

Т. М. Соколенко*, К. И. Петко, Л. М. Ягупольский**N-ТРИФТОРМЕТИЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ АЗОЛОВ**

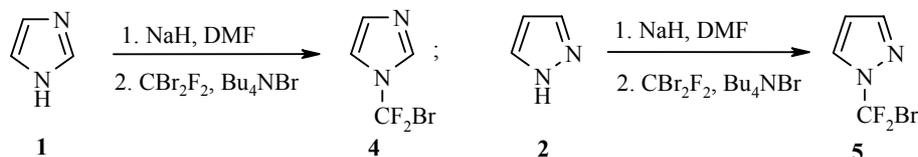
Разработан метод синтеза N-трифторметильных производных азолов, заключающийся во взаимодействии их натриевых солей с дибромдифторметаном и замещении атома брома на фтор. Впервые синтезированы ионные жидкости с трифторметильной группой у атома азота имидазола.

Ключевые слова: дибромдифторметан, имидазол, ионные жидкости, пиразол, 1,2,4-триазол, N-трифторметилазолы, фторирование.

N-Перфторалкильные производные азотистых гетероциклов изучены очень мало. В литературе имеются лишь ограниченные сведения о таких соединениях. Ввести перфторалкильную группу к атому азота с помощью радикальных или нуклеофильных реакций не удастся. В обоих случаях образуются только C-перфторалкильные производные [1–3]. Электрофильное перфторалкилирование трудно осуществимо [4]. Алифатические предшественники гетероциклических соединений с N-перфторалкильными группами также труднодоступны либо малоустойчивы. Например, диалкилперфторалкиламины легко элиминируют атомы фтора из α -положения. Это свойство было использовано для замены спиртового гидроксила на фтор (реакция Яровенко) [5]. В литературе описано несколько примеров многостадийных синтезов N-трифторметильных производных, главным образом, конденсированных гетероциклических соединений. В работе [6] сообщается о 4-этоксикарбонил-N-трифторметилпиразоле, полученном с использованием высокотоксичных производных ртути. Ранее в нашей лаборатории был синтезирован N-трифторметилбензотриазол путем последовательного дитиокарбокислирования атома азота, хлорирования введенной функции и последующего фторирования трихлорметильной группы безводным HF [7]. Производные N-трифторметилбензимидазола образуются при взаимодействии соответствующих натриевых солей с дибромдифторметаном и последующем замещении атома брома на фтор действием тетраметиламмонийфторида в глиме [7]. N-Трифторметилкарбазол был получен фторированием соответствующего дитиокарбокисильного производного действием AgF [8]. С использованием подобной последовательности превращений синтезированы 1-трифторметильные производные 4-хинолона, проявляющие весьма высокую антибактериальную активность [9].

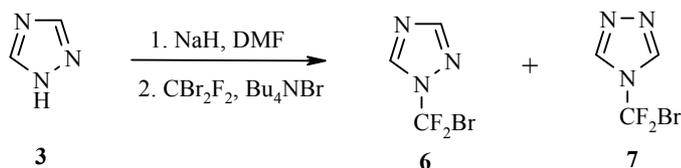
В продолжение этих работ предпринят синтез N-трифторметильных производных самых простых представителей азолов – имидазола **1**, пиразола **2** и 1,2,4-триазола **3**. Нами разработан удобный способ введения бромдифторметильной группы к атому азота гетероцикла, заключающийся во взаимодействии их натриевых солей с доступным дибромдифтор-

метаном в ДМФА в присутствии каталитического количества тетрабутил-аммонийбромида. Нами этот метод был успешно использован ранее для введения бромтетрафторэтильной группы в молекулы азолов [10].



Бромдифторметильные производные имидазола **4** и пиразола **5** получены таким методом с высокими выходами, а обычно образующиеся в реакции бромдифторметилирования примеси дифторметильных производных не наблюдались даже в спектрах ЯМР ¹⁹F реакционных смесей.

