

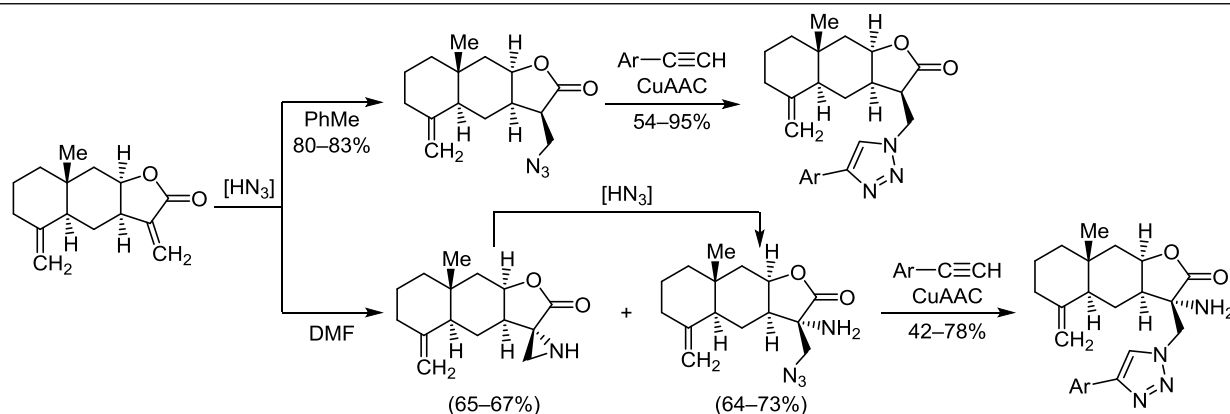
Синтетические трансформации сесквитерпеновых лактонов. Контролируемый синтез азидов 11,13-дигидроизоалантолактона и 13-(1,2,3-триазилил)эудесманолоидов на основе сесквитерпеновых лактонов

Сергей С. Патрушев^{1,2}, Татьяна В. Рыбалова¹, Эльвира Э. Шульц^{1*}

¹ Новосибирский институт органической химии им. Н. Н. Ворожцова СО РАН,
пр. Академика Лаврентьева, 9, Новосибирск 630090, Россия; e-mail: schultz@nioch.nsc.ru

² Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,
ул. Пирогова, 1, Новосибирск 630090, Россия

Поступило 23.07.2021
Принято после доработки 1.09.2021



Осуществлена модификация лактонов эудесманового типа – изоалантолактона и 4,15-эпоксиизоалантолактона – по активной метиленовой группе. Взаимодействие изоалантолактона с гидразойной кислотой, образующейся *in situ* из азиды натрия и уксусной кислоты в присутствии триэтиламина в среде толуола или ДМФА, протекает контролируемо и, в зависимости от природы растворителя и условий реакции, приводит к (11*R*)-13-азидо-11,13-дигидроизоалантолактону, спироциклическому соединению – (11*R*)-азиридино[11,13]дигидроизоалантолактону, и продукту селективного раскрытия азиридинового цикла азиданионом – (11*S*)-13-азидо-11-амино-11,13-дигидроизоалантолактону. Аналогично протекает реакция 4,15-эпоксиизоалантолактона с гидразойной кислотой с образованием соответствующих 13-азидо-, (11*R*)-азиридино[11,13]- или (11*S*)-13-азидо-11-амино-4,15-эпокси-11,13-дигидроизоалантолактонов. Реакцией CuAAC 13-азидозамещенных 11,13-дигидроизоалантолактонов с терминальными ацетиленами осуществлен региоселективный синтез библиотек (11*R*)-13-(1*H*-1,2,3-триазилил)-11,13-дигидроизоалантолактонов и (11*S*)-11-амино-13-(1*H*-1,2,3-триазилил)-11,13-дигидроизоалантолактонов, содержащих различные арильные или гетарильные заместители в положении С-4 триазольного цикла.

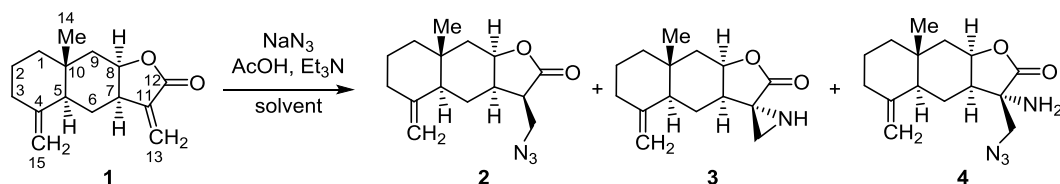
Ключевые слова: сесквитерпеновые лактоны, терпеноидные азиды, триазолы, клик-химия, реакция азид-алкинового циклоприсоединения, PCA.

Химическая модификация природных соединений, вследствие их стереохимической однородности, представляет интерес в контексте создания новых терапевтически ценных агентов.¹ Наше внимание привлекла модификация доступного сесквитерпенового лактона девясила высокого *Inula helenium* L. изоалантолактона (**1**) (схема 1).² Наличие α-метилен-γ-бутиролактонового фрагмента в структуре изоалантолактона (**1**) позволило нам провести его успешные селективные

синтетические модификации, в частности синтез 13-арил(гетарил)замещенных^{3,4} производных по реакциям кросс-сочетания или гибридных эудесманолоид-гетареновых гетероциклов с диаминовым линкером⁵ по реакции Михаэля.

В продолжение наших исследований по превращениям изоалантолактона (**1**) в настоящей работе нами изучены условия образования азидов изоалантолактона и 4,15-эпоксиизоалантолактона и их взаимодействия с

Схема 1



арил- и гетарилацетиленами для регио- и стереоселективного синтеза (11*R*)-13-[4-арил(гетарил)-1,2,3-триазол-1-ил]- и (11*S*)-11-амино-13-[4-арил(гетарил)-1*H*-1,2,3-триазол-1-ил]изоалантолактонов. В литературе известны примеры модификации природных сесквитерпеновых лактонов – людартина,^{6a} партенолида,^{6b} мелампомпагнолида В^{6c} и томентозина^{6d} – с введением триазольного фрагмента в структуру. 1,2,3-Триазолы привлекли внимание в связи с их значительной биологической активностью, включая антибактериальные,⁷ противовирусные,⁸ противоопухолевые^{6,9} и противовоспалительные¹⁰ свойства. Насколько нам известно, производные изоалантолактона, содержащие в структуре 1,2,3-триазольный фрагмент, ранее не были синтезированы.

Эксперименты показали, что реакция изоалантолактона (**1**) с NaN₃ (5 экв.) и AcOH (5 экв.) в присутствии Et₃N (0.2 экв.) в PhMe при 80°C в течение 12 ч проходила с конверсией 98% и образованием (11*R*)-13-азидоэудесма-4(15)-ен-8b,12-олида (**2**), выход которого после перекристаллизации (из петролейного эфира) составил 83% (схема 1, табл. 1, опыт 3). При взаимодействии лактона **1** с NaN₃ и AcOH в ДМФА состав реакционной смеси значительно изменился (табл. 1, опыты 4–7). Конверсию исходного лактона **1** и соотношение продуктов определяли по данным спектра ЯМР ¹H реакционной смеси. В качестве продуктов реакции при этом наблюдали спироазиридин **3** и продукт его раскрытия азид-анионом – (11*S*)-11-амино-13-азидо-11,13-дигидроизоалантолактон (**4**), выход которого увеличивался при повышении температуры реакции. При проведении реакции при 120°C (табл. 1, опыт 6) 11-амино-13-азидодигидроизоалантолактон **4** был основным продуктом реакции. Соединения **3** (выход 18%) и **4** (выход 64%) были разделены колоночной хроматографией на силикагеле. Строение соединения **4** установлено на основании данных РСА (рис. 1). Соединение **4** образуется в результате нуклеофильной атаки азид-аниона по положению С-13 и раскрытию трех-

Таблица 1. Взаимодействие изоалантолактона (**1**) с гидразойной кислотой в присутствии Et₃N

Опыт	Растворитель	Температура, °С	Время, ч	Конверсия, %	Соотношение*** 2:3:4	Выход,* ⁴ % (продукт)
1*	PhMe	80	3	44	100:0:0	–
2*	PhMe	80	6	75	100:0:0	75 (2)
3*	PhMe	80	12	98	100:0:0	83 (2)
4*	ДМФА	80	6	>95	0:65:35	52 (3) 35 (4)
5*	ДМФА	80	12	>97	0:54:46	–
6*	ДМФА	120	4	100	0:20:80	18 (3) 64 (4)
7**	ДМФА	80	6	70	0:100:0	65 (3)
8*	EtOH	80	6	65	33:44:22	–

* NaN₃ (5 экв.), Et₃N (0.2 экв.) и AcOH (5 экв.).

** NaN₃ (1.5 экв.), AcOH (1.5 экв.) и Et₃N (0.2 экв.).

*** По данным спектра ЯМР ¹H реакционной смеси.

*⁴ Выход выделенного продукта.

членного цикла (11*S*)-спироазиридина **3**. Следует отметить, что раскрытие (11*S*)-спироазиридина **3** протекает стереоселективно по менее стерически затрудненному атому углерода С-13.

На состав продуктов реакции значительное влияние оказывает избыток гидразойной кислоты. При проведении реакции в условиях полуторакратного избытка NaN₃ и AcOH в ДМФА в течение 6 ч спироазиридин **3** отмечался в качестве единственного продукта (табл. 1, опыт 7). Соединение **3** выделяли перекристаллизацией из EtOH (выход 65%). Проведение реакции в EtOH (80°C, 6 ч) отличается низкой конверсией исходного лактона **1** и меньшей селективностью; в результате конверсии 65% (в ДМФА в этих условиях >95; в PhMe – 75%) в реакционной смеси обнаруживалось образование смеси всех трех соединений: азида **2**, спироазиридина **3** и аминоазида **4** в соотношении 33:44:22 (табл. 1, опыт 8).

Предлагаемый механизм реакции изоалантолактона (**1**) с NaN₃ и AcOH в присутствии Et₃N представлен на схеме 2. Нуклеофильное присоединение гидразойной

Схема 2

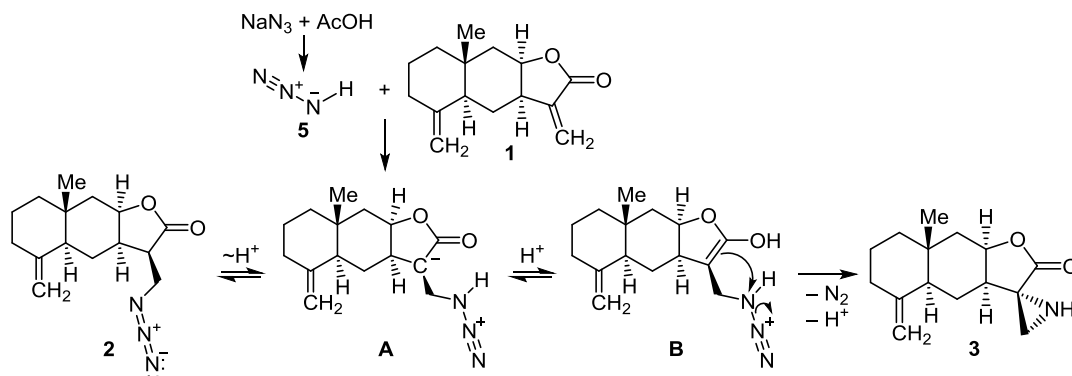
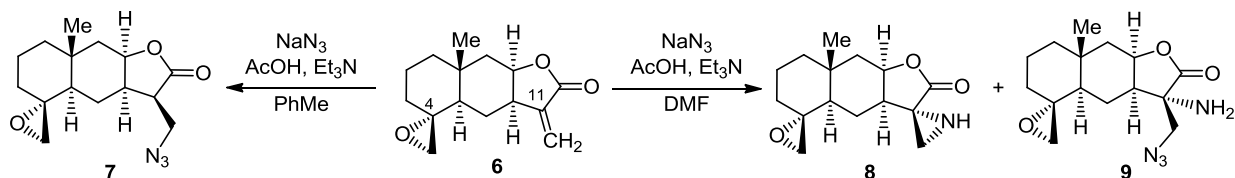


Схема 3



кислоты (из NaN₃ и AcOH) приводит к образованию цвиттер-иона **A** в равновесии с азидом **2**. Степень образования азидов **2** и енолизации лактона **A** с последующими отщеплением молекулы азота от структуры **B** и циклизации в азиридин **3** зависит от условий реакции. Как показано в табл. 1, при проведении реакции в PhMe образуется индивидуальный азид **2**. Использование ДМФА в качестве растворителя способствует сдвигу равновесия в сторону равновесной структуры **A** и образованию енольной структуры **B**. В результате отщепления молекулы азота образуется спироазиридин **3**.

Из полученных экспериментальных данных следует, что сопряженное присоединение гидразойной кислоты к изоалантолактону (**1**) протекает регио- и стереоселективно и приводит к соответствующему (11*R*)-13-азидо-11,13-дигидроизоалантолактону (**2**) или соответствующему спироциклическому азиридину **3**. В литературе описано катализируемое аминами конъюгированное присоединение азид-иона к α,β-ненасыщенным соединениям,¹¹ в том числе к природным метилиденлактонам.^{6b,d} При этом в реакции с партенолидом отмечается образование β-азидо дигидропартенолида,^{6b} тогда как реакция томентозина с HN₃ приводит к равноэквивалентной смеси 11α- и 11β-азидо-11,13-дигидротоментозинол.^{6d} Очевидно, строение лактона оказывает значительное влияние на стереоселективность реакции.

Взаимодействие (4*R*)-4,15-эпоксизоалантолактона (**6**) с NaN₃ (5 экв.) и AcOH (5 экв.) (схема 3) при 80°C протекало с полной конверсией исходного лактона и образованием (11*R*)-13-азидо-4,15-эпоксизоалантолактона (**7**) с выходом 80% (табл. 2, опыт 1). Проведение реакции в ДМФА при 120°C (опыт 2) приводило к получению смеси азиридина **8** и аминоазидов **9**, продукт **9** выделяли с выходом 73% с помощью колоночной хроматографии на силикагеле. В реакции лактона **6** с полуторакратным избытком NaN₃ и AcOH в ДМФА (опыт 3) выделен азиридин **8** с выходом 67%.

Разработанные эффективные способы получения оптически активных азидов **2**, **4**, **7**, и **9** обусловили наш интерес в изучении их превращений, в частности реакции азид-алкинового циклоприсоединения. Предложенное независимо группами Шарплесса^{12a} и Мельдаля^{12b} проведение реакции азид-алкинового циклоприсоединения с использованием содержащих Cu(I) катализаторов (реакция CuAAC) отличается мягкими условиями, высокой региоселективностью и протекает с преимущественным образованием 1,4-региоизомеров.

Азиды **2**, **7**, а также аминоазиды **4**, **9** были успешно вовлечены в реакцию CuAAC с фенилацетиленом (**10**),

Таблица 2. Реакция 4,15-эпоксизоалантолактона **6** с гидразойной кислотой

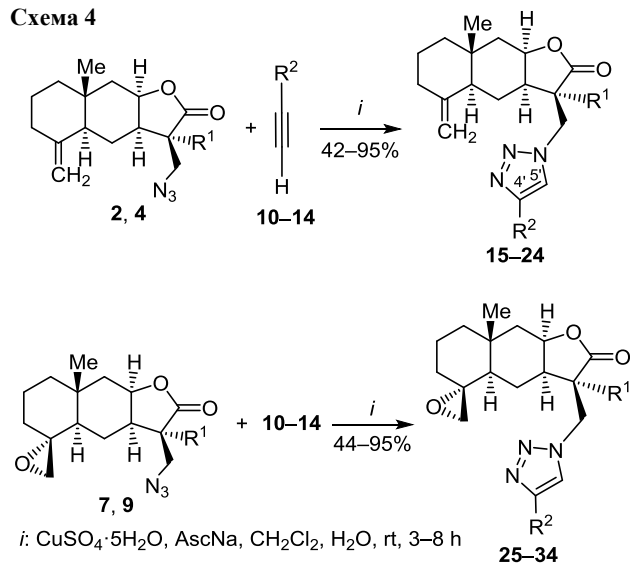
Опыт	Условия	Конверсия, %	Соотношение 7:8:9	Выход, % (продукт)
1	PhMe, 80°C, 12 ч*	98	100:0:0	80 (7)
2	ДМФА, 120°C, 4 ч*	100	0:20:80	12 (8), 73 (9)
3	ДМФА, 80°C, 6 ч**	80	0:100:0	67 (8)

* NaN₃ (5 экв.), AcOH (5 экв.), Et₃N (0.2 экв.).

