



### Заклучение

В ходе проведенной работы показана селективность катализатора по ароматическим углеводородам и изоалканам. Наилучшие данные были получены при температуре 350°C. Полученный катализатор соответствует стандарту Евро-5 по содержанию бензола и олефинов в топливе. Установлено, что максимальный выход жидких углеводородов достигается при объемной скорости потока 2 ч<sup>-1</sup>.

### Список литературы

1. Третьяков В. Ф. Биоэтанол – стратегия развития топливного и нефтехимического комплекса // Хим. техника. 2008. № 1. С. 8–12.
2. Van Haveren J., Scott E. L., Sanders J. Bulk chemicals from biomass // Biofuels, Bioprod. Bioref. 2008. Vol. 2. P. 41–57.
3. Третьяков В. Ф., Чан Тхи Куинь Ньы и др. Каталитическая конверсия биоэтанола в ароматические углеводороды в присутствии перекиси водорода // Вестн. МИТХТ. 2013. Т. 8, № 6. С. 37–41.
4. Schulz J., Bandermann F. Conversion of ethanol over zeolite H-ZSM-5 // Chem. Eng. Technol. 1994. Vol. 17. P. 179–186.
5. Aguayo A. T., Gayubo A. G., Tarro A. M., Atutxa A., Bilbao J. Study of operating variables in the transformation of aqueous ethanol into hydrocarbons on an HZSM-5 zeolite // J. Chem. Technol. Biotechnol. 2002. Vol. 77. P. 211–216.
6. Третьяков В. Ф., Макаффи Ю. И., Тальшинский Р. М. Каталитические превращения биоэтанола. Обзор // Вестн. МИТХТ. 2010. Т. 5, № 4. С. 5–22.
7. Karthikeyan K. R., Yong W. Ethanol conversion to hydrocarbons on HZSM-5: Effect of reaction conditions and Si/Al ratio on the product distributions // Catalysis Today. 2014. Vol. 1. P. 203–217.
8. Третьяков В. Ф., Лермонтов А. С., Макаффи Ю. И., Якимова М. С., Французова Н. А., Коваль Л. М., Ерофеев В. И. Синтез моторных топлив из биоэтанола // Химия и технология топлив и масел. 2008. Т. 44, № 6. С. 30–34.
9. Третьяков В. Ф., Макаффи Ю. И., Тальшинский Р. М. Каталитические превращения биоэтанола // Вестн. МИТХТ. 2010. Т. 5, № 4. С. 77–86.
10. Третьяков В. Ф., Масютина Т. Н., Лермонтов А. С., Бурдейная Т. Н. Биоэтанол-сырье для получения компонентов моторных топлив и нефтехимических продуктов // Катализ в промышленности. 2006. Т. 2, № 4. С. 12–17.

УДК 547.814.1

## 3-(1, 3-ДИОКСОБУТАН-1-ИЛ)-2Н-ХРОМЕН-2-ОН В РЕАКЦИЯХ С КАРБАМИДАМИ

И. В. Страшилина, О. А. Мажукина, О. В. Федотова, С. М. Р. Аль Мансури

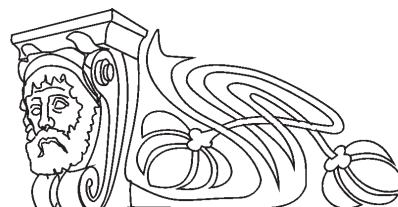
Саратовский государственный университет  
E-mail: chem\_dreamer@mail.ru

Впервые изучены реакции 3-ацетоацетил-2Н-хромен-2-она с карбамидами в термическом и микроволновом варианте. Получены нового типа гетеросистемы дигидрооксазинилхроменового, дигидрохромено-пиримидин(тион)ового рядов. Обнаружена возможность димеризации посредством простой эфирной связи пиранохроменового и хроменотетрагидропиридинового фрагментов. Предложены вероятные схемы превращений. **Ключевые слова:** 2Н-хромен-2-он, карбамида, дигидрооксазинилхроменон, дигидрохромено-пиримидин(тион).

### 3-(1, 3-dioxobutan-1-yl)-2H-chromen-2-one in Reactions with Ureas

I. V. Strashilina, O. A. Mazhukina,  
O. V. Fedotova, S. M. R. Al Mansoori

First studied the reaction of 3-acetoacethyl-2H-chromen-2-one with ureas in thermal- and microwave-assisted embodiment. A new type of dihydrooxazinylchromenone and dihydrochromenpyri-



midinon(thione) heterosystems were obtained. The possibility of dimerization through the ether linkage between pyranochromene and chromenetetrahydropyridine fragments was found. Probable transformations schemes were suggested.

