

УДК 547.791.3

В. А. Васин, Ю. Ю. Мастерова

О РЕГИОСЕЛЕКТИВНОСТИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ФЕНИЛАЗИДА К НЕКОТОРЫМ (ФЕНИЛЭТИНИЛ)СУЛЬФОНАМ

Аннотация. *Актуальность и цели.* Важнейший подход к получению соединений 1,2,3-триазольного ряда, многие из которых проявляют высокую биологическую активность и другие практически полезные свойства, основан на использовании реакций 1,3-диполярного циклоприсоединения алкил- и арилазидов к активированным электроноакцепторной группой ацетиленам. В случае дизамещенных ацетиленов возможно образование двух региоизомерных продуктов. Для прогресса в понимании факторов, влияющих на региохимический результат, необходимо расширение ассортимента как реагентов, так и субстратов. Цель исследования состояла в изучении региоселективности присоединения фенилазида к малоизученным сульфониламещенным ацетиленам. *Материалы и методы.* В качестве субстратов были использованы метил-, *n*-толил- и *n*-хлорфенил(фенилэтинил)сульфоны, различающиеся по стерическому объему сульфонильного заместителя. Реакции проводили в среде сухого диэтилового эфира при 20 °С в течение 10 дней, используя трехкратный избыток реагента, который добавлялся в реакционную смесь двумя равными порциями с интервалом 4–5 дней. Состав продуктов контролировался методами тонкослойной хроматографии и ЯМР ¹H и ¹³C. *Результаты.* В каждой реакции был получен один из двух возможных продуктов циклоприсоединения – 4-сульфонилзамещенный 1*H*-1,2,3-триазол (выход 51–54 %). Продукты выделяли кристаллизацией. Их строение устанавливали методами ИК-, ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии. Один из продуктов получен также встречным синтезом – конденсацией соответствующего β-кетосульфона с фенилазидом по реакции Димрота. Наш результат по региоселективности присоединения отличается от результатов реакций тех же и родственных сульфониламещенных ацетиленов с иными органическими азидами, где наблюдалось образование двухкомпонентных смесей изомерных 1,2,3-триазолов. *Выводы.* Образование единственного продукта в реакциях фенилазида с изученными сульфониламещенными ацетиленами может быть объяснено влиянием электронного эффекта фенильной группы в азиде. Оно свидетельствует о существенном влиянии природы реагента на региоселективность 1,3-диполярного циклоприсоединения. Этот вывод дополняет известный в литературе факт определяющей роли электронных и стерических эффектов заместителей в активированных ацетиленовых, отвечающих за региохимический результат реакции.

Ключевые слова: ацетиленовые сульфоны, фенилазид, 1,3-диполярное циклоприсоединение, 1,2,3-триазол, β-кетосульфид, конденсация Димрота.

V. A. Vasin, Yu. Yu. Masterova

ON REGIOSELECTIVITY OF PHENYL AZIDE ADDITION TO SOME PHENYLETHYNYL SULFONES

Abstract. *Background.* Compounds of 1,2,3-triazole row display high biological activity and other practically useful characteristics. The most important way to build

a 1,2,3-triazole system is based on 1,3-dipolar cycloaddition of alkyl- and aryl-azides to acetylenes activated by electron-withdrawing group. In the case of disubstituted acetylenes the formation of two regioisomeric products is possible. To make progress in comprehending the factors influencing regiochemical result, it is necessary to expand the range of both reagents and substrates. The purpose of the study was to examine the regioselectivity of phenylazide addition to insufficiently explored sulfonyl-substituted acetylenes. *Materials and methods.* We used methyl-, *n*-tolyl- and *n*-chlorophenyl (phenylethynyl)sulfones, which are different in steric volume of sulfonyl substituent, as substrates. The reactions were carried out in dry diethyl ether at 20 °C for 18–20 days using a triple excess of the reagent, which was added to the mixture by two equal portions at interval of 10 days. The reaction was controlled by TLC and ^1H and ^{13}C NMR. *Results.* In each reaction the one of two potential cycloaddition products, namely, 4-sulfonyl-substituted 1*H*-1,2,3-triazole, was obtained (51–54 % yield). The products were isolated by crystallization. Their structure is confirmed by the methods of IR, ^1H and ^{13}C NMR spectroscopy and mass spectrometry. One of the products was also obtained by the counter synthesis based on the reaction of the corresponding β -ketosulfone with phenylazide (the Dimroth condensation). The regioselectivity of the addition obtained in the experiment differs from the results of the reactions between the same and related sulfonyl-substituted acetylenes with other organic azides, in which the formation of double-component mixtures of isomeric 1,2,3-triazoles was observed. *Conclusions.* The formation of the single product in the reactions of phenylazide with the studied sulfonyl-substituted acetylenes can be explained by the influence of electronic effect of the phenyl group in the azide. It indicates considerable influence of a reagent nature on regioselectivity of 1,3-dipolar cycloaddition. This conclusion adds new details to the well-known fact about the significant role of electronic and steric effects of substituents in activated acetylenes responsible for the regiochemical result of the reaction.