** NaN₃ (1.5 экв.), AcOH (1.5 экв.), Et₃N (0.2 экв.).

4-этиниланизолом (**11**), 4-фтор-1-этинилбензолом (**12**), 7-пропаргилтеофиллином (**13**) и 1-(пропаргил)-1*H*-1,2,3-бензотриазолом (**14**) (схема 4). Так, реакция 13-азидоизоалантолактона **2** и 4,15-эпоксизоалантолактона **7** с ацетиленами **10–14**, катализируемая системой CuSO₄·5H₂O – аскорбат натрия (AscNa), в водном CH₂Cl₂ полностью проходила при комнатной температуре в течение 3–8 ч (контроль методом ТСХ). (11*R*)-13-(1*H*-1,2,3-Триазолил)эудесман-8b,12-олиды **15–19** и **25–29**, содержащие в положении С-4 триазоль-

Схема 4



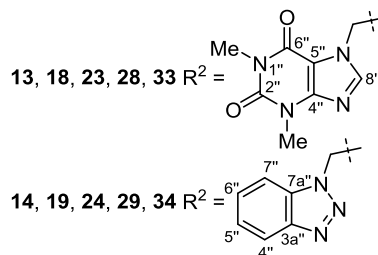
i: CuSO₄·5H₂O, AscNa, CH₂Cl₂, H₂O, rt, 3–8 h

15–19, **25–29** R¹ = H; **20–24**, **30–34** R¹ = NH₂

10, **15**, **20**, **25**, **30** R² = Ph

11, **16**, **21**, **26**, **31** R² = 4-MeOC₆H₄

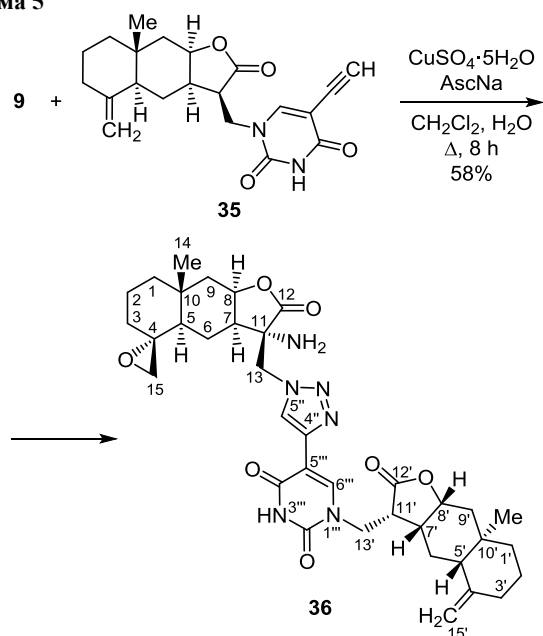
12, **17**, **22**, **27**, **32** R² = 4-FC₆H₄



ного цикла арильный, 1*H*-пурин-2,6-дионовый или 1*H*-бензотриазолильный заместители, выделяли колоночной хроматографией на силикагеле (выходы 54–95%). Для полного превращения 11α-аминозамещенных азидов **4** и **9** потребовалось увеличение времени реакции. Соответствующие (11*S*)-11-амино-13-(1*H*-1,2,3-триазолил)эудесман-8b,12-олиды **20–24** и **30–34**, содержащие арильные или гетероарильные заместители в положении С-4 триазольного цикла, выделяли с меньшими выходами (42–78%). Строение соединения **20** подтверждено данными РСА (рис. 1).

Реакцией (11*S*)-11-амино-13-азидо-4,15-эпоксиизоалантолактона **9** с (11*R*)-(5-этинил-2,4-диоксотетрагидропиримидин-1-ил)эудесма-4(15)-ен-8b,12-олидом **35**,¹³ синтезировали бисэудесманолид **36** с выходом 58% (схема 5). Для достижения полной конверсии исходного азидо потребовалось нагревание реакционной смеси.

Схема 5



Состав и строение синтезированных соединений подтверждено данными спектроскопии ИК, ЯМР ¹H и ¹³C, масс-спектрометрии и элементного анализа. Строение фрагмента (11*R*)-эудесма-4(15)-ен-8b,12-олида (11,13-дигидроизоалантолактона) в молекулах всех синтезированных соединений подтверждено данными спектров ЯМР ¹H, ¹³C и 2D ЯМР COSY, ¹H–¹³C HSQC, ¹H–¹³C HMBC и NOESY. Так, синглетный сигнал протонов метильной группы при атоме С-14 в спектрах ЯМР ¹H проявляется при 0.68–0.92 м. д. (при этом для 4,15-эпоксипроизводных значение химического сдвига 14-CH₃ смещается в сильное поле, а для 11,13-азидинов и 13-замещенных триазиолов – в слабое поле). *Цис*-сочленение лактонного цикла и декалинового остова подтверждается значением КССВ (³J_{7,8} = 4.5–6.0 Гц) для протонов 7,8-СН. Протон при атоме С-7 имеет характерное взаимодействие с протоном при атоме С-11 (³J_{7,11} = 5.2–6.2 Гц). Stereoконфигурация нового асимметрического центра (11*R*) соединений **2**, **7**, **15–19**,

25–29 установлена по наличию кросс-пиков в спектре NOESY между протонами 5-СН, 7-СН, 8-СН и 11-СН, что свидетельствует об их *цис*-расположении. Stereoконфигурация атома С-11 установлена на основании анализа корреляционных вицинальных взаимодействий протонов в спектрах ЯМР ¹H и корреляций между *цис*-протонами 7-СН, 11-СН и 8-СН в эксперименте NOESY. Кросс-пики между протонами 14-СН₃ и 15-СН₂ подтверждают строение оксиранового фрагмента и *R*-конфигурацию атома С-4 в соединениях **7**, **8**, **9**, **25–34** и **36**.

Наличие азидогруппы в структурах **2**, **4**, **7**, **9** подтверждено данными ИК спектров (интенсивные полосы валентных колебаний при 2106–2094 см⁻¹). Сигналы протонов при атоме С-13 в спектрах ЯМР ¹H азидов **2**, **7** расположены при 3.35–3.56 и 3.74–3.80 м. д. и имеют вид спиновой системы АВХ с геминальной КССВ ²J = 12.8–12.9 Гц и вицинальными константами ³J_{11,3} = 5.0–5.1 и 10.0–10.3 Гц. В спектрах азидов **4**, **9** сигналы протонов 13-СН₂ имеют вид системы АВ (3.45–3.59 м. д., ²J = 12.9 Гц). Строение азиридинов **3** и **8** подтверждено характеристичными сигналами атомов С-11 (43.5–43.8 м. д.) и С-13 (27.0–27.4 м. д.) в спектрах ЯМР ¹³C. Неэквивалентные сигналы метиленовых протонов при атоме С-13 расположены в области 1.83–1.93 и при 2.38 м. д. Наличие фрагмента 1,4-дизамещенного 1*H*-1,2,3-триазиола в соединениях **15–34** и **36** следует из данных спектров ЯМР ¹H и ¹³C. В спектрах ЯМР ¹H присутствует синглетный сигнал при 7.75–8.22 м. д., отвечающий протону при атоме С-5', а в спектрах ЯМР ¹³C – сигналы атомов С-5' (119.4–126.1 м. д.; дублет триплетов с ¹J_{СН} = 193.6 и ³J_{СН} = 2.4 Гц) и С-4' (144.7–146.3 м. д.). Эти данные подтверждают региоселективность реакции CuAAC, которая протекает с образованием 1,4-дизамещенных 1*H*-1,2,3-триазиолов.¹⁴

Строение азидо **4** и триазиоло **20** подтверждено данными РСА (рис. 1). В Кембриджском банке структурных данных¹⁵ задепонировано всего 6 структур лактонов эудесманового типа с такой же конформацией и конфигурацией асимметрических центров трициклического фрагмента, замещенных по атому С-11,^{12,16–18} и 3 структуры, спиросамещенные по тому же атому.^{16,19}

В исследуемых соединениях *транс*-сочлененные шестичленные циклы декалинового фрагмента находятся в конформации "кресло", лактонный цикл имеет конформацию "искаженный конверт" с отклонением атома С(7) из плоскости атомов С(11)–С(12)–О(1)–С(8) (фрагмент плоский в пределах ±0.001(1) и ±0.000(3) Å) на 0.635(2) и 0.650(3) Å, угол складчатости 40 и 41° для соединений **4** и **20** соответственно. Атом азота аминогруппы N(4) *sp*³-гибридизован и выходит из плоскости соседних атомов на 0.338(2) и 0.261(3) Å для соединений **4** и **20** соответственно. В соединении **4** расстояние N(2)···N(4) сокращено и равно 2.904(2) Å, аминогруппа развернута неподеленной парой электронов в сторону азидной группы, атом N(2) которой несет на себе положительный заряд, способствующий их взаимодействию. Геометрия азидной группы обычная:

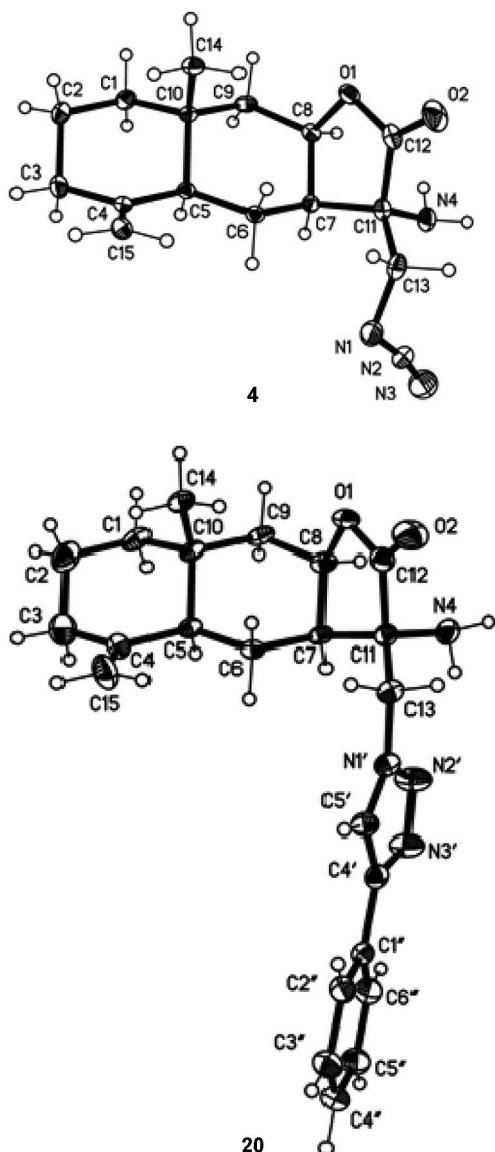


Рисунок 1. Молекулярные структуры соединений **4** и **20** в представлении атомов эллипсоидами тепловых колебаний с 30% вероятностью.

длины связей $N(1)=N(2)$ и $N(2)=N(3)$ 1.222(3) и 1.140(3) Å и угол $N(1)-N(2)-N(3)$ 169.9(2)° согласуются со среднестатистическими значениями 1.233(33), 1.128(15) и 172.3(15) по выборке 979 структур из Кембриджского банка структурных данных.¹⁵ Ориентация азидной группы определяется торсионными углами $C(11)-C(12)-C(13)-N(1)$ и $C(12)-C(13)-N(1)-N(2)$, равными 166.5(2) и 72.1(2)° соответственно.

В отличие от структуры **4**, в соединении **20** атомы H аминогруппы направлены в сторону триазольного цикла, образуя водородную связь $N(4)-H\cdots N(2')$. В обеих структурах также присутствует слабая внутримолекулярная водородная связь метильной группы 14-CH₃ с кислородом O(1) лактонного цикла (табл. 3). Ориентация фенилтриазольного фрагмента в соединении **20** определяется торсионным углом $C(11)-C(13)-N(1)-C(5')$ –154.2(2)°, угол между плоскостями триазольного и фенильного циклов равен 11.1(2)°.

Таблица 3. Внутри- и межмолекулярные водородные связи в кристаллах соединений **4** и **20**

Соединение	Водородная связь	H...A, Å	A...D, Å	A-H...D, град.
Внутримолекулярные связи				
4	C(14)–H...O(1)	2.50	3.182(2)	126
	C(14)–H...O(1)	2.47	3.131(3)	126
20	N(4)–H...N(2')	2.30(3)	2.927(3)	131(3)
Межмолекулярные связи				
4	C(13)–H(13A)···O(2)	2.54	3.421(2)	148
20	C(5')–H(5')···O(2)	2.53	3.208(3)	130
H...Cg D _{pln} * C–H...Cg				
20	C(2)–H(2B)···π(C(1'')=C(6''))	2.94	2.78	142
20	C(13)–H(13B)···π(C(1'')=C(6''))	2.79	2.76	153

* Расстояние от атома водорода до плоскости ароматического цикла соседней молекулы.

Кристаллическая структура соединения **4** характеризуется наличием спиралевидных цепочек вдоль оси *a*, образованных слабой водородной связью C(13)–H...O(2).

В кристаллах соединения **20** многочисленные укороченные контакты, а также водородная связь C(5')–H(5')···O(2) между триазолом и кетонной группой лактона образуют 3D архитектуру кристалла. Так, водород аминогруппы, не участвующий во внутримолекулярной водородной связи, образует сокращенные контакты с атомами фенильной группы соседней молекулы N(4)–H...C(1'') и N(4)–H...C(2''), равные 2.73(3) и 2.77(3) Å (нормальный невалентный контакт C...H 2.87 Å).²⁰ Кроме того, присутствуют также C–H...π-взаимодействия с фенильным циклом (табл. 3).

Таким образом, реакции изоалантолактона и 4,15-эпоксизоалантолактона с гидразойной кислотой протекают регио- и стереоселективно и в зависимости от условий реакции позволяют синтезировать производные (11*R*)-13-азидо- или (11*R*)-11-амино-13-азидо-11,13-дигидроизоалантолактонов. Последние образуются в результате стереоселективного раскрытия соответствующих спироазиридинов. Полученные азиды открывают широкие возможности синтеза разнообразных гетероциклических соединений, включая описанные в работе 4-замещенные 13-(1,2,3-триазол-1-ил)эудесманолиды.

Экспериментальная часть

ИК спектры записаны на фурье-спектрометре Vector-22 в таблетках КВг. УФ спектры поглощения записаны для растворов в EtOH с концентрацией 10^{–4} моль/л на спектрометре HP 8453 UV-Vis. Значения удельного вращения $[\alpha]_D$ измерены на поляриметре PolAArg3005. Спектры ЯМР ¹H и ¹³C записаны на спектрометрах Bruker AV-300 (300 и 75 МГц соответственно, соединение **17**), AV-400 (400 и 101 МГц соответственно, соединения **7**, **9**, **15**, **19–21**, **25**, **26**, **28**, **29**, **31**, **32**), DRX-500 (500 и 125 МГц соответственно, соединения **16**, **18**, **27**, **33**, **34**, **36**) и AV-600 (600 и 150 МГц соответственно,

соединения **2–4**, **8**, **22–24**, **30**). Спектры записаны в CDCl_3 , сигнал которого (δ_{C} 76.9 м. д.) и остаточный сигнал CHCl_3 (δ_{H} 7.24 м. д.) использованы в качестве внутреннего стандарта. Мультиплетности сигналов в спектрах ЯМР ^{13}C определены по стандартным методикам записи спектра в режиме монорезонанса. Для отнесения сигналов в спектрах ЯМР использованы различные типы протон-протонной и углерод-протонной корреляционной спектроскопии (COSY, ^1H - ^{13}C HSQC, ^1H - ^{13}C HMBC, NOESY (время смещения 1 с, задержка между импульсами – 2 с)). При описании спектров ЯМР ^1H и ^{13}C использована нумерация атомов остова, приведенная в структуре **1** (схема 1). Для записи масс-спектров, определения молекулярных масс и элементного состава использован масс-спектрометр высокого разрешения DFS Thermo Scientific (температура испарителя 50–270°C, энергия ионизации ЭУ 70 эВ). Элементный анализ выполнен на CHN-анализаторе Carlo Erba 1106. Температуры плавления определены на термосистеме Mettler Toledo FP900. Контроль за ходом реакций и чистотой полученных соединений осуществлен методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254, элюент CHCl_3 –EtOH, 9:1, или PhMe–EtOAc, 3:1, проявление в парах иода или в УФ свете. Продукты реакции выделены с помощью колоночной хроматографии на силикагеле (Acros, 0.035–0.240 мм) (элюенты CHCl_3 –EtOH, 100:0→100:10; PhH–EtOAc, 30:0→30:10).

