

А. Д. Шуталев, Н. В. Сивова

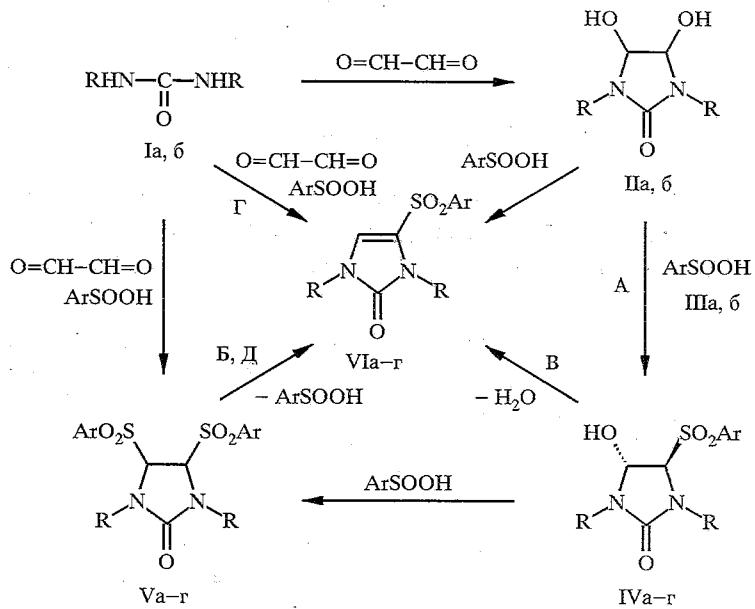
**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 4,5-ДИГИДРОКСИИМИДАЗОЛИДИН-2-ОНОВ
С АРИЛСУЛЬФИНОВЫМИ КИСЛОТАМИ.
СИНТЕЗ 4-АРИЛСУЛЬФОНИЛИМИДАЗОЛИН-2-ОНОВ**

Взаимодействие 4,5-дигидроксииimidазолидин-2-онов с арилсульфновыми кислотами в воде при нагревании приводит к 4-арилсульфонилимидалин-2-онам. Показано, что образование этих соединений происходит при отщеплении молекулы воды или сульфиновой кислоты от промежуточно получающихся 4-гидрокси-5-арилсульфонилимидалин-2-онов и 4,5-ди(арилсульфонил)имидалин-2-онов. 4-Арилсульфонилимидалин-2-оны образуются также при нагревании глиоксала, мочевины и арилсульфновых кислот в воде.

Ранее [1] нами показано, что 4,5-дигидроксииimidазолидин-2-он реагирует с *n*-толуолсульфиновой кислотой в воде при комнатной температуре, в результате чего последовательно образуются 4-гидрокси-5-(*n*-толилсульфонил)имидалин-2-он и 4,5-ди(*n*-толилсульфонил)имидалин-2-он. Полученные соединения содержат в α -положении к атому азота толилсульфонильную группу, которая, как было установлено ранее в ряду гексагидроизопirimидин-2-онов (тионов) [2, 3], является легко уходящей в реакциях нуклеофильного замещения. По-видимому, соединения указанного типа могут быть использованы как исходные вещества для введения различных групп в положения 4 и 5 имидазольного кольца. Таким образом, представлялось целесообразным осуществить синтез различных арилсульфонилзамещенных имидазолидин-2-онов и изучить их реакции с нуклеофильными реагентами.

Нами показано, что образующиеся при взаимодействии глиоксала с мочевиной или 1,3-диметилмочевиной (Ia,b соответственно) [4] 4,5-дигидроксииimidазолидин-2-оны (IIa,b) легко реагируют с *n*-толуолсульфиновой кислотой (IIIa) в воде при комнатной температуре, в результате чего с выходами 91...93% (как правило, при избытке соединения II) получаются продукты замещения одной гидроксильной группы — соответствующие 4-гидрокси-5-(*n*-толилсульфонил)имидалин-2-оны (IVa,b). По аналогичной методике из имидазолидиона IIa и бензолсульфиновой кислоты (IIIb) с выходом 88% образуется 4-гидрокси-5-фенилсульфонилимидалин-2-он (IVb). Следует отметить, что соединения IVa — в получаются полностью стереоселективно в виде *транс*-диастереомеров.