Key words: acetylenic sulfones, phenylazide, 1,3-dipolar cycloaddition, 1,2,3-triazole, β -ketosulfone, Dimroth condensation.

Введение

Соединения 1,2,3-триазольного ряда представляют значительный интерес благодаря их практически полезным свойствам, в том числе проявлению различного вида биологической активности [1]. Развитие современных методов «click»-химии [2–4] открыло экономичный и эффективный путь к получению разнообразных производных 1,2,3-триазола. Тем не менее классический метод формирования системы 1,2,3-триазола, базирующийся на использовании реакций 1,3-диполярного циклоприсоединения алкил- и арилазидов к активированным ацетиленам [5–7], по-прежнему востребован и широко применяется на практике. Вместе с тем многие важные препаративные и региохимические аспекты создания системы триазола этим методом остаются до настоящего времени еще недостаточно изученными.

Так, в частности, на примере реакций органических азидов с высокорекреационноспособными диполярфилами – сульфонилзамещенными ацетиленами – ранее было показано, что региоселективность 1,3-циклоприсоединения определяется как электроноакцепторным эффектом сульфонильной группы, так и стерическим влиянием второго заместителя у связи $\text{C}\equiv\text{C}$ алкина [8]. Однако влияния электронного и пространственного строения реагента – алкил(арил)азида – на региоселективность в этом процессе не выявлено.

Обсуждение результатов

В настоящей работе с целью получения дополнительной информации, способствующей прогрессу в понимании факторов, влияющих на региоселек-

тивность 1,3-диполярного циклоприсоединения органических азидов к активированным электроноакцепторным заместителем ацетиленам, мы изучили взаимодействие фенилазида с метил(фенилэтинил)сульфоном **1a**, а также его аналогами – *n*-толил- и *n*-хлорфенил(фенилэтинил)сульфонами **1б** и **1в**, различающимися стерическими объемами заместителей при тройной связи C≡C. Укажем, что ранее [9–11] уже сообщалось о реакциях фенилазида с терминальными и дизамещенными ацетиленами, содержащими при тройной связи трифторметильную, сложноэфирную и некоторые другие функциональные группы. При этом были получены как смеси региоизомеров, так и продукты, отвечающие региоспецифичному присоединению. Следует заметить также, что поведение фенилазида несколько отличается от поведения алкилазидов в схожих превращениях по региохимическому результату [11].

Реакции фенилазида с ацетиленами **1a–в** проводили в среде сухого диэтилового эфира при 20 °С в течение 18–20 дней, используя трехкратный избыток реагента, который добавлялся в реакционную смесь двумя равными порциями с интервалом 10 дней. В каждом случае был получен один из двух возможных региоизомеров – 4-сульфонилзамещенный 1*H*-1,2,3-триазол **2** (схема 1). Конверсия ацетиленов **1** составила около 70 %.