Растворители (ДМФА, PhMe, CHCl_3 , CH_2Cl_2 , EtOAc), а также Et_3N очищены по стандартным методикам и перегнаны в токе аргона непосредственно перед проведением реакций. Использованы CuI, аскорбат натрия, алкины **10–12**, **14** фирмы Alfa Aesar. Изоалантолактон (**1**) выделен экстракцией *Inula helenium* L. с последующим разделением через морфолиновые аддукты по литературной методике²¹ (т. пл. 104–106°C (из петролейного эфира), $[\alpha]_{\text{D}}^{25} +173^\circ$ (с 5.1, CHCl_3)). 4,15-Эпоксизоалантолактон (**6**)²², 1,3-диметил-7-(проп-2-инил)-1*H*-пурин-2,6(3*H*,7*H*)-дион **13**²³ и (1*R*)-(5-этинил-2,4-диоксотетрагидропиримидин-1-ил)эудесма-4(15)-ен-8*b*,12-олид (**35**)¹³ получены по известным методикам.

Реакция сесквитерпеновых лактонов 1, 6 с NaN_3 и АсОН (общая методика). К смеси 2 ммоль лактона **1** или **6** и 650 мг (10 ммоль) NaN_3 в 20 мл раствора PhMe или ДМФА добавляют 400 мг (0.55 мл, 0.4 ммоль) Et_3N и 0.6 мл (10 ммоль) АсОН. Реакционную смесь перемешивают при температуре и в течение времени, указанных в табл. 1 и 2. После окончания реакции (контроль методом ТСХ) реакционную смесь разбавляют 30 мл H_2O . Органический слой отделяют, а водный слой экстрагируют EtOAc (2 × 20 мл). Объединенные органические слои промывают H_2O (3 × 20 мл), сушат над MgSO_4 и упаривают. Маслянистый остаток перекристаллизовывают (при синтезе азида **2**, в условиях опыта 3, табл. 1 или азида **7** в условиях опыта 1, табл. 2) из петролейного эфира или хроматографируют на колонке с силикагелем (элюент петролейный эфир – Et_2O , 1:0→1:1). Сначала выделяют исходные лактоны **1**, **6** (при неполной конверсии), затем азиды **2**, **7**, аминоксиды **4**, **9** и азиридины **3**, **8**.

(3*R*,3*aR*,4*aS*,8*aR*,9*aR*)-3-(Азидометил)-8*a*-метил-5-метилендекагидронафто[2,3-*b*]фуран-2(3*H*)-он (2). Выход 413 мг (83%) после перекристаллизации (табл. 1, опыт 3). Белые кристаллы. Т. пл. 97.5–98.3°C (петролейный эфир). $[\alpha]_{\text{D}}^{27} +121^\circ$ (с 1.0, CHCl_3). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 891, 970, 997 (C=C), 1165 (C–O), 1768 (C=O), 1190, 1286, 2106 (N_3). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 235 (3.09), 272 (3.46). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 0.77 (3*H*, с, CH_3); 1.16 (1*H*, д. д. д, *J* = 13.2, *J* = 12.4, *J* = 11.8, 6- CH_2); 1.22 (1*H*, д. д. д, *J* = 13.4, *J* = 12.6, *J* = 5.9, 1- CH_2); 1.46 (1*H*, д. д, *J* = 15.6, *J* = 4.3, 9- CH_2); 1.50–1.62 (3*H*, м, 1,2- CH_2); 1.62 (1*H*, д. д. д, *J* = 13.2, *J* = 5.8, *J* = 1.8, 6- CH_2); 1.80 (1*H*, д. д, *J* = 11.8, *J* = 2.3, 5- CH); 1.97 (1*H*, д. д. д, *J* = 13.4, *J* = 12.8, *J* = 5.8, 3- CH_2); 2.15 (1*H*, д. д, *J* = 15.6, *J* = 1.8, 9- CH_2); 2.32 (1*H*, д, *J* = 12.9, 3- CH_2); 2.55 (1*H*, д. д. д. д, *J* = 12.4, *J* = 6.2, *J* = 5.8, *J* = 4.2, 7- CH); 2.97 (1*H*, д. д. д, *J* = 10.3, *J* = 6.2, *J* = 5.1, 11- CH); 3.56 (1*H*, д. д, *J* = 12.8, *J* = 10.3) и 3.80 (1*H*, д. д, *J* = 12.8, *J* = 5.1, 13- CH_2); 4.45 (1*H*, д, *J* = 1.5, 15- CH_2); 4.50 (1*H*, д. д. д, *J* = 4.5, *J* = 4.2, *J* = 1.8, 8- CH); 4.77 (1*H*, д, *J* = 1.5, 15- CH_2). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 17.6 (CH_3); 20.7 (C-6); 22.5 (C-2); 34.6 (C-10); 36.6 (C-3); 38.4 (C-7); 41.2 (C-9); 42.0 (C-1); 46.2 (C-5); 46.6 (C-13); 47.0 (C-11); 78.2 (C-8); 106.5 (C-15); 148.8 (C-4); 175.4 (C-12). Найдено, %: C 65.70; H 7.36; N 15.28. $\text{C}_{15}\text{H}_{21}\text{N}_3\text{O}_2$. Вычислено, %: C 65.43; H 7.69; N 15.26.

(2*S*,3*a'R*,4*a'S*,8*a'R*,9*a'R*)-8*a'*-Метил-5'-метилендекагидро-2'*H*-спиро[азиридин-2,3'-нафто[2,3-*b*]фуран]-2'-он (3). Выход 270 мг (52%, табл. 1, опыт 4), 89 мг (18%, опыт 6), 321 мг (65%, опыт 7). Белый порошок. Т. пл. 108–112°C (EtOH). $[\alpha]_{\text{D}}^{26} +220^\circ$ (с 0.1, CHCl_3). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 887, 916, 945 (C=C), 1151, 1167 (C–O), 1770, C=O), 3290 (NH). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 273 (2.15). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 0.80 (3*H*, с, CH_3); 0.97 (1*H*, уш. с, NH); 1.22 (1*H*, д. д. д, *J* = 14.0, *J* = 13.2, *J* = 4.7, 1- CH_2); 1.40 (1*H*, д. д. д, *J* = 13.5, *J* = 12.4, *J* = 11.8, 6- CH_2); 1.50–1.57 (4*H*, м, 1,2,9- CH_2); 1.58 (1*H*, д. д. д, *J* = 13.5, *J* = 6.7, *J* = 2.7, 6- CH_2); 1.77 (1*H*, д. д, *J* = 11.8, *J* = 2.7, 5- CH); 1.93 (1*H*, с, 13- CH_2); 1.95 (1*H*, д. д. д, *J* = 13.5, *J* = 12.8, *J* = 5.3, 3- CH_2); 2.11 (1*H*, д. д. д, *J* = 12.4, *J* = 6.7, *J* = 4.8, 7- CH); 2.20 (1*H*, д. д, *J* = 15.4, *J* = 1.5, 9- CH_2); 2.28 (1*H*, д. д. д, *J* = 13.2, *J* = 4.0, *J* = 2.0, 3- CH_2); 2.38 (1*H*, с, 13- CH_2); 4.42 (1*H*, д, *J* = 1.5) и 4.73 (1*H*, д, *J* = 1.5, 15- CH_2); 4.79 (1*H*, д. д. д, *J* = 5.3, *J* = 4.8, *J* = 1.8, 8- CH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 17.6 (CH_3); 22.5 (C-2); 23.8 (C-6); 27.4 (C-13); 34.4 (C-10); 36.6 (C-3); 39.1 (C-7); 41.3 (C-9); 41.9 (C-1); 43.8 (C-11); 46.1 (C-5); 78.3 (C-8); 106.5 (C-15); 149.0 (C-4); 177.7 (C-12). Найдено, %: C 72.63; H 8.34; N 5.84. $\text{C}_{15}\text{H}_{21}\text{NO}_2$. Вычислено, %: C 72.84; H 8.56; N 5.66.

(3*S*,3*aR*,4*aS*,8*aR*,9*aR*)-3-(Азидометил)-3-амино-8*a*-метил-5-метилендекагидронафто[2,3-*b*]фуран-2(3*H*)-он (4). Выход 206 мг (35%, табл. 1, опыт 4), 371 мг (64%, опыт 6). Белые кристаллы. Т. пл. 130–134°C (EtOH). $[\alpha]_{\text{D}}^{26} +139^\circ$ (с 0.2, CHCl_3). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 904 (C=C), 1072, 1167 (C–O, C–N), 1755, 1286, 2096 (N_3), 1625, 2568, 3243 (NH_2). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 291 (2.61). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 0.77 (3*H*, с, CH_3); 1.14 (1*H*, д. д. д, *J* = 12.8, *J* = 12.1, *J* = 11.8,

6-CH₂); 1.21 (1H, д. д. д, $J = 13.8, J = 13.2, J = 4.4$, 1-CH₂); 1.46 (1H, д. д, $J = 15.8, J = 4.4$, 9-CH₂); 1.50–1.60 (5H, м, 1,2-CH₂, NH₂); 1.61 (1H, д. д. д, $J = 12.8, J = 5.9, J = 2.2$, 6-CH₂); 1.80 (1H, д. д, $J = 11.8, J = 2.2$, 5-CH); 1.97 (1H, д. д. д, $J = 13.9, J = 12.8, J = 5.5$, 3-CH₂); 2.12 (1H, д. д. д, $J = 12.1, J = 5.9, J = 4.8$, 7-CH); 2.18 (1H, д. д, $J = 15.4, J = 1.8$, 9-CH₂); 2.32 (1H, д. д. д, $J = 12.8, J = 4.0, J = 2.0$, 3-CH₂); 3.59 (2H, с, 13-CH₂); 4.44 (1H, д, $J = 1.5$) и 4.77 (1H, д, $J = 1.5, 15$ -CH₂); 4.97 (1H, д. д. д, $J = 4.8, J = 4.4, J = 1.8$, 8-CH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 17.7 (CH₃); 21.3 (C-6); 22.5 (C-2); 34.3 (C-10); 36.6 (C-3); 41.2 (C-9); 42.0 (C-1); 45.5 (C-7); 46.4 (C-5); 54.6 (C-13); 63.3 (C-11); 77.3 (C-8); 106.4 (C-15); 148.9 (C-4); 176.0 (C-12). Найдено, %: C 62.01; H 7.44; N 19.50. C₁₅H₂₂N₄O₂ Вычислено, %: C 62.05; H 7.64; N 19.30.

(3R,3aR,4aR,5R,8aR,9aR)-3-(Азидометил)-8a-метилдекагидро-2H-спиро[нафто[2,3-*b*]фуран-5,2'-оксиран]-2-он (7). Выход 466 мг (80%, табл. 2, опыт 1). Белый порошок. Т. пл. 116–118°C (EtOH). $[\alpha]_D^{26} +89^\circ$ (*c* 0.1, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1105, 1167 (C–O), 1759 (C=O), 1261, 2102 (N₃), 818, 899, 957, 972, 995, 3040 (эпоксигруппа). УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ε): 213 (2.83), 280 (2.04). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 0.68 (1H, д. д. д, $J = 12.8, J = 12.0, J = 11.8$, 6-CH₂); 0.92 (3H, с, CH₃); 1.17 (1H, д. д. д, $J = 12.8, J = 8.7, J = 4.3$, 1-CH₂); 1.33 (1H, д, $J = 12.6$, 3-CH₂); 1.46 (1H, д. д, $J = 15.6, J = 4.2$, 9-CH₂); 1.50–1.69 (5H, м, 1,2,6-CH₂, 5-CH); 1.81–1.91 (1H, м, 3-CH₂); 2.15 (1H, д. д, $J = 15.6, J = 1.8$, 9-CH₂); 2.47 (1H, д. д. д, $J = 12.0, J = 5.8, J = 5.0, J = 4.3$, 7-CH); 2.54 (1H, д, $J = 4.4$) и 2.65 (1H, д. д, $J = 4.4, J = 1.8$, 15-CH₂); 2.93 (1H, д. д. д, $J = 10.0, J = 5.6, J = 5.0$, 11-CH); 3.35 (1H, д. д, $J = 12.9, J = 10.0$) и 3.74 (1H, д. д, $J = 12.9, J = 5.6, 13$ -CH₂); 4.47 (1H, д. д. д, $J = 4.3, J = 3.9, J = 1.6$, 8-CH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 16.3 (C-6); 18.5 (CH₃); 20.2 (C-2); 34.6 (C-10); 35.2 (C-3); 38.5 (C-7); 41.2 (C-9); 41.7 (C-1); 44.3 (C-5); 46.4 (C-13); 47.0 (C-11); 50.6 (C-15); 58.4 (C-4); 77.9 (C-8); 175.4 (C-12). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 291 [M]⁺ (7), 249 (20), 248 (100), 235 (21), 117 (14), 105 (18), 91 (27), 79 (22), 77 (18), 41 (18). Найдено, m/z : 291.1576 [M]⁺. C₁₅H₂₁N₃O₃. Вычислено, m/z : 291.1577.

(2S,3'aR,4'aR,5'R,8'aR,9'aR)-8'a-Метилдекагидродиспиро[азиридин-2,3'-нафто[2,3-*b*]фуран-5',2''-оксиран]-2'-он (8). Выход 63 мг (12%, табл. 2, опыт 2), 352 мг (67%, опыт 3). Бесцветное масло. $[\alpha]_D^{26} +105^\circ$ (*c* 1.3, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1159, 1211 (C–O), 1765 (C=O), 904, 953, 3087 (эпоксигруппа), 3261 (NH). УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ε): 211 (2.90), 270 (2.30). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 0.91 (1H, д. д. д, $J = 13.5, J = 12.4, J = 11.8$, 6-CH₂); 0.92 (3H, с, CH₃); 0.93 (1H, с, NH); 1.14 (1H, д. д. д, $J = 12.8, J = 8.4, J = 5.1$, 1-CH₂); 1.28 (1H, д, $J = 12.4, 3$ -CH₂); 1.46 (1H, д. д. д, $J = 13.5, J = 6.2, J = 2.4$, 6-CH₂); 1.43 (1H, д. д, $J = 15.7, J = 5.4$, 9-CH₂); 1.53 (1H, д, $J = 13.4, 1$ -CH₂); 1.58 (1H, д. д, $J = 11.8, J = 2.4$, 5-CH); 1.61–1.66 (2H, м, 2-CH₂); 1.77–1.88 (1H, м, 3-CH₂); 1.83 (1H, с, 13-CH₂); 2.01 (1H, д. д. д, $J = 12.4, J = 6.2, J = 4.7$, 7-CH); 2.16 (1H, д. д, $J = 15.7, J = 1.8$, 9-CH₂); 2.38 (1H, с, 13-CH₂); 2.49 (1H, д, $J = 4.4$) и 4.73 (1H, д. д, $J = 4.4, J = 1.8, 15$ -CH₂); 4.74 (1H, д. д. д, $J = 5.4,$

$J = 4.7, J = 1.8$, 8-CH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 18.2 (CH₃); 19.2 (C-6); 20.1 (C-2); 27.2 (C-13); 34.3 (C-10); 35.0 (C-3); 39.0 (C-7); 41.0 (C-1); 41.7 (C-9); 43.5 (C-11); 44.0 (C-5); 50.4 (C-15); 58.4 (C-4); 78.0 (C-8); 177.4 (C-12). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 263 [M]⁺ (15), 248 (100), 232 (53), 218 (40), 105 (40), 93 (40), 91 (63), 83 (44), 79 (51), 45 (64), 41 (48). Найдено, m/z : 263.1514 [M]⁺. C₁₅H₂₁NO₃. Вычислено, m/z : 263.1516.

