

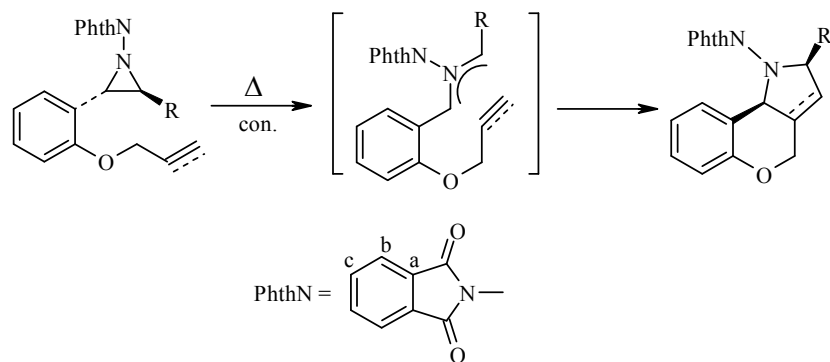
М. А. Кузнецов*, А. С. Панькова, В. В. Воронин, Н. А. Власенко

**ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ
N-ФТАЛИМИДОАЗИРИДИНОВ: 1,3-ДИПОЛЯРНОЕ
ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ И ПЕРЕГРУППИРОВКИ**

Внутримолекулярное термическое циклоприсоединение *N*-фталимидазиридинов по кратным связям заместителей, протекающее через промежуточное образование азометинилидов, приводит к конденсированным производным пиррола, в которых пятичленный цикл соседствует с 5–7-членным. С ним конкурируют перегруппировки, которые в ряде случаев становятся преобладающими процессами. Так, азиридины, имеющие арильные заместители, легко изомеризуются в имины с 1,2-сдвигом фталимидной группы к одному из атомов углерода. Азиридины с одним электроноакцепторным заместителем, по-видимому, не раскрываются в 1,3-диполи, а претерпевают превращение типа перегруппировки Коупа с участием трёхчленного цикла и связи C=O второго заместителя. Даже во внутримолекулярных процессах активность тройной связи цианогруппы и связей ароматического кольца как диполярофилов очень мала.

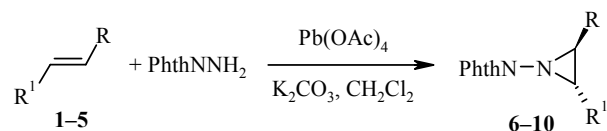
Ключевые слова: азиридины, азометинилиды, бензоксепинопиррол, гексагидроинденопирролы, хроменоимидазол, 1,3-диполярное циклоприсоединение, перегруппировки.

Внутримолекулярные реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения азометинилидов по кратным углерод-углеродным связям широко используются в синтезе разнообразных гетероциклических соединений с конденсированными циклами [1]. Ранее мы показали, что предшественниками азометинилидов в таких превращениях могут служить производные *N*-аминоазиридина: при нагревании ряда 2-аллил- и 2-пропаргилокси-фенил-*N*-фталимидазиридинов нами были получены продукты, содержащие частично гидрированный фрагмент хромено[4,3-*b*]пиррола с конденсированными пяти- и шестичленным циклами [2].

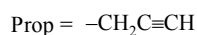
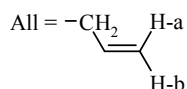


Целью настоящей работы стало изучение возможности использования внутримолекулярных термических реакций замещённых *N*-фталимидоазиридинов для построения конденсированных структур, в которых пятичленный цикл сочленён не только с шести-, но также с пяти- и семи-членными циклами. Кроме того, поскольку в реакции внутримолекулярного циклоприсоединения часто вступают даже неактивированные кратные связи [2–4], мы надеялись вовлечь в эти превращения такие малоактивные диполярофилы, как кратные связи ароматических циклов и связь $C\equiv N$.

Объектами исследования стали *транс*-2,3-дизамещённые *N*-фталимидоазиридины **6–10**, выбор которых определялся следующими соображениями. Во-первых, все они содержат при атомах углерода трёхчленного цикла два (соединения **6–9**) или хотя бы один (соединения **10**) заместитель, способный стабилизировать промежуточно образующийся азометинил и тем самым активировать раскрытие азиридинового кольца по связи C–C. Во-вторых, в их боковых цепях имеются стерически доступные для взаимодействия с ожидаемыми при раскрытии азиридинового цикла 1,3-диполями кратные связи различного типа (включая связи ароматических систем), что позволяет рассчитывать на образование в ходе термических превращений полициклических конденсированных циклоаддуктов.



- 1, 6 a** R = CO₂Me, R¹ = 2-AllC₆H₄, **b** R = CN, R¹ = 2-AllC₆H₄;
2, 7 a R = CN, R¹ = 2-PropOCH₂C₆H₄, **b** R = CN, R¹ = 2-AllOCH₂C₆H₄;
3, 8 a R = CO₂Me, R¹ = 2-BnOC₆H₄, **b** R = CN, R¹ = 2-BnOC₆H₄,
c R = CN, R¹ = 2-NCCH₂OC₆H₄;
4, 9 a R = Ph, R¹ = CO₂All, **b** R = Ph, R¹ = CO₂Prop;
5, 10 a R = Ph, R¹ = Ph–C≡C–CO₂CH₂, **b** R = Ph, R¹ = 2-FurCO₂CH₂,
c R = Ph, R¹ = PhCO₂CH₂, **d** R = Ph, R¹ = 4-O₂NC₆H₄CO₂CH₂



Азиридины **6–10** синтезированы путём окислительного присоединения *N*-аминофталимида к непредельным соединениям **1–5** по стандартной методике [5]. Обычно эту реакцию проводят при пониженной температуре, но во многих случаях более высокие выходы азиридинов **6–10** получены при температуре 13 °С. Вследствие малой активности в реакциях окислительного аминоазиридинирования тройных и несопряжённых терминальных двойных связей [6], присоединение *N*-аминофталимида к соединениям **1a,b**, **2a,b**, **4a,b** и **5a** шло только по двойным связям стирольного фрагмента.

N-Фталимидоазиридины **6–10** являются стабильными в обычных условиях бесцветными или жёлтыми кристаллическими веществами. Соединения **9a,b** и **10a** представляют собой стеклообразную массу, вспени-

вающуюся с затвердеванием только в глубоком вакууме. Строение и состав продуктов **6–10** подтверждены данными спектроскопии ЯМР ^1H и ^{13}C , масс-спектрометрии и/или элементного анализа.

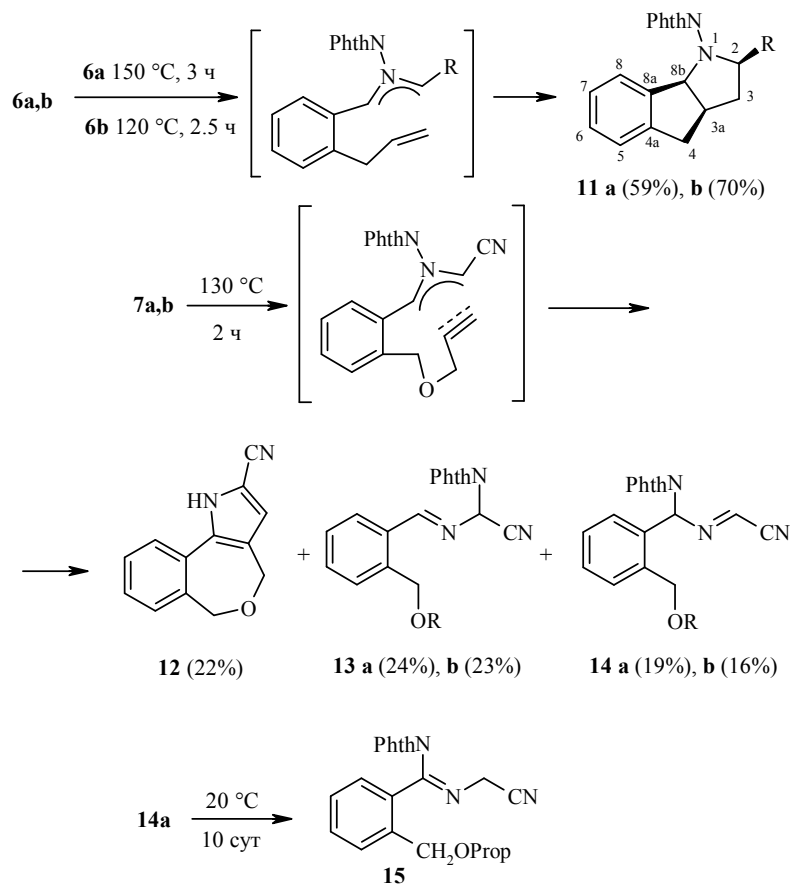
транс-Конфигурация двойной связи исходных непредельных соединений сохраняется в продуктах их окислительного аминирования **6–10**, что подтверждается малыми значениями вицинальной КССВ азиридиновых протонов (4.6–5.5 Гц). Вследствие медленной в шкале времени ЯМР инверсии эндоциклического атома азота [7, 8], азиридины **6a,b** по данным спектроскопии ЯМР ^1H существуют при комнатной температуре в виде смеси двух инвертомеров, причём один из них значительно преобладает (соотношение 1 : ≤ 0.12). Для соединений **7–9** содержание минорного инвертомера, по-видимому, настолько мало, что его сигналы в спектрах ЯМР не обнаруживаются. Можно полагать, что в основном либо в единственном спектрально регистрируемом инвертомере соединений **6–9** фталимидная группа находится в *анти*-положении по отношению к более объёмистому из двух заместителей при атомах углерода – арильной группе. Для азиридинов **10a–d** два инвертомера присутствуют в сопоставимых количествах, что говорит о близких эффективных объёмах этих заместителей.

В спектрах ЯМР ^1H соединений **6–9** сигнал протона основного или единственного наблюдаемого инвертомера в интервале 4.40–4.76 м. д. ниже и шире, чем сигнал в интервале 3.14–3.57 м. д. На наш взгляд, его уширение является проявлением дальнего спин-спинового взаимодействия геминального к арильной группе протона с её *o*-протонами, и поэтому мы относим слабополюный сигнал к протону Н-3, а второй – к протону Н-2.