**Key words:** 2H-chromen-2-one, ureas, dihydrooxazinylchromenone dihydrochromenpyrimidinon(thione).

Замещенные 2Н-пиран-2-оны и их бензанелированные аналоги обладают широким спектром физиологической активности [1–5], что привлекает внимание к изучению их свойств. Полиоксосоединения бензопиран-2-онового (хромен-2-онового) ряда также являются ценными субстратами с высоким химическим потенциалом в органическом синтезе, обусловленным наличием карбонильных групп различного характера (кетонной и лактонной), гетероциклической системы,

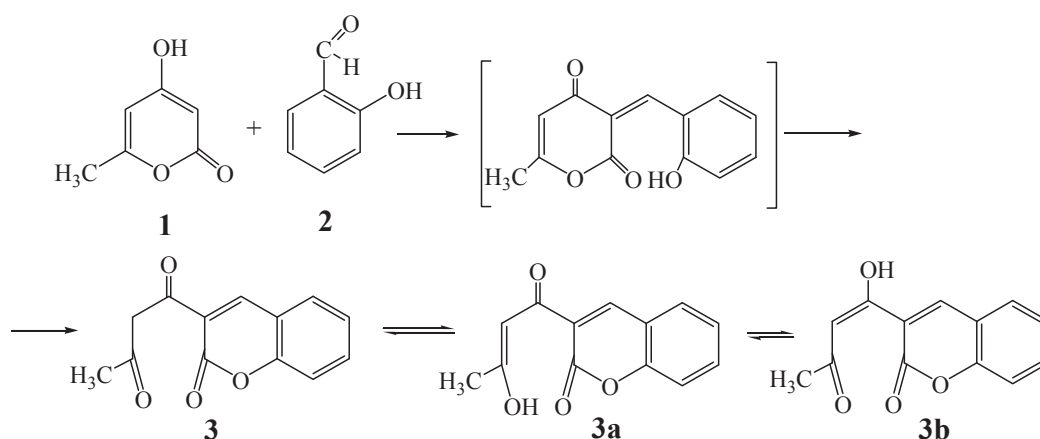


потенциально способной к рециклизации, активного метиленового звена и множеством электрофильных центров. Это позволяет использовать их в синтезе O-, N-содержащих практически важных, в том числе и для современной медицины, гетероциклических соединений и определяет прикладную значимость исследований в данной области.

Использование микроволнового излучения позволяет сократить время проведения превращений и повысить выходы целевых продуктов; сокращение числа стадий приводит к уменьшению использования растворителей, что согласуется с одной из концепций «зеленой химии» и, таким образом, способствует все большему его внедрению в технологии органического синтеза.

Введение 3-замещенных 2Н-хромен-2-онов в реакции с карбамидами представлялось перспективным, учитывая амбидентность последних и многоцентровость субстратов в реакциях нуклеофильного замещения. Такие превращения могли приводить к получению новых азот- и кислородсодержащих гетеросистем, изоструктурных природным, открывая широкие перспективы для их использования в качестве биологически активных веществ.

Синтез исходных веществ осуществлялся по известной методике [6]. Так, 3-(1,3-диоксипутан-1-ил)-2Н-хромен-2-он (**3**) был получен в результате конденсации 4-гидрокси-6-метил-2Н-пиран-2-она (**1**) и салицилового альдегида (**2**):



Строение полученного полиоксосоединения (**3**) подтверждено данными ИК, ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  спектроскопии. В ИК спектре 3-(1,3-диоксипутан-1-ил)-2Н-хромен-2-она (**3**) присутствуют полосы поглощения сопряжённых: лактонного карбонила ( $1728\text{ см}^{-1}$ ) и карбонильной кетонной функции ( $1680\text{ см}^{-1}$ ). Одна из карбонильных групп ацетоацетильного заместителя находится в енольной форме, что согласуется с наличием полосы поглощения  $\nu_{\text{OH}}$  в области  $3500\text{--}3200\text{ см}^{-1}$ . Сигналы валентных колебаний связей С-Н  $\text{CH}_3$ -группы проявляются при  $2999$  и  $2854\text{ см}^{-1}$ , а деформационных колебаний при  $-1446$  и  $1362\text{ см}^{-1}$ .

