

2 **Ф. И. Зубков<sup>1</sup>, В. П. Зайцев<sup>1\*</sup>, М. Д. Обушак<sup>2</sup>, Ю. Д. Ершова<sup>1</sup>,**  
3 **Д. Ф. Мерцалов<sup>1</sup>, Е. А. Сорокина<sup>1</sup>, Е. В. Никитина<sup>1</sup>, Ю. И. Горак<sup>2</sup>,**  
4 **Р. З. Лытвын<sup>2</sup>, А. В. Варламов<sup>1</sup>**

5 **СИНТЕЗ СОЛЕЙ ЭПОКСИИЗОИНДОЛО[1,2-*a*]ИЗОХИНОЛИНИЯ**  
6 **РЕАКЦИЕЙ ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНОГО**  
7 **[4+2]-ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЯ В ГАЛОГЕНИДАХ**  
8 **1-ФУРИЛ-2-АЛЛИЛИЗОХИНОЛИНИЯ**

**Comment [I1]:**  
Пожалуйста,  
проверьте это  
обозначение в свете  
<http://goldbook.iupac.org/C01496.html>

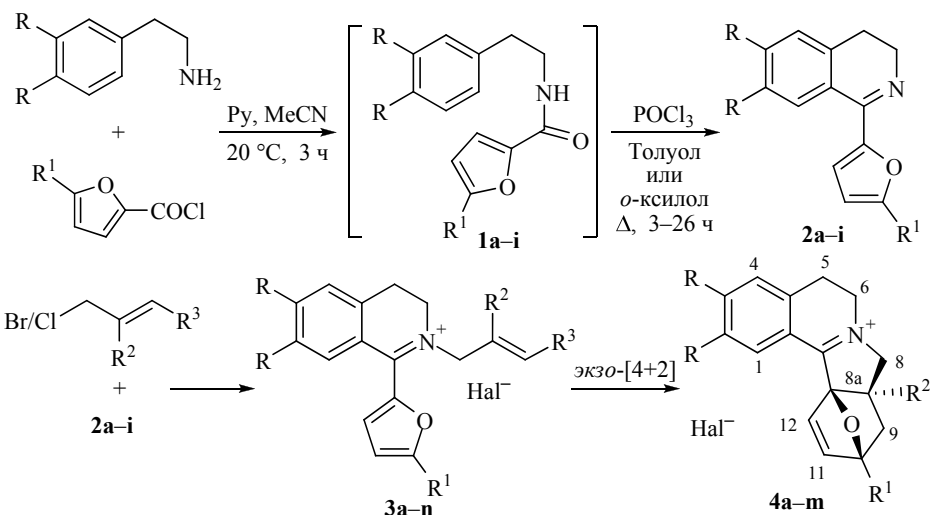
9 Изучено тандемное алкилирование/[4+2]-циклоприсоединение 1-(2-фурил)-3,4-  
10 дигидроизохинолинов различными аллилгалогенидами. Показано, что процесс проте-  
11 кает через промежуточное образование 2-аллил-1-фурил-3,4-дигидроизохинолиние-  
12 вых солей с последующим внутримолекулярным *экзо*-присоединением аллильного  
13 фрагмента к фурановому кольцу. Полученные аддукты являются структурными  
14 аналогами алкалоидов, содержащих изоиндоло[1,2-*a*]изохинолиновый фрагмент, –  
15 *jamtine* и *hirsutine*.

16 **Ключевые слова:** алкалоиды, аллилгалогениды, изоиндоло[1,2-*a*]изохинолины,  
17 фуран, внутримолекулярное [4+2]-циклоприсоединение.

18 Замещённый изохинолин или изоиндол является основным структурным  
19 фрагментом ряда биологически активных соединений, многие из которых  
20 нашли применение в медицинской практике. Алкалоиды, содержащие ядро  
21 изохинолина, широко распространены в природе. Относительно недавно  
22 были открыты алкалоиды *pucevamine* [1, 2], *jamtine* [3–5] и *hirsutine* [6], в  
23 основе которых лежит остов изоиндоло[1,2-*a*]изохинолина, поэтому разра-  
24 ботка методов синтеза таких структур привлекла внимание химиков. Было  
25 описано получение изоиндоло[1,2-*a*]изохинолинов как из производных изо-  
26 хинолинов [7–16], так и из производных изоиндолов [17–27]. Однако эти  
27 методы базировались на превращениях относительно труднодоступных  
28 исходных соединений. Нами описан принципиально новый метод получения  
29 эпоксиизоиндоло[1,2-*a*]изохинолинов, структурных аналогов указанных  
30 выше алкалоидов, на основе реакции внутримолекулярного [4+2]-цикло-  
31 присоединения производных непредельных кислот и аллилгалогенидов  
32 к 1-фурилизохинолинам [28, 29]. Насколько нам известно, взаимодействие  
33 1-фурилдигидроизохинолинов с аллилгалогенидами – это первый пример  
34 успешного применения внутримолекулярной реакции Дильса–Альдера к фур-  
35 фуриламином, содержащим положительно заряженный атом азота. В не-  
36 скольких ранних сообщениях о возможности внутримолекулярной цикли-  
37 зации четвертичных солей *N*-аллил-*N*-фурфурилиминия [30–32] структура  
38 полученных соединений не подтверждается никакими спектральными дан-  
39 ными.

40 В настоящей работе обобщаются результаты систематического исследо-  
41 вания взаимодействия замещённых аллилгалогенидов с 1-фурил-3,4-дигидро-  
42 изохинолинами и их 6,7-диметоксипроизводными, которое приводит к обра-  
43 зованию солей эпоксиизоиндоло[1,2-*a*]изохинолиния.

1 Исходные дигидроизохинолины **2a-i** были получены по реакции Биш-  
 2 лера–Напиральского [28] действием избытка хлорокиси фосфора в кипящем  
 3 толуоле или *o*-ксилоле на соответствующие фууроиламиды **1a-i**. Продукты  
 4 циклизации **2a-i** образуются в виде окрашенных кристаллов или малопод-  
 5 вижных масел (соединение **2a**).  
 6 Далее были изучены реакции замещённых и незамещённых по положению  
 7 5 фуранового кольца 1-фурилдигидроизохинолинов **2a-i** с аллилбромидом,  
 8 метилаллилхлоридом, 2,3-дихлорпропеном и циннамилхлоридом. Алкилиро-  
 9 вание проводили в ацетонитриле, диоксане или, для плохо растворимых  
 10 изохинолинов, в 2-пропанол. В большинстве случаев процесс активировали  
 11 добавлением иодида калия (таблица).



12  
13

Условия реакций и выходы солей *N*-аллилизохинолиния **3b,e-k,n** и гексагидро-10,12а-эпоксизоиндоло[1,2-а]изохинолиния **4a-f,j-m**

Соединение	R	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	R <sup>3</sup>	Hal	Условия	Время	Выход, %	
								3	4
<b>a</b>	H	H	H	H	Br	MeCN, 25°C	4 сут	–	59
<b>b</b>	OMe	H	H	H	Br	MeCN, 25°C	4 сут	90	–
<b>c</b>	OMe	Br	H	H	Br	MeCN, Δ	10 ч	–	72
<b>d</b>	H	2-O <sub>2</sub> NC <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	H	H	Br	2-PrOH, Δ	5 ч	–	22
<b>e*</b>	OMe	3-O <sub>2</sub> NC <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	H	H	I	Диоксан, KI, Δ	2 сут	6	55
<b>f**</b>	OMe	2-O <sub>2</sub> NC <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	H	H	I	Диоксан, KI, Δ	4 сут	14	55
<b>g</b>	OMe	2-FC <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	H	H	I	MeCN, KI, Δ	15 ч	32	–
<b>h</b>	OMe	4-FC <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	H	H	I	MeCN, KI, Δ	15 ч	51	–
<b>i</b>	OMe	2-F <sub>3</sub> CC <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	H	H	I	Диоксан, KI, Δ	4 сут	46	–
<b>j</b>	H	H	Me	H	I	MeCN, KI, Δ	2 ч	52	–
<b>k</b>	OMe	H	Me	H	I	Диоксан, KI, Δ	5 ч	–	17
						MeCN, KI, Δ	2 ч	77	–
<b>l</b>	H	H	Cl	H	I	Диоксан, KI, Δ	5 ч	–	10
<b>l</b>	H	H	Cl	H	I	MeCN, KI, 25°C	2 ч	–	13
<b>m</b>	OMe	H	Cl	H	I	MeCN, KI, 25°C	2 ч	–	11
<b>n</b>	OMe	H	H	Ph	I	MeCN, KI, Δ	2 ч	26	–

14  
15  
16  
17

\* Выделена смесь соединений **3e/4e** в соотношении 9:91, выходы соединений **3e** и **4e** рассчитаны для смеси.

\*\* Выделена смесь соединений **3f/4f** в соотношении 1:4, выходы соединений **3f** и **4f** рассчитаны для смеси.

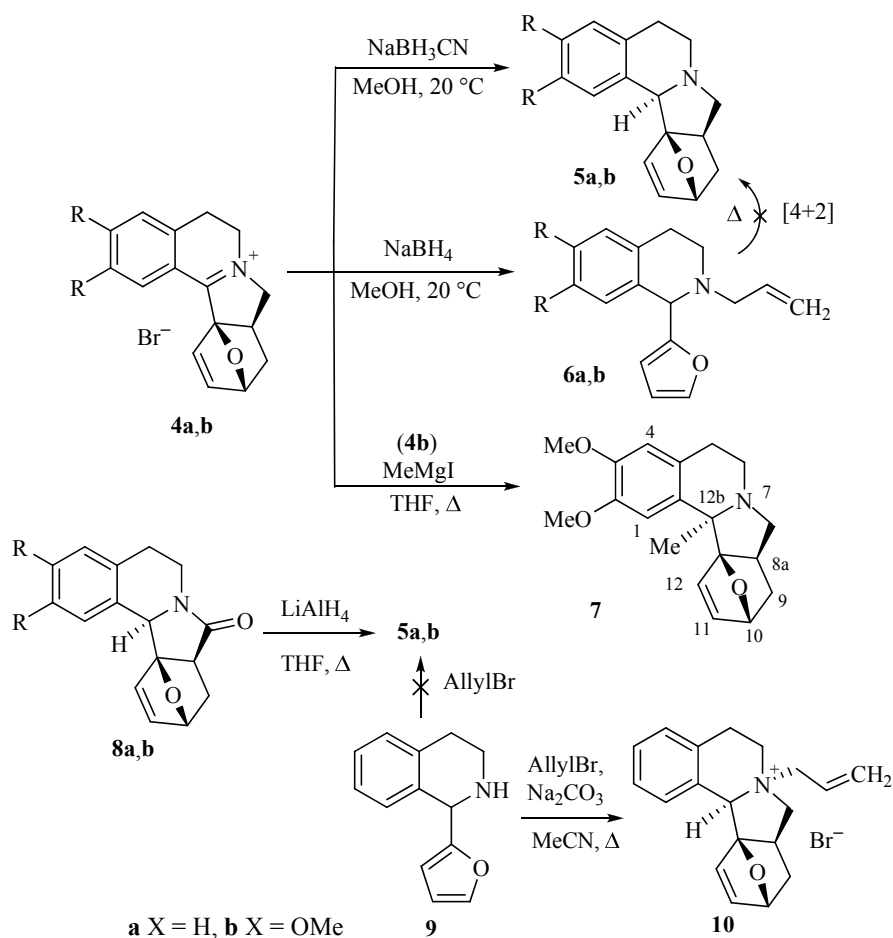
1 Реакции протекают через образование солей изохинолиния **3a–n**. Соли  
2 **3b,g–k,n** удалось выделить в индивидуальном виде. Остальные *N*-аллил-  
3 производные в условиях реакции сразу полностью или частично цикли-  
4 зовались в соли эпоксиизоиндолоизохинолиния **4**.

5 Способность солей аллилизохинолиния **3** к [4+2]-циклоприсоединению  
6 сильно зависит от заместителей в диенофильном фрагменте и в фурановом  
7 кольце. Заместители же в изохинолиновом цикле ( $X = H$  или  $OMe$ ) практи-  
8 чески не влияют на процесс циклоприсоединения. Наиболее легко целевые  
9 соли **4** образуются в случаях  $R^1 = R^2 = R^3 = H$ : бромид *N*-аллилизохинолиния **3b**  
10 при попытке перекристаллизации из смеси  $EtOAc-EtOH$  полностью цикли-  
11 зуется в изоиндолоизохинолин **4b**. Атом брома в положении 5 фуранового  
12 кольца способствует, а арильный радикал препятствует внутримолекулярной  
13 реакции Дильса–Альдера. Из возможных 10-арилзамещённых солей **4d–i**  
14 удалось выделить в индивидуальном виде только бромид 10-(2-нитрофенил)-  
15 изоиндолоизохинолиния **4d** (таблица). При длительном кипячении двух  
16 других нитрофенилсодержащих изохинолинов **2e,f** в диоксане с избытком  
17 аллилбромида наблюдалось образование смеси нециклических (соедине-  
18 ния **3e,f**) и циклических (соединения **4e,f**) солей. Иодиды *N*-аллилизохино-  
19 линия **3g–i**, содержащие фтор- или трифторметильную группу в фенильном  
20 остатке, оказались вообще не способными к [4+2]-циклоприсоединению.