Термические превращения *N*-фталимидазиридинов **6–10** проводили в герметичном термостойком стеклянном реакторе в растворах абсолютного бензола или толуола. Оптимальную температуру проведения реакции определяли, контролируя методом ТСХ изменение состава реакционной смеси через ~30 мин нагревания при постоянной температуре, повышая ее от 80 °С с шагом в ~10 °С до начала реакции. По окончании нагревания мы регистрировали спектр ЯМР ^1H реакционной смеси.

Нагревание азиридинов **6a,b** привело с хорошими выходами к ожидаемым циклоаддуктам с двумя конденсированными пятичленными циклами – производным гексагидроинденопирролов **11a,b**. Их пространственное строение подтверждено данными двумерной спектроскопии ^1H – ^1H NOESY и отвечает разрешённому в термических условиях конротаторному раскрытию азиридинового цикла с последующим согласованным [3+2] циклоприсоединением. При этом, как обычно (ср. [2]), выход аддукта **11b** с сильно стабилизирующей промежуточный илид цианогруппой несколько выше, чем его аналога **11a** со сложноэфирным заместителем, а необходимая температура и время реакции – меньше.

Из азиридинов **7a,b** мы рассчитывали получить соединения с семичленным циклом – производные бензоксепинопиррола. Однако хроматографическое разделение реакционной смеси, полученной при нагревании азиридина **7a**, дало только 22% дигидробензоксепинопиррола **12**, который, по-видимому, получается в результате отщепления фталимида от перво-



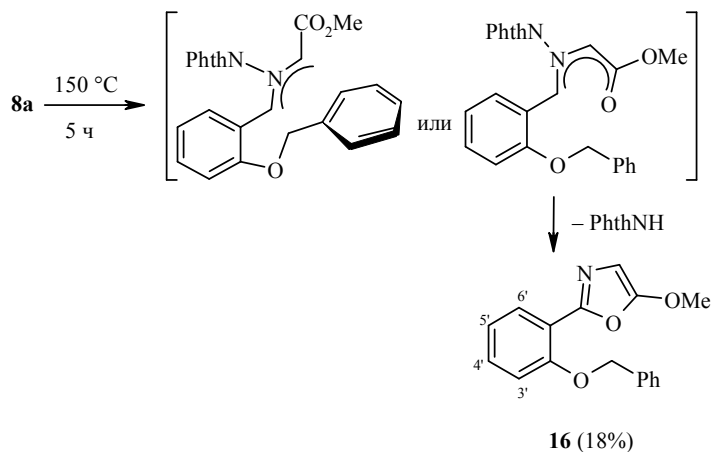
11 a R = CO₂Me, **b** R = CN; **13, 14 a** R = Prop, **b** R = All

начального продукта внутримолекулярного циклоприсоединения. Основной оказалась фракция, спектры ЯМР ¹H и ¹³C которой позволяют предположить, что она представляет собой смесь изомерных иминов **13a** и **14a***. Разделить эту смесь не удалось ни хроматографически, ни перекристаллизацией, однако было обнаружено, что за несколько дней при комнатной температуре и доступе воздуха один из её компонентов нацело превращается в амидин **15**. Разделение новой смеси позволило получить индивидуальные кристаллические соединения **13a** и **15**. Характеристичными для имиона **13a** являются дублеты протонов фрагментов NCHN и CH=N в слабopольной области спектра ЯМР ¹H, а также соответствующие сигналы в спектре ЯМР ¹³C. В спектре ¹H-¹H NOESY соединения **13a** видны кросс-пики, отвечающие ЯЭО протона CH=N с *o*-протоном соседнего фенильного кольца и с пространственно близким в (*E*)-изомере протоном NCHN. Отметим, что образование подобных иминов наблюдалось ранее при нагревании некоторых три- и тетразамещённых *N*-фталимидаоазиридинов [9].

* Выходы иминов **13a** и **14a** рассчитаны по спектру ЯМР ¹H реакционной смеси относительно выделенного соединения **12**, а иминов **13b** и **14b** – по спектру ЯМР ¹H их смеси.

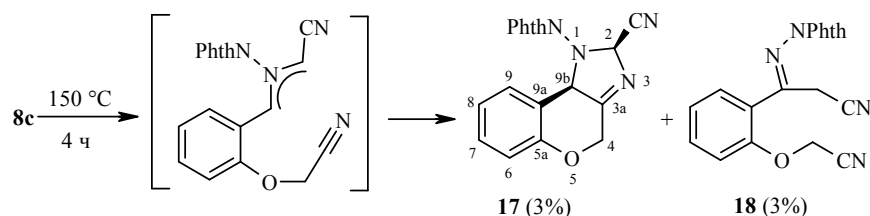
Термолиз соединения **7b** с менее активной в качестве диполярфила двойной связью не привёл к желаемому циклоаддукту. Здесь удалось выделить лишь смесь изомерных иминов **13b** и **14b**, что подтверждается данными её элементного анализа и масс-спектрометрии. В протонных спектрах этой смеси помимо мультиплетов ароматических протонов присутствуют два набора сигналов аллилоксиметиленовой группы, два дублета в слабopольной области, отвечающих фрагменту $\text{CH}=\text{N}-\text{CH}<$ имина **13b** (по аналогии с имином **13a**), и дублет одного из этих протонов соединения **14b** (второй дублет, очевидно, закрыт сигналами ароматических протонов). Таким образом, внутримолекулярное 1,3-циклоприсоединение азометинилидов по неактивированной двойной связи с одновременным образованием семичленного цикла оказывается настолько невыгодным, что основными процессами здесь становятся их перегруппировки с миграцией фталимидного остатка, приводящие к имидам **13** и **14**.

В результате термолиза азиридина **8a** мы не получили продуктов 1,3-диполярного циклоприсоединения азометинилида по формально кратной связи фенильного кольца. Из реакционной смеси, помимо фталимида и 2-бензилоксибензальдегида, был выделен 5-метоксиоксазол **16**, который можно рассматривать как продукт 1,5-электроциклизации промежуточного азометинилида с последующим отщеплением молекулы фталимида и образованием ароматической системы оксазола (ср. [10, 11]).

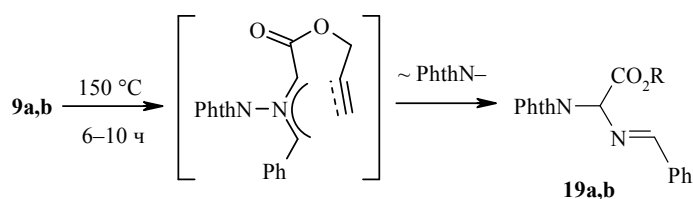


5-Метоксиоксазол **16** получен впервые, однако из-за его малой стабильности при комнатной температуре нам удалось зарегистрировать лишь спектр ЯМР ^1H , в котором наблюдается синглет при 6.26 м. д., относящийся к протону Н-4 гетероцикла, а также сигналы ароматических протонов и группы OCH_3 в обычных для них областях.

Термолиз аналогичного азиридина **8b** с облегчающей генерацию азометинилида, но неспособной участвовать в процессе 1,5-электроциклизации цианогруппой привёл лишь к продуктам деструкции: фталимиду и 2-бензилоксибензальдегиду. Нагревание азиридина **8c**, протекавшее с сильным осмолением, дало, хотя и с низким выходом, продукт внутримолекулярного циклоприсоединения промежуточного ильида – тетрагидрохроменоимидазол **17**, а также гидразон **18**. Таким образом, обычно инертная связь $\text{C}\equiv\text{N}$ оказалась всё же лучшим диполярфилом, чем кратная связь ароматической системы.



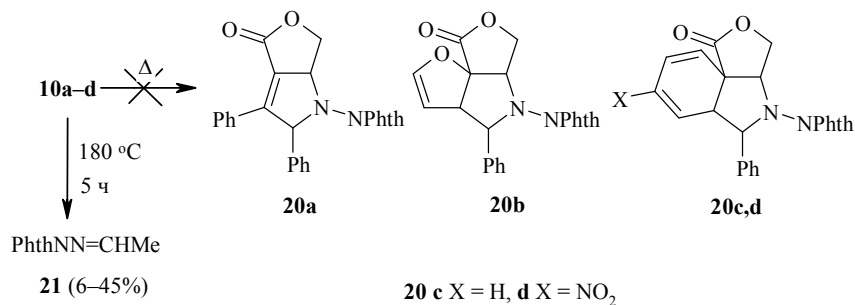
При попытке внутримолекулярного 1,3-диполярного циклоприсоединения в азиридах **9a,b** с более гибкой, чем ранее (ср. с соединениями **6a,b**), непердельной боковой цепью мы наблюдали только их изомеризацию в имины **19a,b**. Выделить эти имины в чистом виде нам не удалось, и поэтому мы оценили их выход по спектрам ЯМР ^1H реакционных смесей с использованием внутреннего стандарта.



19 a R = All (40%), **b** R = Prop (41%)

Имины **19a,b** дают в спектрах ЯМР ^1H характерные сигналы спиртовых остатков сложноэфирных групп, а протоны NCHN и CH=N резонируют около 6.12 и 8.40 м. д. соответственно. Строение имина **19a** подтверждается его спектром ^1H - ^1H NOESY, в котором, как и в спектре соединения **13a**, видны кросс-пики, отвечающие ЯЭО протона CH=N с *o*-протонами соседнего фенильного кольца и с протоном NCHN.

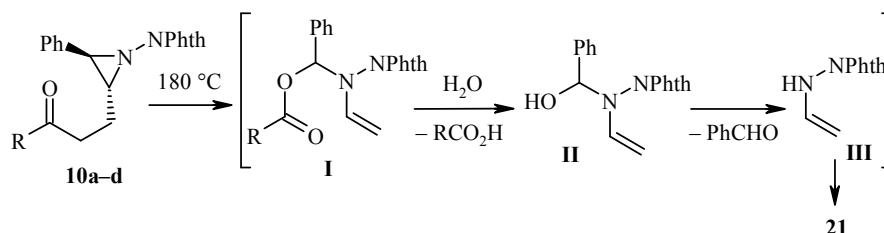
В результате нагревания азиридинов **10a-d** мы рассчитывали получить продукты внутримолекулярного циклоприсоединения по тройной связи (соединение **20a**), по связи C=C слабо ароматического фуранового цикла (соединение **20b**) и даже по формально кратным связям арильных заместителей (соединения **20c,d**), поскольку ранее [4] уже был описан синтез подобных соединений из *N*-алкилазиридинов через флеш-вакуумный пиролиз.