При взаимодействии дигидроксииimidазолидинонов IIa,b с двукратным мольным количеством кислоты IIIa в воде при комнатной температуре наблюдается постепенное превращение первоначально получающихся продуктов монозамещения IVa,b в продукты бисзамещения — 4,5-ди(*n*-толилсульфонил)имидалин-2-оны (Va,b), причем скорость образования биссульфонов Va,b значительно ниже скорости образования моносульфонов IVa,b, что можно объяснить низкой растворимостью последних в реакционной среде. Например, соединение Va образуется с выходом 86% при взаимодействии имидазолидина IIa и сульфиновой кислоты IIIa в течение 18 сут. В то же время реакция между соединениями IIb и IIIa проходит не так однозначно и через 14 сут образуется смесь продукта бисзамещения Vb и 1,3-диметил-4-(*n*-толилсульфонил)имидалин-2-она (VIb) в соотношении 55 : 45. Взаимодействие дигидроксииimidазолидинонов IIa,b с бензолсульфиновой кислотой IIIb протекает быстрее, чем с *n*-толуолсульфиновой



I, II a R = H, б R = Me. III a Ar = 4-MeC₆H₄, б Ar = Ph. IV—VI a R = H, Ar = 4-MeC₆H₄; б R = H, Ar = Ph; в R = Me, Ar = 4-MeC₆H₄; г R = Me, Ar = Ph

кислотой. Однако и в этих случаях образуются смеси продуктов бисзамещения Vб,г и имидазолин-2-онов (VIб,г) в соотношении 77 : 23 (длительность реакции 19 ч) и 55 : 45 (длительность реакции 3 сут) соответственно. Количество имидазолинов VIб—г возрастает с увеличением продолжительности реакции и повышением температуры. Так, в случае взаимодействия соединений IIa и IIIб при комнатной температуре в течение 9 сут соотношение продуктов Vб : VIб составляет 52 : 48. Отметим также, что в изученных реакциях биссульфоны Va—в получаются полностью стереоселективно в виде *транс*-диастереомеров.

С целью упрощения синтеза соединений Va,б мы совместили процесс получения дигидроксимидазолидин-2-она IIa и его реакции с сульфиновыми кислотами IIIа,б в одном реакционном аппарате. Таким образом при взаимодействии мочевины, глиоксала и кислот IIIа,б (мольное соотношение 1 : 1 : 2) в воде нами получены соединения Va,б. Однако в обоих случаях в качестве побочных продуктов образуются соответствующие 4-арилсульfonylimidazolin-2-оны VIa,б (Va : VIa = 51 : 49, Vб : VIб = 70 : 30).

В реакции дигидроксимидазолидинонов IIa,б с *n*-толуолсульфиновой кислотой IIIа в воде при нагревании на кипящей водяной бане в течение 30...45 мин единственными продуктами являются *n*-толилсульfonylimidazolin-2-оны VIa,в (выход 89...100%). Аналогично при нагревании соединений IIa,б с бензолсульфиновой кислотой IIIб в воде получаются фенилсульfonylimidazolin-2-оны VIб,г (выходы 54...91%). По-видимому, соединения VIa—г образуются в результате отщепления молекулы воды или сульфиновой кислоты от промежуточно получающихся имидазолидинонов IVa—г или Va—г (см. выше). Действительно, при непродолжительном нагревании в воде или в органических растворителях соединения IVa—в, Va—г легко превращаются в имидазолиноны VIa—г (см. экспериментальную часть). Эта особенность не позволила нам провести очистку продуктов IVa—в, Vб—г путем перекристаллизации.