В ЯМР $^1\text{H}$  спектре соединения (**3**) (рис. 1, 2) отмечены: синглет енольного гидроксила при  $15.96$  м.д., синглеты винильных протонов при  $6.85$  м.д. и  $8.76$  м.д., синглет метильных протонов при  $2.20$  м.д. Мультиплет ароматических протонов проявляется в области  $7.35\text{--}7.96$  м.д. [7]. При регистрации ЯМР $^1\text{H}$  спектра соединения **3** в  $\text{DMSO-}d_6$  кроме вышеперечисленных сигналов появляется синглет метиленовых протонов при  $4.13$  м.д., что свидетельствует о таутомерном равновесии между кетонной и енольными формами (**3a**, **3b**) для соединения (**3**). Таким образом,

субстрат (**3**) и в твердом состоянии и в растворе  $\text{CDCl}_3$  существует в одной из енольных форм (**3a**, **3b**), тогда как в  $\text{DMSO-}d_6$  отмечено существование обеих таутомерных форм.

В ЯМР  $^{13}\text{C}$  спектре соединения (**3**), полученном в  $\text{CDCl}_3$ , наблюдаются сигналы, отвечающие резонансу ядер метильной группы при  $27.54$  м.д., трех  $sp^2$ -гибридных атомов углерода винильных фрагментов при  $76.75\text{--}77.39$  м.д., атомов углерода ароматической системы в интервале  $116.56\text{--}133.97$  м.д. Атом углерода лактонной карбонильной группы проявляется при  $158.01$  м.д., карбонильной функции отвечает сигнал при  $171.98$  м.д. Атому углерода, связанному с енольной гидроксильной группой, отвечает сигнал при  $159.56$  м.д.

Ранее было установлено, что 3-замещенные хромен-2-оны в условиях термического воздействия с бинуклеофилами ( $\text{NH}_2\text{--NH}_2$  и  $\text{NH}_2\text{OH}$ ) реагируют по 1,3-дикарбонильному фрагменту алифатической части молекулы с образованием пятичленных O, N-гетероциклов [8]. Можно было предположить, что реакция исходного оксосоединения с мочевиной будет протекать аналогично с образованием шестичленного азагетероцикла.

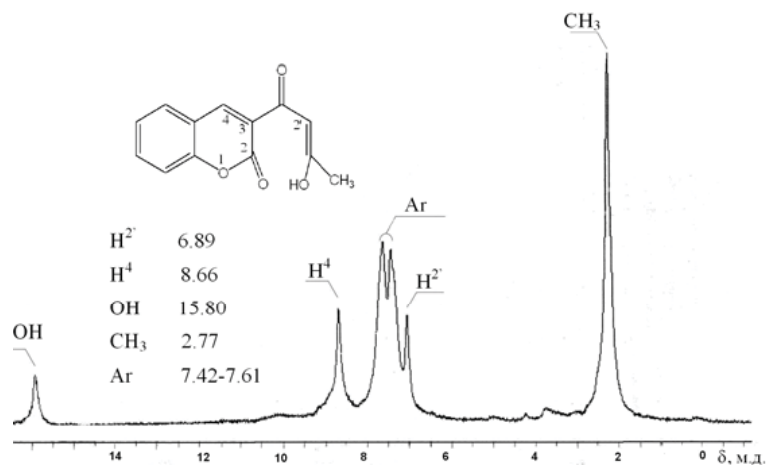


Рис. 1. ЯМР<sup>1</sup>H спектр таутомерной смеси соединений (3а, b) (CDCl<sub>3</sub>)