Однако, хотя через 5 ч нагревания при 180 °C исходные азиридины **10a-d** в реакционных смесях уже не обнаруживались, в спектрах ЯМР ^1H

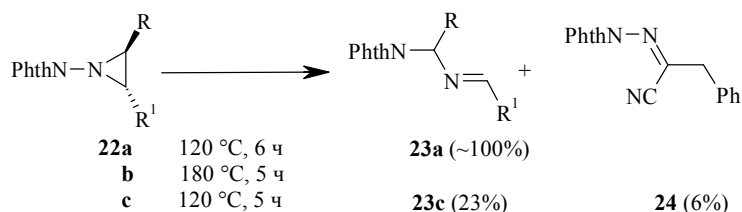
этих смесей в области 2–6 м. д. отсутствовали и сигналы ожидаемых циклоаддуктов. Вместе с тем, во всех случаях в них были видны характерные мультиплеты алифатических протонов фталоилгидраза ацетальдегида (**21**) (квартет при 8.66 м. д. и втрое более интенсивный дублет при 2.21 м. д.), который мы выделили из реакционной смеси с азиридином **10a** и идентифицировали сравнением с заведомым соединением.

Для образования этого довольно неожиданного продукта мы предлагаем схему реакции, ключевой стадией которой является превращение исходного азиридина в соединение **I** по типу гетероперегруппировки Коупа (трёхчленный цикл здесь является аналогом двойной связи). Далее происходит гидролиз в аминаль **II**, распадающийся до енгидразина **III**, который изомеризуется в гидразон **21**.



Существенным отличием азиридинов **10a–d** от соединений **6–9** является то, что в них при атомах углерода азиридинового цикла имеется только один заместитель (фенильный), способный стабилизировать промежуточные азометинилиды. Поэтому образование 1,3-илидов здесь энергетически невыгодно, и термолит этих азиридинов, по-видимому, протекает без их участия.

Видно, что, за исключением последней реакции, наряду с внутримолекулярным 1,3-диполярным циклоприсоединением или вместо него почти всегда идёт перегруппировка *N*-фталоимидазиридинов в имины. Чтобы выяснить насколько общий характер она имеет, мы подвергли термолитзу известные ранее [12–14] *N*-фталоимидазиридины **22a–c**, заместители в которых не способны участвовать в иных внутримолекулярных превращениях.



22, 23 a R = R¹ = Ph; **22b** R = R¹ = CN; **22, 23 c** R = CN, R¹ = Ph

В результате мы установили, что 2,3-дифенилазиридин **22a** при нагревании количественно переходит в соответствующий имин **23a** – в спектрах ЯМР ¹H и ¹³C реакционной смеси видны только его сигналы. В растворе абсолютного бензола соединение **23a** сохраняется достаточно долго без изменений, но при попытках хроматографического разделения или

кристаллизации удаётся выделить лишь фталимид с почти количественным выходом. Однако нагревание азиридина **22b**, имеющего две цианогруппы, привело только к полному разложению исходного соединения и осмолению, образования продуктов перегруппировок здесь зафиксировать не удалось.

В случае несимметричного азиридина **22c** реакция также сопровождалась большим осмолением, но после хроматографического разделения всё же удалось выделить ее продукты, соединения **23c** и **24**, в чистом виде. По спектру ЯМР ^1H реакционной смеси их соотношение равно $\sim 4:1$, что соответствует выделенным количествам. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C имина **23c** аналогичны спектрам соединений **13**, **19** и **23a**. Строение соединений **23a,c** дополнительно подтверждено данными двумерной спектроскопии $^1\text{H}-^1\text{H}$ NOESY.

В спектре ЯМР ^1H гидразона **24**, помимо сигналов фталимидной и фенильной групп, присутствует синглет протонов группы CH_2 с δ 4.48 м. д. Величина химического сдвига её атома углерода (39.8 м. д.) соответствует соседству с фенильным заместителем, так как рядом с цианогруппой этот атом резонировал бы в намного более сильном поле (~ 20 м. д.). Спектру ЯМР ^1H продукта **24** могла бы отвечать и структура имина, полученного в результате миграции двойной связи в соединении **23c** к атому углерода при фталимидной и цианогруппе. Но тогда в спектре ЯМР ^{13}C сигнал атома углерода группы CH_2 располагался бы в заметно более слабом поле (~ 50 м. д.). Так как для объёмистого фталимидного заместителя более выгодно находиться рядом с небольшой цианогруппой, мы предполагаем (*Z*)-конфигурацию связи $\text{C}=\text{N}$ в гидразоне **24**. Образование фталоилгидразонов **18**, **24** мы трактуем как следствие раскрытия азиридинового цикла по связи $\text{C}-\text{N}$ в жёстких условиях реакции.

Таким образом, изомеризация в имины – это действительно общее направление термических превращений дизамещённых *N*-фталимидоазиридинов, причём её протеканию способствуют арильные заместители при азиридиновом цикле. Очевидно, что ей предшествует раскрытие трёхчленного цикла в соответствующий азометинилид, а далее теоретически возможны по меньшей мере три механизма смещения фталимидного фрагмента к соседнему атому углерода: согласованный 1,2-сдвиг и отрыв фталимидной группы с последующей рекомбинацией двух частиц через ионную или радикальную пару. В работе [9], где подобную изомеризацию наблюдали на примере три- и тетразамещённых *N*-фталимидоазиридинов, приводятся экспериментальные данные, свидетельствующие против механизмов с участием ионной или радикальной пары: отсутствие перекрёстных реакций и большая скорость превращений в неполярных растворителях, отсутствие сигналов ЭПР. Поэтому мы считаем, что и в нашем случае этот процесс протекает как 1,2-сдвиг фталимидной группы от атома азота к атому углерода в азометинилиде, скорее всего, по согласованному механизму.

Подводя итоги, можно констатировать, что при нагревании *N*-фталимидоазиридинов с непредельными заместителями внутримолекулярное циклоприсоединение по кратным связям этих заместителей конкурирует с перегруппировками, причём соотношение этих процессов зависит как от пространственной доступности и активности выступающей в качестве

диполярфила кратной связи, так и от характера заместителей азиридинового цикла. Пятичленные циклы из (2-аллилфенил)азиридинов образуются гладко, в то время как нагревание эфиров азиридинкарбоновой кислоты с такой же длиной боковой цепи приводит только к продуктам перегруппировок. Семичленные циклы, как и следовало ожидать, замыкаются хуже, чем пяти- и шестичленные (ср. с данными работы [2]), перегруппировки здесь становятся преобладающим процессом. Активность тройной связи цианогруппы и формальных кратных связей фенильного кольца как диполярфилов даже во внутримолекулярных процессах очень мала, аддукты в этих случаях либо не образуются вообще, либо получаются с крайне низкими выходами. Азиридины, имеющие арильный заместитель, легко изомеризуются в имины с 1,2-сдвигом фталимидной группы к одному из атомов углерода в промежуточном азометинилиде. Фталимидоазиридины с только одним потенциально стабилизирующим азометинилид заместителем при нагревании, по-видимому, не дают 1,3-диполей, а претерпевают превращение типа перегруппировки Коупа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C получены на спектрометре Bruker DPX-300 (300 и 75 МГц соответственно) в растворе CDCl_3 с использованием в качестве внутреннего стандарта в спектрах ЯМР ^1H сигнала остаточных протонов (δ 7.26 м. д.), а в спектрах ЯМР ^{13}C – сигнала атомов углерода (δ 77.2 м. д.) растворителя. Масс-спектры высокого разрешения с ионизацией методом электрораспыления (ESI) зарегистрированы на спектрометре Bruker micrOTOF. Элементные анализы выполнены на автоматическом CHN анализаторе Hewlett-Packard HP-185B. Состав реакционных смесей и полученных при их разделении фракций, а также чистота выделенных соединений контролировались методом ТСХ на пластинках Polygram SIL G/UV254 и Alugram SIL G/UV254 фирмы Macherey-Nagel.

N-Аминофталимид получен согласно работе [15].

***N*-Фталимидоазиридины 6–10** (общая методика). К суспензии безводного K_2CO_3 (1.863 г, 13.5 ммоль) в растворе 3.0 ммоль неопределённого соединения **1–5** в безводном CH_2Cl_2 (30 мл), перемешиваемой при указанной температуре, в течение 20 мин поочерёдно добавляют порциями по 7–15 мг 0.729 г (4.5 ммоль) *N*-аминофталимида и 1.995 г (4.5 ммоль) $\text{Pb}(\text{OAc})_4$. Затем смесь перемешивают ещё 20–30 мин при той же температуре, после чего фильтруют через слой силикагеля (1.5 см) и промывают остаток 40–150 мл CH_2Cl_2 . Объединённые фильтраты обрабатывают, как указано ниже.