Нами показано, что арилсульfonylimidazolin-2-оны VIa,б могут быть легко получены с выходами около 85% также при нагревании мочевины,

глиоксала и соответствующей арилсульфиновой кислоты III в воде на кипящей водяной бане в течение 1 ч.

Возможность нуклеофильного замещения арилсульфонильных групп изучена нами на примере взаимодействия ди(толилсульфонил)имидазолидин-2-она Va с натриймалоновым эфиром. Однако в результате реакции указанных соединений в ацетонитриле при комнатной температуре в течение 4 ч вместо ожидаемого продукта бисзамещения — 4,5-бис[ди(этоксикарбонил)метил]имидазолидин-2-она [1] с выходом 86% образовался имидазолинон VIa. Такое направление взаимодействия связано, по-видимому, с обнаруженной нами склонностью биссульфонов V к элиминированию молекулы сульфиновой кислоты.

Строение синтезированных соединений IV_{b,v}, V_{b-g}, VIa—g подтверждают данные ПМР и ИК спектров.

Наличие фрагмента мочевины в молекулах указанных продуктов характеризуется присутствием в их ИК спектрах интенсивной полосы поглощения валентных колебаний карбонильной группы в интервале 1679...1744 см⁻¹. Кроме того, в этих спектрах имеются две сильные полосы поглощения, связанные с наличием арилсульфонильных групп(ы) в интервалах 1294...1328 (ν_{as} SO₂) и 1139...1156 см⁻¹ (ν_s SO₂), а также полосы, характерные для арильного заместителя (см. экспериментальную часть). В спектрах имидазолинонов VIa—g присутствует также полоса поглощения связи C=C гетероциклического кольца в области 1564...1570 см⁻¹.

В спектрах ПМР соединений IV_{b,v} протоны 4-Н и 5-Н проявляются соответственно при 5,01...5,18 (дублет) и 4,60...4,73 м. д. (синглет для IV_v, дублет для IV_b). На основании КССВ $J_{4,5} = 0$ Гц нами сделано заключение о транс-конфигурации этих соединений. Магнитно-эквивалентные протоны 4-Н и 5-Н биссульфонов V_{b-g} наблюдаются в виде одного синглета в интервале 5,13...5,44 м. д. Для определения конфигурации этих соединений нами проанализированы сателлиты ¹³C протонов 4-Н и 5-Н, как описано в работе [5]. При этом для биссульфонов V_{b,v} найдена КССВ $J_{4,5} = 0$ Гц, что свидетельствует об их транс-конфигурации.

Характерной особенностью спектров ПМР имидазолинонов VIa—g является присутствие синглетного сигнала протона 5-Н в интервале 7,07...7,36 м. д. Кроме того, в спектрах соединений VIa,b в области 10,91...11,12 м. д. имеются уширенные синглетные сигналы протонов групп N—H.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры записывали на приборе Shimadzu IR-435 (сuspензии в вазелиновом масле). Спектры ПМР регистрировали на спектрометрах Bruker MSL-200 (200 МГц) и Bruker AM-300 (300 МГц) для растворов образцов в CDCl₃ или DMSO-D₆. Калибровку химических сдвигов проводили по сигналу растворителя относительно ТМС (δ CHCl₃ = 7,25, δ DMSO = 2,50 м. д.).

Дигидроксимидазолидин-2-оны Pa,b синтезировали по методу работы [4]. n-Толулсульфиновую и бензолсульфиновую кислоты IIIa,b получали восстановлением соответствующих арилсульфоксидов по описанной ранее методике [6], высушивали над P₂O₅ и хранили при 0 °C.

Удовлетворительные данные элементного анализа соединений IVa—v, V_{b-g} нам получить не удалось, так как эти вещества при попытках перекристаллизации быстро превращаются в соответствующие 4-арилсульфонилимидазолин-2-оны VIa—g.