Неожиданным оказался результат взаимодействия 1,2,4-триазола **3** с дибромдифторметаном – образуется смесь 1-бромдифторметил-1,2,4-триазола (**6**) и 4-бромдифторметил-1,2,4-триазола (**7**) в равных количествах. Продукты легко разделяются благодаря большой разнице в температурах кипения.

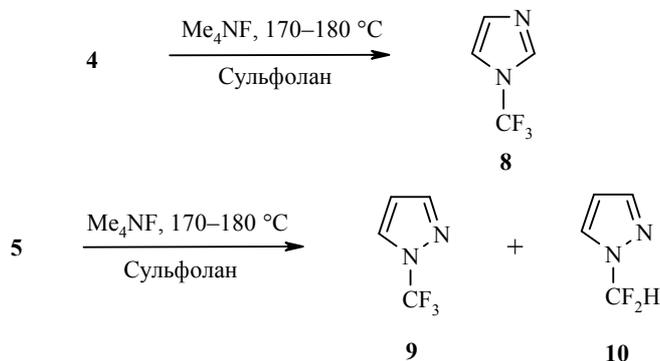


Следует отметить, что при взаимодействии 1,2,4-триазола с 1,2-дибромтетрафторэтаном в аналогичных условиях образуется только 1-тетрафторбромэтил-1,2,4-триазол [10]. Вероятно, реакция бромдифторметилирования протекает по галогенофильному механизму подобно взаимодействию CBr₂F₂ с фенолами и тиофенолами [11]. При таком механизме промежуточно образуется тетрафторэтилен в случае реакции с CBrF₂CBrF₂, а в случае CBr₂F₂, по-видимому, более реакционноспособный дифторкарбен, поэтому образуется значительное количество кинетически контролируемого продукта **7**.

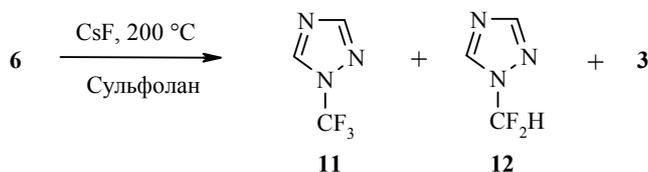
Известно, что реакция Сварта широко применяется для замещения атомов брома на фтор [12], но получить трифторметильные производные азолов с помощью SbF₃ не удастся из-за деструкции гетероциклического кольца, хотя в литературе имеется указание о возможности получения N-трифторметилимидазола этим способом [13]. Если фторирование проводить действием тетраметиламмонийфторида в глицере, как описано в работе [7], трифторметильные производные образуются только в следовых количествах и их не удастся выделить из-за близости температур кипения продуктов и растворителя.

1-Трифторметилимидазол **8** и 1-трифторметилпиразол **9** удалось получить, проводя фторирование в высококипящем полярном растворителе – сульфолане – с одновременной отгонкой продукта. При фторировании имидазола **4** из реакционной смеси отгоняется чистый продукт. Во втором случае дополнительно образуется дифторметилпиразол **10**.

Продукты удается разделить фракционной перегонкой.



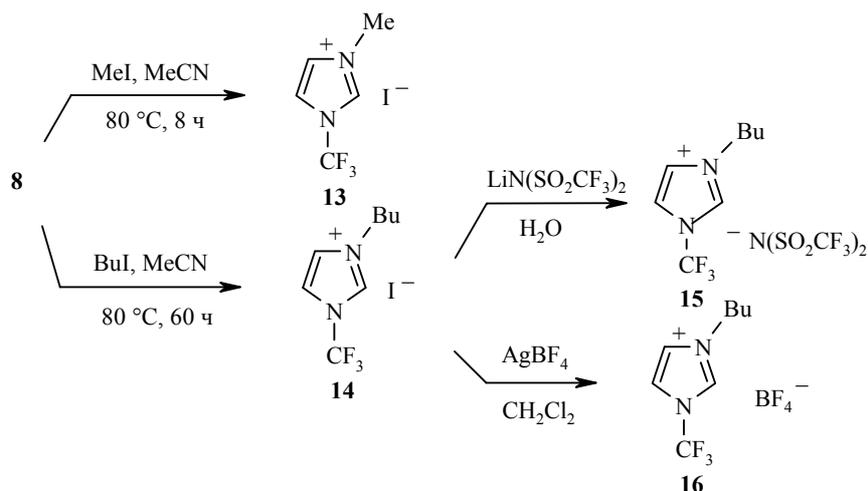
Получить 1-трифторметил-1,2,4-триазол **11** таким способом не удастся. При температурах до 180 °С субстрат не фторируется, а при более высокой температуре происходит деструкция фторирующего агента. Заместить атом брома в молекуле триазола **6** удастся действием CsF в присутствии дибензо-18-краун-6. Хотя выход целевого продукта невысокий (14%) и побочно образуется N-дифторметил-1,2,4-триазол **12**, продукты удается выделить в чистом виде фракционной перегонкой. При фторировании триазола **6** существенной является реакция дефторалкилирования гетероцикла. Из реакционной смеси с выходом 33% выделен незамещенный 1,2,4-триазол **3**.