(3S,3aR,4aR,5R,8aR,9aR)-3-(Азидометил)-3-амино-8a-метилдекагидро-2H-спиро[нафто[2,3-*b*]фуран-5,2'-оксиран]-2-он (9). Выход 447 мг (73%, табл. 2, опыт 2). Белый порошок. Т. пл. 156–157°C (с разл., EtOH). $[\alpha]_D^{26} +26^\circ$ (*c* 0.3, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1153, 1169 (C–O), 1755 (C=O), 1296, 2094 (N₃), 822, 841, 962, 978, 3029 (эпоксигруппа), 1548, 3363 (NH₂). УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ε): 215 (3.12), 282 (2.20). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 0.66 (1H, д. д. д, $J = 12.9, J = 12.2, J = 11.8$, 6-CH₂); 0.92 (3H, с, CH₃); 1.14 (1H, д. д. д, $J = 13.1, J = 8.9, J = 8.4$, 1-CH₂); 1.31 (1H, д. д, $J = 15.4, J = 4.2$, 9-CH₂); 1.43 (1H, д. д, $J = 15.8, J = 4.5$, 3-CH₂); 1.49–1.69 (7H, м, 1,2,6-CH₂, 5-CH, NH₂); 1.78–1.91 (1H, м, 3-CH₂); 2.00 (1H, д. д. д, $J = 12.1, J = 5.0, J = 4.1$, 7-CH); 2.16 (1H, д. д, $J = 15.7, J = 1.8$, 9-CH₂); 2.53 (1H, д, $J = 4.3$) и 2.63 (1H, д. д, $J = 4.3, J = 1.8, 15$ -CH₂); 3.45 (1H, д, $J = 12.9$) и 3.53 (1H, д, $J = 12.9, 13$ -CH₂); 4.95 (1H, д. д. д, $J = 5.0, J = 4.2, J = 1.8$, 8-CH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 16.8 (C-6); 18.5 (CH₃); 20.2 (C-2); 34.3 (C-10); 35.1 (C-3); 41.2 (C-9); 41.7 (C-1); 44.3 (C-5); 45.4 (C-7); 50.5 (C-15); 54.4 (C-13); 58.4 (C-4); 63.0 (C-11); 77.1 (C-8); 175.9 (C-12). Найдено, %: C 58.53; H 7.06; N 18.15. C₁₅H₂₂N₄O₃ Вычислено, %: C 58.81; H 7.24; N 18.29.

Синтез 1,2,3-триазольных производных изоалантолактона 15–34 (общая методика). К перемешиваемому раствору 0.20 ммоль азиды **2**, **4**, **7** или **9** в 5 мл CH₂Cl₂ в токе аргона последовательно добавляют 0.32 ммоль алкина **10–14**, 32 мг (0.16 ммоль) аскорбата натрия и раствор 10 мг (0.04 ммоль) CuSO₄·5H₂O в 0.5 мл H₂O. Реакционную смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 3–8 ч (контроль методом ТСХ). После окончания реакции к смеси добавляют 10 мл H₂O, продукты экстрагируют CHCl₃ (3 × 10 мл). Объединенные органические слои промывают H₂O (2 × 10 мл), сушат над MgSO₄ и упаривают. Маслянистый остаток в виде раствора в минимальном количестве CHCl₃ наносят на колонку с силикагелем (элюент CHCl₃–EtOH, 100:0→100:5).

(3R,3aR,4aR,8aR,9aR)-8a-Метил-5-метилен-3-[(4-фенил-1H-1,2,3-триазол-1-ил)метил]декагидро-нафто[2,3-*b*]фуран-2(3H)-он (15). Выход 66 мг (88%). Белый порошок. Т. пл. 186°C (с разл., EtOH). $[\alpha]_D^{27} +125^\circ$ (*c* 0.5, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 698, 769, 918, 962, 984, 1460, 1510 (C=C, C=N), 1151, 1167 (C–O), 1774 (C=O). УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ε): 245 (4.19). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (*J*, Гц): 0.80 (3H, с, CH₃); 1.21 (1H, д. д. д, $J = 13.4, J = 13.0, J = 6.1$, 1-CH₂); 1.24 (1H, д. д. д, $J = 13.0, J = 12.2, J = 11.8$, 6-CH₂); 1.45 (1H, д. д, $J = 15.7, J = 4.0$, 9-CH₂); 1.50–1.58 (3H, м, 1,2-CH₂); 1.80 (1H, д. д, $J = 11.8, J = 2.0$, 5-CH); 1.83 (1H, д. д, $J = 13.0, J = 5.6, J = 1.6$, 6-CH₂); 1.96 (1H, д. д. д, $J = 14.3, J = 12.3, J = 6.2,$

3-CH₂); 2.16 (1H, д. д., $J = 15.7, J = 1.0$, 9-CH₂); 2.31 (1H, д., $J = 12.8$, 3-CH₂); 2.62 (1H, д. д. д. д., $J = 12.2, J = 5.6, J = 5.2, J = 4.8$, 7-CH); 3.37 (1H, д. д. д., $J = 10.2, J = 5.2, J = 4.8$, 11-CH); 4.47 (1H, д., $J = 1.5$, 15-CH); 4.52 (1H, д. д. д., $J = 5.2, J = 4.3, J = 1.6$, 8-CH); 4.65 (1H, д. д., $J = 14.3, J = 10.2$) и 4.73 (1H, д. д., $J = 14.3, J = 5.2$, 13-CH₂); 4.77 (1H, д., $J = 1.5$, 15-CH); 7.31 (1H, д. д., $J = 8.3, J = 7.3$, H-4"); 7.40 (2H, д. д., $J = 8.3, J = 7.4$, H-3",5"); 7.80 (2H, д., $J = 7.4$, H-2",6"); 7.93 (1H, с, H-5'). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 17.7 (CH₃); 20.8 (C-6); 22.4 (C-2); 34.5 (C-10); 36.5 (C-3); 38.9 (C-7); 41.1 (C-9); 41.9 (C-1); 45.7 (C-13); 46.1 (C-5); 48.1 (C-11); 78.4 (C-8); 106.5 (C-15); 120.4 (C-5"); 125.6 (C-2",6"); 128.2 (C-4"); 128.7 (C-3",5"); 130.1 (C-1"); 147.8 (C-4"); 148.6 (C-4); 175.4 (C-12). Найдено, %: С 74.06; Н 6.92; N 10.91. C₂₃H₂₇N₃O₂. Вычислено, %: С 73.18; Н 7.21; N 11.13.

(3R,3aR,4aS,8aR,9aR)-8a-Метил-5-метилен-3-[[4-(4-метоксифенил)-1H-1,2,3-триазол-1-ил]метил]-декагидронафто[2,3-*b*]фуран-2(3H)-он (16). Выход 77 мг (95%). Белый порошок. Т. пл. 180–181°C (EtOH). $[\alpha]_D^{27} +100^\circ$ (с 0.04, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 795, 833, 1500 (C=C, C=N), 1026, 1169 (C-O), 1767 (C=O). УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ε): 255 (4.33). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (J , Гц): 0.80 (3H, с, CH₃); 1.22 (1H, д. д. д., $J = 13.4, J = 13.0, J = 6.1$, 1-CH₂); 1.24 (1H, д. д. д., $J = 13.2, J = 12.0, J = 11.8$, 6-CH₂); 1.45 (1H, д. д., $J = 15.5, J = 4.2$, 9-CH₂); 1.50–1.58 (3H, м, 1,2-CH₂); 1.79 (1H, д. д., $J = 11.8, J = 2.0$, 5-CH); 1.83 (1H, д. д. д., $J = 13.2, J = 5.8, J = 2.0$, 6-CH₂); 1.96 (1H, д. д. д., $J = 14.2, J = 12.3, J = 6.2$, 3-CH₂); 2.16 (1H, д. д., $J = 15.5, J = 1.2$, 9-CH₂); 2.31 (1H, д., $J = 14.2, 3$ -CH₂); 2.62 (1H, д. д. д. д., $J = 12.0, J = 5.8, J = 5.2, J = 4.6$, 7-CH); 3.37 (1H, д. д. д., $J = 9.2, J = 5.2, J = 4.8$, 11-CH); 3.81 (3H, с, OCH₃); 4.47 (1H, д., $J = 1.2$, 15-CH); 4.52 (1H, д. д. д., $J = 4.6, J = 4.2, J = 1.2$, 8-CH); 4.63 (1H, д. д., $J = 14.4, J = 9.2$) и 4.71 (1H, д. д., $J = 14.4, J = 4.8$, 13-CH₂); 4.77 (1H, д., $J = 1.2$, 15-CH); 6.92 (2H, д., $J = 8.7$, H-3",5"); 7.72 (2H, д., $J = 8.7$, H-2",6"); 7.83 (1H, с, H-5'). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 17.6 (CH₃); 20.8 (C-6); 22.4 (C-2); 34.5 (C-10); 36.5 (C-3); 38.8 (C-7); 41.1 (C-9); 41.9 (C-1); 45.6 (C-13); 46.1 (C-5); 48.1 (C-11); 55.1 (OCH₃); 78.4 (C-8); 106.5 (C-15); 114.1 (C-3",5"); 119.5 (C-5"); 122.8 (C-1"); 126.8 (C-2",6"); 147.6 (C-4"); 148.6 (C-4); 159.5 (C-4"); 175.4 (C-12). Найдено, %: С 70.92; Н 6.98; N 10.15. C₂₄H₂₉N₃O₃. Вычислено, %: С 70.74; Н 7.17; N 10.31.

(3R,3aR,4aS,8aR,9aR)-8a-Метил-5-метилен-3-[[4-(4-фторфенил)-1H-1,2,3-триазол-1-ил]метил]-декагидронафто[2,3-*b*]фуран-2(3H)-он (17). Выход 70 мг (88%). Белый порошок. Т. пл. 194.0–195.3°C. $[\alpha]_D^{27} +112^\circ$ (с 0.3, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 814, 831, 845, 891, 945, 962, 987, 1454, 1497, 1615 (C=C, C=N), 1041 (C-O), 1155, 1173, 1190, 1207, 1219, 1350 (C-F), 1755 (C=O). УФ спектр (EtOH), λ_{\max} , нм (lg ε): 243 (3.89). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (J , Гц): 0.80 (3H, с, CH₃); 1.22 (1H, д. д. д., $J = 13.4, J = 13.0, J = 6.1$, 1-CH₂); 1.24 (1H, д. д., $J = 13.2, J = 12.2, J = 6.1$, 6-CH₂); 1.45 (1H, д. д., $J = 15.5, J = 4.4$, 9-CH₂); 1.50–1.58 (3H, м, 1,2-CH₂); 1.79 (1H, д. д., $J = 14.0, J = 3.3$, 5-CH); 1.83 (1H, д. д. д., $J = 13.2, J = 5.9, J = 2.3$, 6-CH₂); 1.96 (1H, д. д. д., $J = 13.0, J = 11.6, J = 7.7$, 3-CH₂);

2.16 (1H, д. д., $J = 15.5, J = 1.8$, 9-CH₂); 2.31 (1H, д., $J = 13.0, 3$ -CH₂); 2.64 (1H, д. д. д. д., $J = 12.2, J = 5.9, J = 5.6, J = 4.8$, 7-CH); 3.37 (1H, д. д. д., $J = 9.4, J = 5.6, J = 5.2$, 11-CH); 4.47 (1H, д., $J = 1.2$, 15-CH); 4.53 (1H, д. д. д., $J = 4.8, J = 4.4, J = 1.8$, 8-CH); 4.65 (1H, д. д., $J = 14.4, J = 9.4$) и 4.73 (1H, д. д., $J = 14.4, J = 5.2$, 13-CH₂); 4.77 (1H, д., $J = 1.2, 15$ -CH); 7.10 (2H, д. д., $J = 9.3, J = 8.8$, H-3",5"); 7.77 (2H, д. д., $J = 8.8, J = 5.4$, H-2",6"); 7.90 (1H, с, H-5'). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д. (J , Гц): 17.6 (CH₃); 20.9 (C-6); 22.4 (C-2); 34.5 (C-10); 36.5 (C-3); 38.9 (C-7); 41.1 (C-9); 41.9 (C-1); 45.8 (C-13); 46.1 (C-5); 48.1 (C-11); 78.4 (C-8); 106.5 (C-15); 115.7 (д., $^2J_{CF} = 21.6$, C-3",5"); 120.2 (C-5"); 126.4 (д., $^4J_{CF} = 3.3$, C-1"); 127.3 (д., $^3J_{CF} = 8.1$, C-2",6"); 146.9 (C-4"); 148.6 (C-4); 162.3 (д., $^1J_{CF} = 245.9$, C-4"); 175.4 (C-12). Найдено, %: С 69.59; Н 6.48; N 10.51. C₂₃H₂₆N₃O₂F. Вычислено, %: С 69.85; Н 6.63; N 10.63.

1,3-Диметил-7-({1-[(3R,3aR,4aS,8aR,9aR)-8a-метил-5-метилен-2-оксодекагидронафто[2,3-*b*]фуран-3-ил]метил-1H-1,2,3-триазол-4-ил}метил)-1H-пури-2,6(3H,7H)-дион (18). Выход 75 мг (76%). Белый порошок. Т. пл. 106°C (с разл., EtOH). $[\alpha]_D^{27} +68^\circ$ (с 0.3, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 748, 762, 1456, 1473, 1549, 1610 (C=C, C=N), 1705, 1768 (C=O). УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ε): 204 (4.32), 274 (3.83). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (J , Гц): 0.77 (3H, с, CH₃); 1.18 (1H, д. д. д., $J = 13.0, J = 12.2, J = 11.8$, 6-CH₂); 1.21 (1H, д. д. д., $J = 13.4, J = 13.0, J = 6.1$, 1-CH₂); 1.44 (1H, д. д., $J = 15.6, J = 4.2$, 9-CH₂); 1.49–1.57 (3H, м, 1,2-CH₂); 1.73 (1H, д. д. д., $J = 13.0, J = 5.6, J = 1.8$, 6-CH₂); 1.77 (1H, д. д., $J = 11.8, J = 1.8$, 5-CH); 1.94 (1H, д. д. д., $J = 14.4, J = 13.0, J = 5.3$, 3-CH₂); 2.15 (1H, д. д., $J = 15.6, J = 1.8$, 9-CH₂); 2.30 (1H, д., $J = 14.4, 3$ -CH₂); 2.57 (1H, д. д. д., $J = 12.2, J = 5.6, J = 4.5$, 7-CH); 3.32 (1H, д. д. д., $J = 9.2, J = 5.6, J = 4.8$, 11-CH); 3.37 (3H, с, NCH₃); 3.53 (3H, с, NCH₃); 4.40 (1H, д., $J = 1.1$, 15-CH₂); 4.50 (1H, д. д. д., $J = 5.6, J = 4.2, J = 1.8$, 8-CH); 4.56 (1H, д. д., $J = 14.4, J = 9.2$) и 4.67 (1H, д. д., $J = 14.4, J = 4.8$, 13-CH₂); 4.74 (1H, д., $J = 1.1, 15$ -CH₂); 5.55 (2H, с, CH₂); 7.77 (1H, с, H-5"); 7.95 (1H, с, H-8"). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 17.5 (CH₃); 20.8 (C-6); 22.4 (C-2); 27.8 (NCH₃); 29.6 (NCH₃); 34.5 (C-10); 36.4 (C-3); 38.7 (C-7); 41.0 (C-9); 41.2 (CH₂); 41.9 (C-1); 45.8 (C-13); 46.0 (C-5); 47.8 (C-11); 78.2 (C-8); 106.3 (C-5"); 106.5 (C-15); 124.4 (C-5"); 141.1 (C-8"); 142.1 (C-4"); 148.6 (C-4); 148.8 (C-4"); 151.4 (C-2"); 155.2 (C-6"); 175.0 (C-12). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 493 [M]⁺ (100), 286 (21), 261 (11), 180 (17), 105 (5), 95 (5), 86 (24), 68 (5), 67 (3). Найдено, m/z : 493.2430 [M]⁺. C₂₅H₃₁N₇O₄. Вычислено, m/z : 493.2432.