Метилловый эфир (2*R*',3*S*')-3-(2-аллилфенил)-1-фталимидоазиридин-2-карбоновой кислоты (6а). Реакцию проводят при -20 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме, остаток разделяют методом колоночной хроматографии на 30 г силикагеля, элюируя CH_2Cl_2 . Выход 1.065 г (98%). Бесцветные кристаллы, т. пл. 107–108 °С. Согласно спектру ЯМР ^1H существует в виде смеси двух инвертомеров в соотношении 25:1. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 3.26 (0.96H, д, *J* = 5.1, H-2); 3.49 (1H, д. д, *J* = 16.0, *J* = 6.2) и 3.56 (1H, д. д, *J* = 16.0, *J* = 6.2, CH_2); 3.74 (2.88H, с) и 3.90 (0.12H, с, CH_3); 4.38 (0.04H, д, *J* = 5.5) и 4.80 (0.04H, д, *J* = 5.5, H-2,3); 4.45 (0.96H, д, *J* = 5.1, H-3); 4.95 (1H, д. д, *J* = 17.4, *J* = 1.5, H-a); 5.06 (1H, д. д, *J* = 10.2, *J* = 1.5, H-b); 5.94 (1H, д. д. т, *J* = 17.4, *J* = 10.2, *J* = 6.2, CH); 7.20–7.30 (3H, м) и 7.48 (1H, д. д, *J* = 7.2, *J* = 2.0, H Ar); 7.66–7.79 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ^{13}C основного инвертомера, δ , м. д.: 37.5 (CH_2); 46.7, 47.8 (C-2,3); 53.0 (CH_3); 116.3 (=CH₂); 123.3 (C-b); 126.5, 127.0, 128.5, 129.7 (C-3',4',5',6'); 130.4 (C-a); 133.3, 138.3 (C-1',2'); 134.2 (C-c); 136.4 ($\underline{\text{C}}\text{H}=\text{CH}_2$); 164.8 (NCO); 166.9 (CO_2). Найдено, *m/z*: 363.1310 [$\text{M}+\text{H}$]⁺. $\text{C}_{21}\text{H}_{19}\text{N}_2\text{O}_4$.

Вычислено, m/z : 363.1340. Найдено, %: С 69.42; Н 4.80; N 7.92. $C_{21}H_{18}N_2O_4$.
Вычислено, %: С 69.60; Н 5.00; N 7.73.

Нитрил (2*R'*,3*S'*)-3-(2-аллилфенил)-1-фталимидоазиридин-2-карбоновой кислоты (6b). Реакцию проводят при 13 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме, остаток разделяют методом колоночной хроматографии на 30 г силикагеля, элюируя CH_2Cl_2 . Выход 0.495 г (50%). Бесцветные кристаллы, т. пл. 122–123 °С. Согласно спектру ЯМР 1H существует в виде смеси двух инвертомеров в соотношении 8.3:1. Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.14 (0.89H, д, $J = 5.0$, H-2); 3.54 (1H, д, д, $J = 16.0$, $J = 6.2$) и 3.63 (1H, д, д, $J = 16.0$, $J = 6.2$, CH_2); 4.52 (0.11H, д, $J = 5.1$) и 4.56 (0.11H, д, $J = 5.1$, H-2,3); 4.61 (0.89H, д, $J = 5.0$, H-3); 5.06 (1H, д, д, $J = 17.2$, $J = 1.5$, H-a); 5.18 (1H, д, д, $J = 10.2$, $J = 1.5$, H-b); 6.02 (1H, д, д, т, $J = 17.2$, $J = 10.2$, $J = 6.2$, CH); 7.23–7.42 (4H, м, H Ar); 7.75–7.89 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ^{13}C основного инвертомера, δ , м. д.: 35.4 (C-2); 37.5 (CH_2); 47.6 (C-3); 114.9 (CN); 116.9 ($=CH_2$); 123.9 (C-b); 126.3, 127.2, 129.3, 130.1 (C-3',4',5',6'); 130.2 (C-a); 131.5, 138.5 (C-1',2'); 134.8 (C-c); 136.1 ($\underline{CH=CH_2}$); 164.9 (NCO). Найдено, m/z : 352.1010 $[M+Na]^+$. $C_{20}H_{15}N_3NaO_2$. Вычислено, m/z : 352.1057. Найдено, %: С 73.01; Н 4.53; N 12.68. $C_{20}H_{15}N_3O_2$. Вычислено, %: С 72.94; Н 4.59; N 12.76.

Нитрил (2*R'*,3*S'*)-3-[2-(пропаргилоксиметил)фенил]-1-фталимидоазиридин-2-карбоновой кислоты (7a). Реакцию проводят при 13 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме, остаток разделяют методом колоночной хроматографии на 30 г силикагеля, элюируя CH_2Cl_2 . Выход 0.579 г (54%). Жёлтые кристаллы, т. пл. 165 °С. Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.51 (1H, т, $J = 2.3$, $\equiv CH$); 3.24 (1H, д, $J = 5.0$, H-2); 4.27 (2H, д, $J = 2.3$, $CH_2C\equiv$); 4.71 (1H, д, $J = 11.4$) и 4.91 (1H, д, $J = 11.4$, OCH_2Ar); 4.76 (1H, д, $J = 5.0$, H-3); 7.34–7.45 (4H, м, H Ar); 7.75–7.89 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 35.6 (C-2); 47.4 (C-3); 57.7 ($CH_2C\equiv$); 69.9 (CH_2Ar); 75.7 ($C\equiv CH$); 79.2 ($\underline{C=CH}$); 114.9 (CN); 123.9 (C-b); 126.5, 129.1, 129.1, 130.0 (C-3',4',5',6'); 130.2 (C-a); 132.7, 135.9 (C-1',2'); 134.8 (C-c); 164.9 (NCO). Найдено, m/z : 358.1119 $[M+H]^+$. $C_{21}H_{16}N_3O_3$. Вычислено, m/z : 358.1186. Найдено, %: С 70.63; Н 4.26; N 11.50. $C_{21}H_{15}N_3O_3$. Вычислено, %: С 70.58; Н 4.23; N 11.76.

Нитрил (2*R'*,3*S'*)-3-(2-аллилоксиметил)фенил)-1-фталимидоазиридин-2-карбоновой кислоты (7b). Реакцию проводят при 13 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме, остаток разделяют методом колоночной хроматографии на 30 г силикагеля, элюируя CH_2Cl_2 . Выход 0.496 г (46%). Бесцветные кристаллы, т. пл. 121–122 °С. Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.23 (1H, д, $J = 5.0$, H-2); 4.07 и 4.13 (всего 2H, два д. д. д, $J = 12.5$, $J = 5.8$, $J = 1.3$, $J = 1.3$, $CH_2CH=$); 4.57 (1H, д, $J = 11.5$) и 4.81 (1H, д, $J = 11.5$, CH_2Ar); 4.73 (1H, д, $J = 5.0$, H-3); 5.24 (1H, д, д, т, $J = 10.3$, $J = 1.3$, $J = 1.3$, H-b); 5.33 (1H, д, д, т, $J = 17.2$, $J = 1.3$, $J = 1.3$, H-a); 5.99 (1H, д, д, т, $J = 17.2$, $J = 10.3$, $J = 5.8$, $\underline{CH=CH_2}$); 7.32–7.36 (3H, м) и 7.42–7.46 (1H, м, H Ar); 7.57–7.89 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 35.5 (C-2); 47.5 (C-3); 70.7 (OCH_2); 71.8 (OCH_2); 115.0 (CN); 118.1 ($\underline{CH=CH_2}$); 123.8 (C-b); 126.5, 128.8, 129.0, 129.7 (C-3',4',5',6'); 130.2 (C-a); 132.5, 136.8 (C-1',2'); 134.3 ($\underline{CH=CH_2}$); 134.8 (C-c); 164.9 (NCO). Найдено, m/z : 398.0900 $[M+K]^+$. $C_{21}H_{17}KN_3O_3$. Вычислено, m/z : 398.0902. Найдено, %: С 70.05; Н 4.80; N 11.65. $C_{21}H_{17}N_3O_3$. Вычислено, %: С 70.18; Н 4.77; N 11.69.

Метилловый эфир (2*R'*,3*S'*)-3-(2-бензилоксифенил)-1-фталимидоазиридин-2-карбоновой кислоты (8a). Реакцию проводят при 13 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме, остаток растворяют в минимальном количестве дихлорметана и по каплям добавляют гексан до появления первых кристаллов. Выпавший осадок фильтруют и сушат на воздухе. Выход 0.964 г (75%). Жёлтые кристаллы, т. пл. 172–174 °С. Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.32 (1H, д, $J = 5.1$, H-2); 3.66 (3H, с, OCH_3); 4.57 (1H, д, $J = 5.1$, H-3); 5.14 (2H, с, OCH_2); 6.99–7.10 (2H, м, H-3',5'); 7.26–7.41 (6H, м, H Ph, H-4'); 7.53 (1H, д, д, $J = 7.3$, $J = 1.5$, H-6'); 7.66–7.80 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 46.0, 46.5 (C-2,3); 52.8 (CH_3); 70.2 (OCH_2); 111.8 (C-3'); 121.2 (C-5'); 123.2 (C-b); 123.9 (C-1'); 127.1, 127.9, 128.0,

128.6, 129.5 (C-4',6', *m,o,p*-C); 130.5 (C-a); 134.1 (C-c); 137.0 (*i*-C); 157.0 (C-2'); 164.8 (NCO); 167.2 (COO). Найдено, *m/z*: 429.1455 [M+H]⁺. C₂₅H₂₁N₂O₅. Вычислено, *m/z*: 429.1445. Найдено, %: C 70.08; H 4.61; N 6.58. C₂₅H₂₀N₂O₅. Вычислено, %: C 70.08; H 4.71; N 6.54.

Нитрил (2*R'*,3*S'*)-3-(2-бензилоксифенил)-1-фталимидоазиридин-2-карбоновой кислоты (8b). Реакцию проводят при 13 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме, остаток растворяют в минимальном количестве дихлорметана и добавляют гексан до помутнения раствора, оставляют на ночь в холодильнике. Выпавший осадок фильтруют и сушат на воздухе. Выход 0.403 г (34%). Бесцветные кристаллы. Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 3.22 (1H, д, *J* = 5.1, H-2); 4.73 (1H, д, *J* = 5.1, H-3); 5.19 (2H, с, OCH₂); 6.93–7.03 (2H, м, H-3',5'); 7.28–7.50 (7H, м, H Ph, H-4',6'); 7.70–7.90 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 34.9 (C-2); 46.1 (C-3); 70.4 (OCH₂); 112.1 (C-3'); 115.1 (CN); 121.3 (C-5'); 121.9 (C-1'); 123.8 (C-b); 127.2 (*o*-C); 127.7, 128.2 (C-4',6', *p*-C); 128.8 (*m*-C); 130.3 (C-a); 134.7 (C-c); 136.6 (*i*-C); 157.2 (C-2'); 164.9 (CO). Найдено, *m/z*: 396.1313 [M+H]⁺. C₂₄H₁₈N₃O₃. Вычислено, *m/z*: 396.1343.

