиазоло[3,2-а]хиназолин-5-онов (Va–с), 1-арилтиометил-5,6-диметил-1,2-дигидро-5Н-тиено[3,2-е][1,3]тиазоло[3,2-а]пиримидин-5-онов (X а–с). Соли II а–с, VII а–с растворяли в ДМСО и добавляли 20 %-й водный раствор ацетата натрия. Выпавший осадок фильтровали, промывали водой.

1-арилтиометил-7-метил-1,2-дигидро-5Н-[1,3]тиазоло[3,2-а]пиримидин-5-оны (XII а–с) и 3-арилтиометил-7-метил-1,2-дигидро-5Н-[1,3]тиазоло[2,3-б]пиримидин-5-оны (XIII а–с). К суспензии 0.18 г (1 ммоль) вещества XI в 10 мл нитрометана при 15—20 °С и перемешивании прибавляли раствор 0.11 г (1 ммоль) LiClO_4 в 10 мл нитрометана, прикапывали 1.1 ммоль ArSCl в 10 мл нитрометана. Смесь перемешивали 5—6 ч и оставляли на 12 ч. Отфильтровывали LiCl , фильтрат упаривали в вакууме, остаток растирали в смеси эфир—ацетон (1:1). Выпавший осадок фильтровали (перхлорат соединения XIII а–с), промывали смесью ацетон—эфир. В фильтрат добавляли эфир и осаждали перхлорат соединения XII а–с, который отфильтровывали, промывали эфиром. Соли веществ XII а–с, XIII а–с растворяли в ДМСО и добавляли 20 %-й водный раствор ацетата натрия. Выпавший осадок фильтровали, промывали водой.

2-(2-арилтио-3-хлорпропилтио)-6-метилпиримидин-4(3Н)-оны (XIV а–с). К суспензии 0.18 г (1 ммоль) соединения XI в 10 мл хлороформа при

15—20 °С и перемешивании прикапывали 1.1 ммоль ArSCl в 10 мл хлороформа. Смесь перемешивали 5—6 ч и оставляли на 12 ч. Соединения XIV а–с отделяли фильтрованием, промывали на фильтре хлороформом, эфиром. Отфильтрованный продукт растворяли в ацетоне, добавляли водный раствор ацетата натрия, экстрагировали хлороформом. Хлороформ удаляли в вакууме, остаток растирали в эфире.

РЕЗЮМЕ. Вивчено реакцію заміщених 2-алілттіопіримідин-4(3Н)-онів з арилсульфенілхлоридами. Знайдено залежність впливу добавок LiClO_4 і полярності розчинника на співвідношення продуктів реакції. Встановлено, що зі зростанням полярності та йонної сили середовища збільшуються виходи продуктів внутрішньомолекулярної циклізації, а в малополярних розчинниках переважно проходить приєднання ArSCl до подвійного $\text{C}=\text{C}$ зв'язку.

SUMMARY. The reaction of substituted 2-allylthio-pyrimidin-4(3H)-ones with arylsulfenyl chlorides has been studied. It was found that the addition of LiClO_4 and polarity of solvent has a role in the distribution of reaction's products. It was shown that the yields of products of intramolecular cyclization rise with increasing of polarity of solvents and with growing of ionic strength of the solutions. The predominant formation of products of ArSCl addition to $\text{C}=\text{C}$ double bond is observed in solution with low polarity.

1. Зефиров Н.С., Садовая Н.К., Магаррамов А.М., Бодриков И.В. // Журн. орган. химии. -1977. -13, № 2. -С. 245—250.
2. Зефиров Н.С., Садовая Н.К., Новгородцева Л.А., Бодриков И.В. // Там же. -1978. -14, № 9. -С. 1806—1810.
3. Бодриков И.В., Гурвич Л.Г., Зефиров Н.С. и др. // Там же. -1974. -10, № 7. -С. 1545, 1546.
4. Бодриков И.В., Ганженко И.С., Зефиров Н.С., Карташов В.Р. // Докл. АН СССР. -1976. -226, -С. 831—834.
5. Бодриков И.В., Суботин А.Ю. // Журн. орган. химии. -2002. -38, № 6. -С. 807—810.
6. Васькевич А.И., Гевая Ю.И., Васькевич Р.И., Станинец В.И. // Химия гетероцикл. соединений. -2004. -№ 8. -С. 1251—1255.