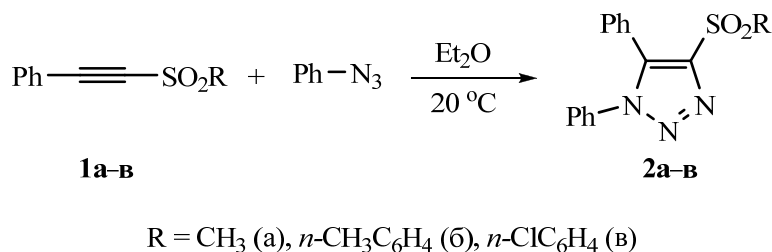


Схема 1

Соединения **2a–в** выделены в индивидуальном виде кристаллизацией. Их структура подтверждается методами ИК, ЯМР ¹H, ¹³C-спектроскопии и масс-спектрометрии. В частности, в пользу приписываемого строения свидетельствуют данные эксперимента NOE, в ходе которого не обнаружено взаимодействия протонов CH₃-групп в соединениях **2a,б** с атомами водорода фенильного кольца при атоме азота. В ИК-спектрах присутствуют характеристические полосы поглощения фрагмента N=N триазольного цикла (1590–1560 см⁻¹) и две интенсивные полосы, соответствующие симметричным и антисимметричным валентным колебаниям сульфо-группы (~ 1150 и 1300 см⁻¹) [12]. В масс-спектрах всех соединений отчетливо обнаруживается пик молекулярного иона.

При доказательстве строения аддукта **2a** нами использован также встречный синтез. При этом мы исходили из сульфокетона **3**, который вводился во взаимодействие с фенилазидом в ДМСО при 35–40 °С по методу [13, 14] (конденсация Димрота). Выход триазола **2a**, идентичного по своим характеристикам продукту 1,3-диполярного циклоприсоединения, составил 86 % (схема 2).

Полученный нами результат указывает на значительную роль заместителя в азиде в определении региоселективности 1,3-диполярного циклоприсоединения, поскольку в реакции соединения **1б** с азидом, содержащим элек-

троноакцепторную группу, наблюдалось образование двух региоизомеров в соизмеримых количествах [15]. Оба возможных изомера получались и в реакции бензилазида с родственными этинилсульфонами [8]. Мы считаем, что в нашем случае важен не стерический, а электронный фактор заместителя, ответственный за распределение электронной плотности в реагенте. Следует отметить также, что на региоселективность присоединения не оказывает влияния некоторое различие в стерических объемах сульфонильных заместителей в диполярофилах **1а–в**.

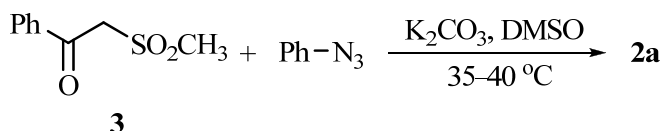


Схема 2

Вопрос об орбитальном контроле региоселективности циклоприсоединения арилазидов к ацетиленам, активированным сложноэфирной группой, уже поднимался в литературе; в пользу такого предположения приводятся результаты квантово-химических расчетов граничных молекулярных орбиталей взаимодействующих соединений [16–17]. Учитывая, что сульфонильная группа по сравнению со сложноэфирной является более сильным акцептором, можно ожидать повышенную вероятность проявления орбитального контроля региоселективности в случае реагирования диполярофилов **1а–в** с арилазидами.

Заключение

Таким образом, высокая региоселективность циклоприсоединения фенилазида к сульфониламещенным ацетиленам обеспечивает удобный подход к 4-сульфониламещенным 1,2,3-триазиолам. Последние могут рассматриваться в качестве перспективных предшественников других функционально замещенных триазолов, которые можно получить за счет реакций, проходящих под влиянием сульфонильной группы или с ее участием.

Экспериментальная часть

Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C растворов соединений в CDCl_3 записаны на спектрометрах JNM-ECX400 фирмы Jeol и Bruker AMX-400 (400 и 100 МГц соответственно). Химические сдвиги в спектрах ЯМР ^1H и ^{13}C измерены относительно остаточного сигнала растворителя (δ_{H} 7,26 и δ_{C} 77,0 м. д.) как внутренних стандартов. ИК-спектры получены на фурье-спектрометре ИнфраЛИОМ ФТ-02 в таблетках КВг. Элементные анализы выполнены на CHNS-анализаторе VarioMICRO. Масс-спектры получены с использованием системы KONIK RBK-HRGC5000B-MSQ12 фирмы KONIXBERT HI-TECH, S.A. Ионизация электронным ударом, $U_{\text{ион}}$ 70 эВ. Аналитическую ТСХ проводили на адсорбенте Sorbfil, элюент – легкий петролейный эфир – ацетон, 3:1; проявление в йодной камере.

Этинилсульфоны **1а,б** получены по литературной методике [18], *n*-хлорфенил(фенилэтинил)сульфон **1в** с т. пл. 103–104 °С – по методике [19], фенилазид – по методике [20].