21 Иодиды *N*-(2-хлорпропен-2-ил)изохинолиния **3l,m** претерпевают внутри-  
22 молекулярную циклизацию Дильса–Альдера в соли изоиндоло[1,2-*a*]изохи-  
23 нолиния **4l,m** при кипячении в ацетонитриле, в то время как их структурные  
24 аналоги *N*-металлиидиды **3j,k** в тех же условиях не циклизуются. Аддук-  
25 ты **4j,k** могут быть получены с невысокими выходами лишь в кипящем диок-  
26 сане (таблица). Полученные результаты хорошо согласуются с прямыми  
27 электронными требованиями для [4+2]-циклоприсоединения [33], согласно  
28 которым в диенофиле должны содержаться электроноакцепторные замести-  
29 тели. Циннамилзамещённая соль **3n** не циклизуется даже при 110 °С, что,  
30 возможно, объясняется стерическим влиянием ароматического ядра на про-  
31 цесс циклизации.

32 Циклоприсоединение в солях изохинолиния протекает диастереоселек-  
33 тивно, как *экзо*-[4+2]-циклоприсоединение. В галогенидах эпоксиизоиндоло-  
34 изохинолиния **4a–m** заместитель  $R^2$  ( $H, Cl, Me$ ) при атоме С-8а оксабицикло-  
35 гептенового фрагмента занимает *эндо*-положение и *транс*-ориентирован по  
36 отношению к эпоксидному мостику. В случае изоиндолоизохинолиния **4a**  
37 ( $R^2 = H$ ) *цис*-расположение протонов 9-СН(*эндо*) и 8а-СН доказано данными  
38 разностного ЯЭО: измеренные факторы усиления  $\eta_{9-СН(эндо)}\{10-СН\}$  4.4,  
39  $\eta_{9-СН(экзо)}\{H-8a\}$  3.7,  $\eta_{H-9-СН(эндо)}\{8a-СН\}$  8.1%. *Эндо*-расположение  $Me$ -группы  
40 при атоме С-8а в соединении **4j** установлено методом РСА [34]. Спектры  
41 ЯМР  $^1H$  солей **4a–m** характеризуются наличием в сильном поле сигналов  
42 протонов 9-СН(*экзо*) и 9-СН(*эндо*) при 1.97–3.07 и 1.33–2.51 м. д. с КССВ  
43  $^2J_{9(экзо),9(эндо)} = 11.8–13.1$ ,  $^3J_{9(экзо),10} = 4.3–4.6$  и  $^3J_{9(эндо),10} = 0$  Гц и более слабо-  
44 польных протонов 10-СН, 11-СН и 12-СН (5.29–5.62, 6.51–7.28 и 6.77–7.30 м. д.  
45 соответственно) со значениями КССВ  $J_{10,11} = 1.2–1.8$  и  $J_{11,12} = 5.5–5.9$  Гц.  
46 В масс-спектрах солей **4a–m** присутствуют квазимолекулярные пики  $[M-Hal]^+$ .

47 Иминная связь в солях эпоксиизоиндолоизохинолиния **4a–m**, как и следо-  
48 вало ожидать, оказалась довольно активной в реакциях с нуклеофилами, что  
49 позволило получить структурные аналоги алкалоидов *jamtine* и *hirsutine*.



1 Соли **4a,b** были восстановлены  $\text{NaBH}_3\text{CN}$  в  $\text{MeOH}$  в гексагидроэпокси-  
2 изоиндолоизохинолины **5a,b**. Более основный  $\text{NaBH}_4$ , вероятно, вызывает  
3 ретродиеновый распад продуктов восстановления соединений **5a,b**, что  
4 приводит к образованию 2-аллил-1-фурилтетрагидроизохинолинов **6a,b**. Осу-  
5 ществить термическое внутримолекулярное [4+2]-присоединение в послед-  
6 них не удаётся даже при многочасовом кипячении в *o*-ксилоле. Более раство-  
7 римая в ТГФ соль **4b** под действием избытка  $\text{MeMgI}$  превращается в  
8 12b-метилэпоксиизоиндоло[1,2-*a*]изохиолин **7**.  
9 Физико-химические характеристики эпоксиизоиндолоизохинолинов **5a,b**,  
10 полученных восстановлением солей **4a,b** действием  $\text{NaBH}_3\text{CN}$  либо восста-  
11 новлением изоиндолоизохинолонов **8a,b** [28] действием  $\text{LiAlH}_4$ , полностью  
12 совпали. Этот факт, с одной стороны, свидетельствует в пользу высокой  
13 диастереоселективности восстановления солей **4a,b** под действием  $\text{NaBH}_3\text{CN}$ ,  
14 а с другой – о *транс*-расположении протона Н-12b относительно эпоксидного  
15 мостика в продуктах восстановления **5a,b**.  
16 При попытках прямого алкилирования 1-фурил-1,2,3,4-тетрагидроизохи-  
17 нолина **9** избытком аллилбромида выделена только четвертичная соль **10**  
18 с выходом 36%. Её пространственное строение доказано методом 2D NOESY.  
19 С точки зрения стереохимии, из всех наблюдаемых в спектре соединения **10**  
20 взаимодействий наиболее значимыми являются интенсивные кросс-пики  
21 между протонами N-CH<sub>2</sub>-группы аллильного фрагмента и протоном 12b-CH,

1 а также между протонами 8a-CH и 12b-CH. Мы полагаем, что образование  
2 соли **10** происходит из первоначально образующегося *N*-аллилтетрагидроизо-  
3 хинолина **6a**.

4 Таким образом, в настоящей работе нами предложен трёхстадийный метод  
5 синтеза гексагидро-10,12a-эпоксиизоиндоло[1,2-*a*]изохинолиниевых солей,  
6 структурных аналогов алкалоидов *jamtine* и *hirsutine*, из доступных исходных  
7 соединений.

## 8 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

9 ИК спектры записаны на фурье-спектрометре Инфралюм ФТ-801 в таблетках  
10 КВг. Спектры ЯМР <sup>1</sup>H зарегистрированы на приборе Bruker AMX-400 (400 МГц) или  
11 JEOL JNM-ECA600 (600 МГц) для ~ 3% растворов в CDCl<sub>3</sub> или ДМСО-d<sub>6</sub>, внутрен-  
12 ний стандарт – остаточный сигнал растворителя (7.26 м. д. для CHCl<sub>3</sub> и 2.49 м. д. для  
13 ДМСО). Спектры ЯМР <sup>13</sup>C записаны на спектрометре Bruker Avance 600 (150 МГц)  
14 или Bruker AMX-400 (100 МГц), в качестве внутреннего стандарта использованы  
15 центральный сигнал триплета CDCl<sub>3</sub> (77.4 м. д.) и мультиплета ДМСО-d<sub>6</sub> (40.0 м. д.).  
16 Масс-спектры зарегистрированы на масс-спектрометре Thermo Trace DSQ (ЭУ,  
17 70 эВ, температура в источнике 200 °С, прямой ввод). Спектры ЖХ-МС записаны на  
18 системе, включающей жидкостной хроматограф Agilent 1100 Series, масс-спектро-  
19 метр Agilent Technologies LC/MSD VL (ионизация электрораспылением (ESI)),  
20 детектор Sedex 75 ELSD. Масс-спектры высокого разрешения записаны на спектро-  
21 метре JEOL AccuTOF JMS-T100LP методом "прямого анализа в режиме реального  
22 времени" (DART) (в режиме регистрации ионов через источник пропускали гелий,  
23 скорость 1 л/мин, температура газа в источнике 300 °С, напряжение на газоразрядной  
24 игле ионного источника 4000 В, потенциал решётчатого электрода составлял –350 В,  
25 для калибровки шкалы использовали PEG 600). Элементный анализ выполнен на  
26 приборе Carlo Erba 1106. Температуры плавления определены на приборе SMP 30 и  
27 не исправлены. Контроль за протеканием реакций осуществлялся с помощью ТСХ на  
28 пластинках Sorbfil ПТСХ-АФ-А-УФ-254, проявление парами иода. Колоночная  
29 хроматография проводилась на Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (активированный, нейтральный, 50–200 меш),  
30 элюент EtOAc–гексан, 1:10. Соотношение продуктов в изомерных смесях опреде-  
31 лялось по спектрам ЯМР <sup>1</sup>H как отношение интегральных интенсивностей сигналов  
32 однотипных протонов.

33 Реактивы фирмы Acros Organics применяли без дополнительной очистки, для  
34 синтезов использовали свежеперегнанные растворители. Методы синтеза, а также  
35 спектральные, физико-химические характеристики и данные элементного анализа  
36 соединений **2a,b**, **8a,b**, **9** были опубликованы ранее [28].

37 **Получение 1-(2-фурил)-3,4-дигидроизохинолинов 2c–i** (общая методика).  
38 К смеси 0.036 моль соответствующего фенэтиламина и 4.5 мл (0.056 моль) пиридина  
39 в 50 мл MeCN при перемешивании и охлаждении до 10 °С прикапывают 0.039 моль  
40 соответствующего фуроилхлорида в 20 мл MeCN, затем реакционную смесь пере-  
41 мешивают в течение 3 ч при комнатной температуре. Прозрачный раствор выливают  
42 в воду (300 мл), подкисляют 15% HCl до сильноокислой реакции среды,  
43 образующиеся кристаллы отфильтровывают, промывают водой до нейтральной  
44 реакции промывных вод и сушат на воздухе. Полученные амиды **1c–i** используют в  
45 следующей стадии без дополнительной очистки, считая выход количественным.

46 К раствору ~0.036 моль амида **1c–i** в 70 мл сухого толуола (соединения **2c,d**) или  
47 *o*-ксилола (соединения **2e–i**) медленно, при комнатной температуре и непрерывном  
48 перемешивании добавляют 16.8 мл (0.18 моль) POCl<sub>3</sub>. Реакционную смесь кипятят в  
49 течение 3–4 ч (соединения **2c,e–i**) или в течение 24–26 ч (соединения **2d**), затем  
50 охлаждают до комнатной температуры, выливают на ~150 см<sup>3</sup> колотого льда и  
51 доводят 25% водным раствором аммиака до pH 9–10. Органические продукты

1 экстрагируют EtOAc (3 × 70 мл) и объединённые органические вытяжки сушат над  
2 безв. MgSO<sub>4</sub>. Растворитель удаляют при пониженном давлении и остаток очищают  
3 перекристаллизацией. Выходы продуктов реакции представлены в пересчёте на  
4 исходный фенэтиламин.

5 **1-(5-Бромфуран-2-ил)-6,7-диметокси-3,4-дигидроизохинолин (2c).** Выход  
6 9.05 г (75%). Темно-зелёный порошок. Т. пл. 65 °С (EtOAc–гексан). *R<sub>f</sub>* 0.40 (EtOAc–  
7 гексан, 1:2). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1600. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (400 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.  
8 (*J*, Гц): 2.61–2.64 (2H, м, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 3.71–3.74 (2H, м, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 3.83 (3H, с, OCH<sub>3</sub>);  
9 3.89 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 6.28 (1H, д, *J* = 3.4, H-4 Fur); 6.73 (1H, с, H-5); 6.80 (1H, д, *J* = 3.4, H-3 Fur);  
10 7.18 (1H, с, H-8). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (100 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.: 25.5 (C-4); 46.9 (C-3); 56.0 и  
11 55.8 (2CH<sub>3</sub>); 108.0 (C-8); 110.3 (C-5 Fur); 110.4 (C-4 Fur); 113.1 (C-8a); 114.7 (C-3 Fur);  
12 119.5 (C-5); 132.6 (C-4a); 138.3 (C-1); 147.1 (C-7); 151.1 (C-6); 155.3 (C-2 Fur). Масс-спектр,  
13 *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 336 [M+H]<sup>+</sup> (38), 338 (34), 319 (9), 292 (100). Найдено, *m/z*: 336.0346  
14 [M+H]<sup>+</sup>. C<sub>15</sub>H<sub>15</sub>BrNO<sub>3</sub>. Вычислено, *m/z*: 336.0230. Найдено, %: C 53.48; H 4.39; N 4.25.  
15 C<sub>15</sub>H<sub>14</sub>BrNO<sub>3</sub>. Вычислено, %: C 53.59; H 4.20; N 4.17.