Нитрил (2*R'*,3*S'*)-1-фталимидо-3-[2-(цианометокси)фенил]азиридин-2-карбоновой кислоты (8с). Реакцию проводят при 13 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме, остаток растворяют в минимальном количестве дихлорметана и по каплям добавляют гексан до появления первых кристаллов. Через несколько часов выпавший осадок фильтруют и сушат в вакууме. Выход 0.837 г (81%). Бесцветные кристаллы, т. пл. 127–129 °С. Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 3.25 (1H, д, *J* = 5.1, H-2); 4.69 (1H, д, *J* = 5.1, H-3); 4.92 (1H, д, *J* = 16.4) и 4.93 (1H, д, *J* = 16.4, OCH₂); 7.07 (1H, д, *J* = 8.7, H-3'); 7.14 (1H, д, *J* = 7.3, *J* = 7.3, H-5'); 7.38–7.47 (2H, м, H-4',6'); 7.75–7.88 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 35.1 (C-2); 45.1 (C-3); 54.2 (CH₂O); 112.3 (C-3'); 114.8 (CN); 114.9 (CN); 121.5 (C-5'); 123.6, 123.9 (C-b, C-1'); 128.0 (C-6'); 130.2, 130.6 (C-4', C-a); 134.8 (C-c); 155.2 (C-2'); 164.8 (CO). Найдено, *m/z*: 345.0968 [M+H]⁺. C₁₉H₁₃N₄O₃. Вычислено, *m/z*: 345.0983. Найдено, %: C 66.38; H 3.52; N 16.22. C₁₉H₁₂N₄O₃. Вычислено, %: C 66.28; H 3.51; N 16.27.

Аллиловый эфир (2*R'*,3*S'*)-3-фенил-1-фталимидоазиридин-2-карбоновой кислоты (9a). Реакцию проводят при 13 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме, остаток разделяют методом колоночной хроматографии на 30 г силикагеля, элюируя дихлорметаном. Выход 0.627 г (60%), жёлтое масло. Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 3.55 (1H, д, *J* = 4.6, H-2); 4.40 (1H, д, *J* = 4.6, H-3); 4.56–4.68 (2H, м, OCH₂); 5.25 (1H, д. д. т, *J* = 10.4, *J* = 1.2, *J* = 1.2, H-b); 5.34 (1H, д. д. т, *J* = 17.2, *J* = 1.4, *J* = 1.4, H-a); 5.90 (1H, д. д. т, *J* = 17.2, *J* = 10.4, *J* = 5.9, CH=CH₂); 7.28–7.48 (5H, м, H Ph); 7.65–7.81 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 46.3, 49.8 (C-2,3); 66.8 (OCH₂); 119.3 (CH=CCH₂); 123.3 (C-b); 127.3, 128.8 (*m,o*-C, CH=CH₂, сигналы перекрываются); 130.4 (C-a); 131.3 (*p*-C); 134.2 (C-c); 134.6 (*i*-C); 164.8 (NCO); 166.1 (CO₂). Найдено, *m/z*: 349.1136 [M+H]⁺. C₂₀H₁₇N₂O₄. Вычислено, *m/z*: 349.1183.

Пропаргиловый эфир (2*R'*,3*S'*)-3-фенил-1-фталимидоазиридин-2-карбоновой кислоты (9b). Реакцию проводят при 13 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме, остаток разделяют методом колоночной хроматографии на 30 г силикагеля, элюируя смесью дихлорметан–гексан в соотношении от 3:1 до 5:1. Выход 0.770 г (74%), светло-жёлтое стеклообразное вещество. Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 2.48 (1H, т, *J* = 2.4, C≡CH); 3.57 (1H, д, *J* = 4.9, H-2); 4.41 (1H, д, *J* = 4.9, H-3); 4.63 (1H, д. д, *J* = 15.5, *J* = 2.4) и 4.81 (1H, д. д, *J* = 15.5, *J* = 2.4, OCH₂); 7.34–7.48 (5H, м, H Ph); 7.66–7.81 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 45.9, 50.0 (C-2,3); 53.6 (OCH₂); 75.8 (C≡CH); 123.3 (C-b); 127.4, 128.8 (*m,o*-C); 128.9 (*p*-C); 130.3 (C-a); 134.2 (C-c); 134.3 (*i*-C); 164.7 (NCO); 165.7 (COO). Сигнал C≡CH, по-видимому, закрыт сигналом растворителя. Найдено, *m/z*: 385.0513 [M+K]⁺. C₂₀H₁₄KN₂O₄. Вычислено, *m/z*: 385.0586.

(2*R*',3*S*')-(3-Фенил-1-фталимидоазиридин-2-ил)метиловый эфир 3-фенилпроп-2-иновой кислоты (10a). Реакцию проводят при 0 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме, остаток разделяют методом колоночной хроматографии на силикагеле, элюируя смесью дихлорметан–метанол, 350:1. Выход 0.620 г (49%), светло-жёлтое стеклообразное вещество, т. пл. 76–77 °С. Согласно спектру ЯМР ¹H существует в виде смеси двух инвертомеров в соотношении 1:0.58. Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 3.21–3.26 (0.37H, м) и 4.38–4.43 (0.63H, м, H-2); 3.80 (0.63H, д, *J* = 5.5) и 4.14 (0.37H, д, *J* = 5.5, H-3); 4.48 (0.37H, д, д, *J* = 12.5, *J* = 5.2), 4.77 (0.37H, д, д, *J* = 12.5, *J* = 5.8), 4.57 (0.63H, д, д, *J* = 11.9, *J* = 6.0) и 4.69 (0.63H, д, д, *J* = 11.9, *J* = 4.9, OCH₂); 7.22–7.65 (12.52H, м, H Ph, H PhthN осн.); 7.68–7.83 (1.48H, м, H Ph, H PhthN мин.). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 42.3; 46.2; 47.0 и 49.6 (C-2,3); 62.1 (OCH₂ мин.); 65.5 (OCH₂ осн.); 80.0 (C≡CCO₂ мин.); 80.4 (C≡CCO₂ осн.); 87.4 (C≡CCO₂ осн.); 87.7 (C≡CCO₂ мин.); 119.4 и 119.6 (*i*-C Ph при C≡C); 123.0 и 123.4 (C-b); 127.3; 128.3; 128.4; 128.7; 129.0; 129.6; 130.9, 131.0 и 133.2 (*m,o,p*-C); 130.1, 130.4, 130.6 и 135.8 (C-a, *i*-C 3-Ph); 134.0 и 134.4 (C-c); 153.9 (CO₂); 165.5 и 165.9 (NCO). Найдено, *m/z*: 445.1198 [M+Na]⁺. C₂₆H₁₈N₂NaO₄. Вычислено, *m/z*: 445.1159. Найдено, %: C 74.22; H 4.37; N 6.61. C₂₆H₁₈N₂O₄. Вычислено, %: C 73.92; H 4.29; N 6.63.

(2*R*',3*S*')-(3-Фенил-1-фталимидоазиридин-2-ил)метиловый эфир фуран-2-карбоновой кислоты (10b). Реакцию проводят при 13 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме не досуха. К остатку добавляют по каплям гексан до начала кристаллизации при одновременном трении по стенкам колбы стеклянной палочкой. Осадок фильтруют. Выход 0.594 г (51%), жёлтые кристаллы, т. пл. 150–151 °С. Согласно спектру ЯМР ¹H существует в виде смеси двух инвертомеров в соотношении 1.3:1. Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 3.24–3.28 (0.43H, м) и 4.38–4.44 (0.57H, м, H-2); 3.79 (0.57H, д, *J* = 5.7, H-3) и 4.24 (0.43H, д, *J* = 5.5, H-3); 4.53–4.59 (0.86H, м) и 4.64–4.81 (1.14H, м, OCH₂); 6.48 (0.43H, д, д, *J* = 3.5, *J* = 1.7) и 6.53 (0.57H, д, д, *J* = 3.5, *J* = 1.7, H-4'); 7.15–7.52 (7H, м, H-3',5' и H Ph); 7.57–7.64 (2.28H, м) и 7.68–7.81 (1.72H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 42.8; 45.5; 47.4 и 49.5 (C-2,3); 60.8 и 64.6 (OCH₂); 112.1 (C-4'); 118.8 (C-3'); 123.0 и 123.3 (C-b); 127.3; 128.3; 128.4; 128.7, 129.0 и 129.6 (*m,o,p*-C); 130.1, 130.5, 130.6 и 135.9 (C-a и *i*-C); 134.0 и 134.3 (C-c); 144.0 и 144.4 (C-2'); 146.8 и 146.9 (C-5'); 158.0 и 158.6 (CO₂); 165.5 и 165.9 (NCO). Найдено, *m/z*: 411.1027 [M+Na]⁺. C₂₂H₁₆N₂NaO₅. Вычислено, *m/z*: 411.0952. Найдено, %: C 68.11; H 4.08; N 7.09. C₂₂H₁₆N₂O₅. Вычислено, %: C 68.04; H 4.15; N 7.21.