Реакция (фенилэтинил)сульфонов 1а–в с фенилазидом. Общая методика. К раствору 1,5 ммоль одного из соединений 1а–в в 15 мл сухого диэтилового эфира прибавляют раствор 0,268 г (2,25 ммоль) фенилазида в 5 мл того же растворителя. После выдерживания реакционной смеси в плотно закрытом сосуде при 20 °С в течение 10 дней добавляют еще 0,268 г (2,25 ммоль) фенилазида в 5 мл сухого диэтилового эфира и оставляют вновь при 20 °С на 8–10 дней. Контроль за ходом реакции осуществляют методом ТСХ. Затем растворитель удаляют в вакууме. Кристаллизацией остатка из этанола получают соединения 2а–в.

4-Метилсульфонил-1,5-дифенил-1H-1,2,3-триазол (2а). Выход 0,229 г (51 %). Бесцветные кристаллы, т. пл. 158–159 °С (с разл.). ИК-спектр, ν , см^{-1} : 517, 552, 687, 783, 953, 1150 (ν_s SO₂), 1316 (ν_{as} SO₂), 1447, 1493, 1593 (N=N), 2928. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 3,34 (3H, с, CH₃); 7,28–7,30 (2H, м, H Ph); 7,35–7,48 (8H, м, H Ph). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 43,4 (CH₃); 123,7, 125,2, 128,7, 129,5, 130,0, 130,3, 130,6, 135,3, 138,2, 145,1 (C Ph, C-4, C-5). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 299 [M]⁺ (19,2), 271 [M-N₂]⁺ (18,6), 192 (91,1), 180 (33,3), 165 (36,8), 115 (27,2), 105 (45,4), 89 (98,0), 77 (100), 63 (79,9), 51 (96,2). Найдено, %: С 59,96; Н 4,42; N 14,12; S 10,68. C₁₅H₁₃N₃O₂S. Вычислено, %: С 60,18; Н 4,38; N 14,04; S 10,71.

4-п-Толилсульфонил-1,5-дифенил-1H-1,2,3-триазол (2б). Выход 0,29 г (52 %). Бесцветные кристаллы, т. пл. 176–177 °С (с разл.). ИК-спектр, ν , см^{-1} : 540, 586, 671, 779, 1084, 1154 (ν_s SO₂), 1319 (ν_{as} SO₂), 1447, 1497, 1597 (N=N). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (J , Гц): 2,40 (3H, с, CH₃); 7,22 (2H, д, $J = 7,3$ Гц, H Ar); 7,26–7,28 (4H, м, H Ar); 7,33–7,41 (5H, м, H Ar); 7,45–7,49 (1H, м, H Ar); 7,77 (2H, д, $J = 8,2$ Гц, H Ar). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 21,6 (CH₃); 124,3, 125,1, 128,2, 128,5, 129,4, 129,7, 129,8, 130,4, 130,4, 135,4, 137,6, 138,5, 144,8, 146,1 (C Ar, C-4, C-5). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 375 [M]⁺ (3,2), 283 [M-C₆H₄CH₃]⁺ (18,6), 192 (88,9), 180 (72,6), 165 (76,8), 105 (52,5), 91 (100), 77 (98,4), 65 (82,5), 51 (86,8). Найдено, %: С 67,10; Н 4,67; N 11,05; S 8,68. C₂₁H₁₇N₃O₂S. Вычислено, %: С 67,18; Н 4,56; N 11,19; S 8,54.

4-п-Хлорфенилсульфонил-1,5-дифенил-1H-1,2,3-триазол (2в). Выход 0,32 г (54 %). Бесцветные кристаллы, т. пл. 154–155 °С. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 586, 644, 687, 772, 826, 1084, 1161 (ν_s SO₂), 1323 (ν_{as} SO₂), 1497, 1581 (N=N). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (J , Гц): 7,22 (2H, д, $J = 7,1$ Гц, H Ar); 7,26 (2H, д, $J = 7,1$ Гц, H Ar); 7,34–7,50 (8H, м, H Ar); 7,80 (2H, д, $J = 8,5$ Гц, H Ar). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 124,1, 125,2, 128,8, 129,6, 129,7, 130,0, 130,5, 130,8, 135,4, 139,0, 139,1, 140,7, 145,6 (C Ar, C-4, C-5). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 397 [M]⁺ (3,0), 395 [M]⁺ (9,0), 302 (35,2), 192 (36,3), 180 (5,3), 165 (10,8), 111 (16,5), 89 (100), 77 (28,0), 63 (12,0), 51 (24,1). Найдено, %: С 60,72; Н 3,51; N 10,53; S 7,88. C₂₀H₁₄ClN₃O₂S. Вычислено, %: С 60,68; Н 3,56; N 10,61; S 8,10.