16 **1-[5-(2-Нитрофенил)-2-фурил]-3,4-дигидроизохинолин (2d).** Выход 6.30 г  
17 (55%). Жёлтые иголки. Т. пл. 97–99 °С (EtOAc–EtOH). *R<sub>f</sub>* 0.30 (EtOAc–EtOH, 2:1).  
18 ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1527, 1357. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (400 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. (*J*, Гц): 2.75  
19 (2H, т, *J* = 7.7, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 3.83 (2H, т, *J* = 7.7, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 6.78 (1H, д, *J* = 3.6, H-3 Fur);  
20 7.07 (1H, д, *J* = 3.6, H-4 Fur); 7.26 (1H, д, *J* = 7.6, H-5); 7.38 (1H, д, т, *J* = 1.1, *J* = 7.6,  
21 H-7); 7.41–7.45 (2H, м, H-6,5'); 7.59 (1H, д, т, *J* = 1.0, *J* = 7.7, H-4'); 7.72–7.74 (2H, м,  
22 H-8,3'); 7.82 (1H, д, *J* = 7.9, H-6'). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (100 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.: 26.2  
23 (C-4); 47.4 (C-3); 111.5 (C-4 Fur); 114.7 (C-3 Fur); 124.1; 127.1; 127.2; 127.3; 127.4;  
24 127.5; 128.9; 129.8; 131.1; 132.2; 138.8 (C-4a); 147.8 (C-2'); 149.5 (C-5 Fur); 153.3 (C-2  
25 Fur); 157.1 (C-1). Масс-спектр (ЭУ), *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 318 [M]<sup>+</sup> (80), 301 (11), 273 (17), 243  
26 (31), 230 (27), 215 (32), 184 (100), 171 (17), 144 (21), 130 (67), 116 (55), 103 (69), 90  
27 (23), 76 (79), 51 (11), 43 (11). Найдено, %: C 71.57; H 4.51; N 8.65. C<sub>19</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Вычис-  
28 лено, %: C 71.69; H 4.43; N 8.80.

29 **6,7-Диметокси-1-[5-(3-нитрофенил)-2-фурил]-3,4-дигидроизохинолин (2e).**  
30 Выход 12.38 г (91%). Ярко-жёлтые волокнистые кристаллы. Т. пл. 218–221 °С  
31 (EtOH–ДМФА). *R<sub>f</sub>* 0.44 (EtOAc). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1529, 1513, 1367. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H  
32 (400 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. (*J*, Гц): 3.07 (2H, т, *J* = 7.3, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 4.00 (3H, с, OCH<sub>3</sub>);  
33 4.01–4.06 (2H, м, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 4.05 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 6.92 (1H, с, H-5); 7.17 (1H, д, *J* = 3.6,  
34 H-3 Fur); 7.62 (1H, с, H-8); 7.76 (1H, т, *J* = 7.8, H-5'); 8.27 (1H, д, *J* = 3.6, H-4 Fur); 8.28  
35 (1H, д, *J* = 2.2, *J* = 7.8, H-6'); 8.61 (1H, уш. с, H-2'); 8.72 (1H, д, *J* = 7.8, H-4'). Спектр  
36 ЯМР <sup>13</sup>C (150 МГц, ДМСО-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 25.6 (C-4); 34.6 (C-3); 56.4 и 57.0 (2CH<sub>3</sub>);  
37 112.4; 112.9; 114.0; 116.1; 120.3; 125.1; 128.2; 130.2; 131.5; 132.3; 135.7; 144.7 (C-1);  
38 148.4; 149.1; 155.9; 156.1 (C-6); 158.0 (C-7). Масс-спектр (ЭУ), *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 379  
39 [M+H]<sup>+</sup> (100), 380 (16), 377 (7). Найдено, *m/z*: 379.1516 [M+H]<sup>+</sup>. C<sub>21</sub>H<sub>19</sub>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Вычис-  
40 лено, *m/z*: 379.1288. Найдено, %: C 66.48; H 5.00; N 7.56. C<sub>21</sub>H<sub>18</sub>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Вычислено, %:  
41 C 66.66; H 4.79; N 7.40.

42 **6,7-Диметокси-1-[5-(2-нитрофенил)-2-фурил]-3,4-дигидроизохинолин (2f).**  
43 Выход 10.37 г (76%). Ярко-жёлтый порошок. Т. пл. 199–200 °С (EtOH–ДМФА).  
44 *R<sub>f</sub>* 0.38 (EtOAc). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1512, 1367. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (400 МГц, ДМСО-d<sub>6</sub>),  
45  $\delta$ , м. д. (*J*, Гц): 3.03–3.06 (2H, м, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 3.78 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 3.82–3.90 (2H, м,  
46 CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 3.95 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 7.23 (1H, с, H-5); 7.26 (1H, д, *J* = 3.2, H-4 Fur); 7.47 (1H, с,  
47 H-8); 7.59 (1H, т, *J* = 7.7, H-4'); 7.90 (1H, уш. т, *J* = 7.7, H-5'); 8.09 (1H, уш. д, *J* = 7.7,  
48 H-3'); 8.03 (1H, д, *J* = 3.2, H-3 Fur); 8.20 (1H, уш. д, *J* = 7.7, H-6'). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (100  
49 МГц, ДМСО-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 26.1 (C-4); 40.1 (C-3); 56.5 и 56.6 (2CH<sub>3</sub>); 111.4; 113.6; 114.0;  
50 115.8; 122.3; 124.3; 126.8; 131.0; 131.7; 133.3; 135.2; 144.7 (C-1); 147.4; 148.7; 155.9  
51 (C-6); 156.2; 156.4 (C-7). Масс-спектр (ЭУ), *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 379 [M+H]<sup>+</sup> (100), 380 (9),  
52 377 (4). Найдено, *m/z*: 379.1397 [M+H]<sup>+</sup>. C<sub>21</sub>H<sub>19</sub>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Вычислено, *m/z*: 379.1288. Най-  
53 дено, %: C 66.75; H 4.70; N 7.32. C<sub>21</sub>H<sub>18</sub>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Вычислено, %: C 66.66; H 4.79; N 7.40.

1 **6,7-Диметокси-1-[5-(2-фторфенил)-2-фурил]-3,4-дигидроизохинолин (2g).**  
2 Выход 8.59 г (68%). Жёлтый порошок. Т. пл. 208–209 °С (EtOH–H<sub>2</sub>O). ИК спектр,  
3  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1604, 1509. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (400 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. (*J*, Гц): 2.80 (2H, т,  
4 *J* = 7.4, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 3.84–3.88 (5H, м, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N, OCH<sub>3</sub>); 3.96 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 6.81 (1H,  
5 с, Н-5); 7.02 (1H, т, *J* = 3.5, Н-4 Fur); 7.12–7.34 (3H, м, Н Ar); 7.38 (1H, д, *J* = 3.5,  
6 Н-3 Fur); 7.41 (1H, с, Н-8); 8.10 (1H, д. т, *J* = 1.6, *J* = 7.8, Н Ar). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C  
7 (100 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. (*J*, Гц): 25.9 (С-4); 44.8 (С-3); 56.1 (2СН<sub>3</sub>); 110.5; 111.6;  
8 112.3; 112.5; 116.0 (д, *J* = 20.7); 117.8 (д, *J* = 12.1); 118.9 (д, *J* = 17.2); 124.5 (д, *J* =  
9 3.4); 127.1; 129.8 (д, *J* = 8.6); 133.4; 147.6; 148.7; 151.5; 152.5; 155.9; 159.1 (д, *J* =  
10 251.7). Найдено, %: С 71.63; Н 5.01; N 4.06. C<sub>21</sub>H<sub>18</sub>FNO<sub>3</sub>. Вычислено, %: С 71.78;  
11 Н 5.16; N 3.99.

12 **6,7-Диметокси-1-[5-(4-фторфенил)-2-фурил]-3,4-дигидроизохинолин (2h).**  
13 Выход 8.97 г (71%). Жёлтые волокнистые кристаллы. Т. пл. 225–226 °С (EtOH–  
14 ДМФА). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1607, 1480. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (400 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.  
15 (*J*, Гц): 3.07 (2H, т, *J* = 7.0, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 3.84 (2H, т, *J* = 7.0, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 3.90 (3H, с,  
16 OCH<sub>3</sub>); 3.95 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 7.28 (1H, с, Н-5); 7.44–7.49 (3H, м, Н-8, Н Ar); 7.54 (1H, д,  
17 *J* = 3.9, Н-4 Fur); 8.03 (1H, д, *J* = 3.9, Н-3 Fur); 8.19–8.21 (2H, м, Н Ar). Спектр  
18 ЯМР <sup>13</sup>C (100 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. (*J*, Гц): 25.8 (С-4); 46.7 (С-3); 56.2 (2СН<sub>3</sub>); 109.9;  
19 113.8; 114.4; 115.5; 119.6 (2С, д, *J* = 24); 122.3; 124.3; 127.0 (2С, д, *J* = 6.4); 129.3; 135.2;  
20 142.9; 147.8; 156.3; 156.4; 162.3 (д, *J* = 254). Найдено, %: С 71.83; Н 5.09; N 3.74.  
21 C<sub>21</sub>H<sub>18</sub>FNO<sub>3</sub>. Вычислено, %: С 71.78; Н 5.16; N 3.99.

22 **6,7-Диметокси-1-[5-(2-трифторметилфенил)-2-фурил]-3,4-дигидроизохино-**  
23 **лин (2i).** Выход 11.00 г (76%). Тёмно-жёлтый порошок. Т. пл. 204–205 °С (EtOH–  
24 H<sub>2</sub>O). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1605, 1509. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (400 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.  
25 (*J*, Гц): 3.11 (2H, т, *J* = 7.0, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N); 3.84–3.89 (5H, м, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N, OCH<sub>3</sub>); 3.96 (3H, с,  
26 OCH<sub>3</sub>); 7.27 (1H, д, *J* = 3.5, Н-4 Fur); 7.32 (1H, с, Н-5); 7.52 (1H, с, Н-8); 7.78–8.25 (5H,  
27 м, Н-3 Fur, Н Ar). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (100 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. (*J*, Гц): 26.2 (С-4); 46.6  
28 (С-3); 56.0 (2СН<sub>3</sub>); 111.1; 113.8; 114.0; 115.6; 120.9; 123.2 (к, *J* = 273); 124.7 (к, *J* =  
29 21.4); 126.1; 127.5 (к, *J* = 6.2); 127.7; 128.1; 129.3; 135.2; 142.3 (к, *J* = 6.2); 142.9;  
30 147.8; 151.3; 153.2. Найдено, %: С 65.70; Н 4.69; N 3.37. C<sub>22</sub>H<sub>18</sub>F<sub>3</sub>NO<sub>3</sub>. Вычислено, %:  
31 С 65.83; Н 4.52; N 3.49.

32 **Получение галогенидов 2-аллил-1-(2-фурил)-3,4-дигидроизохинолина 3b,e-k,n**  
33 **и 10,12a-эпоксизоиндоло[1,2-a]изохинолина 4a-f,j-m** (общая методика). К раст-  
34 вору 5 ммоль соответствующего дигидроизохинолина **2** в MeCN (соединения  
35 **3b,g,h,j,k,n**, **4a-c,l,m**), диоксане (соединения **3e,f,i**, **4e,f,j,k**) или 2-PrOH (соединение  
36 **4d**) добавляют 10 ммоль KI (соединения **3e-k,n**, **4e,f,j-m**) и 7.5 ммоль  
37 соответствующего аллилгалогенида (таблица). Реакционную смесь перемешивают  
38 при комнатной температуре в течение нескольких дней (соединения **3b**, **4a,l,m**) или  
39 кипятят несколько часов или суток (соединения **3e-k,n**, **4b-f,j,k**) (таблица). По  
40 окончании реакции осадок галогенидов калия (соединения **3e-k,n**, **4e,f,j-m**)  
41 отфильтровывают, маточный раствор упаривают досуха при пониженном давлении и  
42 остаток перекристаллизовывают (за исключением соединения **3b**). Получают  
43 соответствующие галогениды 2-аллил-1-(2-фурил)-3,4-дигидроизохинолина **3b,g-**  
44 **k,n** и/или галогениды 10,12a-эпоксизоиндоло[1,2-a]изохинолина **4a,c,d,j-m** в виде  
45 окрашенных кристаллов.