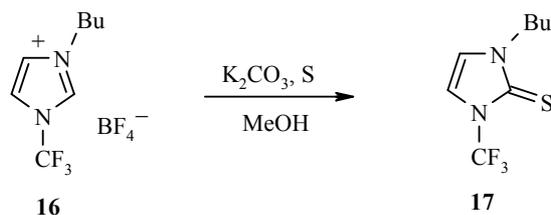
4-Бромдифторметилтриазол **7** оказался термически неустойчивым. При попытках его фторирования образуется сложная смесь продуктов, среди которых (по спектрам ЯМР ¹⁹F) присутствовал 1-бромдифторметилтриазол **6**. Подобные перегруппировки описаны в литературе и для 1-алкилзамещенных 1,2,4-триазолов [14, 15].

Ионные жидкости в последнее время привлекают внимание химиков-органиков, электрохимиков и технологов как экологически безопасная альтернатива классическим растворителям. Актуальным является поиск новых субстанций, проявляющих свойства ионных жидкостей. Ранее нами сообщалось о синтезе имидазолиевых солей, содержащих α,α-дифторметиленовый фрагмент у атома азота [16]. Ионные жидкости с трифторметильными группами у атома азота до сих пор не описаны.

Алкилированием N-трифторметилимидазола **8** действием алкилиодидов получены соответствующие четвертичные соли **13** и **14**. Замена иодид-аниона дитрифлиламид-анионом или тетрафторборат-анионом приводит к образованию низкоплавких солей **15** и **16**. Это первый пример ионных жидкостей с трифторметильной группой у атома азота.



Соли **15** и **16** обладают высокой термической стабильностью (не разлагаются при 250 °С), устойчивы к действию минеральных кислот (соль **16** выделяется в неизменном виде после кипячения в 15% соляной кислоте). При действии основания на соль **16** образуется имидазольевый карбен, который фиксировался реакцией с серой. Аналогичными свойствами обладают и N-тетрафторэтильные имидазольевые соли [17].



Таким образом, нами разработан метод синтеза N-трифторметильных производных азолов и впервые получены ионные жидкости с перфторалкильным заместителем у атома азота.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР ^1H зарегистрированы на приборе Varian VXR-300 (300 МГц), внутренний стандарт ТМС, ЯМР ^{19}F – на приборе Varian Gemini-200 (188 МГц), внутренний стандарт трихлорфторметан, в CDCl_3 (соединения **5,6,8,9,11,12**) и DMSO-d_6 (соединения **13–16**), ЯМР ^{13}C – на приборе Bruker Avance DRX 500 (125 МГц), внутренний стандарт ТМС. Масс-спектры получены на приборе Agilent 1100 LS/MSD SL. Температура плавления определялась на приборе SMP3 фирмы Stuart Scientific. В работе использовался силикагель марки MN-Kieselgel-60.