(3R,3aR,4aS,8aR,9aR)-3-({4-[(1H-1,2,3-Бензотриазол-1-ил)метил]-1H-1,2,3-триазол-1-ил}метил)-8a-метил-5-метилендекагидронафто[2,3-*b*]фуран-2(3H)-он (19). Выход 70 мг (81%). Белый порошок. Т. пл. 72–73°C (EtOH). $[\alpha]_D^{27} +92^\circ$ (с 0.2, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 748, 781, 891, 951, 982, 1028, 1454, 1499, 1610 (C=C, C=N), 1047 (C-O), 1767 (C=O). УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ε): 256 (3.88), 280 (3.73). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (J , Гц): 0.80 (3H, с, CH₃); 1.21 (1H, д. д. д., $J = 13.5, J = 13.1, J = 6.0$, 1-CH₂); 1.24 (1H, д. д. д., $J = 13.0, J = 12.0, J = 11.8$,

6-CH₂); 1.45 (1H, д. д, $J = 15.7, J = 4.0, 9\text{-CH}_2$); 1.50–1.58 (3H, м, 1,2-CH₂); 1.79 (1H, д. д, $J = 11.8, J = 2.1, 5\text{-CH}$); 1.83 (1H, д. д. д, $J = 13.0, J = 5.8, J = 2.1, 6\text{-CH}_2$); 1.96 (1H, д. д. д, $J = 14.2, J = 12.2, J = 6.4, 3\text{-CH}_2$); 2.16 (1H, д. д, $J = 15.7, J = 1.4, 9\text{-CH}_2$); 2.31 (1H, д, $J = 14.2, 3\text{-CH}_2$); 2.53 (1H, д. д. д. д, $J = 11.8, J = 5.8, J = 5.0, J = 4.3, 7\text{-CH}$); 3.27 (1H, д. д. д, $J = 8.9, J = 5.6, J = 5.0, 11\text{-CH}$); 4.40 (1H, д, $J = 1.5, 15\text{-CH}_2$); 4.46 (1H, д. д. д, $J = 5.8, J = 4.0, J = 1.4, 8\text{-CH}$); 4.55 (1H, д. д, $J = 14.5, J = 8.9$) и 4.64 (1H, д. д, $J = 14.5, J = 5.6, 13\text{-CH}_2$); 4.73 (1H, д, $J = 1.1, 15\text{-CH}_2$); 5.93 (2H, с, CH₂); 7.33 (1H, д. д, $J = 9.0, J = 7.7, \text{H-6}''$); 7.44 (1H, д. д, $J = 9.0, J = 7.5, \text{H-5}''$); 7.70 (1H, д, $J = 8.4, \text{H-4}''$); 7.75 (1H, с, H-5'); 7.99 (1H, д, $J = 8.4, \text{H-7}''$). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 17.6 (CH₃); 20.8 (C-6); 22.4 (C-2); 34.5 (C-10); 36.5 (C-3); 38.7 (C-7); 41.0 (C-9); 41.9 (C-1); 43.4 (CH₂); 45.8 (C-13); 46.1 (C-5); 47.9 (C-11); 78.3 (C-8); 106.5 (C-15); 109.9 (C-7''); 119.7 (C-4''); 123.7 (C-5'); 124.0 (C-5''); 127.5 (C-6''); 132.6 (C-7a''); 142.0 (C-3a''); 146.0 (C-4'); 148.5 (C-4); 175.1 (C-12). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 432 [M]⁺ (100), 155 (20), 144 (13), 120 (14), 117 (17), 105 (18), 99 (16), 91 (26), 79 (16). Найдено, m/z : 432.2275 [M]⁺. C₂₄H₂₈N₆O₂. Вычислено, m/z : 432.2268.

(3S,3aR,4aS,8aR,9aR)-3-Амино-8a-метил-5-метилен-3-[[4-(4-фенил-1H-1,2,3-триазол-1-ил)метил]декагидронафто[2,3-*b*]фуран-2(3H)-он (20). Выход 47 мг (60%). Белые кристаллы. Т. пл. 214–215°C (EtOH). $[\alpha]_{\text{D}}^{26} +116^\circ$ (c 0.1, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 698, 773, 883, 910, 951, 966, 987, 1508, 1615 (C=C, C=N), 1124 (C-O), 1767 (C=O), 1628, 3315 (NH₂). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ε): 246 (4.20). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (J , Гц): 0.82 (3H, с, CH₃); 1.23 (1H, д. д. д, $J = 13.3, J = 11.1, J = 6.1, 1\text{-CH}_2$); 1.28 (1H, д. д. д, $J = 13.2, J = 12.1, J = 11.8, 6\text{-CH}_2$); 1.42 (2H, с, NH₂); 1.48 (1H, д. д, $J = 15.7, J = 4.2, 9\text{-CH}_2$); 1.53–1.59 (3H, м, 1,2-CH₂); 1.81 (1H, д. д, $J = 12.1, J = 2.2, 5\text{-CH}$); 1.98 (1H, д. д. д, $J = 13.4, J = 12.9, J = 6.8, 3\text{-CH}_2$); 2.02 (1H, д. д. д, $J = 13.2, J = 5.5, J = 2.2, 6\text{-CH}_2$); 2.22 (1H, д. д, $J = 15.7, J = 1.7, 9\text{-CH}_2$); 2.28 (1H, д. д. д, $J = 12.1, J = 5.5, J = 4.2, 7\text{-CH}$); 2.32 (1H, д, $J = 12.8, 3\text{-CH}_2$); 4.48 (1H, д, $J = 1.0, 15\text{-CH}$); 4.55 (1H, д, $J = 14.6$) и 4.77 (1H, д, $J = 14.6, 13\text{-CH}_2$); 4.78 (1H, д, $J = 1.0, 15\text{-CH}_2$); 5.06 (1H, д. д. д, $J = 5.0, J = 4.2, J = 1.7, 8\text{-CH}$); 7.33 (1H, д. д, $J = 8.4, J = 7.3, \text{H-4}''$); 7.42 (2H, д. д, $J = 8.3, J = 7.3, \text{H-3}''$); 7.83 (2H, д, $J = 7.2, \text{H-2}''$); 8.03 (1H, с, H-5'). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 17.4 (CH₃); 21.2 (C-6); 22.2 (C-2); 34.0 (C-10); 36.2 (C-3); 40.9 (C-9); 41.6 (C-1); 46.1 (C-5,7); 52.2 (C-13); 63.0 (C-11); 77.3 (C-8); 106.3 (C-15); 121.7 (C-5'); 125.3 (C-2''); 127.9 (C-4''); 128.5 (C-3''); 129.8 (C-1''); 147.3 (C-4'); 148.3 (C-4); 175.8 (C-12). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 392 [M]⁺ (74), 364 (100), 235 (8), 190 (4), 159 (6), 130 (5), 116 (5), 102 (3). Найдено, m/z : 392.2205 [M]⁺. C₂₃H₂₈N₄O₂. Вычислено, m/z : 392.2207.

(3S,3aR,4aS,8aR,9aR)-3-Амино-8a-метил-5-метилен-3-[[4-(4-метоксифенил)-1H-1,2,3-триазол-1-ил]метил]-декагидронафто[2,3-*b*]фуран-2(3H)-он (21). Выход 43 мг (51%). Белый порошок. Т. пл. 186–187°C. $[\alpha]_{\text{D}}^{26} +108^\circ$ (c 0.1, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 841, 893, 974, 1497, 1596 (C=C, C=N), 1054, 1106 (C-O), 1768 (C=O), 1576,

3320 (NH₂). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ε): 253 (4.37). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (J , Гц): 0.82 (3H, с, CH₃); 1.21 (1H, д. д. д, $J = 13.4, J = 13.0, J = 6.0, 1\text{-CH}_2$); 1.27 (1H, д. д. д, $J = 13.0, J = 12.2, J = 11.8, 6\text{-CH}_2$); 1.42 (2H, с, NH₂); 1.47 (1H, д. д, $J = 15.8, J = 4.4, 9\text{-CH}_2$); 1.52–1.59 (3H, м, 1,2-CH₂); 1.80 (1H, д. д, $J = 11.8, J = 2.3, 5\text{-CH}$); 1.97 (1H, д. д. д, $J = 13.8, J = 13.0, J = 6.5, 3\text{-CH}_2$); 2.01 (1H, д. д. д, $J = 13.0, J = 5.6, J = 2.0, 6\text{-CH}_2$); 2.21 (1H, д. д, $J = 15.7, J = 1.7, 9\text{-CH}_2$); 2.26 (1H, д. д. д, $J = 12.2, J = 5.6, J = 4.2, 7\text{-CH}$); 2.31 (1H, д, $J = 13.2, 3\text{-CH}_2$); 3.82 (3H, с, OCH₃); 4.48 (1H, д, $J = 1.0, 15\text{-CH}$); 4.53 (1H, д, $J = 14.6$) и 4.72 (1H, д, $J = 14.6, 13\text{-CH}_2$); 4.77 (1H, д, $J = 1.0, 15\text{-CH}_2$); 5.06 (1H, д. д. д, $J = 4.4, J = 4.2, J = 1.7, 8\text{-CH}$); 6.94 (2H, д, $J = 8.7, \text{H-3}''$); 7.75 (2H, д, $J = 8.7, \text{H-2}''$); 7.93 (1H, с, H-5'). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 17.7 (CH₃); 21.5 (C-6); 22.5 (C-2); 34.3 (C-10); 36.5 (C-3); 41.2 (C-9); 41.9 (C-1); 46.3 (C-5,7); 52.4 (C-13); 55.2 (OCH₃); 63.3 (C-11); 77.6 (C-8); 106.6 (C-15); 114.2 (C-3''); 121.2 (C-5'); 122.8 (C-1''); 126.9 (C-2''); 147.4 (C-4'); 148.7 (C-4); 159.6 (C-4''); 176.1 (C-12). Найдено, %: C 68.20; H 7.05; N 13.11. C₂₄H₃₀N₄O₃. Вычислено, %: C 68.22; H 7.16; N 13.26.

(3S,3aR,4aS,8aR,9aR)-3-Амино-8a-метил-5-метилен-3-[[4-(4-фторфенил)-1H-1,2,3-триазол-1-ил]метил]декагидронафто[2,3-*b*]фуран-2(3H)-он (22). Выход 34 мг (42%). Белый порошок. Т. пл. 209–211°C. $[\alpha]_{\text{D}}^{26} +31^\circ$ (c 1.03, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 802, 814, 831, 847, 897, 943, 964, 972, 1464, 1498, 1562 (C=C, C=N), 1045, 1078 (C-O), 1105, 1159, 1178, 1190, 1217, 1352 (C-F), 1763 (C=O), 1643, 3250 (NH₂). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ε): 243 (3.77). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (J , Гц): 0.80 (3H, с, CH₃); 1.21 (1H, д. д. д, $J = 13.4, J = 13.2, J = 4.7, 1\text{-CH}_2$); 1.26 (1H, д. д. д, $J = 13.2, J = 12.2, J = 11.8, 6\text{-CH}_2$); 1.44 (2H, с, NH₂); 1.46 (1H, д. д, $J = 15.4, J = 4.8, 9\text{-CH}_2$); 1.51–1.58 (3H, м, 1,2-CH₂); 1.79 (1H, д. д, $J = 11.8, J = 2.2, 5\text{-CH}$); 1.96 (1H, д. д. д, $J = 13.8, J = 13.0, J = 6.0, 3\text{-CH}_2$); 2.00 (1H, д. д. д, $J = 13.2, J = 5.8, J = 2.2, 6\text{-CH}_2$); 2.19 (1H, д. д, $J = 15.4, J = 1.8, 9\text{-CH}_2$); 2.25 (1H, д. д. д, $J = 12.2, J = 5.8, J = 4.2, 7\text{-CH}$); 2.30 (1H, д, $J = 12.8, 3\text{-CH}_2$); 4.47 (1H, д, $J = 1.5, 15\text{-CH}_2$); 4.54 (1H, д, $J = 14.6$) и 4.72 (1H, д, $J = 14.7, 13\text{-CH}_2$); 4.76 (1H, д, $J = 1.5, 15\text{-CH}_2$); 5.04 (1H, д. д. д, $J = 4.8, J = 4.2, J = 1.8, 8\text{-CH}$); 7.08 (2H, д. д, $J = 8.8, J = 8.5, \text{H-3}''$); 7.78 (2H, д. д, $J = 8.8, J = 5.2, \text{H-2}''$); 8.03 (1H, с, H-5'). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д. (J , Гц): 17.7 (CH₃); 21.5 (C-6); 22.5 (C-2); 34.3 (C-10); 36.5 (C-3); 41.2 (C-9); 41.9 (C-1); 46.3 (2C-5,7); 52.4 (C-13); 63.2 (C-11); 77.6 (C-8); 106.6 (C-15); 115.7 (д, $^2J_{\text{CF}} = 22.7, \text{C-3}''$); 121.9 (C-5'); 126.4 (д, $^4J_{\text{CF}} = 3.0, \text{C-1}''$); 127.3 (д, $^3J_{\text{CF}} = 8.2, \text{C-2}''$); 146.6 (C-4'); 148.7 (C-4); 162.6 (д, $^1J_{\text{CF}} = 247.6, \text{C-4}''$); 176.1 (C-12). Найдено, %: C 67.22; H 6.39; N 13.36. C₂₃H₂₇N₄O₂. Вычислено, %: C 67.30; H 6.63; N 13.65.

7-((1-(((3S,3aR,4aS,8aR,9aR)-3-Амино-8a-метил-5-метилен-2-оксодекагидронафто[2,3-*b*]фуран-3-ил)метил)-1H-1,2,3-триазол-4-ил)метил)-1,3-диметил-1H-пурин-2,6(3H,7H)-дион (23). Выход 62 мг (61%). Белый порошок. Т. пл. 195–196°C. $[\alpha]_{\text{D}}^{26} +65^\circ$ (c 0.8, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 746, 760, 1173, 1228, 1456,

1473, 1551 (C=C, C=N), 1668, 1705, 1774 (C=O), 3210 (NH₂). УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ϵ): 274 (3.86). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 0.75 (3H, с, CH₃); 1.17 (1H, д. д. д, *J* = 13.3, *J* = 13.1, *J* = 6.1, 1-CH₂); 1.18 (1H, д. д. д, *J* = 13.2, *J* = 12.1, *J* = 11.8, 6-CH₂); 1.41 (1H, д. д, *J* = 15.0, *J* = 4.4, 9-CH₂); 1.42 (2H, с, NH₂); 1.48–1.54 (3H, м, 1,2-CH₂); 1.74 (1H, д. д, *J* = 11.8, *J* = 1.8, 5-CH); 1.90 (1H, д. д. д, *J* = 13.2, *J* = 5.8, *J* = 1.8, 6-CH₂); 1.92 (1H, д. д. д, *J* = 13.4, *J* = 13.4, *J* = 5.1, 3-CH₂); 2.15 (1H, д. д. д, *J* = 12.2, *J* = 5.8, *J* = 4.2, 7-CH); 2.16 (1H, д. д, *J* = 15.0, *J* = 1.6, 9-CH₂); 2.27 (1H, д, *J* = 13.4, 3-CH₂); 3.32 (3H, с, NCH₃); 3.50 (2H, с, NCH₃); 4.39 (1H, д, *J* = 1.0, 15-CH₂); 4.47 (1H, д, *J* = 14.2) и 4.63 (1H, д, *J* = 14.2, 13-CH₂); 4.71 (1H, д, *J* = 1.0, 15-CH₂); 4.98 (1H, д. д. д, *J* = 4.4, *J* = 4.2, *J* = 1.6, H-8); 5.51 (1H, д, *J* = 15.0, CH₂); 5.57 (1H, д, *J* = 15.0, CH₂); 7.76 (1H, с, H-5'); 8.04 (1H, с, H-8"). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 17.6 (CH₃); 21.6 (C-6); 22.4 (C-2); 27.8 (NCH₃); 29.6 (NCH₃); 34.2 (C-10); 36.5 (C-3); 41.1 (C-9); 41.3 (CH₂); 41.9 (C-1); 46.0 (C-7); 46.3 (C-5); 52.4 (C-13); 63.2 (C-11); 77.4 (C-8); 106.3 (C-5"); 106.5 (C-15); 126.1 (C-5'); 141.2 (C-8"); 141.8 (C-4'); 148.6 (C-4); 148.8 (C-4"); 151.4 (C-2"); 155.2 (C-6"); 175.8 (C-12). Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн.}, %): 508 [M]⁺ (36), 328 (15), 230 (15), 180 (28), 85 (63), 83 (100), 78 (31), 63 (40), 47 (33), 41 (32). Найдено, *m/z*: 508.2542 [M]⁺. C₂₅H₃₂N₈O₄. Вычислено, *m/z*: 508.2541.