транс-4-Гидрокси-5-(n-толилсульфонил)имидазолидин-2-он (IVa). Соединение IVa получают с выходом 93,3% по методике работы [1] при реакции в воде дигидроксимидазолидиона IIIa с n-толулсульфиновой кислотой (мольное соотношение 2 : 1) в течение 2 ч. Спектральные параметры продукта совпадают с приведенными в [1].

транс-4-Гидрокси-5-фенилсульфонилимидазолидин-2-он (IVb). Смесь 0,526 г (4,45 ммоль) дигидроксимидазолидиона IIIa, 0,316 г (2,22 ммоль) бензолсульфиновой кислоты и 2 мл воды перемешивают при комнатной температуре в течение 3 ч, охлаждают до -5 °C, осадок

отфильтровывают, тщательно промывают холодной водой, гексаном, высушивают. Получают 0,471 г (87,5%) соединения IVб. ИК спектр: 3366, 3297 (ν N—H, ν O—H), 3062 (ν C—Наром), 1711 (ν C=O), 1583 (ν C=C), 1294 (ν_{as} SO₂), 1152 (ν_s SO₂), 1076 (ν C—O), 749, 712 cm^{-1} (δ C—Наром). Спектр ПМР (ДМСО-D₆): 7,86 (1H, уш. с, NH), 7,62...7,92 (5H, м, C₆H₅), 7,49 (1H, уш. с, NH), 6,62 (1H, д, J = 7,1 Гц, OH), 5,18 (1H, д, $J_{4,5}$ = 0 Гц, 4-H), 4,60 м. д. (1H, д, $J_{NH,5}$ = 1,6 Гц, 5-H).

транс-4-Гидрокси-1, 3-диметил-5-(*n*-толилсульфонил)имидаэолидин-2-он (IVв). Продукт IVв получают аналогично соединению IVб с выходом 90,5% при взаимодействии 1,094 г, (7,49 ммоль) имидазолидина IIб с 0,584 г, (3,74 ммоль) *n*-толуолсульфиновой кислоты в 10 мл воды. ИК спектр: 3252 (ν O—H), 3061 (ν C—Наром), 1679 (ν C=O), 1595 (ν_{as} SO₂), 1318 (ν_s SO₂), 1139 (ν_s SO₂), 1054 (ν C—O), 814 cm^{-1} (δ C—Наром). Спектр ПМР (ДМСО-D₆): 7,73 (2H, д, J = 8,1 Гц, Наром), 7,46 (2H, д, Наром), 6,76 (1H, д, J = 7,7 Гц, OH), 5,01 (1H, д, $J_{4,5}$ = 0 Гц, 4-H), 4,73 (1H, с, 5-H), 2,81 (3H, с, N—CH₃), 2,41 (3H, с, N—CH₃), 2,40 м. д. (3H, с, CH₃ в Ts).

транс-4,5-Ди(*n*-толилсульфонил)имидаэолидин-2-он (Va). А. Соединение Va получают с выходом 85,8% по известной методике [1] при взаимодействии в воде в течение 18 сут дигидроксиимидаэолидинона Ia с *n*-толуолсульфиновой кислотой (мольное соотношение 1 : 2,2). Спиральные параметры продукта совпадают с приведенными в литературе [1].

Б. Смесь 0,375 г (6,24 ммоль) мочевины, 1,940 г (12,42 ммоль) *n*-толуолсульфиновой кислоты, 1,203 г (6,22 ммоль) 30% водного раствора глиоксала и 10 мл воды перемешивают при комнатной температуре в течение 33 сут, охлаждают до -5 °C, далее обрабатывают, как описано для продукта IVб. Получают 1,385 г смеси соединения Va и имидазолин-2-она VIa в соотношении 51 : 49 (данные ПМР).