46 **Бромид 2-аллил-6,7-диметокси-1-(2-фурил)-3,4-дигидроизохинолина (3b).**  
47 Выход 1.70 г (90%). Мелкие жёлтые иголки. Т. пл. 144–146 °С. *R*<sub>f</sub> 0.4 (EtOAc–EtOH,  
48 1:1). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1595, 1457. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (400 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. (*J*, Гц):  
49 3.43 (2H, уш. т, *J* = 7.3, 4-CH<sub>2</sub>); 3.76 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 4.01 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 4.21 (2H, уш. т,  
50 *J* = 7.3, 3-CH<sub>2</sub>); 4.93 (2H, д, *J* = 5.9, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 5.45 (1H, д. д, *J* = 0.8, *J* = 10.1)  
51 и 5.55 (1H, уш. д. д, *J* = 0.8, *J* = 17.1, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 6.01 (1H, д. д. т, *J* = 5.9, *J* = 10.1,  
52 *J* = 17.1, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 6.83 (1H, с, Н-8); 6.84 (1H, д. д, *J* = 1.8, *J* = 3.6, Н-4 Fur); 7.06  
53 (1H, с, Н-5); 7.30 (1H, уш. д, *J* = 3.6, Н-3 Fur); 7.96 (1H, д. д, *J* = 0.8, *J* = 1.8, Н-5 Fur).  
54 Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (100 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.: 26.8 (С-4); 51.4 (С-3); 56.6 и 57.3 (2СН<sub>3</sub>);

1 61.5 ( $\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 111.7; 113.9; 115.8 ( $\text{CH}_2\text{C}\underline{\text{H}}=\text{CH}_2$ , C-5,8); 118.7 (C-8a); 122.7  
2 ( $\text{CH}_2\text{CH}=\underline{\text{C}}\text{H}_2$ ); 125.7 (C-4 Fur); 129.5 (C-3 Fur); 136.7 (C-4a); 142.3 (C-2 Fur); 148.4  
3 (C-7); 149.3 (C-5 Fur); 157.7 (C-6); 160.3 (C-1). Масс-спектр (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 298  
4  $[\text{M}-\text{Br}]^+$  (4), 279 (7), 257 (100), 242 (36), 230 (42), 222 (18), 201 (13), 190 (11), 171 (5),  
5 144 (5), 101 (39), 94 (51), 81 (50), 59 (62), 43 (53). Найдено, %: C 57.24; H 5.41; N 3.59.  
6  $\text{C}_{18}\text{H}_{20}\text{BrNO}_3$ . Вычислено, %: C 57.15; H 5.33; N 3.70.  
7 **Иодид 2-аллил-6,7-диметокси-1-[5-(3-нитрофенил)-2-фурил]-3,4-дигидроизо-**  
8 **хинолиния (3e) и иодид (8aRS,10RS,12aRS)-2,3-диметокси-10-(3-нитрофенил)-**  
9 **5,6,8,8a,9,10-гексагидро-10,12a-эпоксизоиндоло[1,2-a]изохинолиния (4e)** выделен  
10 в виде смеси с общим выходом 61% (соотношение **3e/4e** ~ 9:91). Жёлтый порошок.  
11 Т. пл. 103–105 °С (EtOAc).  $R_f$  0.46 ( $\text{H}_2\text{O}-\text{EtOH}$ , 1:2). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 1527, 1408,  
12 1345. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  соединения **3e** (400 МГц,  $\text{DMCO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.29–3.35  
13 (2H, м, 4- $\text{CH}_2$ ); 3.78 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 3.99 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.17–4.25 (2H, м, 3- $\text{CH}_2$ ); 4.83  
14 (2H, д,  $J = 5.0$ ,  $\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 5.55 (1H, д,  $J = 0.9$ ,  $J = 9.2$ ) и 5.56 (1H, д,  $J = 18.3$ ,  
15  $\text{CH}_2\text{CH}=\underline{\text{C}}\text{H}_2$ ); 6.20–6.29 (1H, м,  $\text{CH}_2\text{C}\underline{\text{H}}=\text{CH}_2$ ); 7.06 (1H, д,  $J = 3.6$ , H-4 Fur); 7.23 (1H,  
16 с, H-8); 7.27 (1H, д,  $J = 3.6$ , H-3 Fur); 7.31 (1H, с, H-5); 7.80–7.90 (2H, м, H-5',6'); 8.32–  
17 8.38 (2H, м, H-2',4'). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  соединения **4e** (400 МГц,  $\text{DMCO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д.  
18 ( $J$ , Гц): 2.17 (1H, д, д,  $J = 3.6$ ,  $J = 11.9$ , 9- $\text{CH}$ (экзо)); 2.28 (1H, д, д,  $J = 7.8$ ,  $J = 11.9$ ,  
19 9- $\text{CH}$ (эндо)); 2.91–2.96 (1H, м, 8a- $\text{CH}$ ); 3.29–3.35 (2H, м, 5- $\text{CH}_2$ ); 3.79 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ );  
20 3.99 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.15–4.26 (3H, м, 6- $\text{CH}_2$ , 8- $\text{CH}$ (B)); 4.47 (1H, д, д,  $J = 8.2$ ,  $J = 14.2$ ,  
21 8- $\text{CH}$ (A)); 7.07 (1H, д,  $J = 5.7$ , 12- $\text{CH}$ ); 7.23 (1H, с, H-4); 7.28 (1H, д,  $J = 5.7$ , 11- $\text{CH}$ );  
22 7.33 (1H, с, H-1); 7.79 (1H, т,  $J = 7.8$ , H-5'); 8.08 (1H, д, т,  $J = 1.6$ ,  $J = 7.8$ , H-6'); 8.28  
23 (1H, д, т,  $J = 1.6$ ,  $J = 7.8$ , H-4'); 8.34 (1H, т,  $J = 1.6$ , H-2'). Масс-спектр (ESI),  $m/z$ : 419.0  
24  $[\text{M}-\text{I}]^+$ . Найдено, %: C 52.88; H 4.17; N 5.37.  $\text{C}_{24}\text{H}_{23}\text{IN}_2\text{O}_5$ . Вычислено, %: C 52.76;  
25 H 4.24; N 5.13.  
26 **Иодид 2-аллил-6,7-диметокси-1-[5-(2-нитрофенил)-2-фурил]-3,4-дигидроизо-**  
27 **хинолиния (3f) и иодид (8aRS,10RS,12aRS)-2,3-диметокси-10-(2-нитрофенил)-**  
28 **5,6,8,8a,9,10-гексагидро-10,12a-эпоксизоиндоло[1,2-a]изохинолиния (4f)** выделен  
29 в виде смеси с общим выходом 69% (соотношение **3f/4f** ~ 1:4). Тёмно-бордовый  
30 порошок. Т. пл. 150–151 °С (EtOAc).  $R_f$  0.55 ( $\text{H}_2\text{O}-\text{EtOH}$ , 1:2). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ :  
31 1626, 1604, 1529. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  соединения **3f** (400 МГц,  $\text{DMCO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц):  
32 3.17–3.34 (2H, м, 4- $\text{CH}_2$ ); 3.79 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 3.99 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.04–4.13 (2H, м,  
33 3- $\text{CH}_2$ ); 4.71 (2H, д,  $J = 5.5$ ,  $\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 5.42 (1H, д, д,  $J = 0.9$ ,  $J = 10.1$ ) и 5.47 (1H,  
34 д, д,  $J = 0.9$ ,  $J = 17.0$ ,  $\text{CH}_2\text{CH}=\underline{\text{C}}\text{H}_2$ ); 5.97–6.06 (1H, м,  $\text{CH}_2\text{C}\underline{\text{H}}=\text{CH}_2$ ); 7.09 (1H, с, H-8);  
35 7.29 (1H, с, H-5); 7.43 (1H, д,  $J = 3.7$ , H-4 Fur); 7.74 (1H, д,  $J = 3.7$ , H-3 Fur); 7.81–7.83  
36 (1H, м, H-4'); 7.91 (1H, д, т,  $J = 1.4$ ,  $J = 7.8$ , H-5'); 8.09 (1H, д, д,  $J = 1.4$ ,  $J = 7.8$ , H-6');  
37 8.20 (1H, д, д,  $J = 1.4$ ,  $J = 8.2$ , H-3'). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  соединения **4f** (400 МГц,  $\text{DMCO-d}_6$ ),  
38  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.15 (1H, д, д,  $J = 3.7$ ,  $J = 11.9$ , 9- $\text{CH}$ (экзо)); 2.38 (1H, д, д,  $J = 7.8$ ,  $J =$   
39 11.9, 9- $\text{CH}$ (эндо)); 2.86–2.93 (1H, м, 8a- $\text{CH}$ ); 3.19–3.28 (2H, м, 5- $\text{CH}_2$ ); 3.81 (3H, с,  
40  $\text{OCH}_3$ ); 3.94 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 3.99–4.19 (3H, м, 6- $\text{CH}_2$ , 8- $\text{CH}$ (B)); 4.42 (1H, д, д,  $J = 8.7$ ,  
41  $J = 14.2$ , 8- $\text{CH}$ (A)); 6.83 (1H, д,  $J = 6.0$ , 12- $\text{CH}$ ); 7.05 (1H, д,  $J = 6.0$ , 11- $\text{CH}$ ); 7.13 (1H, с,  
42 H-4); 7.28 (1H, с, H-1); 7.61–7.88 (4H, м, H Ar). Масс-спектр (ESI),  $m/z$ : 419.0  $[\text{M}-\text{I}]^+$ .  
43 Найдено, %: C 52.68; H 4.15; N 4.98.  $\text{C}_{24}\text{H}_{23}\text{IN}_2\text{O}_5$ . Вычислено, %: C 52.76; H 4.24;  
44 N 5.13.  
45 **Иодид 2-аллил-6,7-диметокси-1-[5-(2-фторфенил)-2-фурил]-3,4-дигидроизохи-**  
46 **нолиния (3g)**. Выход 0.83 г (32%). Ромбические кристаллы тёмно-красного цвета.  
47 Т. пл. 137–138 °С (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.45 (EtOAc–гексан, 6:1). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ :  
48 1593, 1479. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{DMCO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.16 (2H, уш. т,  
49  $J = 7.3$ , 4- $\text{CH}_2$ ); 3.72 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 3.94 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.03 (2H, уш. т,  $J = 7.3$ , 3- $\text{CH}_2$ );  
50 4.78 (2H, д,  $J = 5.0$ ,  $\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 5.46 (1H, д,  $J = 10.1$ ) и 5.47 (1H, д,  $J = 17.4$ ,  
51  $\text{CH}_2\text{CH}=\underline{\text{C}}\text{H}_2$ ); 6.11–6.20 (1H, м,  $\text{CH}_2\text{C}\underline{\text{H}}=\text{CH}_2$ ); 7.16 (1H, с, H-8); 7.25 (1H, с, H-5);  
52 7.33–7.54 (4H, м, H-3 Fur, H Ar); 7.72 (1H, д,  $J = 4.1$ , H-4 Fur); 7.88 (1H, д, т,  $J = 1.4$ ,  
53  $J = 7.8$ , H-4'). Найдено (ESI),  $m/z$ : 392.2  $[\text{M}-\text{I}]^+$ . Найдено, %: C 55.15; H 4.41; N 3.09.  
54  $\text{C}_{24}\text{H}_{23}\text{FINO}_3$ . Вычислено, %: C 55.50; H 4.46; N 2.70.

**Comment [A2]:**  
Есть ли основание,  
почему А и В  
не в алфавитном  
порядке?



1 **Иодид 2-аллил-6,7-диметокси-1-[5-(4-фторфенил)-2-фурил]-3,4-дигидроизохи-**  
2 **нолиния (3h).** Выход 1.32 г (51%). Тёмно-фиолетовые игольчатые кристаллы. Т. пл.  
3 164 °С (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.45 (EtOAc–гексан, 8:1). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 1598, 1473.  
4 Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{DMSO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.16 (2H, уш. т,  $J = 7.3$ , 4- $\text{CH}_2$ );  
5 3.75 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 3.96 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.04 (2H, уш. т,  $J = 7.3$ , 3- $\text{CH}_2$ ); 4.80 (2H, д,  
6  $J = 5.0$ ,  $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 5.47 (1H, д,  $J = 10.5$ ) и 5.49 (1H, д,  $J = 17.4$ ,  $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 6.14–  
7 6.23 (1H, м,  $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 7.19 (1H, с, H-8); 7.27 (1H, с, H-5); 7.42 (2H, т,  $J = 8.7$ ,  
8 H-3',5'); 7.55 (1H, д,  $J = 3.9$ , H-3 Fur); 7.75 (1H, д,  $J = 3.9$ , H-4 Fur); 7.98 (2H, д, д,  
9  $J = 5.5$ ,  $J = 8.7$ , H-2',6'). Масс-спектр (ESI),  $m/z$ : 392  $[\text{M-I}]^+$ . Найдено, %: С 55.78;  
10 Н 4.58; N 2.61.  $\text{C}_{24}\text{H}_{23}\text{FINO}_3$ . Вычислено, %: С 55.50; Н 4.46; N 2.70.

11 **Иодид 2-аллил-6,7-диметокси-1-[5-(2-трифторметилфенил)-2-фурил]-3,4-дигидро-**  
12 **изохинолиния (3i).** Выход 1.31 г (46%). Мелкодисперсные оранжевые кристаллы.  
13 Т. пл. 108–110 °С (EtOAc).  $R_f$  0.4 (EtOAc–гексан, 4:1). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 1598, 1512.  
14 Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{DMSO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.20 (2H, уш. т,  $J = 7.8$ , 4- $\text{CH}_2$ );  
15 3.76 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 3.99 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.08 (2H, уш. т,  $J = 7.8$ , 3- $\text{CH}_2$ ); 4.78 (2H, д,  
16  $J = 5.5$ ,  $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 5.45 (1H, д, д,  $J = 0.9$ ,  $J = 10.5$ ) и 5.47 (1H, д, д,  $J = 0.9$ ,  $J = 17.4$ ,  
17  $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 6.03–6.12 (1H, м,  $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 7.09 (1H, с, H-8); 7.30 (1H, д,  $J = 3.7$ ,  
18 H-3 Fur); 7.31 (1H, с, H-5); 7.73 (1H, д,  $J = 3.7$ , H-4 Fur); 7.79 (1H, т,  $J = 7.7$ , H-4');  
19 7.89–8.00 (3H, м, H Ar). Масс-спектр (ESI),  $m/z$ : 442  $[\text{M-I}]^+$ . Найдено, %: С 53.01;  
20 Н 4.18; N 2.13.  $\text{C}_{25}\text{H}_{23}\text{F}_3\text{INO}_3$ . Вычислено, %: С 52.74; Н 4.07; N 2.46.