Взаимодействие азолов 1–3 с дибромдифторметаном. К раствору натриевой соли, полученному из 0.05 моль соответствующего гетероцикла, 2 г (50 ммоль) 60% NaNH и 0.1 г (0.3 ммоль) $\text{C}_4\text{H}_9\text{NBr}$ в 25 мл безводного ДМФА, при 0 °С и интенсивном перемешивании добавляют 15.75 г (75 ммоль) CBr_2F_2 . Реакционную смесь постепенно (за 2 ч) нагревают до 25 °С и выдерживают при такой температуре 2 ч. К реакционной смеси прибавляют по каплям 100 мл воды и

конденсируют выделяющийся избыток CBr_2F_2 в ловушку, охлаждаемую до -78°C . Продукт экстрагируют эфиром (5×30 мл), эфирный раствор промывают водой (5×25 мл) и сушат MgSO_4 . Растворитель отгоняют, продукт перегоняют.

1-Бромдифторметилимидазол (4). Выход 7.68 г (78%). Т. кип. $57\text{--}58^\circ\text{C}$ (20 мм рт. ст.) [7].

1-Бромдифторметилпиразол (5). Бесцветная жидкость. Выход 7.38 г (75%). Т. кип. $135\text{--}137^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 6.44–6.46 (1H, м, CH); 6.85–6.93 (1H, м, CH); 7.76–7.78 (1H, м, CH). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: -32.60 (с, CBrF_2). Найдено, %: C 24.46; H 1.64; Br 40.83. $\text{C}_4\text{H}_3\text{BrF}_2\text{N}_2$. Вычислено, %: C 24.39; H 1.54; Br 40.56.

1-Бромдифторметил-1,2,4-триазол (6). Бесцветная жидкость. Выход 3.26 г (33%). Т. кип. $42\text{--}43^\circ\text{C}$ (10 мм рт. ст.). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 8.08 (1H, с, CH); 8.49 (1H, с, CH). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: -34.20 (с, CBrF_2). Найдено, %: C 18.44; H 1.15; N 21.53. $\text{C}_3\text{H}_2\text{BrF}_2\text{N}_3$. Вычислено, %: C 18.20; H 1.02; N 21.23.

4-Бромдифторметил-1,2,4-триазол (7). Бесцветная жидкость. Выход 3.0 г (30%). Т. кип. $105\text{--}107^\circ\text{C}$ (10 мм рт. ст.), т. пл. $10\text{--}12^\circ\text{C}$ (из пентана). Спектр ЯМР ^1H (CDCl_3), δ , м. д.: 8.46 (2H, с, 2CH). Спектр ЯМР ^{19}F (CDCl_3), δ , м. д.: -27.92 (с, CBrF_2). Спектр ЯМР ^{13}C $\{^1\text{H}\}$ (DMCO-d_6), δ , м. д. (J , Гц): 139.9 (2CH); 106.0 (т, $^1J_{\text{C,F}} = 305$, CBrF_2). Спектр ЯМР ^{13}C (DMCO-d_6), δ , м. д. (J , Гц): 139.9 (д, д, $^1J_{\text{C,H}} = 220$, $^3J_{\text{C,H}} = 3$, 2CH); 106.0 (т, $^1J_{\text{C,F}} = 305$, CBrF_2). Найдено: m/z 198.0 $[\text{M}]^+$. $\text{C}_3\text{H}_2\text{BrF}_2\text{N}_3$. Вычислено: M 198.0. Найдено, %: C 18.48; H 1.20; Br 40.20; N 21.37. $\text{C}_3\text{H}_2\text{BrF}_2\text{N}_3$. Вычислено, %: C 18.20; H 1.02; Br 40.36; N 21.23.

Фторирование имидазола 4 и пиразола 5. К раствору 4 г (20 ммоль) соответствующего гетероцикла в 30 мл безводного сульфолана при 25°C добавляют 2.07 г (22 ммоль) Me_4NF . Реакционную смесь постепенно нагревают до $170\text{--}180^\circ\text{C}$ и собирают отгоняющийся продукт. Дополнительно продукт очищают фракционной перегонкой.