транс-4,5-Ди(фенилсульфонил)имидаэолидин-2-он (Vb). А. Смесь 0,202 г (1,71 ммоль) дигидроксиимидаэолидинона Ia, 0,538 г (3,78 ммоль) бензолсульфиновой кислоты и 5 мл воды перемешивают при комнатной температуре в течение 19 ч, далее обрабатывают, как описано для соединения IVб. Получают 0,383 г смеси соединения Vb и имидазолин-2-она VIb в соотношении 77 : 23 (данные ПМР). ИК спектр смеси соединений Vb и VIb (77 : 23): 3363 (ν N—H), 3151, 3113 пл, 3082, 3056 (ν N—H, ν C—Наром), 1702 пл, 1685 (ν C=O), 1585, ~1562 пл (ν C=C), 1328 (ν_{as} SO₂), 1152 (ν_s SO₂), 756, 719 cm^{-1} (δ C—Наром). Спектр ПМР соединения Vb (ДМСО-D₆): 8,26 (2H, уш. с, 2NH), 7,50...7,99 (10H, м, 2C₆H₅), 5,13 м. д. (2H, с, $J_{4,5}$ = 0, J_{13C-N} = 162,8 Гц, 4-H и 5-H).

Б. По описанной для соединения Va методике Б при взаимодействии 0,281 г (4,68 ммоль) мочевины, 0,903 г (4,67 ммоль) глиоксала (30% водный раствор), 1,330 г (9,35 ммоль) бензолсульфиновой кислоты в 6 мл воды в течение 3,5 ч получают 0,958 г смеси соединения Vb и имидазолин-2-она VIb в соотношении 70 : 30 (данные ПМР).

транс-1,3-Диметил-4,5-ди(*n*-толилсульфонил)имидаэолидин-2-он (Vb). Смесь 0,707 г (4,84 ммоль) дигидроксиимидаэолидинона Iб, 1,670 г (10,69 ммоль) *n*-толуолсульфиновой кислоты и 20 мл воды перемешивают при комнатной температуре в течение 14 сут, далее обрабатывают, как соединение IVб. Получают 1,580 г смеси соединения Vb и имидазолин-2-она VIb в соотношении 55 : 45 (данные ПМР). ИК спектр смеси соединений Vb и VIb (55 : 45): 3137, 3085 (ν C—Наром), 1744, 1704 (ν C=O), 1596, 1568 (ν C=C), 1322 (ν_{as} SO₂), 1156 пл, 1139 (ν_s SO₂), 812 cm^{-1} (δ C—Наром). Спектр ПМР соединения Vb (ДМСО-D₆): 7,39...7,82 (8H, м, Наром), 5,32 (2H, с, $J_{4,5}$ = 0, J_{13C-N} = 167,4 Гц, 4-H и 5-H), 2,42 (6H, с, N—CH₃), 2,39 м. д. (6H, с, CH₃ в Ts).

1,3-Диметил-4,5-ди(фенилсульфонил)имидаэолидин-2-он (Vг). Смесь 0,213 г (1,46 ммоль) дигидроксиимидаэолидинона Iб, 0,557 г (3,92 ммоль) бензолсульфиновой кислоты и 5 мл воды перемешивают при комнатной температуре в течение 3 сут, осадок отфильтровывают, тщательно промывают холодной водой, гексаном, высушивают. Получают 0,396 г смеси соединения Vg и имидазолин-2-она VIg в соотношении 55 : 45 (данные ПМР). ИК спектр смеси соединений Vg и VIg (55 : 45): 1711 (ν C=O), 1584, 1570 (ν C=C), 1322 (ν_{as} SO₂), 1148 (ν_s SO₂), 748, 717 cm^{-1} (δ C—Наром). Спектр ПМР соединения Vg (ДМСО-D₆): 7,56...8,06 (10H, м, C₆H₅), 5,44 (2H, с, 4-H и 5-H), 2,39 м. д. (6H, с, N—CH₃).