21 **Иодид 2-(2-метилпроп-2-ен-1-ил)-1-(2-фурил)-3,4-дигидроизохинолиния (3j).**  
22 Выход 1.02 г (52%). Коричневые иголки. Т. пл. 105–106 °С (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.6  
23 (EtOAc–EtOH, 4:1). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 1592, 1553, 1458. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  
24  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.92 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 3.44 (2H, т,  $J = 7.0$ , 4- $\text{CH}_2$ ); 4.20 (2H, т,  
25  $J = 7.0$ , 3- $\text{CH}_2$ ); 4.98 (2H, с,  $\text{CH}_2\text{C}(\text{Me})=\text{CH}_2$ ); 5.07 (1H, уш. с) и 5.23 (1H, уш. с,  
26  $\text{CH}_2\text{C}(\text{Me})=\text{CH}_2$ ); 6.93 (1H, д, д,  $J = 1.8$ ,  $J = 3.6$ , H-4 Fur); 7.48 (1H, уш. д,  $J = 3.6$ , H-3 Fur);  
27 7.53–7.57 (2H, м, H-6,8); 7.69 (1H, д, д,  $J = 1.3$ ,  $J = 8.1$ , H-5); 7.82 (1H, д, т,  $J = 1.3$ ,  
28  $J = 7.5$ , H-7); 8.06 (1H, д, д,  $J = 0.8$ ,  $J = 1.8$ , H-5 Fur). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц,  
29  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 20.8 ( $\text{CH}_3$ ); 27.2 (C-4); 52.6 (C-3); 64.9 ( $\text{CH}_2\text{C}(\text{Me})=\text{CH}_2$ ); 114.8 (C-3  
30 Fur); 116.4 ( $\text{CH}_2\text{C}(\text{Me})=\text{CH}_2$ ); 126.4 (C-8a); 128.7, 129.0, 130.1 (C-5,7, C-4 Fur); 134.7,  
31 137.8 (C-6,8); 136.4 (C-4a); 139.2 ( $\text{CH}_2\text{C}(\text{Me})=\text{CH}_2$ ); 142.1 (C-2 Fur); 151.2 (C-5 Fur);  
32 161.7 (C-1). Масс-спектр (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 252  $[\text{M-I}]^+$  (5), 219 (10), 197 (98), 182  
33 (13), 168 (63), 141 (33), 127 (100), 115 (16), 83 (33), 64 (17), 55 (86), 43 (29). Найдено,  
34 %: С 54.12; Н 4.41; N 3.48.  $\text{C}_{17}\text{H}_{18}\text{INO}$ . Вычислено, %: С 53.84; Н 4.78; N 3.69.

35 **Иодид 2-(2-метилпроп-2-ен-1-ил)-6,7-диметокси-1-(2-фурил)-3,4-дигидроизо-**  
36 **хинолиния (3k).** Выход 1.69 г (77%). Ярко-жёлтый порошок. Т. пл. 158–161 °С  
37 (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.8 (EtOH– $\text{NH}_4\text{OH}$  (25%), 14:1). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 1601, 1543,  
38 1456. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.78 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 3.41 (2H,  
39 д, д,  $J = 6.9$ ,  $J = 8.0$ , 4- $\text{CH}_2$ ); 3.72 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 3.99 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.19 (2H, д, д,  
40  $J = 6.9$ ,  $J = 8.0$ , 3- $\text{CH}_2$ ); 4.87 (2H, с,  $\text{CH}_2\text{C}(\text{Me})=\text{CH}_2$ ); 4.97 (1H, уш. с) и 5.09 (1H, уш. с,  
41  $\text{CH}_2\text{C}(\text{Me})=\text{CH}_2$ ); 6.75 (1H, д, д,  $J = 1.9$ ,  $J = 3.7$ , H-4 Fur); 6.77 (1H, с, H-8); 6.99 (1H, с,  
42 H-5); 7.35 (1H, уш. д,  $J = 3.7$ , H-3 Fur); 7.84 (1H, уш. д,  $J = 1.9$ , H-5 Fur). Спектр  
43 ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 20.5 ( $\text{CH}_3$ ); 26.7 (C-4); 51.6 (C-3); 56.6 и 57.5  
44 (2 $\text{CH}_3$ ); 64.1 ( $\text{CH}_2\text{C}(\text{Me})=\text{CH}_2$ ); 111.9 и 115.8 (C-5,8); 114.1 (C-3 Fur); 115.7  
45 ( $\text{CH}_2\text{C}(\text{Me})=\text{CH}_2$ ); 118.6 (C-8a); 126.1 (C-4 Fur); 136.3 (C-4a); 137.1 ( $\text{CH}_2\text{C}(\text{Me})=\text{CH}_2$ );  
46 142.0 (C-2 Fur); 148.4 (C-7); 149.6 (C-5 Fur); 157.6 (C-6); 160.7 (C-1). Масс-спектр  
47 (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 312  $[\text{M-I}]^+$  (11), 296 (65), 279 (16), 255 (47), 242 (65), 230 (29), 213  
48 (12), 182 (30), 142 (100), 127 (44), 115 (13), 80 (17), 55 (70), 43 (41). Найдено, %:  
49 С 51.77; Н 5.18; N 3.01.  $\text{C}_{19}\text{H}_{22}\text{INO}_3$ . Вычислено, %: С 51.95; Н 5.05; N 3.19.

50 **Иодид 6,7-диметокси-2-[3-фенилпроп-2-ен-1-ил]-1-(2-фурил)-3,4-дигидроизо-**  
51 **хинолиния (3n).** Выход 0.65 г (26%). Мелкие жёлтые иголки. Т. пл. 152–153 °С  
52 (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.3 (EtOAc–EtOH, 1:2). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 1604, 1546. Спектр  
53 ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.46 (2H, т,  $J = 7.0$ , 4- $\text{CH}_2$ ); 3.81 (3H, с,  
54  $\text{OCH}_3$ ); 4.05 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.28 (2H, т,  $J = 7.0$ , 3- $\text{CH}_2$ ); 5.08 (2H, д,  $J = 7.0$ ,

1  $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHPh}$ ); 6.41 (1H, д. т.,  $J = 7.0, J = 15.9$ ,  $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHPh}$ ); 6.90 (1H, д. д.,  $J = 1.7,$   
2  $J = 3.7$ , H-4 Fur); 6.91 (1H, с, H-8); 6.99 (1H, д.,  $J = 15.9$ ,  $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHPh}$ ); 7.10 (1H, с,  
3 H-5); 7.28–7.48 (5H, м, H-Ph); 7.38 (1H, д. д.,  $J = 0.7, J = 3.7$ , H-3 Fur); 8.04 (1H, д. д.,  
4  $J = 0.7, J = 1.7$ , H-5 Fur). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 26.7 (C-4); 51.0  
5 (C-3); 56.6 и 57.4 ( $2\text{CH}_3$ ); 61.1 ( $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHPh}$ ); 111.8 и 115.8 (C-5,8); 114.0 (C-3 Fur);  
6 118.6 (C-8a); 119.6 ( $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHPh}$ ); 126.3; 127.1; 128.8; 135.3 (C-1 Ph); 136.3 (C-4a);  
7 138.0 ( $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHPh}$ ); 142.0 (C-2 Fur); 148.4 (C-7); 149.6 (C-5 Fur); 157.5 (C-6); 159.9  
8 (C-1). Масс-спектр (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн.}}$ , %): 374  $[\text{M}-\text{I}]^+$  (7), 359 (27), 343 (53), 284 (13), 257  
9 (60), 242 (49), 228 (43), 199 (16), 142 (100), 128 (59), 116 (65), 91 (47), 63 (35), 51 (37),  
10 43 (32). Найдено, %: С 57.87; Н 4.53; N 3.03.  $\text{C}_{24}\text{H}_{24}\text{INO}_3$ . Вычислено, %: С 57.50;  
11 Н 4.83; N 2.79.

12 **Бромид (8aRS,10RS,12aRS)-5,6,8,8a,9,10-гексагидро-10,12a-эпоксииндоло-**  
13 **[1,2-а]изохинолиния (4a).** Физико-химические и спектральные характеристики  
14 соли 4a описаны в работе [29].

15 **Бромид (8aRS,10RS,12aRS)-2,3-диметокси-5,6,8,8a,9,10-гексагидро-10,12a-эпокси-**  
16 **индоло[1,2-а]изохинолиния (4b).** Выход 1.13 г (72%). Жёлто-зелёные сростки  
17 кристаллов. Т. пл. 159–161 °С (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.2 (EtOH). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 1632,  
18 1598, 1525, 1435. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.66 (1H, д. д.,  
19  $J = 8.1, J = 11.8$ , 9-CH(эндо)); 1.97 (1H, д. т.,  $J = 4.0, J = 11.8$ , 9-CH(экзо)); 3.04 (1H, уш. д. д. д.,  
20  $J = 3.7, J = 5.6, J = 16.8$ , 5-CH(B)); 3.13–3.18 (1H, м, 8a-CH); 3.70–3.91 (3H, м,  
21 5-CH(A), 6-CH(B), 8-CH(B)); 3.77 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 3.94 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.63 (1H, уш. д.  
22 д. д.,  $J = 3.7, J = 7.5, J = 13.7$ , 6-CH(A)); 5.02 (1H, уш. д. д.,  $J = 8.7, J = 13.1$ , 8-CH(A));  
23 5.29 (1H, д. д.,  $J = 1.3, J = 4.0$ , 10-CH); 6.51 (1H, д. д.,  $J = 1.3, J = 5.8$ , 11-CH); 6.87 (1H,  
24 с, H-4); 6.90 (1H, д.,  $J = 5.8$ , 12-CH); 7.12 (1H, с, H-1). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц,  
25  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 26.0 (C-5); 30.4 (C-9); 42.5 (C-8a); 46.8 (C-6); 56.3 и 57.1 ( $2\text{CH}_3$ ); 63.1  
26 (C-8); 82.8 (C-10); 96.6 (C-12a); 111.9 и 112.0 (C-1,4); 115.0 (C-12c); 133.7 (C-12);  
27 134.9 (C-4a); 137.4 (C-11); 148.8 (C-2); 158.0 (C-3); 169.0 (C-12b). Масс-спектр (ЭУ),  
28  $m/z$  ( $I_{\text{отн.}}$ , %): 298  $[\text{M}-\text{Br}]^+$  (100), 277 (58), 264 (57), 242 (48), 230 (63), 216 (59), 191  
29 (47), 176 (24), 154 (34), 141 (36), 115 (47), 94 (65), 80 (71), 55 (33), 43 (50). Найдено,  
30 %: С 56.83; Н 5.12; N 3.75.  $\text{C}_{18}\text{H}_{20}\text{BrNO}_3$ . Вычислено, %: С 57.15; Н 5.33; N 3.70.

31 **Бромид (8aRS,10SR,12aRS)-10-бром-2,3-диметокси-5,6,8,8a,9,10-гексагидро-**  
32 **10,12a-эпоксииндоло[1,2-а]изохинолиния (4c).** Выход 1.97 г (86%). Тёмно-  
33 коричневый порошок. Т. пл. 162–164 °С (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.3 (EtOH). ИК спектр,  
34  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 1640. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{DMCO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.33–2.35 (2H, м,  
35 H-9); 2.85–2.92 (1H, м, H-5B); 3.25–3.32 (2H, м, H-5A,8a); 3.80 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 3.97  
36 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.08–4.23 (3H, м, 6-CH<sub>2</sub>, 8-CH(B)); 4.44 (1H, д. д.,  $J = 8.9, J = 14.6$ ,  
37 8-CH(A)); 6.83 (1H, д.,  $J = 5.7, 11\text{-CH}$ ); 7.11 (1H, с, H-4); 7.29 (1H, д.,  $J = 5.7, 12\text{-CH}$ );  
38 7.32 (1H, с, H-1). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 25.6 (C-5); 40.2 (C-9);  
39 45.1 (C-8a); 46.6 (C-6); 56.1 и 56.9 ( $2\text{CH}_3$ ); 62.5 (C-8); 94.2 (C-12a); 101.4 (C-10); 111.4  
40 и 111.8 (C-1,4); 114.6 (C-12c); 134.8 (C-4a); 135.2 (C-12); 138.8 (C-11); 148.5 (C-2);  
41 157.8 (C-3); 167.8 (C-12b). Найдено, %: С 47.47; Н 4.27; N 2.86.  $\text{C}_{18}\text{H}_{19}\text{Br}_2\text{NO}_3$ .  
42 Вычислено, %: С 47.29; Н 4.19; N 3.06.