(2*R*',3*S*')-(3-Фенил-1-фталимидоазиридин-2-ил)метиловый эфир бензойной кислоты (10c). Реакцию проводят при 0 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме не досуха. К остатку добавляют гексан до начала кристаллизации, выпавший осадок фильтруют и отбрасывают. К оставшемуся раствору добавляют диэтиловый эфир и охлаждают до 0 °С. Выпавший осадок фильтруют, промывают диэтиловым эфиром. Выход 0.560 г (47%), бесцветные с зеленоватым оттенком хлопьевидные кристаллы, т. пл. 123–124 °С. Согласно спектру ЯМР ¹H существует в виде смеси двух инвертомеров в соотношении 1.4:1. Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 3.27–3.32 (0.42H, м) и 4.44–4.50 (0.58H, м, H-2); 3.80 (0.58H, д, *J* = 5.5) и 4.25 (0.42H, д, *J* = 5.5, H-3); 4.56 (0.58H, д, д, *J* = 11.7, *J* = 6.6), 4.82 (0.58H, д, д, *J* = 11.7, *J* = 4.1) и 4.68–4.76 (0.84H, м, OCH₂); 7.21–7.64 (10.32H, м, H Ar, H PhthN осн.); 7.67–7.80 (1.68H, м, H PhthN мин.); 7.97 (0.84H, д, *J* = 7.4) и 8.16 (1.16H, д, *J* = 7.3, *o*-H PhCO₂). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 42.9, 45.5, 47.6, 49.5 (C-2,3); 60.9, 64.9 (OCH₂); 123.0, 123.3, 127.3, 128.3, 128.5, 128.7, 128.9, 129.7, 129.8, 130.0, 133.2 и 133.4 (C-b, *m,o,p*-C); 130.1, 130.5, 130.6 и 135.9 (C-a, *i*-C); 134.0 и 134.3 (C-c); 165.5, 165.9, 166.1 и 166.6 (NCO, CO₂). Найдено, *m/z*: 421.1139 [M+Na]⁺. C₂₄H₁₈N₂NaO₄. Вычислено, *m/z*: 421.1158.

(2*R*',3*S*')-(3-Фенил-1-фталимидоазиридин-2-ил)метиловый эфир 4-нитробензойной кислоты (10d). Реакцию проводят при 0 °С. Объединённые фильтраты упаривают в вакууме не досуха. К остатку добавляют по каплям гексан до начала

кристаллизации при одновременном трении по стенкам колбы стеклянной палочкой. Осадок фильтруют. Выход 0.652 г (49%), желтоватые хлопьевидные кристаллы, т. пл. 159 °С. Согласно спектру ЯМР ¹H существует в виде смеси двух инвертомеров в соотношении 1.9:1. Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 3.32 (0.35H, д. д. д, *J* = 7.3, *J* = 5.5, *J* = 3.9) и 4.96 (0.65H, д. д. д, *J* = 9.1, *J* = 7.3, *J* = 4.8, H-2); 3.79 (0.65H, д, *J* = 4.8) и 4.24 (0.35H, д, *J* = 5.5, H-3); 4.43–4.48 (1.30H, м), 4.64 (0.35H, д. д, *J* = 12.9, *J* = 7.3) и 4.84 (0.35H, д. д, *J* = 12.9, *J* = 3.9, OCH₂); 7.20–7.48 и 8.19–8.38 (9H, м, H Ar); 7.61 (2.60H, уш. с) и 7.70–7.81 (1.40H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 42.8, 45.3, 47.2 и 49.3 (C-2,3); 61.7 (OCH₂ мин.); 65.9 (OCH₂ осн.); 123.7 (C-b осн.); 123.1, 123.3, 127.3, 128.4, 128.5, 128.7, 129.1 и 129.6 (C-b мин., *o*-C Ar, *m,o,p*-C Ph обоих инвертомеров); 131.0 (*m*-C Ar мин.); 131.2 (*m*-C Ar осн.); 134.1 (C-c осн.), 134.5 (C-c мин.); 130.0, 130.2, 130.5, 135.0, 135.4 и 135.6 (C-a, *i*-C); 150.7 (*p*-C Ar); 164.4, 164.8, 165.4 и 165.9 (NCO, COO). Найдено, *m/z*: 444.1222 [M+H]⁺. C₂₄H₁₈N₃O₆. Вычислено, *m/z*: 444.1196. Найдено, %: C 64.97; H 3.96; N 9.26. C₂₄H₁₇N₃O₆. Вычислено, %: C 65.01; H 3.86; N 9.48.

Нагревание азиридинов 6, 7 (общая методика). Раствор 1 ммоль азиридина 6 или 7 в 10 мл безводного толуола нагревают в толстостенном стеклянном реакторе. Затем растворитель отгоняют в вакууме, остаток разделяют методом колоночной хроматографии на силикагеле, элюируя смесью гексан–этилацетат от 6:1 до 3:1.

Метилловый эфир (2*R'*,3*aR'*,8*bS'*)-1-фталимидо-1,2,3,3*a*,4,8*b*-гексагидроиндено[1,2-*b*]пиррол-2-карбоновой кислоты (11*a*) получают после 3 ч нагревания азиридина 6*a* при 150 °С. Выход 213 мг (59%), бесцветные кристаллы, т. пл. 133 °С. Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 1.96 (1H, д. д. д, *J* = 11.0, *J* = 11.0, *J* = 11.0, *endo*-H-3); 2.51–2.60 (1H, м, *exo*-H-3); 2.85 (1H, д, *J* = 16.4, *endo*-H-4); 3.15 (1H, д. д, *J* = 16.4, *J* = 8.0, *exo*-H-4); 3.42–3.47 (1H, м, H-3*a*); 3.56 (3H, с, CH₃); 4.72 (1H, д. д, *J* = 11.0, *J* = 6.4, H-2); 5.03 (1H, д, *J* = 8.6, H-8*b*); 7.18–7.20 (3H, м) и 7.29–7.31 (1H, м, H Ar); 7.75–7.91 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 34.3, 36.6 (C-3,4); 40.2 (C-3*a*); 52.1 (CH₃); 64.9 (C-2); 75.0 (C-8*b*); 123.6 (C-b); 125.4, 125.7, 127.4, 128.2 (C-5',6',7',8'); 130.3 (C-a); 134.5 (C-c); 141.2, 142.7 (C-4*a*,8*a*); 167.0 (NCO); 171.3 (CO₂). Найдено, *m/z*: 385.1157 [M+Na]⁺. C₂₁H₁₈N₂NaO₄. Вычислено, *m/z*: 385.1164. Найдено, %: C 69.45; H 5.21; N 7.71. C₂₁H₁₈N₂O₄. Вычислено, %: C 69.60; H 5.01; N 7.73.

Нитрил (2*R'*,3*aR'*,8*bS'*)-1-фталимидо-1,2,3,3*a*,4,8*b*-гексагидроиндено[1,2-*b*]пиррол-2-карбоновой кислоты (11*b*) получают после 2.5 ч нагревания азиридина 6*b* при 120 °С. Выход 230 мг (70%), бесцветные кристаллы, т. пл. 188–189 °С. Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 2.09 (1H, д. д. д, *J* = 11.2, *J* = 11.2, *J* = 11.2, *endo*-H-3); 2.65–2.74 (1H, м, *exo*-H-3); 2.89 (1H, д, *J* = 16.4, *endo*-H-4); 3.19 (1H, д. д, *J* = 16.4, *J* = 8.0, *exo*-H-4); 3.41–3.53 (1H, м, H-3*a*); 4.86 (1H, д. д, *J* = 11.2, *J* = 6.1, H-2); 5.02 (1H, д, *J* = 8.4, H-8*b*); 7.21–7.32 (4H, м, H Ar); 7.81–7.95 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 36.0, 36.3 (C-3,4); 40.8 (C-3*a*); 53.8 (C-2); 74.4 (C-8*b*); 118.3 (CN); 123.9 (C-b); 125.5, 125.7, 127.6, 128.6 (C-5',6',7',8'); 129.9 (C-a); 134.9 (C-c); 140.6, 141.7 (C-4*a*,8*a*). Сигналы NCO фталимидной группы не видны из-за сильного уширения (замедленное вращение по связи N–N). Найдено, *m/z*: 368.0774 [M+K]⁺. C₂₀H₁₅KN₃O₂. Вычислено, *m/z*: 368.0801. Найдено, %: C 72.95; H 4.52; N 12.52. C₂₀H₁₅N₃O₂. Вычислено, %: C 72.94; H 4.59; N 12.76.

Нитрил 4,6-дигидро-1*H*-[2]бензоксепино[5,4-*b*]пиррол-2-карбоновой кислоты (12). Получают после 2 ч нагревания азиридина 7*a* при 130 °С. Выход 46 мг (22%), бесцветные кристаллы, т. пл. 196–198 °С. Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 4.69 (2H, с, OCH₂); 4.98 (2H, с, OCH₂); 6.72 (1H, д, *J* = 2.6, H-3); 7.23–7.30 (2H, м, H-7,9); 7.37 (1H, д. д. д, *J* = 7.0, *J* = 7.0, *J* = 2.4, H-8); 7.49 (1H, д, *J* = 7.6, H-10); 9.41 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 69.5, 72.9 (C-4,6); 102.1 (C-2); 114.6 (CN); 118.5 (C-3); 123.9 (C-3*a*); 124.1, 128.0, 128.8, 129.1 (C-7',8',9',10'); 129.9, 132.0, 138.2 (C-6*a*,10*a*,10*b*). Найдено, *m/z*: 233.0648 [M+Na]⁺. C₁₃H₁₀N₂NaO. Вычислено, *m/z*: 233.0691. Найдено, %: C 74.39; H 4.76; N 13.12. C₁₃H₁₀N₂O. Вычислено, %: C 74.27; H 4.79; N 13.33.

Фракции, содержащие имины **13a** и **14a**, объединяют, концентрируют в вакууме и оставляют на 10 сут при комнатной температуре. Затем разделяют методом колоночной хроматографии на силикагеле, элюируя смесью гексан–этилацетат, 4:1. Продукты **13a** и **15** растворяют в минимальном количестве хлористого метилена, добавляют диэтиловый эфир и гексан в объёмах, равных объёму хлористого метилена. Через 1.5–2 ч осадки фильтруют и сушат на воздухе.

(E)-2-[2-(Пропаргиллоксиметил)бензилиденамино]-2-фталимидоацетонитрил (13a). Выход 55 мг (15%), бесцветные кристаллы, т. пл. 103–105 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.47 (1H, т, $J = 2.4$, $\text{C}\equiv\text{CH}$); 4.24 (2H, д, $J = 2.4$, $\text{OCH}_2\text{C}\equiv$); 4.80 (1H, д, $J = 12.4$) и 4.90 (1H, д, $J = 12.4$, ArCH_2); 6.78 (1H, д, $J = 1.4$, NCHN); 7.35–7.46 (4H, м, H Ar); 7.78–7.95 (4H, м, H PhthN); 9.10 (1H, $J = 1.4$, $\text{CH}=\text{N}$). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 57.8 ($\text{OCH}_2\text{C}\equiv$); 59.6 (NCHN); 69.3 (OCH_2Ar); 75.4 ($\text{C}\equiv\text{CH}$); 79.3 ($\text{C}\equiv\text{CH}$); 112.9 (CN); 124.3 (C-b); 128.6, 129.3, 129.7, 132.2 (C-3',4',5',6'); 131.5 (C-a); 132.5, 138.4 (C-1',2'); 135.0 (C-c); 164.8 ($\text{CH}=\text{N}$); 165.5 (NCO). Найдено, m/z : 358.1182 $[\text{M}+\text{H}]^+$. $\text{C}_{21}\text{H}_{16}\text{N}_3\text{O}_3$. Вычислено, m/z : 358.1192. Найдено, %: C 70.48; H 4.32; N 11.49. $\text{C}_{21}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_3$. Вычислено, %: C 70.58; H 4.23; N 11.76.