1-Трифторметилимидазол (8). Бесцветная очень летучая жидкость. Выход 1.0 г (36%). Т. кип. $73\text{--}74^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 7.12 (1H, с, CH); 7.16 (1H, с, CH); 7.81 (1H, с, CH). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: -56.40 (с, CF_3). Найдено, %: C 34.95; H 2.14; N 20.18. $\text{C}_4\text{H}_3\text{F}_3\text{N}_2$. Вычислено, %: C 35.31; H 2.22; N 20.59.

1-Трифторметилпиразол (9). Бесцветная очень летучая жидкость. Выход 1.08 г (39%). Т. кип. $54\text{--}55^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 6.93 (1H, с, CH); 7.78 (1H, с, CH); 7.86 (1H, с, CH). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: -60.70 (с, CF_3). Найдено, %: C 35.04; H 2.02; N 20.28. $\text{C}_4\text{H}_3\text{F}_3\text{N}_2$. Вычислено, %: C 35.31; H 2.22; N 20.59. При фракционировании получено 0.48 г (20%) **1-дифторметилпиразола (10)**. Т. кип. $88\text{--}90^\circ\text{C}$ [18].

Фторирование триазола 6. К раствору 3 г (15 ммоль) триазола 6 и 0.3 г (0.8 ммоль) дибензо-18-краун-6 в 20 мл безводного сульфолана при 25°C добавляют 2.43 г (16 ммоль) CsF . Реакционную смесь постепенно нагревают до $200\text{--}205^\circ\text{C}$ и собирают отгоняющиеся продукты (0.61 г). После прекращения отгонки продуктов температуру реакционной смеси поднимают до 250°C , при этом отгоняется 0.34 г (33%) **1,2,4-триазола 3**, т. пл. 121°C (из гептана). Смесь продуктов **11** и **12**, 1:0.8, по ЯМР ^{19}F , содержащихся в первой фракции, разделяют фракционной перегонкой.

1-Трифторметил-1,2,4-триазол (11). Бесцветная очень летучая жидкость. Выход 0.28 г (14%). Т. кип. $67\text{--}70^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 8.09 (1H, с, CH); 8.49 (1H, с, CH). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: -60.37 (с, CF_3). Найдено: m/z 137.1 $[\text{M}]^+$. $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_3\text{N}_3$. Вычислено: M 137.1. Найдено, %: N 30.28. $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_3\text{N}_3$. Вычислено, %: N 30.65.

1-Дифторметил-1,2,4-триазол (12). Бесцветная очень летучая жидкость. Выход 0.11 г (6%). Т. кип. $98\text{--}101^\circ\text{C}$. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 7.22 (1H, т, $^2J_{\text{H,F}} = 60.3$, CHF_2); 8.00 (1H, с, CH); 8.48 (1H, с, CH). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: -95.41 (д, $^2J_{\text{F,H}} = 60.3$, CF_2H). Найдено: m/z 119.1 $[\text{M}]^+$. $\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_2\text{N}_3$. Вычислено: M 119.1. Найдено, %: N 35.00. $\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_2\text{N}_3$. Вычислено, %: N 35.30.

Иодид 1-трифторметил-3-метилимидазолия (13). Раствор 0.045 г (0.36 ммоль) имидазола **8** и 0.1 г (0.7 ммоль) MeI в 5 мл ацетонитрила нагревают 16 ч при 70 °С. Растворитель отгоняют в вакууме, остаток кристаллизуют из этилацетата. Выход 75 мг (75%). Бесцветное кристаллическое вещество. Т. пл. 206–208 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 4.10 (3H, с, CH_3); 7.77 (1H, с, CH); 8.22 (1H, с, CH) 10.00 (1H, с, CH). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: –57.20 (с, CF_3). Найдено, %: I 45.65; N 10.10. $\text{C}_5\text{H}_6\text{IF}_3\text{N}_2$. Вычислено, %: I 45.64; N 10.08.