43 **Бромид (8aRS,10RS,12aRS)-10-(2-нитрофенил)-5,6,8,8a,9,10-гексагидро-10,12a-**  
44 **эпоксииндоло[1,2-а]изохинолиния (4d).** Выход 0.48 г (22%). Сростки жёлтых  
45 кристаллов. Т. пл. 181–183 °С (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.4 (EtOH). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 1648,  
46 1530. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.02 (1H, д. д.,  $J = 3.7, J = 11.8$ ,  
47 9-CH(экзо)); 2.51 (1H, д. д.,  $J = 8.1, J = 11.8$ , 9-CH(эндо)); 3.19–3.24 (1H, м, H-8a); 3.47–  
48 3.54 (1H, м, 5-CH(B)); 3.96–4.14 (3H, м, 5-CH(A), 6-CH(B), 8-CH(B)); 4.74–4.79 (1H,  
49 м, 6-CH(A)); 5.15 (1H, уш. д. д.,  $J = 8.1, J = 13.1$ , 8-CH(A)); 6.81 (1H, д.,  $J = 5.6, 11\text{-CH}$ );  
50 7.15 (1H, д.,  $J = 5.6, 12\text{-CH}$ ); 7.44 (1H, уш. д.,  $J = 7.3$ , H-4); 7.45–7.53 (2H, м, H-2,3); 7.60  
51 (1H, д. д. д.,  $J = 1.2, J = 7.5, J = 8.1$ , H-4'); 7.71 (1H, д. д.,  $J = 1.2, J = 7.5$ , H-1); 7.74 (1H,  
52 уш. т.,  $J = 7.5$ , H-5'); 7.86 (1H, уш. д.,  $J = 7.5$ , H-6'); 7.90 (1H, д. д.,  $J = 1.2, J = 8.1$ , H-3').  
53 Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 25.9 (C-5); 36.8 (C-9); 45.3 (C-8a); 47.4  
54 (C-6); 64.3 (C-8); 93.5 (C-10); 95.6 (C-12a); 122.8 (C-12c); 124.7 (C-3'); 128.0 (C-2);

1 128.5 (C-4); 129.1 (C-1); 129.5 (C-3); 130.8 (C-6'); 131.9 (C-1'); 133.3 (C-4'); 134.1  
2 (C-11); 138.0 (C-4a); 138.4 (C-5'); 139.2 (C-12); 148.0 (C-2'); 170.8 (C-12b). Масс-  
3 спектр (ESI),  $m/z$ : 359 [M-I]<sup>+</sup>. Найдено, %: C 60.47; H 4.18; N 6.52. C<sub>22</sub>H<sub>19</sub>BrN<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.  
4 Вычислено, %: C 60.15; H 4.36; N 6.38.

5 **Иодид (8aRS,10RS,12aRS)-8a-метил-5,6,8,8a,9,10-гексагидро-10,12a-эпоксизо-**  
6 **индоло[1,2-a]изохинолиния (4j).** Выход 0.32 г (17%). Оранжевые призмы. Т. пл.  
7 178–180 °С (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.3 (EtOAc–EtOH, 4:1). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1632, 1597.  
8 Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (400 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.33 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 1.38 (1H, д,  
9  $J=11.8$ , 9-CH(эндо)); 2.51 (1H, д. д.,  $J=4.4$ ,  $J=11.8$ , 9-CH(экзо)); 3.34 (1H, д. д. д.,  
10  $J=2.5$ ,  $J=5.6$ ,  $J=16.8$ ) и 3.94–4.04 (1H, м, 5-CH<sub>2</sub>); 4.11–4.20 (1H, м, 6-CH(B)); 4.32  
11 (1H, уш. д.,  $J=14.0$ ) и 4.84 (1H, д.,  $J=14.0$ , 8-CH<sub>2</sub>); 5.04 (1H, д. д. д.,  $J=3.1$ ,  $J=7.5$ ,  
12  $J=15.0$ , 6-CH(A)); 5.36 (1H, д. д.,  $J=1.2$ ,  $J=4.4$ , 10-CH); 6.79 (1H, д. д.,  $J=1.2$ ,  $J=5.6$ ,  
13 11-CH); 6.83 (1H, д.,  $J=5.6$ , 12-CH); 7.50 (1H, уш. т.,  $J=7.5$ , H-2); 7.54 (1H, уш. д.,  
14  $J=7.5$ , H-4); 7.82 (1H, т.,  $J=7.5$ , H-3); 7.85 (1H, д.,  $J=7.5$ , H-1). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C  
15 (100 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 22.9 (CH<sub>3</sub>); 24.6 (C-5); 37.4 (C-9); 46.5 (C-6); 49.4  
16 (C-8a); 69.6 (C-8); 82.3 (C-10); 97.4 (C-12a); 122.3 (C-12c); 128.2 (C-2); 128.9 (C-4);  
17 130.0 (C-1); 130.8 (C-12); 137.6 (C-11); 137.9 (C-4a); 138.0 (C-3); 169.1 (C-12b). Масс-  
18 спектр (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 252 [M-I]<sup>+</sup> (21), 234 (18), 220 (57), 197 (74), 182 (42), 168  
19 (100), 154 (18), 141 (81), 128 (68), 115 (61), 103 (17), 76 (27), 63 (15), 55 (82), 43 (26).  
20 Найдено, %: C 53.92; H 4.64; N 3.73. C<sub>17</sub>H<sub>18</sub>INO. Вычислено, %: C 53.84; H 4.78; N 3.69.

21 **Иодид (8aRS,10RS,12aRS)-8a-метил-2,3-диметокси-5,6,8,8a,9,10-гексагидро-**  
22 **10,12a-эпоксизоиндоло[1,2-a]изохинолиния (4k).** Выход 0.22 г (10%). Тёмно-фио-  
23 летовые пластинки. Т. пл. 184–185 °С (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.4 (EtOH–NH<sub>4</sub>OH (25%),  
24 14:1). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1628, 1600, 1560, 1459. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (600 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  
25  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.31 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 1.33 (1H, д.,  $J=11.9$ , 9-CH(эндо)); 2.43 (1H, д. д.,  
26  $J=4.6$ ,  $J=11.9$ , 9-CH(экзо)); 3.27 (1H, д. д. д.,  $J=2.5$ ,  $J=5.9$ ,  $J=16.4$ , 5-CH(B)); 3.84  
27 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 3.88–4.01 (2H, м, 5-CH(A), 6-CH(B)); 4.05 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 4.08 (1H, д.,  
28  $J=13.3$ , 8-CH(B)); 4.81 (1H, д.,  $J=13.3$ , 8-CH(A)); 5.01 (1H, д. д. д.,  $J=2.3$ ,  $J=7.4$ ,  
29  $J=10.2$ , 6-CH(A)); 5.32 (1H, д. д.,  $J=1.8$ ,  $J=4.6$ , 10-CH); 6.73 (1H, д. д.,  $J=1.8$ ,  $J=5.9$ ,  
30 11-CH); 6.77 (1H, д.,  $J=5.9$ , 12-CH); 7.06 (1H, с, H-4); 7.15 (1H, с, H-1). Спектр  
31 ЯМР <sup>13</sup>C (100 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.: 23.9 (CH<sub>3</sub>); 26.3 (C-5); 38.1 (C-9); 47.4 (C-6); 50.5  
32 (C-8a); 56.5 и 57.6 (2CH<sub>3</sub>); 69.6 (C-8); 83.0 (C-10); 97.7 (C-12a); 111.8 и 112.5 (C-1,4);  
33 114.7 (C-12c); 130.5 (C-12); 135.5 (C-4a); 138.6 (C-11); 148.9 (C-2); 158.6 (C-3); 168.3  
34 (C-12b). Масс-спектр (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 312 [M-I]<sup>+</sup> (13), 311 (30), 296 (56), 280 (33),  
35 255 (38), 244 (63), 230 (33), 212 (15), 182 (33), 142 (100), 127 (67), 115 (30), 91 (34), 80  
36 (53), 55 (67), 43 (37). Найдено, %: C 52.16; H 5.14; N 3.34. C<sub>19</sub>H<sub>22</sub>INO<sub>3</sub>. Вычислено, %:  
37 C 51.95; H 5.05; N 3.19.

38 **Иодид (8aRS,10SR,12aRS)-8a-хлор-5,6,8,8a,9,10-гексагидро-10,12a-эпоксизо-**  
39 **индоло[1,2-a]изохинолиния (4l).** Выход 0.26 г (13%). Жёлтый порошок. Т. пл. 182–  
40 183 °С (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.6 (EtOH). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1632, 1598. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H  
41 (600 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.82 (1H, д.,  $J=12.6$ , 9-CH(эндо)); 3.01 (1H, д. д.,  
42  $J=4.4$ ,  $J=12.6$ , 9-CH(экзо)); 3.34 (1H, д. д. д.,  $J=4.4$ ,  $J=7.1$ ,  $J=17.6$ ) и 3.42–3.48 (1H,  
43 м, 5-CH<sub>2</sub>); 4.23–4.29 (1H, м) и 4.45 (1H, д. д. д.,  $J=4.4$ ,  $J=7.7$ ,  $J=15.4$ , 6-CH<sub>2</sub>); 4.86  
44 (1H, уш. д.,  $J=15.9$ ) и 4.92 (1H, д.,  $J=15.9$ , 8-CH<sub>2</sub>); 5.62 (1H, д. д.,  $J=1.6$ ,  $J=4.4$ ,  
45 10-CH); 7.00 (1H, д. д.,  $J=1.6$ ,  $J=5.5$ , 11-CH); 7.16 (1H, д.,  $J=5.5$ , 12-CH); 7.60 (1H,  
46 уш. т.,  $J=7.5$ , H-2); 7.63 (1H, уш. д.,  $J=7.5$ , H-4); 7.80 (1H, д.,  $J=7.5$ , H-1); 7.92 (1H, д.,  
47 т.,  $J=1.1$ ,  $J=7.5$ , H-3). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (100 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 24.5 (C-5); 40.8  
48 (C-9); 46.6 (C-6); 71.5 (C-8); 72.4 (C-8a); 84.1 (C-10); 97.9 (C-12a); 121.7 (C-12c); 128.6  
49 (C-2); 129.2 (C-4); 130.6 (C-1); 131.5 (C-12); 138.3 (C-4a); 138.8 (C-11); 139.1 (C-3);  
50 167.8 (C-12b). Масс-спектр (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 272 [M-I]<sup>+</sup> (52), 271 (100), 235 (43), 219  
51 (48), 204 (22), 197 (70), 168 (34), 139 (29), 127 (73), 115 (30), 101 (24), 76 (34), 59 (33),  
52 43 (47). Найдено, %: C 48.13; H 3.85; N 3.59. C<sub>16</sub>H<sub>15</sub>ClINO. Вычислено, %: C 48.08;  
53 H 3.78; N 3.50.

1 **Иодид (8aRS,10SR,12aRS)-2,3-диметокси-8a-хлор-5,6,8,8a,9,10-гексагидро-**  
2 **10,12a-эпоксиизоиндоло[1,2-a]изохинолиния (4m)**. Выход 0.25 г (11%). Жёлтый  
3 порошок. Т. пл. 176–178 °С (EtOAc–EtOH).  $R_f$  0.7 (EtOH). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 1624,  
4 1600, 1555. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (600 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.94 (1H, д,  $J = 13.1$ ,  
5 9-CH(эндо)); 3.07 (1H, д,  $J = 4.5$ ,  $J = 13.1$ , 9-CH(экзо)); 3.58–3.62 (2H, м, 5-CH<sub>2</sub>); 3.87  
6 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 4.11 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 4.41–4.49 (1H, м,) и 4.77–4.83 (1H, м, 6-CH<sub>2</sub>); 5.06  
7 (2H, с, 8-CH<sub>2</sub>); 5.54 (1H, д,  $J = 1.7$ ,  $J = 4.5$ , 10-CH); 6.88 (1H, д,  $J = 5.6$ , 12-CH); 6.91  
8 (1H, д,  $J = 1.7$ ,  $J = 5.6$ , 11-CH); 7.16 (1H, с, H-4); 7.24 (1H, с, H-1). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$   
9 (100 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 26.0 (C-5); 41.4 (C-9); 47.8 (C-6); 56.5 и 57.9 (2CH<sub>3</sub>); 71.9  
10 (C-8a); 72.2 (C-8); 84.5 (C-10); 97.9 (C-12a); 111.7 и 113.0 (C-1,4); 114.3 (C-12c); 131.2  
11 (C-12); 136.0 (C-4a); 139.3 (C-11); 149.2 (C-2); 159.5 (C-3); 166.7 (C-12b). Масс-спектр  
12 (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 332 [M-I]<sup>+</sup> (4), 316 (5), 295 (22), 279 (53), 264 (34), 242 (14), 222  
13 (22), 165 (7), 142 (100), 127 (59), 91 (10), 76 (17), 50 (74), 43 (34). Найдено, %: С 47.14;  
14 Н 4.23; N 3.16. C<sub>18</sub>H<sub>19</sub>ClINO<sub>3</sub>. Вычислено, %: С 47.03; Н 4.17; N 3.05.