2-Метилсульфонил-1-фенилэтанон (3). Раствор 0,54 г (3 ммоль) (фенилэтинил)сульфона 1а в 30 мл 95 %-го водного этанола в присутствии каталитических количеств HgSO₄ (35 мг) и конц. H₂SO₄ (0,1 мл) нагревают до кипения в течение 25 ч (ср. [21]). Растворитель удаляют в вакууме, продукт очищают кристаллизацией из этанола. Получают 0,48 г (81 %) соединения 3. Бесцветные кристаллы, т. пл. 107–108 °С. Лит.: т. пл. 107,5–108 °С [22]. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 486, 590, 741, 964, 1119, 1138 (ν_s SO₂), 1215, 1281, 1300 (ν_{as} SO₂), 1597, 1670 (C=O), 3012. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 3,14 (3H, с, CH₃);

4,61 (2H, с, CH₂); 7,49–7,53 (2H, м, H Ph); 7,62–7,66 (1H, м, H Ph); 7,97–7,99 (2H, м, H Ph). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 41,9 (CH₃); 61,2 (CH₂); 129,1, 129,3, 134,8, 135,6 (C Ph); 189,4 (C=O). Найдено, %: C 54,45; H 5,14; S 16,10. C₉H₁₀O₃S. Вычислено, %: C 54,53; H 5,08; S 16,18.

Реакция сульфокетона (3) с фенилазидом. К суспензии 0,848 г (8,0 ммоль) тонко растертого безводного Na₂CO₃ в 15 мл сухого ДМСО добавляют 0,396 г (2,0 ммоль) сульфокетона **3** в 5 мл сухого ДМСО. При перемешивании по каплям прибавляют 0,476 г (4,0 ммоль) фенилазида. Реакционную смесь перемешивают и нагревают при 35–40 °С в течение 25 ч, затем выливают в воду (250 мл). Выпавший осадок отфильтровывают, промывают водой, сушат на воздухе, затем в вакуум-эксикаторе. Получают 0,545 г (86 %) триазола **2a** с т. пл. 158–159 °С (с разл.).