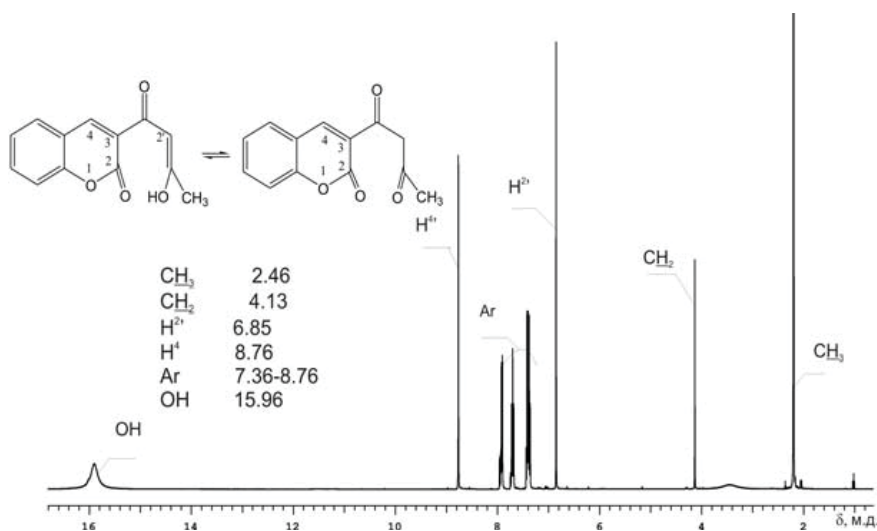
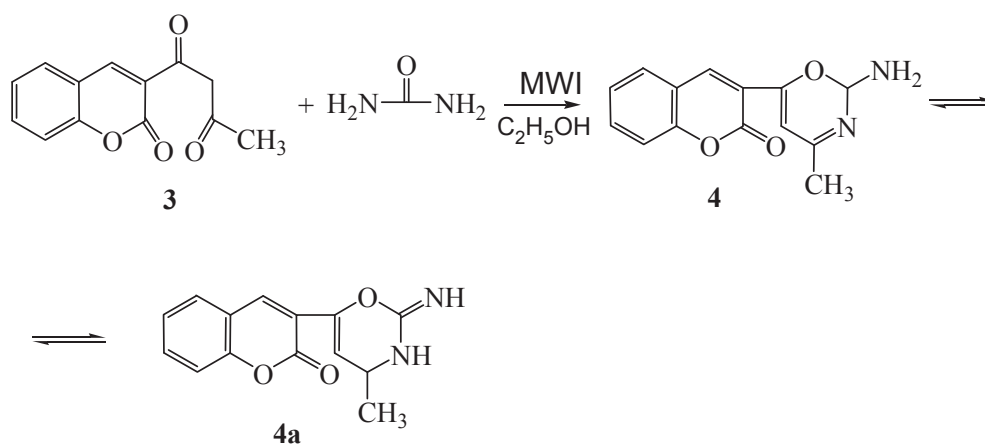


Рис. 2. ЯМР<sup>1</sup>H спектр таутомерной смеси 3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2Н-хромен-2-она (3) и енольных форм (3а, b) (DMSO-*d*<sub>6</sub>)

Нами впервые установлено, что взаимодействие 3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2Н-хромен-2-она (3) с мочевиной в условиях воздействия микроволнового излучения действительно

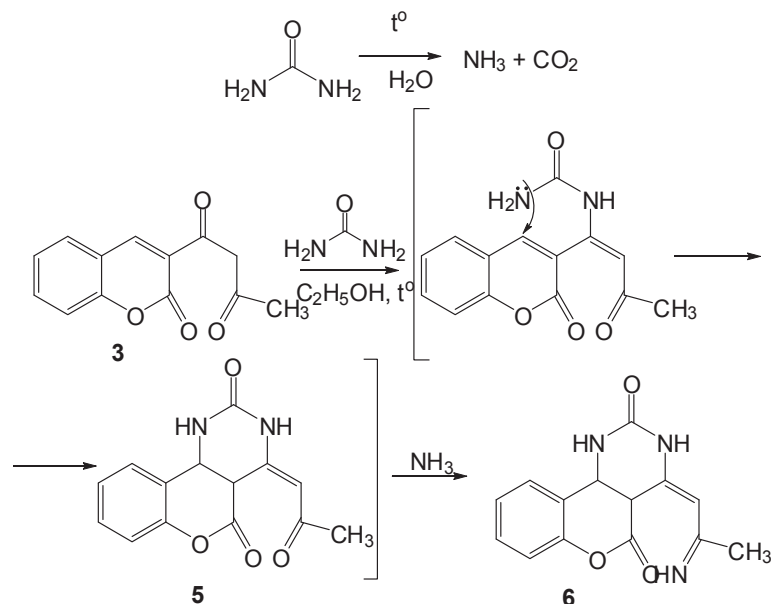
сопровождается образованием 3-(2-амино-4-метил-3,4-дигидро-2Н-1,3-оксазин-6-ил)-2Н-хромен-2-она (4), выход которого составил 81%.





Поведение изучаемого соединения (**3**) при нагревании с мочевиной носит иной характер, а именно: сопровождается нуклеофильной атакой аминогруппой мочевины алифатического карбонила субстрата с последующим взаимодействием

второй аминогруппы с электрофильным атомом углерода непредельного фрагмента, что в итоге приводит к образованию 4, 4а-дигидро-4-(2-иминопропилиден)-1Н-хроменопиримидин-2, 5-диона (**6**):



Строение полученных соединений здесь и далее подтверждалось данными ИК и ЯМР  $^1\text{H}$  спектроскопии.