В спектре ЯМР ^1H смеси иминов **13a** и **14a** идентифицированы следующие сигналы **(E)-[2-(пропаргиллоксиметил)фенил](фталимидо)метил}иминоацетонитрила (14a)**, δ , м. д. (J , Гц): 2.37 (1H, т, $J = 2.4$, $\text{C}\equiv\text{CH}$); 3.99 (2H, д, $J = 2.4$, $\text{OCH}_2\text{C}\equiv$); 4.53 (1H, д, $J = 11.1$) и 4.69 (1H, д, $J = 11.1$, ArCH_2); 7.22 (1H, д, $J = 2.3$, NCHN или $\text{CH}=\text{N}$).

(Z)-[2-(Пропаргиллоксиметил)фенил](фталимидо)метилен}аминоацетонитрил (15). Выход 20 мг (6%), бесцветные, со временем розовеющие кристаллы, т. пл. 126 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.37 (1H, т, $J = 2.2$, $\text{C}\equiv\text{CH}$); 3.94 (2H, д, $J = 2.2$, $\text{OCH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$); 4.54 (2H, с) и 4.72 (2H, с, ArCH_2 , NCH_2); 7.35–7.55 (4H, м, H Ar); 7.81–7.95 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ , м. д.: 40.3 (NCH_2); 57.2 ($\text{OCH}_2\text{C}\equiv$); 68.6 (OCH_2Ar); 77.4 ($\text{C}\equiv\text{CH}$); 79.7 ($\text{C}\equiv\text{CH}$); 117.9 (CN); 124.1 (C-b); 127.9, 129.0, 129.5, 130.9 (C-3',4',5',6'); 131.5 (C-a); 133.4, 136.9 (C-1',2'); 135.3 (C-c); 149.6 ($\text{NC}=\text{N}$); 165.3 (NCO). Найдено, m/z : 358.1162 $[\text{M}+\text{H}]^+$. $\text{C}_{21}\text{H}_{16}\text{N}_3\text{O}_3$. Вычислено, m/z : 358.1192. Найдено, %: C 70.37; H 4.28; N 11.23. $\text{C}_{21}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_3$. Вычислено, %: C 70.58; H 4.23; N 11.76.

Смесь **(E)-2-[2-(аллилоксиметил)бензилиденамино]-2-фталимидоацетонитрила (13b)** и **(E)-[2-(аллилоксиметил)фенил](фталимидо)метил}иминоацетонитрила (14b)** получают после 2 ч нагревания азиридина **7b** при 130 °С. Выход 140 мг (39%), соотношение **13b:14b** равно 3:2. Жёлтые кристаллы, т. пл. 79–82 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.87–3.90 (0.8H, м, $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ **14b**); 4.09–4.11 (1.2H, м, $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ **13b**); 4.46 (0.4H, д, $J = 11.2$) и 4.59 (0.4H, д, $J = 11.2$, ArCH_2 **14b**); 4.70 (0.6H, д, $J = 12.3$) и 4.80 (0.6H, д, $J = 12.3$, ArCH_2 **13b**); 5.03 (0.4H, д. д. т, $J = 10.4$, $J = 1.5$, $J = 1.5$, H-b **14b**); 5.14 (0.4H, д. д. т, $J = 17.2$, $J = 1.5$, $J = 1.5$, H-a **14b**); 5.20 (0.6H, д. д. т, $J = 10.4$, $J = 1.6$, $J = 1.6$, H-b изомера **13b**); 5.31 (0.6H, д. д. т, $J = 17.2$, $J = 1.6$, $J = 1.6$, H-a **13b**); 5.67 (0.4H, д. д. т, $J = 17.2$, $J = 10.4$, $J = 5.7$, $\text{CH}=\text{CH}_2$ **14b**); 5.98 (0.6H, д. д. т, $J = 17.2$, $J = 10.4$, $J = 5.7$, $\text{CH}=\text{CH}_2$ **13b**); 6.78 (0.6H, д, $J = 1.9$, NCHN **13b**); 7.24 (0.4H, д, $J = 2.4$), 7.28–7.45 (м) и 7.72–7.96 (всего 8.4H, м, NCHN и $\text{CH}=\text{N}$ **14b**, H Ar и H PhthN обоих изомеров); 9.12 (0.6H, д, $J = 1.9$, $\text{CH}=\text{N}$ изомера **13b**). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 59.6, 70.7 (NCHN); 70.0, 70.6, 71.6, 71.8 (OCH_2); 112.9, 114.2 (CN); 117.5, 117.8 ($\text{CH}=\text{CH}_2$); 123.8, 124.3 (C-b); 128.3, 128.8, 129.1, 130.5, 130.8, 132.1, 134.0, 134.4, 134.6, 135.0 (C-3',4',5',6', C-b, $\text{CH}=\text{CH}_2$); 131.4, 131.6 (C-a); 132.4, 134.6, 135.6, 139.3 (C-1',2'); 137.6 ($\text{CH}=\text{N}$ **14b**); 164.9 ($\text{CH}=\text{N}$ **13b**); 165.5, 167.1 (NCO). В спектре ЯМР ^{13}C некоторые сигналы перекрываются. Найдено, m/z : 398.0885 $[\text{M}+\text{K}]^+$. $\text{C}_{21}\text{H}_{17}\text{KN}_3\text{O}_3$. Вычислено, m/z : 398.0907. Найдено, %: C 70.33; H 4.75; N 11.56. $\text{C}_{21}\text{H}_{17}\text{N}_3\text{O}_3$. Вычислено, %: C 70.18; H 4.77; N 11.69.

Нагревание азиридина 8a. Раствор 0.860 г (2 ммоль) азиридина **8a** в 12 мл безводного бензола нагревают в течение 5 ч при 150 °С. Растворитель отгоняют в

вакууме, остаток разделяют хроматографически на силикагеле, элюируя смесью гексан–этилацетат, 1:1. Получают 100 мг (18%) **2-(2-бензилоксифенил)-5-метоксиоксазола (16)**. Зелёное масло. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.91 (3H, с, OCH_3); 5.24 (2H, с, OCH_2); 6.26 (1H, с, H-4); 7.00–7.05 (2H, м, H-3',5'); 7.29–7.40 (5H, м, H Ph); 7.52–7.59 (2H, м, H-4',6').

Нагревание азиридина 8b. Раствор 534 мг (1.4 ммоль) азиридина **8b** в 15 мл безводного бензола нагревают в течение 4 ч при 150 °С. В спектре ЯМР ^1H реакционной смеси видны только сигналы фталимида и 2-бензилоксибензальдегида (идентифицированы сравнением со спектрами заведомых соединений).

Нагревание азиридина 8c. Реакцию проводили два раза, выделяя в каждом случае один из продуктов. Раствор 650 мг (1.9 ммоль) азиридина **8c** в 15 мл безводного бензола нагревают в течение 4 ч при 150 °С. Растворитель отгоняют в вакууме, остаток растворяют в 50 мл хлористого метилена и промывают 8 раз по 30 мл 0.025 М раствора NaOH. Органический слой отделяют, сушат сульфатом натрия, растворитель отгоняют в вакууме. Остаток хроматографируют на силикагеле, элюируя смесью гексан–этилацетат от 2:1 до 1:2.

(2R',9bS')-1-Фталимидо-1,2,4,9b-тетрагидрохромено[3,4-*d*]имидазол-2-карбонитрил (17) дополнительно очищают перекристаллизацией из этанола. Выход 20 мг (3%), бесцветные кристаллы, т. пл. 200–202 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 4.84 (1H, д, д, $J = 16.7$, $J = 1.8$, *endo*-H-4); 5.17 (1H, д, д, $J = 17.1$, $J = 3.1$, *exo*-H-4); 5.67 (1H, д, $J = 2.8$, H-2); 6.33 (1H, д, д, д, $J = 3.2$, $J = 2.8$, $J = 1.8$, H-9b); 7.01 (1H, д, $J = 7.9$, H-6); 7.11 (1H, д, д, $J = 7.5$, $J = 7.1$, H-8); 7.20–7.30 (1H, м, H-7); 7.58 (1H, д, $J = 7.7$, H-9); 7.80–8.00 (4H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 66.9 (C-4); 69.7 (C-9b); 83.6 (C-2); 115.6 (C-6); 117.9 (CN); 124.1 (C-9a); 124.3, 124.6 (C-8, C-b); 126.2, 129.6 (C-7,9); 129.7 (C-a); 135.4 (C-c); 153.2 (C-5a); 165.9 (NCO); 177.7 (C-3a). Найдено, m/z : 345.0971 $[\text{M}+\text{H}]^+$. $\text{C}_{19}\text{H}_{13}\text{N}_4\text{O}_3$. Вычислено, m/z : 345.0982. Найдено, %: C 66.34; H 3.56; N 16.38. $\text{C}_{19}\text{H}_{12}\text{N}_4\text{O}_3$. Вычислено, %: C 66.28; H 3.51; N 16.27.