(3*R*,3*aR*,4*aS*,8*aR*,9*aR*)-3-Амино-3-({4-[(1*H*-1,2,3-бензо-триазол-1-ил)метил]-1*H*-1,2,3-триазол-1-ил}метил)-8*a*-метил-5-метилендекагидронафто[2,3-*b*]фуран-2(3*H*)-он (24). Выход 46 мг (52%). Белый порошок. Т. пл. 97–99°C (петролейный эфир). $[\alpha]_D^{26} +79^\circ$ (*c* 0.6, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 748, 791, 897, 941, 962, 982, 1454, 1503, 1585, 1611 (C=C, C=N), 1049, 1090 (C–O), 1770 (C=O), 1219, 3231 (NH₂). УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ϵ): 257 (3.73), 280 (3.56). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 0.75 (3H, с, CH₃); 1.17 (1H, д. д. д, *J* = 13.3, *J* = 13.1, *J* = 6.1, 1-CH₂); 1.19 (1H, д. д. д, *J* = 13.0, *J* = 12.2, *J* = 11.8, 6-CH₂); 1.41 (1H, д. д, *J* = 15.0, *J* = 4.6, 9-CH₂); 1.42 (2H, с, NH₂); 1.48–1.56 (3H, м, 1,2-CH₂); 1.73 (1H, д. д, *J* = 11.8, *J* = 2.4, 5-CH); 1.92 (1H, д. д. д, *J* = 13.2, *J* = 12.3, *J* = 5.1, 3-CH₂); 1.93 (1H, д. д. д, *J* = 13.0, *J* = 5.6, *J* = 2.4, 6-CH₂); 2.14 (1H, д. д. д, *J* = 12.2, *J* = 5.6, *J* = 4.2, 7-CH); 2.15 (1H, д. д, *J* = 15.0, *J* = 1.6, 9-CH₂); 2.28 (1H, д, *J* = 12.0, 3-CH₂); 4.40 (1H, д, *J* = 1.0, 15-CH₂); 4.46 (1H, д, *J* = 14.7) и 4.63 (1H, д, *J* = 14.7, 13-CH₂); 4.72 (1H, д, *J* = 1.0, 15-CH₂); 4.97 (1H, д. д. д, *J* = 4.6, *J* = 4.2, *J* = 1.6, H-8); 5.91 (1H, д, *J* = 15.7, CH₂); 5.95 (1H, д, *J* = 15.7, CH₂); 7.32 (1H, д. д, *J* = 8.7, *J* = 7.3, H-6"); 7.43 (1H, д. д, *J* = 8.7, *J* = 7.3, H-5"); 7.69 (1H, д, *J* = 8.4, H-4"); 7.91 (1H, с, H-5'); 7.98 (1H, д, *J* = 8.3, H-7"). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 17.7 (CH₃); 21.5 (C-6); 22.4 (C-2); 34.3 (C-10); 36.5 (C-3); 41.1 (C-9); 41.9 (C-1); 43.4 (CH₂); 45.9 (C-5); 46.3 (C-7); 52.3 (C-13); 63.1 (C-11); 77.4 (C-8); 106.6 (C-15); 109.9 (C-7"); 119.7 (C-4"); 124.0 (C-5"); 125.6 (C-5'); 127.6 (C-6"); 132.6 (C-7*a*"); 141.7 (C-3*a*"); 146.0 (C-4"); 148.5 (C-4); 175.9 (C-12). Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн.}, %): 447 [M]⁺ (100), 410 (33), 257 (63), 201 (39), 161 (39), 130 (45), 120 (37), 91 (57), 77 (48), 39 (49). Найдено, *m/z*: 447.2375 [M]⁺. C₂₄H₂₉N₇O₂. Вычислено, *m/z*: 447.2377.

(3*R*,3*aR*,4*aR*,5*R*,8*aR*,9*aR*)-8*a*-Метил-3-[(4-фенил-1*H*-1,2,3-триазол-1-ил)метил]декагидро-2*H*-спиро[нафто[2,3-*b*]фуран-5,2'-оксиран]-2-он (25). Выход 60 мг (76%). Белый порошок. Т. пл. 204.7°C (с разл., EtOH). $[\alpha]_D^{26} +86^\circ$ (*c* 0.1, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 692, 764, 833, 955, 984, 1458, 1500, 1605 (C=C, C=N), 1072 (C–O), 1759 (C=O), 833, 984, 2864, 3029 (эпоксигруппа). УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ϵ): 245 (4.20). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 0.77 (1H, д. д. д, *J* = 13.2, *J* = 12.0, *J* = 11.8, 6-CH₂); 0.95 (3H, с, CH₃); 1.19 (1H, д. д. д, *J* = 13.4, *J* = 12.4, *J* = 8.9, 1-CH₂); 1.33 (1H, д. д. д, *J* = 13.2, *J* = 5.8, 6-CH₂); 1.46 (1H, д. д, *J* = 15.7, *J* = 4.0, 9-CH₂); 1.57 (1H, д, *J* = 13.4, 1-CH₂); 1.63 (1H, д. д, *J* = 11.8, *J* = 2.2, 5-CH); 1.66–1.70 (3H, м, 2,3-CH₂); 1.79–1.91 (1H, м, 3-CH₂); 2.17 (1H, д. д, *J* = 15.7, *J* = 1.3, 9-CH₂); 2.55 (1H, д, *J* = 4.3, 15-CH₂); 2.58 (1H, д. д. д. д, *J* = 12.0, *J* = 5.8, *J* = 5.2, *J* = 4.6, H-7); 2.67 (1H, д. д, *J* = 4.3, *J* = 1.2, 15-CH₂); 3.43 (1H, д. д. д, *J* = 8.3, *J* = 5.2, *J* = 4.6, 11-CH); 4.50 (1H, д. д, *J* = 14.2, *J* = 8.3, 13-CH₂); 4.51 (1H, д. д. д, *J* = 4.6, *J* = 3.9, *J* = 1.6, 8-CH); 4.68 (1H, д. д, *J* = 14.2, *J* = 5.2, 13-CH₂); 7.31 (1H, д. д, *J* = 8.5, *J* = 7.4, H-4"); 7.40 (2H, д. д. д, *J* = 8.5, *J* = 7.4, *J* = 7.2, H-3",5"); 7.80 (2H, д, *J* = 7.2, H-2",6"); 7.90 (1H, с, H-5'). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 16.6 (C-6); 18.5 (CH₃); 20.2 (C-2); 34.6 (C-10); 35.1 (C-3); 38.9 (C-7); 41.1 (C-1); 41.6 (C-9); 44.2 (C-5); 45.6 (C-13); 48.0 (C-11); 50.4 (C-15); 58.4 (C-4); 78.1 (C-8); 120.5 (C-5'); 125.6 (C-2",6"); 128.2 (C-4"); 128.7 (C-3",5"); 130.2 (C-1"); 147.8 (C-4"); 175.4 (C-12). Найдено, %: C 70.51; H 7.26; N 10.49. C₂₃H₂₇N₃O₃. Вычислено, %: C 70.21; H 6.92; N 10.68.

(3*R*,3*aR*,4*aR*,5*R*,8*aR*,9*aR*)-8*a*-Метил-3-[(4-(4-метокси-фенил)-1*H*-1,2,3-триазол-1-ил)метил]декагидро-2*H*-спиро[нафто[2,3-*b*]фуран-5,2'-оксиран]-2-он (26). Выход 80 мг (95%). Белый порошок. Т. пл. 205°C (с разл., EtOH). $[\alpha]_D^{26} +64^\circ$ (*c* 0.3, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 816, 955, 1460, 1500, 1618 (C=C, C=N), 1030, 1096 (C–O), 1755 (C=O), 835, 984, 1161, 2855, 3029 (эпокси-группа). УФ спектр, λ_{\max} , нм (lg ϵ): 255 (4.32). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 0.77 (1H, д. д. д, *J* = 13.0, *J* = 12.2, *J* = 11.8, 6-CH₂); 0.95 (3H, с, CH₃); 1.17 (1H, д. д. д, *J* = 13.2, *J* = 12.4, *J* = 6.6, 1-CH₂); 1.33 (1H, д. д, *J* = 13.0, *J* = 5.8, 6-CH₂); 1.46 (1H, д. д, *J* = 15.6, *J* = 4.2, 9-CH₂); 1.57 (1H, д, *J* = 13.2, 1-CH₂); 1.63 (1H, д. д, *J* = 12.0, *J* = 1.8, 5-CH); 1.66–1.70 (3H, м, 2,3-CH₂); 1.79–1.90 (1H, м, 3-CH₂); 2.16 (1H, д. д, *J* = 15.6, *J* = 1.6, 9-CH₂); 2.55 (1H, д, *J* = 4.3, 15-CH₂); 2.58 (1H, д. д. д. д, *J* = 12.2, *J* = 5.8, *J* = 4.6, *J* = 4.4, 7-CH); 2.67 (1H, д. д, *J* = 4.3, *J* = 1.2, 15-CH₂); 3.42 (1H, д. д. д, *J* = 8.4, *J* = 5.1, *J* = 4.4, 11-CH); 3.82 (3H, с, OCH₃); 4.48 (1H, д. д, *J* = 14.2, *J* = 8.4, 13-CH₂); 4.51 (1H, д. д. д, *J* = 4.6, *J* = 4.2, *J* = 1.6, 8-CH); 4.67 (1H, д. д, *J* = 14.4, *J* = 5.1, 13-CH₂); 6.93 (2H, д, *J* = 8.7, H-3",5"); 7.72 (2H, д, *J* = 8.7, H-2",6"); 7.81 (1H, с, H-5'). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 16.2 (C-6); 18.2 (CH₃); 19.9 (C-2); 34.3 (C-10); 34.8 (C-3); 38.6 (C-7); 40.9 (C-1); 41.3 (C-9); 43.9 (C-5); 45.2 (C-13); 47.7 (C-11); 50.1 (C-15); 54.9 (OCH₃); 58.0 (C-4); 77.8 (C-8); 113.8 (C-3",5"); 119.4 (C-5'); 122.6 (C-1"); 126.6 (C-2",6"); 147.4 (C-4"); 159.2 (C-4"); 175.1 (C-12). Найдено, %: C 68.19; H 7.14; N 10.03. C₂₄H₂₉N₃O₄. Вычислено, %: C 68.06; H 6.90; N 9.92.

(3R,3aR,4aR,5R,8aR,9aR)-8a-Метил-3-[[4-(4-фторфенил)-1H-1,2,3-триазол-1-ил]метил]декагидро-2H-спиро[нафто[2,3-b]фуран-5,2'-оксиран]-2-он (27).

Выход 44 мг (54%). Белый порошок. Т. пл. 195°C (с разл., EtOH). $[\alpha]_D^{26} +34^\circ$ (с 0.5, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 810, 829, 1460, 1495, 1604 (C=C, C=N), 1043, 1072 (C-O), 1149, 1174, 1231, 1343 (C-F), 1751 (C=O), 839, 899, 951, 987, 1264, 3032 (эпоксигруппа). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 243 (4.16). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (J, Гц): 0.77 (1H, д. д. д, J = 13.0, J = 12.0, J = 11.8, 6-CH₂); 0.95 (3H, с, CH₃); 1.17 (1H, д. д. д, J = 13.8, J = 12.6, J = 7.5, 1-CH₂); 1.33 (1H, д, J = 13.0, J = 5.8, 6-CH₂); 1.46 (1H, д. д, J = 14.6, J = 4.6, 9-CH₂); 1.57 (1H, д, J = 13.8, 1-CH₂); 1.63 (1H, д. д, J = 11.8, J = 2.0, 5-CH); 1.66–1.70 (3H, м, 2,3-CH₂); 1.79–1.90 (1H, м, 3-CH₂); 2.16 (1H, д. д, J = 14.6, J = 1.8, 9-CH₂); 2.55 (1H, д, J = 4.3, 15-CH₂); 2.58 (1H, д. т. д, J = 12.0, J = 5.8, J = 4.4, J = 3.9, H-7); 2.66 (1H, д. д, J = 4.1, J = 1.3, 15-CH₂); 3.42 (1H, д. д. д. д, J = 8.3, J = 5.9, J = 5.4, J = 4.4, 11-CH); 4.50 (1H, д. д, J = 14.3, J = 8.3, 13-CH₂); 4.52 (1H, д. д. д, J = 4.6, J = 3.9, J = 1.8, 8-CH); 4.66 (1H, д. д, J = 14.3, J = 5.4, 13-CH₂); 7.08 (2H, д. д, J = 8.6, J = 8.5, H-3'',5''); 7.76 (2H, д. д, J = 8.5, J = 5.4, H-2'',6''); 7.87 (1H, с, H-5'). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д. (J, Гц): 16.6 (C-6); 18.5 (CH₃); 20.2 (C-2); 34.6 (C-10); 35.1 (C-3); 39.0 (C-7); 41.2 (C-9); 41.7 (C-1); 44.3 (C-5); 45.7 (C-13); 48.0 (C-11); 50.4 (C-15); 58.3 (C-4); 78.1 (C-8); 115.7 (д, ²J_{CF} = 21.8, C-3'',5''); 120.3 (C-5''); 126.5 (д, ⁴J_{CF} = 3.2, C-1''); 127.4 (д, ³J_{CF} = 8.1, C-2'',6''); 147.0 (C-4''); 162.7 (д, ¹J_{CF} = 247.6, C-4''); 175.4 (C-12). Масс-спектр, m/z (I_{отн}, %): 411 [M]⁺ (44), 410 (28), 383 (100), 163 (16), 134 (31), 93 (26), 91 (25), 67 (26), 55 (26), 41 (24). Найдено, m/z: 411.1955 [M]⁺. C₂₃H₂₆FN₃O₃. Вычислено, m/z: 411.1953.

1,3-Диметил-7-({1-[(3R,3aR,4aR,5R,8aR,9aR)-8a-метил-2-оксодекагидро-2H-спиро[нафто[2,3-b]фуран-5,2'-оксиран]-3-ил]метил}-1H-1,2,3-триазол-4-ил)метил)-1H-пурин-2,6(3H,7H)-дион (28).

Выход 63 мг (62%). Бесцветное масло. $[\alpha]_D^{24} +24^\circ$ (с 0.7, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 752, 760, 1454, 1471, 1549, 1610 (C=C, C=N), 1026 (C-O), 1666, 1705, 1768 (C=O), 832, 980, 1268, 3037 (эпоксигруппа). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 207 (4.15), 274 (3.70). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (J, Гц): 0.69 (1H, д. д. д, J = 12.9, J = 12.2, J = 11.8, 6-CH₂); 0.89 (3H, с, CH₃); 1.12 (1H, д. д. д, J = 14.4, J = 12.6, J = 6.8, 1-CH₂); 1.28 (1H, д. д, J = 12.2, J = 5.8, 6-CH₂); 1.42 (1H, д. д, J = 15.7, J = 4.0, 9-CH₂); 1.53 (1H, д, J = 14.4, 1-CH₂); 1.63 (1H, д. д, J = 11.8, J = 1.8, 5-CH); 1.60–1.65 (3H, м, 2,3-CH₂); 1.71–1.88 (1H, м, 3-CH₂); 2.12 (1H, д. д, J = 15.7, J = 1.3, 9-CH₂); 2.49 (1H, д, J = 4.1, 15-CH₂); 2.52 (1H, д. д. д. д, J = 12.4, J = 6.2, J = 5.9, J = 4.4, 7-CH); 2.60 (1H, д. д, J = 4.1, J = 1.4, 15-CH₂); 3.34 (3H, с, NCH₃); 3.36 (1H, д. д. д, J = 8.7, J = 5.0, J = 4.2, 11-CH); 3.50 (3H, с, NCH₃); 4.38 (1H, д. д, J = 14.4, J = 8.7, 13-CH₂); 4.47 (1H, д. д. д, J = 4.2, J = 4.0, J = 1.8, 8-CH); 4.57 (1H, д. д, J = 14.4, J = 5.0, 13-CH₂); 5.52 (2H, с, CH₂); 7.76 (1H, с, H-5''); 7.92 (1H, с, H-8''). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 16.4 (C-6); 18.4 (CH₃); 20.1 (C-2); 27.8 (NCH₃); 29.6 (NCH₃); 34.5 (C-10); 34.9 (C-3); 38.7 (C-7); 41.0 (C-9); 41.2 (CH₂); 41.5 (C-1); 44.1 (C-5); 45.6 (C-13); 47.5 (C-11); 50.3 (C-15); 58.2 (C-4); 77.9 (C-8); 106.3 (C-5'');

124.4 (C-5''); 141.1 (C-8''); 142.1 (C-4''); 148.7 (C-4''); 151.4 (C-2''); 155.2 (C-6''); 175.0 (C-12). Масс-спектр, m/z (I_{отн}, %): 509 [M]⁺ (70), 302 (25), 261 (100), 233 (80), 180 (82), 123 (25), 95 (27), 91 (28), 79 (21), 41 (21). Найдено, m/z: 509.2388 [M]⁺. C₂₅H₃₁N₇O₅. Вычислено, m/z: 509.2381.

(3R,3aR,4aR,5R,8aR,9aR)-3-({4-[(1H-1,2,3-Бензотриазол-1-ил)метил]-1H-1,2,3-триазол-1-ил}метил)-8a-метил-декагидро-2H-спиро[нафто[2,3-b]фуран-5,2'-оксиран]-2-он (29).