В ИК спектре соединения (**4**) присутствует полоса валентных колебаний амидной NH-группы при  $3536\text{ см}^{-1}$ . Полоса колебаний при  $1635\text{ см}^{-1}$  соответствует фрагменту  $\text{C}=\text{N}$ . Сохранение лактонной карбонильной группы подтверждается наличием сигнала при  $1699\text{ см}^{-1}$ . При этом полосы поглощения, отвечающие валентным колебаниям сопряженных ( $1660\text{--}1670\text{ см}^{-1}$ ) и несопряженных ( $1675\text{--}1690\text{ см}^{-1}$ ) карбонильных групп, исчезают. Двойной связи отвечает полоса поглощения  $1657\text{ см}^{-1}$ . Валентным и деформационным колебаниям связи  $\text{C}-\text{H}$  в  $\text{CH}_3$ -группе соответствуют сигналы  $2926\text{ см}^{-1}$  и  $3061\text{ см}^{-1}$ ,  $1434\text{ см}^{-1}$  и  $1393\text{ см}^{-1}$  соответственно.

В ЯМР $^1\text{H}$  спектре соединения (**4**) присутствуют синглет винильного протона (7.66 м.д.), синглет метинового протона при 4.72 м.д., синглет протонов первичной аминогруппы (5.21 м.д.). Синглет протонов при 1.57 м.д. соответствует метильной группе. Мультиплет ароматических протонов проявляется в диапазоне 6.47–7.26 м.д.

Таким образом, на основании спектральных данных, и прежде всего ИК спектроскопии, можно сделать вывод о реализации прототропной имин-енаминной таутомерии для аминокетонхромона (**4**).

В ИК спектре соединения (**6**) характерные валентные колебания амидных групп проявляются в виде двух полос при  $3346\text{ см}^{-1}$  и  $3443\text{ см}^{-1}$ . Полоса валентных колебаний при  $3139\text{ см}^{-1}$  соответствует поглощению иминной группы. Полоса поглощения  $\text{C}=\text{O}$  (амид I) отмечена при  $1677\text{ см}^{-1}$ . Сохранение лактонного карбонила подтверждается наличием полосы поглощения при  $1717\text{ см}^{-1}$ . Валентные колебания связи  $\text{C}-\text{H}$  в  $\text{CH}_3$ -группе проявляются в виде сигналов при  $2926\text{ см}^{-1}$  и  $3098\text{ см}^{-1}$ , деформационным колебаниям соответствуют полосы  $1345\text{ см}^{-1}$  и  $1419\text{ см}^{-1}$ .

В ЯМР $^1\text{H}$  спектре соединения (**6**) отмечены синглеты NH-групп амидного фрагмента (6.12 м.д. и 5.90 м.д.), синглет протона иминной функции (8.64 м.д.), сигналы метиновых (д. 5.53 м.д.  $J = 6\text{ Гц}$  и д. 4.12 м.д.  $J = 6\text{ Гц}$ ), метильных (1.56 м.д.) и винильного (6.77 м.д.) протонов. Ароматическим протонам соответствует мультиплет при 7.15–8.31 м.д.

Имеются сведения о возможности 3-(1,3-диоксипутан-1-ил)-2Н-хромен-2-она (**3**) образовывать полукетали при взаимодействии с формамидом, а также в слабокислой среде [9–10].

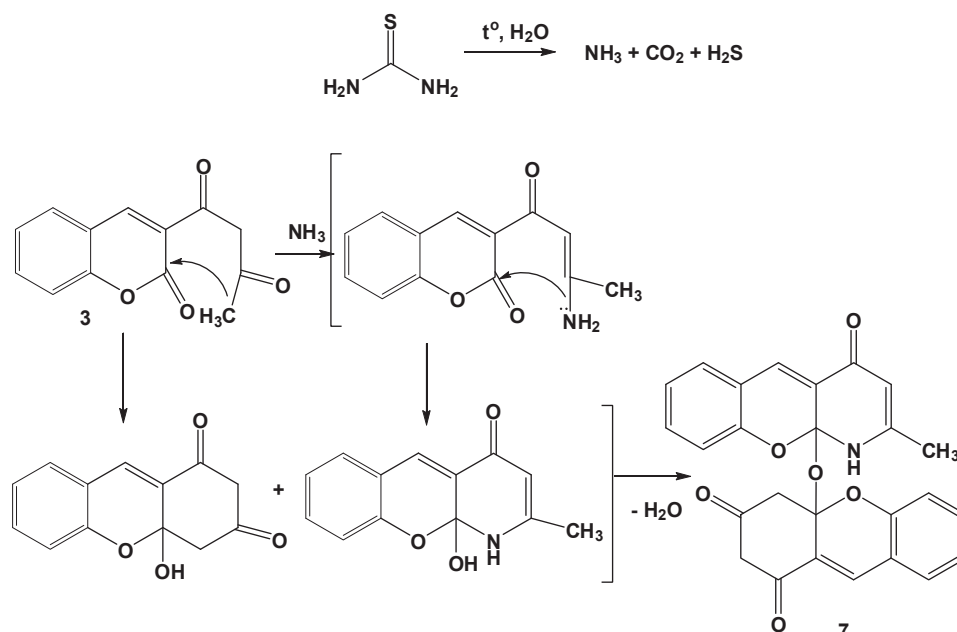
Это позволило предположить, что взаимодействие субстрата (**3**) с тиомочевинной приведет к нуклеофильной атаке атомом азота аммиака ацетильного карбонила 3-(1,3-диоксипутан-1-ил)-2Н-хромен-2-она (**3**) с последующей