Список литературы

1. **Кривопапов, В. П.** 1,2,3-Триазол и его производные. Развитие методов формирования триазольного кольца / В. П. Кривопапов, О. П. Шкурко // Успехи химии. – 2005. – Т. 74, вып. 4. – С. 369–410.
2. **Binder, W. H.** 'Click' Chemistry in Polymer and Materials Science / W. H. Binder, R. Sachsenhofer // Macromolecular Rapid Communications. – 2007. – Vol. 28, № 1. – P. 15–54.
3. **Meldal, M.** Cu-Catalyzed Azide–Alkyne Cycloaddition / M. Meldal, C. W. Tornøe // Chemical Reviews. – 2008. – Vol. 108, № 8. – P. 2952–3015.
4. **Finn, M. G.** Copper-catalyzed azide–alkyne cycloaddition (CuAAC) and beyond: new reactivity of copper(I) acetylides / M. G. Finn, V. Fokin // Chemical Society Reviews. – 2010. – Vol. 39, № 4. – P. 1302–1315.
5. **L'Abbe, G.** Decomposition and Addition Reactions of organic Azides / G. L'Abbe // Chem. Rev. – 1969. – Vol. 69, № 3. – P. 345–363.
6. **Huisgen, R.** In 1,3-Dipolar Cycloaddition Chemistry / R. Huisgen ; ed. A. Padwa / Wiley-Interscience. – N. Y., 1984. – Vol. 1. – P. 1–176.
7. **Lwowsky, W.** In: 1,3-Dipolar Cycloaddition Chemistry / W. Lwowsky ; ed. A. Padwa // Wiley Inter Science. – N. Y., 1984. – Vol. 1. – Ch. 4. – P. 621–627.
8. **Gao, D.** 1,3-Dipolar Cycloadditions of Acetylenic Sulfones in Solution and on Solid Supports / D. Gao, H. Zhai, M. Parvez, T. G. Back // Journal of Organic Chemistry. – 2008. – Vol. 73, № 20. – P. 8057–8068.
9. **Bastide, J.** Cycloaddition dipolaire-1,3 aux alcynes / J. Bastide, J. Hamelin, F. Texier, Y. V. Quang // Bull. Soc. Chim. Fr. – 1973. – № 9/10. – P. 2871–2887.
10. **Meazza, G.** Aryl trifluoromethyl-1,2,3-triazoles / G. Meazza, G. J. Zanardi // J. Fluorine Chem. – 1991. – Vol. 55, № 2. – P. 199–206.
11. **Abu Orabi, S. T.** Dipolar Cycloadditions of Organic Azides with some Compounds / S. T. Abu Orabi, M. A. Atfah, I. Jibril, F. M. Mari'I, Ali A. Al-Sheikh // Journal Heterocyclic Chem. – 1989. – Vol. 26, № 5. – P. 1461–1468.
12. **Преч, Э.** Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных / Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Афвольтер. – М. : Мир ; Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 438 с.
13. **Cottrell, I. F.** An improved procedure for the preparation of 1-benzyl-1*H*-1,2,3-triazoles from azides / I. F. Cottrell, D. Hands, P. G. Houghton, G. R. Humphrey, S. H. B. Wright // Journal of Heterocyclic Chemistry. – 1991. – Vol. 28, № 2. – P. 301–304.
14. **Pokhodylo, N. T.** (Arylsulfonyl)acetones and -acetonitriles: New Activated Methylenic Building Blocks for Synthesis of 1,2,3-Triazoles / N. T. Pokhodylo, V. S. Matiychuk, M. D. Obushak // Synthesis. – 2009. – № 14. – P. 2321–2323.
15. **Hlasta, D. J.** Steric Effects on the Regioselectivity of an Azide–Alkyne Dipolar Cycloaddition Reaction: The Synthesis of Human Leukocyte Elastase Inhibitors / D. J. Hlasta

- ta, J. H. Ackerman // *Journal of Organic Chemistry*. – 1994. – Vol. 59, № 21. – P. 6184–6189.
16. **Molteni, G.** Regioselectivity of aryl azide cycloaddition to methyl propiolate in aqueous media: experimental evidence versus local DFT HSAB principle / G. Molteni, A. Ponti // *ARKIVOC*. – 2006. – Vol. 16. – P. 49–56.
17. **Molteni, G.** Arylazide Cycloaddition to Methyl Propiolate: DFT-Based Quantitative Prediction of Regioselectivity / G. Molteni, A. Ponti // *Chemistry – A European Journal*. – 2003. – Vol. 9, № 12. – P. 2770–2774.
18. **Truce, W. E.** Adducts of sulfonyl iodides with acetylenes / W. E. Truce, G. C. Wolf // *Journal of Organic Chemistry*. – 1971. – Vol. 36, № 13. – P. 1727–1732.
19. **Vasin, V. A.** Reactions of (phenylethynyl)sulfones with tricyclo[4.1.0.^{02,7}]heptanes / V. A. Vasin, Yu. Yu. Masterova, V. V. Razin, N. V. Somov // *Canadian Journal of Chemistry*. – 2013. – Vol. 91, № 6. – P. 465–471.
20. Синтезы органических препаратов. – М. : Ин. лит., 1949. – Сб. 3. – С. 433.
21. **Михайлова, В. Н.** Реакция гидратации 1- и 3-арилсульфонил-1-пропинов и арилсульфонилалленов / В. Н. Михайлова, А. Д. Булат, В. П. Юревич, Л. А. Ежова // *Журнал органической химии*. – 1988. – Т. 24, вып. 9. – С. 1948–1952.
22. **Truce, W. E.** The Preparation of β -Keto Sulfones by the Claisen Condensation / W. E. Truce, R. H. Knospe // *Journal of the American Chemical Society*. – 1955. – Vol. 77, № 19. – P. 5063–5067.