Выход 52 мг (58%). Бесцветное масло. $[\alpha]_D^{26} +25^\circ$ (с 1.1, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 746, 787, 903, 916, 953, 1454, 1494, 1521, 1602 (C=C, C=N), 1047 (C-O), 1761 (C=O), 832, 984, 1269, 3044 (эпоксигруппа). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 257 (3.78), 262 (3.78), 280 (3.63). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (J, Гц): 0.69 (1H, д. д. д, J = 13.0, J = 12.2, J = 11.8, 6-CH₂); 0.88 (3H, с, CH₃); 1.12 (1H, д. д. д, J = 14.6, J = 12.1, J = 5.7, 1-CH₂); 1.28 (1H, д. д, J = 13.0, J = 5.8, 6-CH₂); 1.40 (1H, д. д, J = 15.5, J = 4.8, 9-CH₂); 1.52 (1H, д, J = 14.6, 1-CH₂); 1.55–1.70 (4H, м, 2,3-CH₂, 5-CH); 1.78–1.90 (1H, м, 3-CH₂); 2.16 (1H, д. д, J = 15.5, J = 1.8, 9-CH₂); 2.52 (1H, д, J = 4.0, 15-CH₂); 2.57 (1H, д. д. д. д, J = 12.2, J = 5.8, J = 5.0, J = 4.1, 7-CH); 2.68 (1H, д. д, J = 4.0, J = 1.1, 15-CH₂); 3.43 (1H, д. д. д, J = 8.8, J = 5.2, J = 4.1, 11-CH); 4.40 (1H, д. д, J = 14.4, J = 8.8, 13-CH₂); 4.44 (1H, д. д. д, J = 4.8, J = 5.0, J = 1.3, 8-CH); 4.55 (1H, д. д, J = 14.4, J = 5.2, 13-CH₂); 5.90 (2H, с, CH₂); 7.30 (1H, д. д, J = 8.7, J = 7.5, H-6''); 7.42 (1H, д. д, J = 8.7, J = 7.5, H-5''); 7.69 (1H, д, J = 8.4, H-4''); 7.74 (1H, с, H-5''); 7.97 (1H, д, J = 8.4, H-7''). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 16.4 (C-6); 18.4 (CH₃); 20.1 (C-2); 34.4 (C-10); 34.9 (C-3); 38.7 (C-7); 41.0 (C-9); 41.4 (C-1); 43.4 (CH₂); 44.0 (C-5); 45.6 (C-13); 47.6 (C-11); 50.3 (C-15); 58.3 (C-4); 77.9 (C-8); 110.0 (C-7''); 119.6 (C-4''); 123.8 (C-5''); 123.9 (C-5''); 127.5 (C-6''); 132.5 (C-7a''); 141.9 (C-3a''); 145.9 (C-4''); 175.1 (C-12). Масс-спектр, m/z (I_{отн}, %): 448 [M]⁺ (3), 420 (100), 233 (74), 105 (46), 91 (67), 82 (66), 79 (59), 77 (64), 55 (47), 41 (71). Найдено, m/z: 448.2215 [M]⁺. C₂₄H₂₈N₆O₃. Вычислено, m/z: 448.2217.

(3S,3aR,4aR,5R,8aR,9aR)-3-Амино-8a-метил-3-[(4-фенил-1H-1,2,3-триазол-1-ил)метил]декагидро-2H-спиро[нафто[2,3-b]фуран-5,2'-оксиран]-2-он (30).

Выход 64 мг (78%). Белый порошок. Т. пл. 130°C (с разл., EtOH). $[\alpha]_D^{26} +43^\circ$ (с 0.6, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 698, 766, 802, 1443, 1460, 1520, 1610 (C=C, C=N), 1768 (C=O), 832, 978, 1111, 3025 (C-O, эпоксигруппа), 1662, 3371 (NH₂). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 245 (4.14). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (J, Гц): 0.80 (1H, д. д. д, J = 13.0, J = 12.2, J = 11.8, 6-CH₂); 0.95 (3H, с, CH₃); 1.15 (1H, д. д. д, J = 13.4, J = 11.9, J = 7.0, 1-CH₂); 1.32 (1H, д, J = 13.1, 3-CH₂); 1.45 (1H, д. д, J = 15.9, J = 4.4, 9-CH₂); 1.57 (1H, д, J = 13.4, 1-CH₂); 1.62 (1H, д. д, J = 11.8, J = 2.0, 5-CH); 1.63–1.69 (4H, м, 2-CH₂, NH₂); 1.82 (1H, д. д. д, J = 13.0, J = 5.6, 6-CH₂); 1.85 (1H, д, J = 12.1, 3-CH₂); 2.19 (1H, д. д, J = 15.9, J = 1.8, 9-CH₂); 2.21 (1H, д. д. д, J = 12.2, J = 5.6, J = 3.8, 7-CH); 2.54 (1H, д, J = 4.3) и 2.66 (1H, д. д, J = 4.3, J = 1.2, 15-CH₂); 4.52 (1H, д, J = 14.6) и 4.57 (1H, д, J = 14.6, 13-CH₂); 5.06 (1H, д. д. д, J = 4.4, J = 3.8, J = 1.8, 8-CH); 7.31 (1H, д. д, J = 8.4, J = 7.4, H-4''); 7.40 (2H, д. д. д, J = 8.4,

$J = 7.4, J = 7.2, H-3'',5''$); 7.81 (2H, д, $J = 7.2, H-2'',6''$); 8.00 (1H, с, $H-5''$). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 17.1 (C-6); 18.6 (CH₃); 20.2 (C-2); 34.4 (C-10); 35.1 (C-3); 41.1 (C-1); 41.6 (C-9); 44.3 (C-5); 46.4 (C-7); 50.3 (C-15); 52.3 (C-13); 58.3 (C-4); 63.2 (C-11); 77.4 (C-8); 121.9 (C-5'); 125.6 (C-2'',6''); 128.2 (C-4''); 128.8 (C-3'',5''); 130.1 (C-1''); 147.3 (C-4''); 175.9 (C-12). Найдено, %: C 67.97; H 7.01; N 13.32. C₂₃H₂₈N₄O₃. Вычислено, %: C 67.63; H 6.91; N 13.72.

(3S,3aR,4aR,5R,8aR,9aR)-3-Амино-8a-метил-3-[[4-(4-метоксифенил)-1H-1,2,3-триазол-1-ил]метил]-декагидро-2H-спиро[нафто[2,3-b]фуран-5,2'-оксиран]-2-он (31). Выход 50 мг (57%). Белый порошок. Т. пл. 221°C (с разл., EtOH). $[\alpha]_D^{27} +30^\circ$ (с 0.4, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 752, 822, 1444, 1456, 1498, 1562, 1618 (C=C, C=N), 1770 (C=O), 839, 972, 1030, 1078, 1109, 1149, 3025 (C–O, эпоксигруппа), 1651, 3321 (NH₂). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 255 (4.23). Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 0.78 (1H, д. д. д, $J = 13.2, J = 12.0, J = 11.8, 6-CH_2$); 0.94 (3H, с, CH₃); 1.14 (1H, д. д. д, $J = 13.1, J = 12.9, J = 6.7, 1-CH_2$); 1.30 (1H, д, $J = 13.4, 3-CH_2$); 1.43 (1H, д. д, $J = 15.4, J = 4.5, 9-CH_2$); 1.55 (1H, д, $J = 13.1, 1-CH_2$); 1.60 (1H, д. д, $J = 11.8, J = 2.2, 5-CH$); 1.64–1.71 (3H, м, 2-CH₂, NH₂); 1.78–1.86 (3H, м, 3,6-CH₂, NH₂); 2.16 (1H, д, $J = 15.4, J = 1.8, 9-CH_2$); 2.12–2.32 (1H, м, 7-CH); 2.51 (1H, д, $J = 4.2$) и 2.65 (1H, д. д, $J = 4.0, J = 1.4, H-15$); 3.80 (3H, с, OCH₃); 4.52 (2H, уш. с, 13-CH₂); 5.04 (1H, уш. с, 8-CH); 6.92 (2H, д, $J = 8.4, H-3'',5''$); 7.72 (2H, д, $J = 8.4, H-2'',6''$); 7.93 (1H, уш. с, $H-5''$). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 17.2 (C-6); 18.7 (CH₃); 20.3 (C-2); 34.5 (C-10); 35.2 (C-3); 41.2 (C-9); 41.7 (C-1); 44.4 (C-5); 46.4 (уш. C-7); 50.6 (C-15); 52.3 (уш. C-13); 55.3 (OCH₃); 58.7 (C-4); 63.2 (уш. C-11); 77.7 (C-8); 114.3 (C-3'',5''); 121.4 (уш. C-5'); 122.9 (C-1''); 127.1 (C-2'',6''); 147.5 (уш. C-4''); 159.7 (C-4''); 176.3 (уш. C-12). Масс-спектр, m/z ($I_{отн.}$, %): 438 [M]⁺ (68), 410 (100), 188 (21), 160 (28), 135 (36), 133 (33), 132 (58), 91 (29), 83 (31), 77 (20). Найдено, m/z : 438.2260 [M]⁺. C₂₄H₃₀N₄O₄. Вычислено, m/z : 438.2262.

(3S,3aR,4aR,5R,8aR,9aR)-3-Амино-8a-метил-3-[[4-(4-фторфенил)-1H-1,2,3-триазол-1-ил]метил]-декагидро-2H-спиро[нафто[2,3-b]фуран-5,2'-оксиран]-2-он (32). Выход 52 мг (61%). Бесцветное масло. $[\alpha]_D^{26} +16^\circ$ (с 0.2, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 720, 800, 904, 1458, 1498, 1602 (C=C, C=N), 1153, 1182, 1221, 1340 (C–F), 1765 (C=O), 832, 975, 1020, 1080, 3025 (C–O, эпоксигруппа), 1632, 3290 (NH₂). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 243 (4.18). Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 0.68–0.86 (1H, м, 6-CH₂); 0.95 (3H, с, CH₃); 1.12–1.23 (2H, м, 1,3-CH₂); 1.31 (1H, д, $J = 15.5, 9-CH_2$); 1.46 (1H, д, $J = 13.2, 1-CH_2$); 1.56 (1H, д. д, $J = 12.0, J = 1.7, 5-CH$); 1.59–1.88 (6H, м, 2,3,6-CH₂, NH₂); 2.15–2.24 (1H, м, 7-CH); 2.17 (1H, уш. д, $J = 15.5, 9-CH_2$); 2.52 (1H, уш. с) и 2.65 (1H, уш. с, 15-CH₂); 4.51 (2H, уш. с, 13-CH₂); 5.02 (1H, уш. с, 8-CH); 7.07 (2H, д. д, $J = 8.5, J = 8.3, H-3'',5''$); 7.75 (2H, д. д, $J = 8.3, J = 5.5, H-2'',6''$); 8.07 (1H, уш. с, $H-5''$). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 17.2 (C-6); 18.7 (CH₃); 20.3 (C-2); 34.5 (C-10); 35.2 (C-3); 41.2 (C-9); 41.7 (C-1); 44.4 (C-5); 46.3 (C-7); 50.6 (C-15); 52.5 (C-13); 58.7 (C-4); 63.5 (C-11); 77.7 (C-8); 115.9 (д, $^2J_{CF} = 21.8, C-3'',5''$); 121.9 (C-5');

126.4 (д, $^4J_{CF} = 3.6, C-1''$); 127.5 (д, $^3J_{CF} = 7.8, C-2'',6''$); 147.1 (C-4''); 162.5 (д, $^1J_{CF} = 248.7, C-4''$); 176.6 (C-12). Масс-спектр, m/z ($I_{отн.}$, %): 426 [M]⁺ (66), 399 (35), 398 (100), 177 (32), 148 (33), 120 (27), 91 (21), 78 (24), 55 (24), 43 (30), 41 (43). Найдено, m/z : 426.2056 [M]⁺. C₂₃H₂₇N₄O₃F. Вычислено, m/z : 426.2062.

7-({1-[[[(3S,3aR,4aR,5R,8aR,9aR)-3-Амино-8a-метил-2-оксодекагидро-2H-спиро[нафто[2,3-b]фуран-5,2'-оксиран]-3-ил]метил]-1H-1,2,3-триазол-4-ил]метил)-1,3-диметил-1H-пурин-2,6(3H,7H)-дион (33). Выход 78 мг (74%). Бесцветное масло. $[\alpha]_D^{26} +34^\circ$ (с 0.7, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 750, 780, 905, 1456, 1493, 1549, 1605 (C=C, C=N), 1705, 1767 (C=O), 833, 976, 1020, 1080, 1178, 3025 (C–O, эпоксигруппа), 1659, 3290 (NH₂). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 273 (3.68). Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 0.72 (1H, д. д. д, $J = 13.0, J = 12.2, J = 11.8, 6-CH_2$); 0.90 (3H, с, CH₃); 1.12 (1H, д. д. д, $J = 13.1, J = 12.8, J = 7.8, 1-CH_2$); 1.27 (1H, д, $J = 12.4, 3-CH_2$); 1.41 (1H, д. д, $J = 15.7, J = 4.2, 9-CH_2$); 1.53 (1H, д, $J = 13.1, 1-CH_2$); 1.57 (1H, д. д, $J = 11.8, J = 1.7, 5-CH$); 1.60–1.68 (4H, м, 2-CH₂, NH₂); 1.71 (1H, д. д. д, $J = 13.0, J = 5.3, J = 1.7, 6-CH_2$); 1.76–1.83 (1H, м, 3-CH₂); 2.11–2.14 (1H, м, 7-CH); 2.14 (1H, д. д, $J = 15.8, J = 1.6, 9-CH_2$); 2.47 (1H, д, $J = 4.3$) и 2.58 (1H, д. д, $J = 4.3, J = 1.5, 15-CH_2$); 3.32 (3H, с, NCH₃); 3.49 (3H, с, NCH₃); 4.32 (1H, д, $J = 14.5$) и 4.47 (1H, д, $J = 14.5, 13-CH_2$); 4.99 (1H, д. д. д, $J = 5.0, J = 4.2, J = 1.7, 8-CH$); 5.50 (1H, д, $J = 15.0$) и 5.56 (1H, д, $J = 15.0, CH_2$); 7.76 (1H, с, $H-5''$); 8.00 (1H, с, $H-8''$). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 17.0 (C-6); 18.4 (CH₃); 20.1 (C-2); 27.8 (NCH₃); 29.5 (NCH₃); 34.2 (C-10); 35.0 (C-3); 41.0 (C-9); 41.3 (CH₂); 41.6 (C-1); 44.3 (C-5); 46.2 (C-7); 50.2 (C-15); 52.3 (C-13); 58.2 (C-4); 63.0 (C-11); 77.1 (C-8); 106.3 (C-5''); 125.9 (C-5'); 141.2 (C-8''); 141.8 (C-4''); 148.8 (C-4''); 151.4 (C-2''); 155.1 (C-6''); 175.6 (C-12). Найдено, %: C 57.38; H 6.25; N 21.39. C₂₅H₃₂N₈O₅. Вычислено, %: C 57.24; H 6.15; N 21.36.

(3S,3aR,4aR,5R,8aR,9aR)-3-Амино-3-({4-[(1H-1,2,3-бензотриазол-1-ил)метил]-1H-1,2,3-триазол-1-ил]метил)-8a-метилдекагидро-2H-спиро[нафто[2,3-b]фуран-5,2'-оксиран]-2-он (34). Выход 41 мг (44%). Белый порошок. Т. пл. 149°C (с разл., EtOH). $[\alpha]_D^{26} +21^\circ$ (с 0.35, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 750, 785, 1454, 1502, 1610 (C=C, C=N), 1767 (C=O), 825, 970, 1049, 1086, 1176, 3040 (C–O, эпоксигруппа), 1659, 3235 (NH₂). УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 257 (3.67), 262 (3.66), 280 (3.52). Спектр ЯМР 1H , δ , м. д. (J , Гц): 0.74 (1H, д. д. д, $J = 13.2, J = 12.1, J = 11.8, 6-CH_2$); 0.92 (3H, с, CH₃); 1.13 (1H, д. д. д, $J = 13.6, J = 11.8, J = 6.4, 1-CH_2$); 1.30 (1H, д, $J = 12.4, 3-CH_2$); 1.43 (1H, д. д, $J = 15.5, J = 3.2, 9-CH_2$); 1.55 (1H, д, $J = 13.6, 1-CH_2$); 1.59 (1H, д. д, $J = 11.8, J = 2.0, 5-CH$); 1.63–1.67 (3H, м, 2-CH₂, NH); 1.71–1.98 (3H, м, 3,6-CH₂, NH); 2.16 (1H, д. д, $J = 15.5, J = 1.5, 9-CH_2$); 2.19 (1H, д. д. д, $J = 12.2, J = 5.6, J = 3.7, 7-CH$); 2.49 (1H, д, $J = 3.8$) и 2.60 (1H, д, $J = 2.2, 15-CH_2$); 4.44 (1H, д, $J = 14.2$) и 4.50 (1H, д, $J = 14.2, 13-CH_2$); 5.01 (1H, уш. с, 8-CH); 5.89 (1H, д, $J = 15.7$) и 5.94 (1H, д, $J = 15.7, CH_2$); 7.32 (1H, д. д, $J = 8.8, J = 7.3, H-6''$); 7.44 (1H, д. д, $J = 8.8, J = 7.3, H-5''$); 7.69 (1H, д, $J = 8.4, H-4''$); 7.83 (1H, с, $H-5''$); 8.00 (1H, д, $J = 8.4, H-7''$). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 17.1

(C-6); 18.6 (CH₃); 20.2 (C-2); 34.4 (C-10); 35.1 (C-3); 41.2 (C-9); 41.7 (C-1); 43.5 (CH₂); 44.4 (C-5); 46.1 (C-7); 50.3 (C-15); 52.2 (C-13); 58.3 (C-4); 63.1 (C-11); 77.3 (C-8); 110.0 (C-7''); 119.8 (C-4''); 124.0 (C-5''); 125.4 (C-5'); 127.6 (C-6''); 132.7 (C-7a''); 141.8 (C-3a''); 146.0 (C-4'); 175.4 (C-12). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 463 [M]⁺ (8), 435 (50), 219 (44), 214 (100), 186 (92), 172 (42), 158 (48), 120 (38), 77 (39), 39 (58). Найдено, m/z : 463.2323 [M]⁺. C₂₄H₂₉N₇O₃. Вычислено, m/z : 463.2326.