N-гетероциклизацией и образованием со второй молекулой субстрата, претерпевшей конкурентную карбоциклизацию [9], простой эфирной связи, что приводит в итоге к получению

хроменопиридин-10а-илоксиксантено-1,3-диона (7) с выходом 63 %.

Вероятно, в выбранных условиях тиомочевина, гидролизуясь, является источником аммиака.

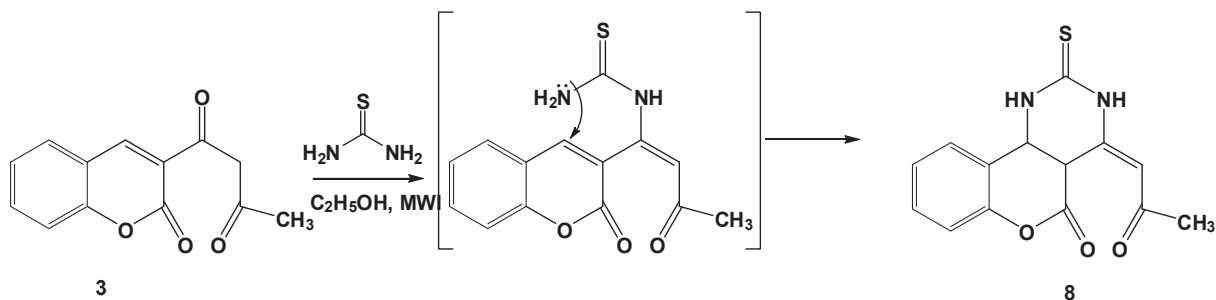


В ИК спектре продукта (7) исчезает полоса, относящаяся к валентным колебаниям двух сопряженных лактонных карбонильных групп в области  $1750-1700\text{ см}^{-1}$  и появляется полоса поглощения, соответствующая валентным колебаниям вторичной аминогруппы при  $3348\text{ см}^{-1}$ . Карбонильные функции проявляются в виде поглощения при  $1678\text{ см}^{-1}$ ,  $1685$  и  $1692\text{ см}^{-1}$ . Полоса валентных колебаний при  $1280\text{ см}^{-1}$  соответствует валентным колебаниям простой эфирной связи. Деформационные колебания двойных связей  $\text{C}=\text{C}$  проявляются в виде сигнала при  $1655\text{ см}^{-1}$ . Валентным колебаниям связей  $\text{C}-\text{N}$  метильной группы соответствует сигнал при  $2922\text{ см}^{-1}$ .

В ЯМР<sup>1</sup>H спектре хроменопиридин-10а-илоксиксантено-1,3-диона (7) присутствует синглет протона вторичной аминогруппы при 8.65 м.д. Два винильных протона проявляются в виде уширенного синглета при 7.63 м.д. Винильный протон, находящийся при атоме углерода, со-

пряженном с карбонильной группой, проявляется в виде синглета при 6.11 м.д. Протоны метиленовой группы 1,3-дикарбонильного фрагмента проявляются в виде синглета при 3.71 м.д. Метиленовому звену при  $\text{C}_4$  соответствуют два дублета при 5.92 м.д. ( $J=24\text{ Гц}$ ) и 4.14 м.д. ( $J=24\text{ Гц}$ ). Синглет протонов при 2.65 м.д. соответствует метильным протонам. Ароматическим протонам соответствует мультиплет при 6.64–7.32 м.д.

Найдено, что в реакции 3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2H-хромен-2-она (3) с тиомочевинной в условиях микроволнового воздействия, вероятно, происходит нуклеофильная атака атомом азота карбонильной группы алифатической цепи с последующей атакой второй аминогруппой атома углерода 2, 3-непредельного фрагмента с образованием 4-(2-оксопропил)-2-тиоксо-4а, 10b-дигидро-1H-хроменопиридин-5(2H)-она (8) – тиоаналога интермедиата (5). Таким образом, реакция носит общий характер как для мочевины, так и для тиокарбамида.