Иодид 1-трифторметил-3-бутилимидазолия (14). Раствор 0.85 г (6.25 ммоль) имидазола **8** и 2.3 г (12.5 ммоль) BuI в 25 мл ацетонитрила нагревают 96 ч при 70 °С, контролируя ход реакции по спектрам ЯМР ^{19}F . Растворитель отгоняют в вакууме, остаток кристаллизуют из этилацетата. Выход 1.8 г (90%). Бесцветное кристаллическое вещество. Т. пл. 148–150 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 0.95–1.00 (3H, м, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 1.40–1.52 (2H, м, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 2.02–2.11 (2H, м, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 4.61–4.70 (2H, м, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 8.40 (1H, с, CH); 8.47 (1H, с, CH); 10.78 (1H, с, CH). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: –57.90 (с, CF_3). Найдено, %: I 39.47; N 8.73. $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{IF}_3\text{N}_2$. Вычислено, %: I 39.65; N 8.75.

1-Трифторметил-3-бутилимидазолийдитрифлиламид (15). К раствору 0.65 г (2 ммоль) иодида **14** в 15 мл воды добавляют 0.7 г (2.5 ммоль) дитрифлиламида лития и перемешивают 3 ч при 40 °С. Продукт экстрагируют CH_2Cl_2 (3 × 20 мл), экстракт промывают водой (2 × 10 мл) и сушат MgSO_4 . Растворитель отгоняют, остаток растворителя удаляют в вакууме (0.05 мм рт. ст., 80 °С, 10 ч). Выход 0.86 г (91%). Бесцветная жидкость. Т. стекл. –77 °С*. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 0.95–1.01 (3H, м, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 1.35–1.44 (2H, м, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 1.82–2.00 (2H, м, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 4.20–4.33 (2H, м, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 7.60 (1H, с, CH); 7.67 (1H, с, CH); 9.78 (1H, с, CH). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: –58.89 (3F, с, NCF_3); –80.30 (6F, с, $2\text{SO}_2\text{CF}_3$). Найдено, %: C 25.24; H 2.82; N 8.48; I < 0.5. $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{F}_9\text{N}_3\text{O}_4\text{S}_2$. Вычислено, %: C 25.38; H 2.56; N 8.88.

1-Трифторметил-3-бутилимидазолийтетрафторборат (16). К раствору 0.89 г (4.56 ммоль) AgBF_4 в 20 мл CH_2Cl_2 добавляют раствор 1.46 г (4.56 ммоль) соли **14** в 10 мл CH_2Cl_2 . Реакционную смесь перемешивают 15 мин при 25 °С. Осадок отделяют центрифугированием, промывают 10 мл CH_2Cl_2 . Растворитель отгоняют в вакууме (15 мм рт. ст.), остаток растворителя удаляют в вакууме (0.05 мм рт. ст., 80 °С, 8 ч). Выход 1.26 г (99%). Бесцветное кристаллическое вещество. Т. пл. 82–83 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 0.14 (3H, т, $^2J_{\text{H,H}} = 7.5$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 0.63 (2H, секст, $^2J_{\text{H,H}} = 7.5$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 1.23 (2H, кв, $^2J_{\text{H,H}} = 7.5$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 3.71 (2H, т, $^2J_{\text{H,H}} = 7.5$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 7.34 (1H, с, CH); 7.59 (1H, с, CH); 9.10 (1H, с, CH). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: –58.68 (3F, с, CF_3); –151.17 (4F, с, BF_4). Найдено, %: C 34.00; H 4.52; N 9.96; I < 0.5. $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{BF}_7\text{N}_2$. Вычислено, %: C 34.32; H 4.32; N 10.00.

1-Трифторметил-3-бутилимидазол-2-тион (17). К раствору 0.84 г (3 ммоль) соли **16** в 10 мл безводного метанола добавляют 0.3 г (9 ммоль) мелкодисперсной серы и 0.83 г (6 ммоль) растертого прокаленного K_2CO_3 . Суспензию перемешивают 24 ч при комнатной температуре. Осадок отфильтровывают, метанол отгоняют в вакууме (15 мм рт. ст.), остаток хроматографируют на колонке (элюент $\text{CHCl}_3\text{--CCl}_4$, 1:1, R_f 0.5). Выход 0.6 г (90%). Бесцветная жидкость. Т. кип. 97–98 °С (1 мм рт. ст.). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 0.90 (3H, т, $^2J_{\text{H,H}} = 7.5$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 1.32 (2H, секст, $^2J_{\text{H,H}} = 7.5$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 1.70

* Температура стеклования определена с помощью дифференциального сканирующего калориметра ДСК-Д. Скорость нагревания 2 °С·мин⁻¹. Мы выражаем глубокую благодарность Г. В. Титову (ИХВС НАН Украины) за определение температуры стеклования.