References

1. Krivopalov V. P., Shkurko O. P. *Uspekhi khimii* [Progress of chemistry]. 2005, vol. 74, no. 4, pp. 369–410.
2. Binder W. H., Sachsenhofer R. *Macromolecular Rapid Communications*. 2007, vol. 28, no. 1, pp. 15–54.
3. Meldal M., Tornøe C. W. *Chemical Reviews*. 2008, vol. 108, no. 8, pp. 2952–3015.
4. Finn M. G., Fokin V. *Chemical Society Reviews*. 2010, vol. 39, no. 4, pp. 1302–1315.
5. L'Abbe G. *Chem. Rev.* 1969, vol. 69, no. 3, pp. 345–363.
6. Huisgen R. *Wiley-Interscience*. New York, 1984, vol. 1, pp. 1–176.
7. Lwowsky W. *Wiley Inter Science*. New York, 1984, vol. 1, part 4, pp. 621–627.
8. Gao D., Zhai H., Parvez M., Back T. G. *Journal of Organic Chemistry*. 2008, vol. 73, no. 20, pp. 8057–8068.
9. Bastide J., Hamelin J., Texier F., Quang Y. V. *Bull. Soc. Chim. Fr.* 1973, no. 9/10, pp. 2871–2887.
10. Meazza G., Zanardi G. J. *J. Fluorine Chem.* 1991, vol. 55, no. 2, pp. 199–206.
11. Abu Orabi S. T., Atfah M. A., Jibril I., F. M. Mari'I, Ali A. Al-Sheikh *Journal Heterocyclic Chem.* 1989, vol. 26, no. 5, pp. 1461–1468.
12. Prech E., Byul'mann F., Affol'ter K. *Opređenje stroenija organičeskikh soedinenij. Tablitsy spektral'nykh dannykh* [Determination of the structure of organic compounds. Tables of spectral data]. Moscow: Mir ; Binom. Laboratoriya znaniy, 2006, 438 p.
13. Cottrell I. F., Hands D., Houghton P. G., Humphrey G. R., Wright S. H. B. *Journal of Heterocyclic Chemistry*. 1991, vol. 28, no. 2, pp. 301–304.
14. Pokhodylo N. T., Matiyuchuk V. S., Obushak M. D. *Synthesis*. 2009, no. 14, pp. 2321–2323.
15. Hlasta D. J., Ackerman J. H. *Journal of Organic Chemistry*. 1994, vol. 59, no. 21, pp. 6184–6189.
16. Molteni G., Ponti A. *ARKIVOC*. 2006, vol. 16, pp. 49–56.
17. Molteni G., Ponti A. *Chemistry – A European Journal*. 2003, vol. 9, no. 12, pp. 2770–2774.
18. Truce W. E., Wolf G. C. *Journal of Organic Chemistry*. 1971, vol. 36, no. 13, pp. 1727–1732.
19. Vasin V. A., Masterova Yu. Yu., Razin V. V., Somov N. V. *Canadian Journal of Chemistry*. 2013, vol. 91, no. 6, pp. 465–471.

20. *Sintezy organicheskikh preparatov* [Synthesis of organic preparations]. Moscow: In. lit., 1949, coll. 3, p. 433.
21. Mikhaylova V. N., Bulat A. D., Yurevich V. P., Ezhova L. A. *Zhurnal organicheskoy khimii* [Journal of organic chemistry]. 1988, vol. 24, no. 9, pp. 1948–1952.
22. Truce W. E., Knospe R. H. *Journal of the American Chemical Society*. 1955, vol. 77, no. 19, pp. 5063–5067.

Васин Виктор Алексеевич

доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой органической
химии, Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева
(Россия, г. Саранск,
ул. Большевикская, 68)

E-mail: vasin@mrsu.ru

Vasin Viktor Alekseevich

Doctor of chemical sciences, professor,
head of sub-department of organic
chemistry, Mordovia State University
named after N. P. Ogarev
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

Мастерова Юлия Юрьевна

аспирант, Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева
(Россия, г. Саранск,
ул. Большевикская, 68)

E-mail: orgchem@mrsu.ru

Masterova Yuliya Yur'evna

Postgraduate student, Mordovia State
University named after N. P. Ogarev
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

УДК 547.791.3

Васин, В. А.

О региоселективности присоединения фенилазида к некоторым (фенилэтинил)сульфонам / В. А. Васин, Ю. Ю. Мастерова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013. – № 3 (3). – С. 46–53.