3-(2-Фталимидоимино)-3-[2-(цианометокси)фенил]пропаннитрил (18). Раствор 343 мг (1 ммоль) азиридина **8c** в 15 мл безводного бензола нагревают в течение 4 ч при 150 °С. Растворитель отгоняют в вакууме, остаток разделяют хроматографически на силикагеле, элюируя чистым хлористым метиленом. Выделенный гидразон **18** дополнительно очищают перекристаллизацией из этанола. Бесцветные кристаллы, выход 10 мг (3%). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 4.46 (2H, с, OCH_2CN); 4.58 (2H, с, CCH_2CN); 6.85 (1H, д, $J = 8.0$, H-3); 7.24–7.29 (1H, м, H-5); 7.51 (1H, д, д, $J = 7.3$, $J = 7.3$, H-4); 7.82–8.01 (5H, м, H PhthN, H-6). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 40.1 (CCH_2CN); 54.1 (OCH_2); 112.3 (C-3'); 113.7 (CN); 116.6 (CN); 124.0 (C-5'); 124.3 (C-1'); 124.8 (C-b); 131.7 (C-a); 132.9, 133.3 (C-4',6'); 135.5 (C-c); 154.5 (C-2'); 162.5 (C=N); 165.5 (NCO). Найдено, m/z : 345.0979 $[\text{M}+\text{H}]^+$. $\text{C}_{19}\text{H}_{13}\text{N}_4\text{O}_3$. Вычислено, m/z : 345.0982.

Определение выхода продуктов термоллиза азиридинов 9, 10 методом спектроскопии ЯМР ^1H с внутренним стандартом. После нагревания исходного азиридина растворитель отгоняют в вакууме, остаток растворяют в CDCl_3 и регистрируют спектр ЯМР ^1H , затем в ампулу добавляют 1 экв. *N*-бензилмалеимида и снова записывают спектр ЯМР ^1H .

Нагревание азиридинов 9a,b. Раствор 0.3 ммоль азиридина **9a,b** в 5 мл безводного бензола нагревают при 150 °С. Через 6 ч нагревания азиридина **9a** спектральной выход аллилового эфира (*E*)-2-бензилиденамино-2-фталимидоуксусной кислоты (**19a**) составляет 40%. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 4.73 (2H, д, д, $J = 5.8$, $J = 1.3$, OCH_2); 5.21 (1H, д, д, т, $J = 10.3$, $J = 1.2$, $J = 1.2$, H-b); 5.30 (1H, д, д, т, $J = 17.2$, $J = 1.4$, $J = 1.4$, H-a); 5.86 (1H, д, д, т, $J = 17.2$, $J = 10.3$, $J = 5.8$, $\text{CH}=\text{CH}_2$); 6.11 (1H, д, $J = 0.9$, NCHN); 7.35–7.90 (9H, м, H Ph, PhthN); 8.40 (1H, с, $\text{CH}=\text{N}$).

Через 10 ч нагревания азиридина **9b** спектральный выход пропаргилового эфира (*E*)-2-бензилиденамино-2-фталимидоуксусной кислоты (**19b**) составляет 41%. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 2.49 (1H, т, *J* = 2.5, C \equiv CH); 4.80 (1H, д, д, *J* = 15.5, *J* = 2.5) и 4.89 (1H, д, д, *J* = 15.5, *J* = 2.5, OCH $_2$); 6.13 (1H, с, NCHN); 7.35–7.90 (9H, м, H Ph, H PhthN); 8.40 (1H, с, CH=N).

Нагревание азиридина 10a. Раствор 210 мг (0.5 ммоль) азиридина **10a** в 10 мл безводного бензола нагревают 5 ч при 180 °С. Затем растворитель отгоняют в вакууме, остаток разделяют хроматографически на силикагеле, элюируя смесью дихлорметан–метанол от 1:0 до 100:1. Выход *N*-этилиденаминофталимида (**21**) 35 мг (37%, спектральный выход 43%), бесцветные кристаллы, т. возг. 168–172 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 2.21 (3H, д, *J* = 5.3, CH $_3$); 7.72–7.77 (2H, м) и 7.83–7.88 (2H, м, H PhthN); 8.66 (1H, к, *J* = 5.3, CH=N). Структура соединения **21** подтверждена его встречным синтезом из ацетальдегида и *N*-аминофталимида.

Нагревание азиридинов 10b–d. Раствор азиридина **10b–d** (15–17 мг) в 2 мл безводного бензола нагревают 5 ч при 180 °С. Спектральный выход *N*-этилиденаминофталимида (**21**) для азиридинов **10b**, **10c** и **10d** составляет 13, 6 и 45% соответственно.

Нагревание азиридинов 22a–c. Раствор 0.7 ммоль азиридина **22a–c** [12, 14] в 10 мл безводного бензола нагревают в толстостенном стеклянном реакторе, затем растворитель отгоняют в вакууме. Через 6 ч нагревания азиридина **22a** при 120 °С в спектре ЯМР ^1H реакционной смеси присутствуют только сигналы *N*-[(*E*)-1-(бензилиденамино)бензил]фталимида (**23a**), но вследствие низкой устойчивости выделить его в чистом виде не удалось. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 6.87 (1H, д, *J* = 1.4, NCHN); 7.30–7.46 (6H, м, *m,p*-H); 7.58 (2H, д, *J* = 7.3, *o*-H бензил); 7.70–7.74 (2H, м) и 7.84–7.90 (4H, м, H PhthN, *o*-H бензилиден); 8.40 (1H, д, *J* = 1.4, CH=N). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 73.9 (NCHN); 123.6 (C-b); 127.6, 128.4, 128.7, 129.0 (*m,o*-C); 128.3 и 131.6 (*p*-C); 131.9 (C-a); 134.3 (C-c); 135.4 и 138.4 (*i*-C); 162.7 (CH=N); 167.5 (NCO).

Нагревание азиридина **22b** в течение 2 ч при 180 °С приводит к его полному разложению и осмолению. В спектре ЯМР ^1H реакционной смеси идентифицированы только сигналы фталимида.

Остаток после 5 ч нагревания азиридина **22c** при 120 °С разделяют на силикагеле, элюируя смесью дихлорметан–гексан, 1.7:1. Фракции, содержащие основные продукты, объединяют и упаривают в вакууме, остатки растворяют в дихлорметане, и высаживают продукты из раствора добавлением гексана. Получают 45 мг (23%) (*E*)-2-бензилиденамино-2-фталимидоацетонитрил **23c** и 12 мг (6%) (*Z*)-2-(фталимидо)имино-3-фенилпропаннитрил (**24**).

(E)-2-Бензилиденамино-2-фталимидоацетонитрил (23c). Бесцветные кристаллы, т. пл. 145–146 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 6.78 (1H, д, *J* = 1.4, NCHN); 7.41–7.53 (3H, м, *m,p*-H); 7.78–7.84 (4H, м) и 7.91–7.96 (2H, м, H PhthN, *o*-H Ph); 8.77 (1H, д, *J* = 1.4, CH=N). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 59.3 (NCHN); 112.8 (CN); 124.3 (C-b); 128.9 и 129.6 (*m,o*-C); 131.5 (C-a); 132.7 (*p*-C); 134.0 (*i*-C); 135.0 (C-c); 165.6 (NCO); 165.9 (CH=N). Найдено, *m/z*: 328.0481 [M+K] $^+$. C $_{17}$ H $_{11}$ KN $_3$ O $_2$. Вычислено, *m/z*: 328.0482.

(Z)-2-(Фталимидо)имино-3-фенилпропаннитрил (24). Бесцветные игольчатые кристаллы, т. пл. 185–186 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 4.48 (2H, с, CH $_2$); 7.39–7.45 (2H, м, *m*-H Ph); 7.50–7.55 (1H, м, *p*-H Ph); 7.72 (2H, м, *o*-H Ph); 7.86–7.91 (2H, м) и 7.96–8.02 (2H, м, H PhthN). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 39.8 (CH $_2$), 116.4 (CN); 124.8 (C-b); 128.2 и 129.0 (*m,o*-C); 131.4 (C-a); 132.5 (*p*-C); 133.3 (*i*-C, C=N); 135.5 (C-c); 165.4 (NCO). Найдено, *m/z*: 290.0914 [M+H] $^+$. C $_{17}$ H $_{12}$ N $_3$ O $_2$. Вычислено, *m/z*: 290.0925.

Работа выполнена при финансовой поддержке Санкт-Петербургского государственного университета (грант № 12.38.16.2011).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. I. Coldham, R. Hufton, *Chem. Rev.*, **105**, 2765 (2005).
2. A. S. Pankova, V. V. Voronin, M. A. Kuznetsov, *Tetrahedron Lett.*, **50**, 5990 (2009).
3. P. DeShong, D. A. Kell, D. R. Sidler, *J. Org. Chem.*, **50**, 2309 (1985).
4. B. R. Henke, A. J. Kouklis, C. H. Heathcock, *J. Org. Chem.*, **57**, 7056 (1992).
5. M. A. Kuznetsov, L. M. Kuznetsova, J. G. Schantl, K. Wurst, *Eur. J. Org. Chem.*, 1309 (2001).
6. R. S. Atkinson, B. J. Kelly, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 1627 (1989).
7. R. S. Atkinson, J. R. Malpass, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 2242 (1977).
8. D. J. Anderson, T. L. Gilchrist, D. C. Horwell, C. W. Rees, *J. Chem. Soc. C*, 576 (1970).
9. H. Person, A. Foucaud, K. Luanglath, C. Fayat, *J. Org. Chem.*, **41**, 2141 (1976).
10. М. А. Кузнецов, В. В. Воронин, *ХГС*, 219 (2011). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **47**, 173 (2011)].
11. Е. В. Белецкий, М. А. Кузнецов, *ЖОрХ*, **45**, 1237 (2009).
12. М. А. Кузнецов, А. С. Панькова, А. В. Ушков, С. И. Селиванов, *ЖОрХ*, **44**, 1807 (2008).
13. А. С. Панькова, Автореф. дис. канд. хим. наук, Санкт-Петербург, 2009.
14. D. Felix, R. K. Müller, U. Horn, R. Joos, J. Schreiber, A. Eschenmoser, *Helv. Chim. Acta*, **55**, 1276 (1972).
15. H. D. K. Drew, H. H. Hatt, *J. Chem. Soc.*, 16 (1937).

Санкт-Петербургский государственный университет,
Университетский пр., 26,
Санкт-Петербург 198504, Россия
e-mail: mak@mail.wplus.net

Поступило 21.07.2011