4-(*n*-Толилсульфонил)имидаэолин-2-он (VIa). А. Смесь 0,202 г (1,71 ммоль) дигидроксиимидаэолидинона Ia, 0,534 г (3,42 ммоль) кислоты IIIa и 5 мл воды перемешивают на кипящей водяной бане в течение 45 мин. Уже через 5 мин после начала нагревания из образовавшегося раствора начинает выделяться кристаллический продукт. Реакционную смесь обрабатывают, как описано для соединения IVб. Получают 0,407 г (99,9%) соединения VIa, которое перекристаллизовывают из ацетонитрила или метанола. $T_{пл}$ 282 °C (разл.; метанол, уже при 275 °C образец

приобретает темно-коричневую окраску). Найдено, %: C 50,09; H 4,27; N 11,50; S 13,45. $C_{10}H_{10}N_2O_3S$. Вычислено, %: C 50,41; H 4,23; N 11,76; S 13,46. ИК спектр: 3157, 3123 пл (ν N—H), 1691 (ν C=O), 1594, 1494 (ν C=C в Ts), 1570 (ν C=C в гетероцикле), 1326 (ν_{as} SO₂), 1147 (ν_s SO₂), 816 cm^{-1} (δ C—Наром). Спектр ПМР (ДМСО-D₆): 11,10 (1H, уш. с, N—H), 10,91 (1H, уш. с, N—H), 7,80 (2H, д, J = 7,8 Гц, Наром), 7,42 (2H, д, Наром), 7,31 (1H, с, 5-H), 2,38 м. д. (с, 3H, CH₃).

Б. Суспензию 0,305 г (0,77 ммоль) имидазолидина Va в 5 мл ацетонитрила кипятят при перемешивании в течение 2 ч после обычной обработки (см. IVб), получают 0,140 г (76,0%) соединения VIa.

Соединение VIa образуется также с выходом 98,0% при выдерживании имидазолидина Va в воде на кипящей водяной бане в течение 30 мин с последующим охлаждением реакционной смеси и фильтрованием.

В. Кипятят соединение IVa в ацетонитриле (см. метод Б). Выход продукта VIa 72,5%.

Г. Смесь 0,380 г (6,33 ммоль) мочевины, 1,975 г (12,64 ммоль) кислоты Ша, 1,220 г (6,31 ммоль) 30% водного раствора глиоксала и 10 мл воды перемешивают на кипящей водяной бане в течение 1 ч. После обычной обработки получают 1,276 г (85,1%) соединения VIa.

Д. К смеси 0,072 г (3,00 ммоль) гидрида натрия в 6 мл сухого ацетонитрила при перемешивании и охлаждении на водяной бане в течение 5 мин прикальпывают раствор 0,498 г (3,11 ммоль) малонового эфира в 6 мл ацетонитрила. К полученной суспензии натриймалонового эфира добавляют 0,541 г (1,37 ммоль) биссульфона Va и перемешивают при комнатной температуре в течение 4 ч. Реакционную смесь упаривают в вакууме, к остатку добавляют 2,5 мл воды, охлаждают до -5 °C, осадок отфильтровывают, промывают холодной водой, высушивают. Получают 0,282 г (86,3%) соединения VIa.

4-Фенилсульфонилимидазолин-2-он (VIб). Соединение VIb получают аналогично соединению VIa с выходом 90,6% по методу А из дигидроксимидализидинона Pa и бензолсульфиновой кислоты, 61,1% — по методу Б кипячением смеси (1 : 1) соединений Vb и VIb в ацетонитриле (выход указан в пересчете на чистое соединение Vb); 81,7% — по методу В из соединения IVb; 84,7% — по методу Г из мочевины, глиоксала и бензолсульфиновой кислоты. Продукт VIb очищают перекристаллизацией из ацетонитрила или метанола. T_{pl} 244...246 °C (разл.; метанол). Найдено, %: C 48,22; H 3,78; N 12,33; S 13,78. $C_9H_8N_2O_3S$. Вычислено, %: C 48,21; H 3,60; N 12,49; S 14,30. ИК спектр: 3146 пл, 3113 (ν N—H), 1690 (ν C=O), 1564 (ν C=C), 1326 (ν_{as} SO₂), 1147 (ν_s SO₂), 753, 715 cm^{-1} (δ C—Наром). Спектр ПМР (ДМСО-D₆): 11,12 (1H, уш. с, NH), 10,94 (1H, уш. с, NH), 7,55...7,95 (5H, м, C₆H₅), 7,36 м. д. (1H, с, 5-H).