15 **Получение 10,12a-эпоксиизоиндоло[1,2-a]изохинолинов 5a,b** (общая мето-  
16 дика). А. К раствору 3 ммоль бромида изоиндолоизохинолиния **4a,b** в 25 мл MeOH  
17 добавляют 0.56 г (9 ммоль) NaBH<sub>3</sub>(CN). Реакционную смесь перемешивают при ком-  
18 натной температуре в течение 1 ч. По окончании реакции смесь выливают в 50 мл  
19 воды и экстрагируют CHCl<sub>3</sub> (3 × 15 мл). Объединённые органические вытяжки сушат  
20 над безв. MgSO<sub>4</sub> и после удаления растворителя, остаток перекристаллизовывают из  
21 смеси EtOAc–EtOH (соединение **5a**) и 2-PrOH–ДМФА (соединение **5b**). Получают  
22 0.24 г (34%) изоиндолоизохинолина **5a** и 0.39 г (44%) изоиндолоизохинолина **5b**  
23 в виде белых порошков.

24 Б. К раствору 6.4 ммоль эпоксиизоиндолоизохинолинов **8a,b** [28] в 30 мл абс.  
25 ТГФ добавляют 1.1 г (31.9 ммоль) LiAlH<sub>4</sub>. Реакционную смесь кипятят в течение 1 ч.  
26 По окончании реакции добавляют 50 мл EtOAc и затем выливают в 50 мл воды.  
27 Выпавший осадок отфильтровывают, маточный раствор экстрагируют EtOAc (3 × 30  
28 мл), затем экстракт сушат над безв. MgSO<sub>4</sub>. После удаления растворителя, остаток  
29 кристаллизуют в Et<sub>2</sub>O, отфильтровывают и получают соответствующие эпокси-  
30 изоиндолоизохинолины **5a** (0.84 г (55%)) и **5b** (1.30 г (68%)) в виде бесцветных  
31 кристаллов. Проба смешения с образцами, полученными методом А, депрессии т. пл.  
32 не даёт.

33 **(8aRS,10RS,12aRS,12bRS)-5,8,8a,9,10,12b-Гексагидро-6H-10,12a-эпоксиизоин-**  
34 **доло[1,2-a]изохинолин (5a)**. Т. пл. 221–222 °С.  $R_f$  0.3 (EtOH). ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ :  
35 1498, 1453, 1409. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.61 (1H, д, д,  
36  $J = 7.5$ ,  $J = 11.8$ , 9-CH(эндо)); 1.86 (1H, д, д, д,  $J = 2.5$ ,  $J = 4.4$ ,  $J = 11.8$ , 9-CH(экзо));  
37 2.56–2.64 (1H, м, 8a-CH); 2.91 (1H, т,  $J = 10.8$ , 8-CH(B)); 2.97 (1H, д, д, д,  $J = 3.1$ ,  
38  $J = 8.1$ ,  $J = 16.2$ , 5-CH(B)); 3.15–3.29 (2H, м, 5-CH(A), 6-CH(B)); 3.61 (1H, д, д, д,  
39  $J = 3.1$ ,  $J = 8.1$ ,  $J = 11.8$ , 6-CH(A)); 4.27 (1H, д, д,  $J = 8.1$ ,  $J = 10.8$ , 8-CH(A)); 5.09 (1H,  
40 д, д,  $J = 1.8$ ,  $J = 4.4$ , 10-CH); 5.58 (1H, с, 12b-CH); 6.53 (1H, д, д,  $J = 1.8$ ,  $J = 5.6$ ,  
41 11-CH); 6.68 (1H, д,  $J = 5.6$ , 12-CH); 7.19–7.31 (4H, м, H Ph). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (150  
42 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 25.3 (C-5); 32.5 (C-9); 40.9 (C-8a); 49.2 (C-6); 59.0 и 60.0  
43 (C-8,12b); 80.8 (C-10); 97.5 (C-12a); 127.0, 127.5, 127.8 (C Ph); 128.4 (C-12c, C Ph);  
44 132.9 (C-12); 133.2 (C-4a); 138.5 (C-11). Масс-спектр (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 239 [M]<sup>+</sup>  
45 (100), 210 (8), 194 (5), 170 (49), 141 (73), 130 (20), 115 (50), 101 (33), 81 (27), 59 (62),  
46 55 (25), 43 (45). Найдено, %: С 80.48; Н 7.01; N 5.96. C<sub>16</sub>H<sub>17</sub>NO. Вычислено, %: С 80.30;  
47 Н 7.16; N 5.85.

48 **(8aRS,10RS,12aRS,12bRS)-2,3-Диметокси-5,8,8a,9,10,12b-гексагидро-6H-**  
49 **10,12a-эпоксиизоиндоло[1,2-a]изохинолин (5b)**. Т. пл. 199–201 °С.  $R_f$  0.2 (EtOH). ИК  
50 спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 1520, 1461. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц, ДМСO-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.51  
51 (1H, д, д,  $J = 7.6$ ,  $J = 11.7$ , 9-CH(эндо)); 1.85 (1H, д, д, д,  $J = 3.0$ ,  $J = 4.4$ ,  $J = 11.7$ ,  
52 9-CH(экзо)); 2.28–2.35 (1H, м, 8a-CH); 2.81–2.84 (2H, м, 5-CH<sub>2</sub>); 3.08 (1H, д, д,  $J = 8.0$ ,  
53  $J = 13.0$ , 8-CH(B)); 3.33–3.50 (2H, м, 6-CH<sub>2</sub>); 3.69 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 3.75 (3H, с, OCH<sub>3</sub>);  
54 4.06 (1H, д, д,  $J = 8.9$ ,  $J = 13.0$ , 8-CH(A)); 5.04 (1H, д, д,  $J = 1.3$ ,  $J = 4.4$ , 10-CH); 5.40

1 (1H, с, 12b-CH); 6.52 (1H, д, д,  $J = 1.3, J = 5.7$ , 11-CH); 6.84 (1H, с, H-4); 6.86 (1H, с,  
2 H-1); 6.90 (1H, д,  $J = 5.7$ , H-12). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц, ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 24.0  
3 (C-5); 32.3 (C-9); 40.2 (C-8a); 49.5 (C-6); 55.6 и 55.7 (2CH<sub>3</sub>); 58.5 (C-8); 59.6 (C-12b);  
4 79.7 (C-10); 97.5 (C-12a); 110.2 и 111.5 (C-1,4); 119.7 (C-12c); 125.7 (C-4a); 133.3  
5 (C-12); 137.8 (C-11); 147.7 (C-2); 148.3 (C-3). Масс-спектр (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 299 [M]<sup>+</sup>  
6 (47), 298 (100), 284 (10), 230 (42), 190 (10), 170 (17), 141 (24), 115 (21), 103 (13), 80  
7 (19), 55 (34), 43 (56). Найдено, %: C 72.38; H 6.94; N 4.79. C<sub>18</sub>H<sub>21</sub>NO<sub>3</sub>. Вычислено, %:  
8 C 72.22; H 7.07; N 4.68.

9 **Получение 2-аллил-1-(2-фурил)изохинолинов 6a,b** (общая методика). К раствору  
10 18.5 ммоль бромида изоиндолоизохинолина **4a,b** в MeOH добавляют 1.4 г  
11 (37.0 ммоль) NaBH<sub>4</sub>. Реакционную смесь перемешивают при комнатной температуре  
12 в течение 1 ч, затем выливают в 100 мл воды и экстрагируют CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (3 × 50 мл).  
13 После сушки экстракта над безв. MgSO<sub>4</sub> и удаления растворителя остаток (корич-  
14 невое масло) очищают на колонке (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 40 × 100 см, EtOAc–гексан, 1:10). Полу-  
15 чают *N*-аллилизизохинолины **6a,b** в виде бледно-оранжевых масел.

16 **2-Аллил-1-(2-фурил)-1,2,3,4-тетрагидроизохинолин (6a)**. Выход 0.62 г (14%).  
17  $R_f$  0.5 (EtOH). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.73–2.78 (1H, м) и  
18 2.86–2.89 (1H, м, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 2.79–2.83 (1H, м) и 3.04–3.08 (1H, м, 4-CH<sub>2</sub>); 3.15–  
19 3.20 (2H, м, 3-CH<sub>2</sub>); 4.83 (1H, с, H-1); 5.17 (1H, д, д,  $J = 1.0, J = 10.3$ ) и 5.21 (1H, д, д,  
20  $J = 1.0, J = 16.9$ , CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 5.94 (1H, д, д,  $J = 10.3, J = 16.9$ , CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 6.05 (1H,  
21 д, д,  $J = 0.8, J = 3.2$ , H-3 Fur); 6.31 (1H, д, д,  $J = 1.8, J = 3.2$ , H-4 Fur); 7.12–7.37 (4H, м,  
22 H Ph); 7.39 (1H, д, д,  $J = 0.8, J = 1.8$ , H-5 Fur). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  
23  $\delta$ , м. д.: 28.0 (C-4); 47.3 (C-3); 57.5 (CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 60.2 (C-1); 109.6 (C-4 Fur); 109.8  
24 (C-3 Fur); 117.8 (CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 125.6 (C-8a); 126.8 (C-4a); 127.1, 128.1, 128.3, 129.0  
25 (C Ph); 135.5 (CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 137.5 (C-5 Fur); 142.1 (C-2 Fur). Масс-спектр (ЭУ),  $m/z$   
26 ( $I_{\text{отн}}$ , %): 239 [M]<sup>+</sup> (70), 198 (40), 170 (88), 141 (100), 115 (73), 41 (35). Найдено, %:  
27 C 80.55; H 7.28; N 5.49. C<sub>16</sub>H<sub>17</sub>NO. Вычислено, %: C 80.30; H 7.16; N 5.85.

28 **2-Аллил-1-(2-фурил)-6,7-диметокси-1,2,3,4-тетрагидроизохинолин (6b)**. Выход  
29 1.22 г (22%).  $R_f$  0.3 (EtOH). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.74–  
30 2.79 (1H, м) и 2.86–2.90 (1H, м, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 2.79–2.83 (1H, м) и 3.04–3.08 (1H, м,  
31 4-CH<sub>2</sub>); 3.14–3.22 (2H, м, 3-CH<sub>2</sub>); 3.74 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 3.87 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 4.83 (1H, с,  
32 H-1); 5.19 (1H, д, д,  $J = 1.0, J = 10.3$ ) и 5.22 (1H, д, д,  $J = 1.0, J = 17.0$ , CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>);  
33 5.94 (1H, д, д,  $J = 10.3, J = 17.0$ , CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 6.05 (1H, д, д,  $J = 0.8, J = 3.1$ , H-3 Fur);  
34 6.31 (1H, д, д,  $J = 1.8, J = 3.1$ , H-4 Fur); 6.42 (1H, с, H-8); 6.63 (1H, с, H-5); 7.39 (1H, д,  
35 д,  $J = 0.8, J = 1.8$ , H-5 Fur). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц, CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.: 26.9 (C-4); 44.8  
36 (C-3), 55.2 и 55.3 (2CH<sub>3</sub>); 57.0 (CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 59.0 (C-1); 108.9 (C-8); 109.3 (C-5);  
37 110.5 (C-4 Fur); 110.9 (C-3 Fur); 117.1 (CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 126.4 (C-8a); 125.5 (C-4a); 135.2  
38 (CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 141.5 (C-5 Fur); 146.8 (C-7); 147.5 (C-6); 155.0 (C-2 Fur). Масс-спектр  
39 (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 299 [M]<sup>+</sup> (36), 298 (100), 230 (42), 170 (35), 141 (44), 115 (22), 55  
40 (30), 43 (58). Найдено, %: C 72.33; H 7.14; N 4.52. C<sub>18</sub>H<sub>21</sub>NO<sub>3</sub>. Вычислено, %: C 72.22;  
41 H 7.07; N 4.68.