В ИК спектре соединения (**8**) присутствует полоса валентных колебаний амидной NH-группы при  $3437\text{ см}^{-1}$ . Сохранение лактонной карбонильной группы подтверждается наличием сигнала при  $1714\text{ см}^{-1}$ . Ацетильному карбонилу соответствует сигнал при  $1678\text{ см}^{-1}$ . Колебания связи C=S проявляются в виде полосы поглощения при  $1186\text{ см}^{-1}$ . Двойной связи отвечает полоса поглощения  $1657\text{ см}^{-1}$ . Валентным колебаниям связи C–H в  $\text{CH}_3$ -группе соответствуют сигналы  $2926\text{ см}^{-1}$  и  $3061\text{ см}^{-1}$ , деформационным колебаниям – сигналы при  $1434\text{ см}^{-1}$  и  $1393\text{ см}^{-1}$ .

В ЯМР<sup>1</sup>H спектрах соединения (**8**) присутствует синглет винильного протона (6.17 м.д.), мультиплет метиновых протонов при 3.71–4.36 м.д., синглет NH-протонов амидных групп (2,04 м.д.). Синглет протонов при 1.57 м.д. соответствует метильной группе. Мультиплет ароматических протонов находится при 6.59–7.84 м.д.

#### Экспериментальная часть

Контроль за ходом реакций, определение индивидуальности и идентификация полученных соединений осуществлялись методами ТСХ, ИК и ЯМР <sup>1</sup>H спектроскопии.

ТСХ анализ проводился на пластинках Silu-  
fol UV-254; элюент гексан-эфир-ацетон (3:1:1), гексан-этилацетат-ацетон (2:2:1), проявитель – пары иода, УФ-излучение.

Элементный анализ проводился на CHNOS элементном анализаторе vario MICRO.

ИК спектры записывались на ИК фурье-спектрометре ФСМ 1201 в таблетках KBr.

ЯМР <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C спектры получены на спектрометре Varian 400 при температуре 30°C (400 МГц, CDCl<sub>3</sub>, DMSO-d<sub>6</sub>). Внутренний стандарт – тетраметилсилан.

Воздействие микроволнового излучения обеспечивалось автоматической микроволновой установкой для синтеза NOVA II, рабочая температура 180–190 °C.

**3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2H-хромен-2-он (3).** В круглодонную колбу, снабжённую обратным холодильником, помещают 67 мл этанола-ректификата, в котором растворяют при нагревании 4,39 г (35 ммоль) 4-гидрокси-6-метилпиран-2-она (**1**). После его растворения добавляют 1,91 мл (17,4 ммоль) салицилового альдегида (**2**). Нагревают 2 ч при температуре 75°C. За ходом реакции следят по ТСХ. Смесь охлаждают сначала на воздухе, затем в холодильнике. Выпавшие жёлтые кристаллы отфильтровывают, промывают водой и получают 3,04 г (выход

76%) 3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2H-хромен-2-она **3**. Т.пл. 150–152°C [6]. Найдено, % С: 68.13; Н: 4.55. Вычислено, % С: 67.82; Н: 4.38.

**3-(2-Амино-4-метил-3,4-дигидро-2H-1,3-оксазин-6-ил)-2H-хромен-2-он (4).** В плоскодонную колбу помещают 2 г (8,7 ммоль) 3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2H-хромен-2-она (**3**) и 0,78 г (13 ммоль) мочевины. Реакционную смесь подвергают воздействию микроволнового излучения мощностью 700 Вт в течение 4 минут. За ходом реакции следят по ТСХ. Образовавшиеся кристаллы промывают водой и получают 1,82 г (81%) соединения **4**, Т.пл. 120–121°C. Найдено, % С: 65.74; Н: 5.52; N: 10.26. Вычислено, % С: 65.11; Н: 5.46; N: 10.85.

**4, 4a-Дигидро-4-(2-иминопропилиден)-1H-хроменопиримидин-2, 5-дион (6).** В круглодонную колбу объемом 50 мл, снабжённую обратным холодильником, помещают 0,8 г (3,5 ммоль) 3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2H-хромен-2-она (**3**), растворяют при нагревании в 20 мл этанола-ректификата, добавляют 0,21 г (3,5 ммоль) мочевины. Нагревают в течение 20 ч. За ходом реакции следят по ТСХ. По окончании реакции смесь охлаждают на воздухе и упаривают. Выпавшие кристаллы желтого цвета отфильтровывают, промывают гексаном, сушат в эксикаторе. Получают 0,44 г (46%) соединения **6**. Т.пл. 91–92°C. Найдено, % С: 46,99; Н: 5.81; N: 16.93. Вычислено, % С: 47,26; Н: 5.24; N: 15.49.