1,3-Диметил-4-(*n*-толилсульфонил)имидазолин-2-он (VIв). Смесь 0,415 г (2,84 ммоль) дигидроксимидализидинона IIb, 0,886 г (5,67 ммоль) *n*-толуолсульфиновой кислоты и 12 мл воды нагревают при перемешивании на кипящей водяной бане в течение 30 мин. Через 5 мин после начала нагревания из образовавшегося раствора начинает выделяться продукт реакции в виде маслообразного вещества. Реакционную смесь охлаждают до 20 °C, добавляют этанол до гомогенизации (7 мл), раствор охлаждают до -5 °C, выпавший осадок отфильтровывают, тщательно промывают охлажденной смесью воды и этанола (2 : 1), гексаном, высушивают. Получают 0,670 г (88,6%) соединения VIv, которое перекристаллизовывают из смеси (10 : 1) петролейного эфира (70...100 °C) и этанола. T_{pl} 151...154 °C. Найдено, %: C 53,91; H 5,41; N 10,42; S 11,63. $C_{12}H_{14}N_2O_3S$. Вычислено, %: C 54,12; H 5,30; N 10,52; S 12,04. ИК спектр: 3138, 3084 (ν C—Наром), 1703 (ν C=O), 1594 (ν C=C в Ts), 1564 (ν C=C в гетероцикле), 1324 (ν_{as} SO₂), 1156 (ν_s SO₂), 812 cm^{-1} (δ C—Наром). Спектр ПМР (CDCl₃): 7,77 (2H, д, J = 8,3 Гц, Наром), 7,32 (2H, д, Наром), 7,07 (1H, с, 5-H), 3,30 (3H, с, N—CH₃), 3,24 (3H, с, N—CH₃), 2,42 м. д. (3H, с, CH₃ в Ts).

1,3-Диметил-4-фенилсульфонилимидазолин-2-он (VIг). Соединение VIg получают аналогично соединению VIv при нагревании дигидроксимидализидинона IIb с бензолсульфиновой кислотой в воде. Выход 53,5%. T_{pl} 153...156 °C (разл.; ацетонитрил). Найдено, %: C 52,51; H 4,81; N 11,02. $C_{11}H_{12}N_2O_3S$. Вычислено, %: C 52,37; H 4,79; N 11,10. ИК спектр: 3136, 3088 (ν C—Наром), 1704 пл, 1691 (ν C=O), 1569 (ν C=C), 1321 (ν_{as} SO₂), 1153 (ν_s SO₂), 739, 716 cm^{-1} (δ C—Наром). Спектр ПМР (CDCl₃): 7,36...7,93 (5H, м, C₆H₅), 7,13 (1H, с, 5-H), 3,32 (3H, с, N—CH₃), 3,23 м. д. (3H, с, N—CH₃)

Работа выполнена при финансовой поддержке Международного научного фонда (грант № MMU 300).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шуталев А. Д. // ХГС. — 1993. — № 12. — С. 1645.
2. Шуталев А. Д., Игнатова Л. А. // ХГС. — 1991. — № 2. — С. 228.
3. Шуталев А. Д. // ХГС. — 1993. — № 10. — С. 1389.
4. Petersen H. // Ann. — 1969. — Bd 726. — S. 89.
5. Гюнтер Х. // Введение в курс спектроскопии ЯМР. — М.: Мир, 1984. — С. 223
6. Вейганд-Хильгетаг // Методы эксперимента в органической химии. — М.: Химия, 1968. — С. 607.

Московская государственная академия
тонкой химической технологии
им. М. В. Ломоносова, Москва 117571

Поступило в редакцию 17.07.96