42 **(8aRS,10RS,12aRS,12bRS)-2,3-Диметокси-12b-метил-5,8,8a,9,10,12b-гексагид-**  
43 **ро-6H-10,12a-эпоксиизоиндоло[1,2-*a*]изохинолин (7)**. К свежеприготовленному  
44 раствору 15 экв. MeMgI в 70 мл абс. ТГФ прибавляют 1.00 г (2.6 ммоль) бромида  
45 изоиндолоизохинолина **4b**. Реакционную смесь кипятят в течение 10 ч (контроль  
46 ТСХ). По окончании реакции смесь охлаждают до комнатной температуры,  
47 обрабатывают насыщенным раствором NH<sub>4</sub>Cl (10 мл), а затем выливают в 250 мл  
48 воды. После экстракции с CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (3 × 70 мл) и сушки органической фазы над безв.  
49 MgSO<sub>4</sub>, растворитель удаляют и остаток перекристаллизовывают из смеси 2-PrOH–  
50 ДМФА. Получают 0.57 г (70%) изоиндолоизохинолина **7** в виде белого порошка с  
51 т. пл. 235–237 °С (с разл.).  $R_f$  0.25 (EtOH–NH<sub>4</sub>OH (25%), 10:1). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>:  
52 1518, 1456, 1256. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц, ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.64 (1H, д, д,  
53  $J = 8.3, J = 11.0$ , 9-CH(эндо)); 1.95 (1H, д, д,  $J = 4.0, J = 11.0$ , 9-CH(экзо)); 2.47–2.51  
54 (2H, м, 8a-CH, 8-CH(B)); 2.58–2.63 (1H, м, 8-CH(A)); 2.77–2.80 (1H, м) и 3.07–3.11

1 (1H, м, 5-CH<sub>2</sub>); 3.16 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 3.69 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 3.71 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 4.18–4.29  
2 (2H, м, 6-CH<sub>2</sub>); 5.02 (1H, д. д,  $J = 1.3, J = 4.0$ , 10-CH); 6.45 (1H, д. д,  $J = 1.3, J = 5.5$ ,  
3 11-CH); 6.77 (1H, с, Н-1); 6.84 (1H, с, Н-4); 7.13 (1H, д,  $J = 5.5$ , 12-CH). Спектр ЯМР  
4 <sup>13</sup>C (100 МГц, ДМСО-d<sub>6</sub>), δ, м. д.: 22.1 (CH<sub>3</sub>); 23.6 (C-5); 33.6 (C-9); 47.2 (C-6); 55.5 и  
5 56.2 (2CH<sub>3</sub>); 62.2 (C-8a); 70.6 (C-8); 75.3 (C-12b); 79.2 (C-10); 100.9 (C-12a); 110.6 и  
6 111.8 (C-1,4); 122.5 и 123.7 (C-12c,4a); 133.1 и 136.6 (C-11,12); 148.1 (C-2); 148.6  
7 (C-3). Масс-спектр (ЭУ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 313 [M]<sup>+</sup> (27), 298 (11), 142 (10), 128 (35), 83  
8 (100), 55 (13), 42 (35). Найдено, %: С 72.98; Н 7.31; N 4.36. C<sub>19</sub>H<sub>23</sub>NO<sub>3</sub>. Вычислено, %:  
9 С 72.82; Н 7.40; N 4.47.

10 **Бромид (8aRS,10RS,12aRS,12bRS)-7-аллил-5,8,8a,9,10,12b-гексагидро-6H-10,12a-**  
11 **эпоксиизоиндоло[1,2-а]изохинолиния (10)**. Смесь 1.5 г (7.5 ммоль) 1-фурилизо-  
12 хинолина **9** [28], 2.0 мл (22.6 ммоль) аллилбромида и 2.4 г (22.6 ммоль) безв. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>  
13 в 40 мл MeCN кипятят в течение 6 ч. Тёмную реакционную смесь охлаждают, затем  
14 фильтруют и маточный раствор упаривают. Остаток после удаления растворителя и  
15 избытка аллилбромида растирают с ~5 мл Et<sub>2</sub>O и отфильтровывают. После  
16 перекристаллизации осадка из смеси EtOAc–EtOH с добавлением активированного  
17 угля получают 0.96 г (36%) бромида изохинолиния **10** в виде сростков бесцветных  
18 кристаллов. Т. пл. 220 °С. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 1455, 1320. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (400 МГц,  
19 CDCl<sub>3</sub>), δ, м. д. ( $J$ , Гц): 1.65 (1H, д. д,  $J = 7.7, J = 12.0$ , 9-CH(эндо)); 1.87 (1H, д. д. д,  
20  $J = 3.2, J = 4.3, J = 12.0$ , 9-CH(экзо)); 2.96 (1H, д. д. д,  $J = 4.7, J = 8.2, J = 17.6$ ) и 3.03  
21 (1H, д. д. д,  $J = 4.6, J = 6.2, J = 17.6$ , 5-CH<sub>2</sub>); 3.10 (1H, д. д. д. д,  $J = 3.2, J = 7.7, J = 9.3$ ,  
22  $J = 9.5$ , 8a-CH); 3.46 (1H, д. д,  $J = 9.5, J = 12.3$ , 8-CH(B)); 3.59 (1H, д. д. д,  $J = 4.7$ ,  
23  $J = 6.2, J = 12.7$ , 6-CH(B)); 4.15 (1H, д. д. д,  $J = 4.6, J = 8.2, J = 12.7$ , 6-CH(A)); 4.35 (1H,  
24 д. д,  $J = 7.4, J = 13.3$ ) и 5.02 (1H, д. д,  $J = 7.0, J = 13.3$ , CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 4.71 (1H, д. д,  
25  $J = 9.3, J = 12.3$ , 8-CH(A)); 4.98 (1H, д. д,  $J = 1.6, J = 4.3$ , 10-CH); 5.64 (1H, д,  $J = 10.2$ ) и  
26 5.83 (1H, д,  $J = 16.8$ , CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 6.18 (1H, д. д. д. д,  $J = 7.0, J = 7.4, J = 10.2, J = 16.8$ ,  
27 CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 6.33 (1H, д. д,  $J = 1.6, J = 5.8$ , 11-CH); 6.40 (1H, с, 12b-CH); 6.99 (1H, д,  
28  $J = 5.8$ , 12-CH); 7.20–7.22 (1H, м, Н-4); 7.30–7.32 (2H, м, Н-2,3); 7.39–7.41 (1H, м,  
29 Н-1). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (100 МГц, CDCl<sub>3</sub>), δ, м. д.: 24.7 (C-5); 33.7 (C-9); 40.2 (C-8a);  
30 58.2 (C-6); 66.0 (CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 69.3 и 70.6 (C-8,12b); 80.4 (C-10); 98.4 (C-12a); 125.7  
31 (CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 126.9 (C-12c); 127.3, 127.9, 128.2, 128.8 (C Ph); 129.0 (CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>);  
32 131.4 (C-4a); 133.5 (C-12); 137.0 (C-11). Масс-спектр (ESI),  $m/z$ : 280 [M–I]<sup>+</sup>. Найдено,  
33 %, С 63.49; Н 6.56; N 4.12. C<sub>19</sub>H<sub>22</sub>BrNO. Вычислено, %: С 63.34; Н 6.15; N 3.89.

34 *Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фунда-*  
35 *ментальных исследований (грант 11-03-90416-Укр\_ф\_а) и Государственного*  
36 *фонда фундаментальных исследований Украины (проект Ф40.3/045).*  
37 *Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории Центра*  
38 *прецизионных инструментальных методов анализа "ПРИМА" ЦКП РУДН*  
39 *за проведение спектральных исследований.*

40

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 41 1. G. Manikumar, M. Shamma, *Heterocycles*, **14**, 827 (1980).  
42 2. R. Alonso, L. Castedo, D. Dominguez, *Tetrahedron Lett.*, **26**, 2925 (1985).  
43 3. V. U. Ahmad, A. Rahman, T. Rasheed, H. Rehman, *Heterocycles*, **26**, 1251 (1987).  
44 4. V. U. Ahmad, S. Iqbal, *Phytochemistry*, **33**, 735 (1993).  
45 5. V. U. Ahmad, S. Iqbal, *Nat. Prod. Lett.*, **2**, 105 (1993).  
46 6. T. Rasheed, M. N. I. Khan, S. S. A. Zhadi, S. Durrani, *J. Nat. Prod.*, **54**, 582 (1991).  
47 7. R. Grigg, V. Sridharan, P. Stevenson, S. Sukirthalingam, T. Worakun, *Tetrahedron*,  
48 **46**, 4003 (1990).  
49 8. R. Grigg, V. Sridharan, P. Stevenson, T. Worakun, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*,  
50 **23**, 1697 (1986).

- 1 9. Y. Abe, A. Ohsawa, H. Igeta, *Heterocycles*, **19**, 49 (1982).  
2 10. H. Heaney, K. F. Shuhaibar, *Tetrahedron Lett.*, **35**, 2751 (1994).  
3 11. Т. В. Алпатова, В. Г. Яшунский, *XTC*, 1084 (1981). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **17**,  
4 804 (1981).]  
5 12. E. Sobarzo-Sánchez, E. Uriarte, L. Santana, R. A. Tapia, P. P. Lourido, *Helv. Chim.*  
6 *Acta*, **93**, 1385 (2010).  
7 13. Y. Tominaga, Y. Shiroshita, Y. Matsuda, A. Hosomi, *Heterocycles*, **26**, 2073 (1987).  
8 14. N. S. Basketter, A. O. Plunkett, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 188b (1973).  
9 15. Y. Tang, J. C. Fettinger, J. T. Shaw, *Org. Lett.*, **11**, 3802 (2009).  
10 16. J. Pérard-Viret, F. Souquet, M.-L. Manisse, J. Royer, *Tetrahedron Lett.*, **51**, 96 (2010).  
11 17. M. Winn, H. E. Zaugg, *J. Org. Chem.*, **33**, 3779 (1968).  
12 18. G. J. Hitchings, M. Helliwell, J. M. Vernon, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 83 (1990).  
13 19. M. T. El Gihani, H. Heaney, K. F. Shuhaibar, *Synlett*, 871 (1996).  
14 20. A. R. Katritzky, S. Mehta, H.-Y. He, *J. Org. Chem.*, **66**, 148 (2001).  
15 21. M. I. Collado, I. Manteca, N. Sotomayor, M.-J. Villa, E. Lete, *J. Org. Chem.*, **62**, 2080  
16 (1997).  
17 22. I. González-Temprano, I. Osante, E. Lete, N. Sotomayor, *J. Org. Chem.*, **69**, 3875 (2004).  
18 23. J. Selvakumar, C. R. Ramanathan, *Org. Biomol. Chem.*, **9**, 7643 (2011).  
19 24. G. Kim, J. H. Kim, W.-J. Kim, Y. A. Kim, *Tetrahedron Lett.*, **44**, 8207 (2003).  
20 25. P. L. Barili, V. Scartoni, *J. Heterocycl. Chem.*, **22**, 1199 (1985).  
21 26. R. B. Othman, R. Affani, M.-J. Tranchant, S. Antoniotti, V. Dalla, E. Duñach, *Angew.*  
22 *Chem., Int. Ed.*, **49**, 776 (2010).  
23 27. A. Moreau, A. Couture, E. Deniau, P. Grandclaoudon, S. Lebrun, *Tetrahedron*, **60**, 6169  
24 (2004).  
25 28. F. I. Zubkov, J. D. Ershova, A. A. Orlova, V. P. Zaytsev, E. V. Nikitina, A. S. Peregudov,  
26 A. V. Gurbanov, R. S. Borisov, V. N. Khrustalev, A. M. Maharramov, A. V.  
27 Varlamov, *Tetrahedron*, **65**, 3789 (2009).  
28 29. F. I. Zubkov, J. D. Ershova, V. P. Zaytsev, M. D. Obushak, V. S. Matiychuk,  
29 E. A. Sokolova, V. N. Khrustalev, A. V. Varlamov, *Tetrahedron Lett.*, **51**, 6822  
30 (2010).  
31 30. K. T. Tagmazyan, G. O. Torosyan, R. S. Mkrtchan, A. T. Babayan, *Arm. Khim. Zh.*,  
32 **29**, 352 (1976); *Chem. Abstr.*, **86**, 42746 (1977).  
33 31. A. T. Babayan, K. T. Tagmazyan, R. S. Mkrtchan, *Dokl. Akad. Nauk Arm. SSR, Org.*  
34 *Khim.*, **55**, 224 (1972); *Chem. Abstr.*, **79**, 92058 (1973).  
35 32. K. T. Tagmazyan, R. S. Mkrtchan, A. T. Babayan, *Arm. Khim. Zh.*, **27**, 957 (1974);  
36 *Chem. Abstr.*, **82**, 111234 (1975).  
37 33. J. Sauer, *Angew. Chem., Int. Ed.*, **6**, 16 (1967).  
38 34. F. A. A. Toze, J. D. Ershova, M. D. Obushak, F. I. Zubkov, V. N. Khrustalev, *Acta*  
39 *Crystallogr.*, **E66**, o1388 (2010).

40 <sup>1</sup> Российский университет дружбы народов,  
41 ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва 117198, Россия  
42 e-mail: vzaitsev@sci.pfu.edu.ru

Поступило 10.01.2013

43 <sup>2</sup> Львовский национальный университет  
44 им. Ивана Франко,  
45 ул. Кирилла и Мефодия, 6, Львов 79005, Украина  
46 e-mail: pnc\_obushak@mail.lviv.ua

- 1 Ф. И. Зубков, В. П. Зайцев, М. Д. Обушак, Ю. Д. Еришова, Д. Ф. Мерцалов,
- 2 Е. А. Сорокина, Е. В. Никитина, Ю. И. Горак, Р. З. Лытвын, А. В. Варламов
- 3 Синтез солей эпоксиизоиндоло[1,2-а]изохинолина реакцией внутримолекулярного
- 4 [4+2]-циклоприсоединения в галогенидах 1-фурил-2-аллилизохинолина