5- $\{1-[(3S,3aR,4aR,5R,8aR,9aR)-3$ -Амино-8а-метил-2-оксодекагидро-2H-спиро[нафто[2,3-*b*]фуран-5,2'-оксиран]-3-ил)метил]-1H-1,2,3-триазол-4-ил}-1-[(3R,3aR,4aS,8aR,9aR)-8а-метил-5-метилен-2-оксодекагидронафто[2,3-*b*]фуран-3-ил)метил]пиримидин-2,4(1H,3H)-дион (36) получают реакцией азида **9** с алкином **35** по общей методике при кипячении смеси реагентов в течение 8 ч. Выход 78 мг (58%). Желтоватое масло. $[\alpha]_D^{26} +35^\circ$ (c 0.4, CHCl₃). ИК спектр, ν , см⁻¹: 726, 758, 1446, 1456, 1468, 1500, 1565, 1625 (C=C, C=N), 1691, 1768 (C=O), 833, 946, 1028, 1169, 1196, 3025 (C–O, эпоксигруппа), 1659, 3086, 3390 (NH, NH₂). УФ спектр, λ_{max} , нм ($\lg \epsilon$): 234 (3.86), 296 (3.80). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (J , Гц): 0.78 (3H, уш. с, 14'-CH₃); 0.92 (3H, с, 14-CH₃); 1.16–1.40 (4H, м, 1,1',6,6'-CH₂); 1.49–1.85 (13H, м, 1,1',2,2',3,3',6,6',9,9'-CH₂, 5-CH); 2.00–2.05 (1H, м, 5'-CH); 2.19–2.30 (2H, м, 9,9'-CH₂); 2.41–2.72 (9H, м, 3,3',15-CH₂, 7,7'-CH, NH₂, NH); 3.28–3.35 (1H, м, 11'-CH); 3.71–3.80 (1H, м) и 3.96–4.05 (1H, м, 13'-CH₂); 4.44 (1H, д, $J = 14.0$, 13-CH₂); 4.56–4.60 (3H, м, 8'-CH, 13,15'-CH₂); 4.76 (1H, с, 15'-CH₂); 5.09–5.16 (1H, м, 8-CH); 8.28 (1H, уш. с, Н-5''); 8.47 (1H, уш. с, Н-6''). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 17.6 (C-6); 17.9 (14'-CH₃); 18.7 (14-CH₃); 20.4 (C-2); 21.4 (C-2'); 22.5 (C-6'); 34.5 (C-10,10'); 35.4 (C-3); 36.7 (C-3'); 39.6 (C-7'); 41.2 (C-9,9'); 41.6 (C-1); 42.1 (C-1'); 46.2 (13'-CH₂); 46.4 (C-5,5'); 45.4 (C-7); 46.8 (C-11'); 50.4 (C-15); 54.6 (C-13); 58.4 (C-4); 64.0 (C-11); 78.1 (C-8,8'); 104.8 (C-5'''); 106.7 (C-15'); 129.5 (C-5''); 148.6 (C-4''); 149.4 (C-4'); 150.5 (C-2'',6''); 161.5 (C-4''); 175.6 (C-12); 177.7 (C-12'). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 674 [M]⁺ (0.2), 646 (1), 584 (1), 397 (8), 277 (7), 232 (78), 217 (44), 190 (100), 120 (43), 105 (36), 91 (51), 55 (32). Найдено, m/z : 674.3410 [M]⁺. C₃₆H₄₆N₆O₇. Вычислено, m/z : 674.3423.

Рентгеноструктурное исследование соединений 4 и 20 проведено на дифрактометре Bruker Каппа APEX II (МоКа-излучение, графитовый монохроматор, CCD-детектор, максимальный угол 2θ 50.2 и 54.1° для соединений **4** и **20** соответственно) при температуре 296(2)К. Введена поправка на поглощение по программе SADABS.²⁴ Структуры соединений расшифрованы прямым методом по программе SHELXS-97 и уточнены в анизотропно-изотропном (для атомов Н) приближении по программе SHELXL-97.²⁵ Положения атомов водорода рассчитаны геометрически, их параметры уточнены в изотропном приближении по модели "наездник", кроме атомов водорода при атоме N(4), параметры которых были получены из разностного синтеза и уточнялись независимо (с ограничением на длину связей N–H 0.86 Å для соединения **4**). Молеку-

лярная геометрия и невалентные взаимодействия проанализированы с использованием программы PLATON.²⁶ Кристаллы соединения **4** ромбические: a 6.3370(9), b 13.043(2), c 18.026(3) Å; V 1489.9(4) Å³; пространственная группа $P2_12_12_1$; Z 4; C₁₆H₂₂N₃O₂; $d_{\text{выч}}$ 1.286 г/см³; μ 0.086 мм⁻¹; трансмиссия 0.669–0.962; T 200(2)К; размер образца 1.0 × 0.80 × 0.15 мм. Измерены интенсивности 2656 независимых отражений. Окончательные параметры уточнения: wR_2 0.0841, S 1.031, уточнены 197 параметров (R 0.0336 для 2446 $F > 4\sigma$). Кристаллы соединения **20** ромбические: a 6.0989(5), b 12.5793(9), c 26.555(2) Å; V 2037.3(3) Å³; пространственная группа $P2_12_12_1$; Z 4; C₂₃H₂₈N₄O₂; $d_{\text{выч}}$ 1.280 г/см³; μ 0.084 мм⁻¹; трансмиссия 0.791–0.862; T 296К; размер образца 0.90 × 0.10 × 0.04 мм. Измерены интенсивности 4520 независимых отражений. Окончательные параметры уточнения: wR_2 0.1254, S 0.980, уточнены 269 параметров (R 0.0470 для 3876 $F > 4\sigma$). Атомные координаты, длины связей и значения углов соединений **4**, **20** депонированы в Кембриджском банке структурных данных (депоненты CCDC 2086104 и CCDC 2086105 соответственно).

Файл сопроводительных материалов, содержащий спектры ЯМР ¹H и ¹³C соединений **2–4**, **7–9**, **15–34** и масс-спектры соединений **7**, **8**, **18–20**, **23**, **24**, **27–29**, **31**, **32**, **34**, **36**, доступен на сайте журнала <http://hgs.osi.lv>.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 18-13-00361-П).

Авторы благодарят сотрудников Химического исследовательского центра коллективного пользования СО РАН за выполнение спектрально-аналитических исследований.

Список литературы

- (a) Santana, A.; Molinillo, J. M. G.; Macias, F. A. *Eur. J. Org. Chem.* **2015**, 2093. (b) Ghantous, A.; Sinjab, A.; Herceg, Z.; Darwiche, N. *Drug Discovery Today* **2013**, *18*, 894. (c) Woods, J. R.; Mo, H.; Bieberich, A. A.; Alavanja, T.; Colby, D. A. *MedChemComm* **2013**, *4*, 27.
- (a) Klochkov, S. G.; Afanas'eva, S. V.; Pushin, A. N. *Chem. Nat. Compd.* **2006**, *42*, 400. [Химия природ. соединений **2006**, 325.] (b) Huo, Y.; Shi, H.; Li, W.; Wang, M.; Li, X. *J. Pharm. Biomed. Anal.* **2010**, *51*, 942.
- (a) Belovodskii, A. V.; Shults, E. E.; Shakirov, M. M.; Bagryanskaya, I. Yu.; Gatilov, Yu. V.; Tolstikov, G. A. *Russ. J. Org. Chem.* **2010**, *46*, 1719. [Журн. орган. химии **2010**, *46*, 1710.] (b) Belovodskii, A. V.; Shults, E. E.; Shakirov, M. M.; Romanov, V. E.; Elmuradov, B. Zh.; Shakhidoyatov, Kh. M.; Tolstikov G. A. *Chem. Nat. Compd.* **2011**, *46*, 880. [Химия природ. соединений **2010**, 747.] (c) Shul'ts, E. E.; Belovodskii, A. V.; Shakirov, M. M.; Tolstikov, G. A. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2012**, *61*, 1975 [Изв. АН, Сер. хим. **2012**, 1959.]
- (a) Patrushev, S. S.; Shakirov, M. M.; Rybalova, T. V.; Shul'ts, E. E. *Russ. J. Org. Chem.* **2013**, *49*, 1783. [Журн. орган. химии **2013**, *49*, 1802.] (b) Patrushev, S. S.; Shakirov, M. M.; Shults, E. E. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2016**, *52*, 165. [Химия гетероцикл. соединений **2016**, *52*, 165.] (c) Patrushev, S. S.; Rybalova, T. V.; Ivanov, I. D.; Vavilin, V. A.; Shults, E. E. *Tetrahedron* **2017**, *73*, 2717.

5. Reshetnikov, D. V.; Patrushev, S. S.; Shults, E. E. *Chem. Nat. Compd.* **2020**, 56, 855. [Химия природ. соединений **2020**, 733.]
6. (a) Lone, S. H.; Bhat, K. A.; Majeed, R.; Hani, A.; Khuroo, M. A. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2014**, 24, 1047. (b) Zhang, Q.; Lu, Y.; Ding, Y.; Zhai, J.; Ji, Q.; Ma, W.; Yang, M.; Fan, H.; Long, J.; Tong, Z.; Shi, Y.; Jia, Y.; Han, B.; Zhang, W.; Qiu, C.; Ma, X.; Li, Q.; Shi, Q.; Zhang, H.; Li, D.; Zhang, J.; Lin, J.; Li, L.-Y.; Gao, Y.; Chen, Y. *J. Med. Chem.* **2012**, 55, 8757. (c) Janganani, V.; Ponder, J.; Balasubramaniam, M.; Bhat-Nakshatri, P.; Bar, E. E.; Nakshatri, H.; Jordan, C. T.; Crooks, P. A. *Eur. J. Med. Chem.* **2018**, 157, 562. (d) Zaki, M.; Oukhrib, A.; El Hakmaoui, A.; Hiebel, M.-A.; Berteina-Raboin, S.; Akssira, M. Z. *Naturforsch., B: J. Chem. Sci.* **2019**, 74, 273.
7. Habib, F.; Alam, S.; Hussain, A.; Aneja, B.; Irfan, M.; Alajmi, M. F.; Hasan, P.; Khan, P.; Rehman, Md T.; Noman, O. M.; Azam, A.; Abid, M. *J. Mol. Struct.* **2020**, 1201, 127144.
8. Zhang, H.; Zheng, X.; Li, J.; Liu, Q.; Huang, X.-X.; Ding, H.; Suzuki, R.; Muramatsu, M.; Song, S.-J. *Eur. J. Med. Chem.* **2021**, 218, 113395.
9. (a) Nguyen, B. C. Q.; Takahashi, H.; Uto, Y.; Shahinozzaman, M. D.; Tawata, S.; Maruta, H. *Eur. J. Med. Chem.* **2017**, 126, 270. (b) Xu, Z.; Zhao, S.-J.; Liu, Y. *Eur. J. Med. Chem.* **2019**, 183, 111700. (c) Yang J.-J.; Yu, W.-W.; Hu, L.-L.; Liu, W.-J.; Lin, X.-H.; Wang, W.; Zhang, Q.; Wang, P.-L.; Tang, S.-W.; Wang, X.; Liu, M.; Lu, W.; Zhang, H.-K. *J. Med. Chem.* **2020**, 63, 569. (d) Ashour, H. F.; Abou-zeid, L. A.; El-Sayed, M. A.-A.; Selim, K. B. *Eur. J. Med. Chem.* **2020**, 189, 112062.
10. (a) Shafi, S.; Alam, M. M.; Mulakayala, N.; Mulakayala, C.; Vanaja, G.; Kalle, A. M.; Pallu, R.; Alam, M. S. *Eur. J. Med. Chem.* **2012**, 49, 324. (b) Haider, S.; Alam, M. S.; Hamid, H.; Shafi, S.; Nargotra, A.; Mahajan, P.; Nazreen, S.; Kalle, A. M.; Kharbanda, C.; Ali, Y.; Alam, A.; Panda, A. K. *Eur. J. Med. Chem.* **2013**, 70, 579.
11. (a) Guerin, D. J.; Horstmann, T. E.; Miller, S. J. *Org. Lett.* **1999**, 1, 1107. (b) Lakshmipathi, P.; Rama Rao, A. V. *Tetrahedron Lett.* **1997**, 38, 2551. (c) Xu, L.-W.; Li, L.; Xia, C.-G.; Zhou, S.-L.; Li, J.-W. *Tetrahedron Lett.* **2004**, 45, 1219.
12. (a) Kolb, H. C.; Finn, M. G.; Sharpless, K. B. *Angew. Chem., Int. Ed.* **2001**, 40, 2004. (b) Tornøe, C. W.; Christensen, C.; Meldal, M. *J. Org. Chem.* **2002**, 67, 3057.
13. Patrushev, S. S.; Shakirov, M. M.; Rybalova, T. V.; Shults, E. E. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2014**, 50, 1063. [Химия гетероцикл. соединений **2014**, 1155.]
14. Creary, X.; Anderson, A.; Brophy, C.; Crowell, F.; Funk, Z. *J. Org. Chem.* **2012**, 77, 8756.
15. Allen, F. H. *Acta Crystallogr., Sect. B: Struct. Sci.* **2002**, B58, 380.
16. Cai, Y.-S.; Wu, Z.; Zheng, X.-Q.; Wang, C.; Wang, J.-R.; Zhang, X.-X.; Qiu, G.; Zhu, K.; Cao, Sh.; Yu, J. *Org. Chem. Front.* **2020**, 7, 303.
17. Shi, Z.-R.; Shen, Yu.-H.; Zhang, X.-Yu.; Fang, X.; Zeng, R.-T.; Liu, Q.-X.; Zhuo, Zh.-G.; Feng, F.; Zhang, W.-D. *RSC Adv.* **2015**, 5, 91640.
18. Klochkov, S. G.; Anan'ev, I. V.; Pukhov, S. A.; Afanas'eva, S. V. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2012**, 48, 698. [Химия гетероцикл. соединений **2012**, 750.]
19. Cai, Y.-S.; Wu, Z.; Wang, J.-R.; Zheng, X.-Q.; Xu, J.; Qiu, G.; Yu, J. *Org. Lett.* **2019**, 21, 9478.
20. Rowland, R. S.; Taylor, R. *J. Phys. Chem.* **1996**, 100, 7384.
21. Srivastava, S. C.; Mehra, M. M.; Trivedi, G. K.; Bhattacharyya, S. C. *Indian J. Chem.* **1971**, 9, 512.
22. Kulyyassov, A. T.; Seitembetov, T. S.; Turdybekov, K. M.; Adekenov, S. M. *Chem. Nat. Compd.* **1996**, 32, 869. [Химия природ. соединений **1996**, 879.]
23. Aly, R. E. S.; Saad, H. A.; Mohamed, M. A. M. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2015**, 25, 2824.
24. Sheldrick, G. M. *SADABS, Program for Area Detector Adsorption Correction*; Institute for Inorganic Chemistry, University Göttingen, 1996.
25. Sheldrick, G. M. *Acta Crystallogr., Sect. A: Found. Crystallogr.* **2008**, A64, 112.
26. Spek, A. L. *Acta Crystallogr., Sect. D: Biol. Crystallogr.* **2009**, D65, 148.