**4-(2-Метил-4, 10-дигидро-1H-хроменопиримидин-10a-илокси)-4,4a-дигидро-1H-ксантено-1,3-дион (7).** В круглодонную колбу объемом 50 мл, снабжённую обратным холодильником, помещают 1 г (4,35 ммоль) 3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2H-хромен-2-она (**3**), растворяют при нагревании в 20 мл этанола-ректификата, добавляют 0,66 г (8,7 ммоль) тиомочевины. Нагревают в течение 22 ч. За ходом реакции следят по ТСХ. По окончании реакции смесь охлаждают на воздухе и упаривают. Выпавшие оранжевые кристаллы отфильтровывают, промывают гексаном, сушат в эксикаторе. Получают 0,59 г (64%) соединения **7**. Т.пл. 89–91°C. Найдено, % С: 70.89; Н: 4.55; N: 3.45. Вычислено, % С: 71.31; Н: 4.42; N: 3.62.

**4-(2-Оксопропил)-2-тиоксо-4a, 10b-дигидро-1H-хроменопиримидин-5(2H)-он (8).** В плоскодонную колбу помещают 1 г (4,35 ммоль) 3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2H-хромен-2-она (**3**) и 0,34 г (4,35 ммоль) тиомочевины. Реакционную смесь подвергают воздействию микроволнового излучения мощностью 600 Вт в течение 20 мин. За ходом реакции следят по



ТСХ. Образовавшиеся кристаллы промывают водой и получают 1,01 г (81%) соединения (**8**), Т.пл. 145–147°C. Найдено, % С: 57.64; Н: 4.81; N: 9.86; S: 10.89. Вычислено, % С: 58.32; Н: 4.20; N: 9.76; S: 11.12.

*Результаты работы получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (№ 4 1212.2014/К).*

#### Список литературы

1. *Коптелова М. А., Зелмене В. Н.* Антикоагулянты. Рига : Зинатне, 1965. 72 с.
2. *Халецкий А. М.* Фармацевтическая химия. Л. : Медицина, 1973. 762 с.
3. *Yuan H., Parrill L.* QSAR studies of HIV-1 integrase inhibition // *Bioorg. Med. Chem.* 2002. Vol. 10. P. 4169–4183.
4. *Miltra A., Aparna D., Karchaudhuri N., De A., Misra S. K., Mukhopadhuay A. K.* Synthesis of coumarin in search of better nonpeptide HIV protease inhibitors // *J. Indian Chem. Soc.* 1988. Vol. 75. P. 667–671.
5. *He Zhao, Neamati N., Hong H., Mazumder A., Wang S., Sunder S., Milne G. W., Pommier Y., Burke T. R.* Coumarin-based inhibitors of HIV integrase // *J. Med. Chem.* 1997. Vol. 40. P. 242–249.
6. *Riboulleau J., Deschamps-Vallet C., Molho D.* Preparation et heterocyclisation reductrice de divers o-hydroxybenzylidene-3 dioxo-2,4 chromannes // *Bull. Soc. Chim. France.* 1970. № 8–9. P. 3138–3144.
7. *Аниськов А. А., Варшаломидзе И. Э., Голиков А. Г., Григорьева (Мажукина) О. А., Клочкова И. Н., Кривенько А. П., Никишин А. Ю., Поплевина Н. В., Сорокин В. В., Федотова О. В., Фомина Ю. А., Щеккина М. П.* Спектральные характеристики хроменонов, хроменоксантенов, ксантенонов, пиранохромено, хроменопиридинов и родственных веществ // Определение строения карбо- и гетероциклических соединений спектральными методами. Саратов : ИЦ «Наука», 2010. С. 65–115.
8. *Григорьева О. А., Гончаренко Н. М., Никишин А. Ю.* Синтез и реакции азациклизации окса-1,5-дикетонс 4-гидроксипиранового ряда // Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии : материалы Всерос. интерактив. конф. Секция 2. Саратов, 2007. С. 85–88.
9. *Григорьева (Мажукина) О. А., Никишин А. Ю., Федотова О. В.* Полиоксосоединения бензопиран-2-онового ряда в реакции бромирования // Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов : исследование, инновации и технологии : сб. материалов IV Междунар. конф. Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2010. С. 39–42.
10. *Григорьева (Мажукина) О. А., Буров А. М., Федотова О. В.* Превращения 3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2Н-хромен-2-она под действием брома // ХГС. 2010. № 4. С. 518–522.