(2H, кв, $^2J_{\text{H,H}} = 7.5$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 3.95 (2H, т, $^2J_{\text{H,H}} = 7.5$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 6.65

(1H, д, $^2J_{\text{H,H}} = 2.7$, CH); 7.59 (1H, д, $^2J_{\text{H,H}} = 2.7$, CH). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: -59.30 (с, CF_3). Найдено, %: C 42.74; H 5.05; N 12.55; S 14.33. $\text{C}_8\text{H}_{11}\text{F}_3\text{N}_2\text{S}$. Вычислено, %: C 42.84; H 4.95; N 12.50; S 14.29.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г. Г. Фурин, *Фторсодержащие гетероциклические соединения: синтез и применение*, Наука, Новосибирск, 2001, с. 12.
2. J. L. Harper, R. A. J. Smith, J. J. Bedford, J. P. Leader, *Tetrahedron*, **53**, 8211 (1997).
3. Q.-Y. Chen, Z.-M. Qiu, *J. Fluor. Chem.*, **39**, 289 (1988).
4. T. Umemoto, in: *Fluorine-Containing Synthons, ACS Symposium series 911*, V. A. Soloshonok (Ed.), American Chemical Society, Washington, DC 2005, p. 3.
5. Н. Н. Яровенко, М. А. Ракша, *ЖОХ*, **29**, 2159 (1959).
6. K. Morimoto, K. Makino, S. Yamamoto, G. Sakata, *J. Heterocycl. Chem.*, **27**, 807 (1990).
7. L. M. Yagupolskii, D. V. Fedyuk, K. I. Petko, V. I. Troitskaya, V. I. Rudyk, V. V. Rudyuk, *J. Fluor. Chem.*, **106**, 181 (2000).
8. М. И. Дронкина, К. И. Петко, В. Турра, Л. М. Ягупольский, *Укр. хим. журн.*, **68**, № 11–12, 100 (2002).
9. Y. Asahina, I. Araya, K. Iwase, F. Inuma, M. Hosaka, T. Ishizaki, *J. Med. Chem.*, **48**, 3443 (2005).
10. K. I. Petko, T. M. Sokolenko, A. V. Bezdudny, L. M. Yagupolskii, *J. Fluor. Chem.*, **126**, 1342 (2005).
11. R. E. Banks, B. E. Smart, J. C. Tatlow, *Organo-fluorine Chemistry. Principles and Commercial Applications*, Plenum Press, New York, 1994, p. 177.
12. Л. М. Ягупольский, *Ароматические и гетероциклические соединения с фторсодержащими заместителями*, Наукова думка, Киев, 1988, с. 70.
13. G. Bissky, G.-V. Roschenthaler, E. Lork, J. Barten, M. Medebielle, V. Staninets, A. Kolomeitsev, *J. Fluor. Chem.*, **109**, 173 (2001).
14. T. W. Bentley, R. V. H. Jones, P. J. Wareham, *Tetrahedron Lett.*, **30**, 4013 (1989).
15. K. Smith, A. Small, M. G. Hutchings, *Chem. Lett.*, **3**, 347 (1990).
16. Yu. L. Yagupolskii, T. M. Sokolenko, K. I. Petko, L. M. Yagupolskii, *J. Fluor. Chem.*, **126**, 669 (2005).
17. Л. М. Ягупольский, Т. М. Соколенко, К. И. Петко, *Изв. АН, Сер. хим.*, **54**, 781 (2005).
18. К. И. Петко, Т. М. Соколенко, Л. М. Ягупольский, *ХГС*, 1355 (2006). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **42**, 1177 (2006)].

Институт органической химии
НАН Украины, Киев 02094, Украина
e-mail: taras_sk@ukr.net

Поступило 23.06.2008