

УДК 547.78

В. А. ТАРАСЕВИЧ, Л. И. ЮЖИК, Л. И. БАСАЛАЕВА,  
Л. И. АНТОНОВСКАЯ, Н. А. БЕЛЯСОВА

### СИНТЕЗ И БИОЦИДНЫЕ СВОЙСТВА АЛКИЛИРОВАННЫХ 4,5-ДИГИДРО-1H-ИМИДАЗОЛОВ

Институт химии новых материалов НАН Беларуси,  
Белорусский государственный технологический университет

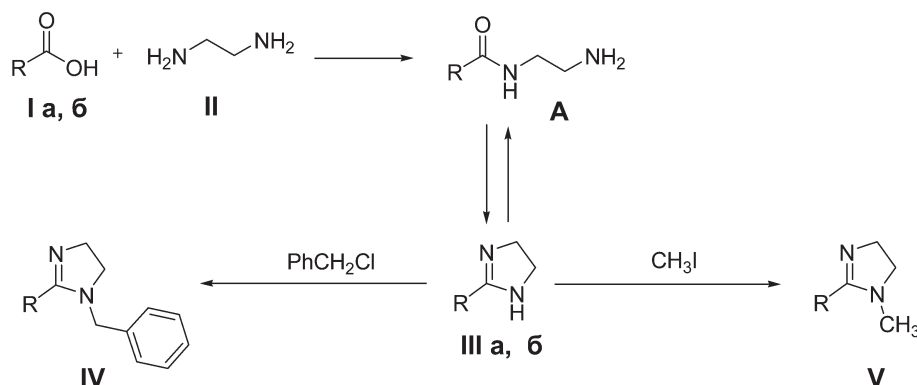
(Поступила в редакцию 01.09.2008)

Соединения, содержащие алкилимидазолиновый фрагмент, известны своим широким спектром биоцидного действия. Они обладают антимикробной активностью по отношению к фитопатогенным бактериям и мицелиальным грибам [1, 2]. Поскольку всегда существует проблема защиты различных материалов от микробного поражения, то не исчезает и интерес к выявлению новых препаратов, обладающих подобными свойствами.

Цель данной работы – синтез новых алкилимидазолов и их производных и изучение антибактериальной и антифунгальной активности полученных препаратов.

Конденсацией олеиновой (**Ia**) и стеариновой (**Iб**) кислот с этилендиамином (**II**) и последующей гетероциклизацией промежуточно образующегося аминоксиламида **A** синтезированы 2-(8-гептадецил)-4,5-дигидро-1H-имидазол (**IIIa**) и 2-гептадецил-4,5-дигидро-1H-имидазол (**IIIб**).

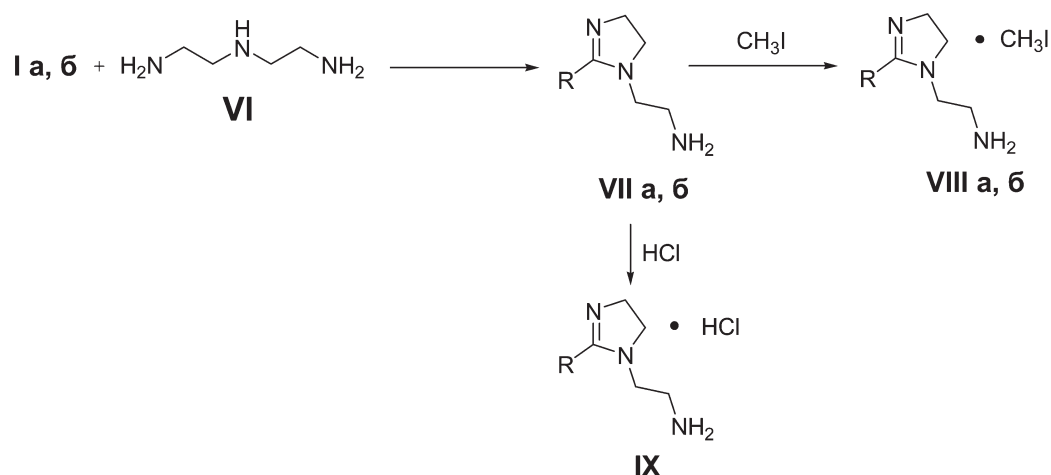
Синтез проводили двумя методами: безрастворным и с эффективным удалением воды в растворе толуола. Безрастворный способ прост в исполнении, но продукты реакции содержат значительное количество примесей, среди которых основное место занимает аминоксиламид применяемой кислоты. Для технических целей, например в качестве ПАВ для водно-битумных эмульсий, возможно использование такого продукта без дальнейшей очистки. Для получения алкилимидазолов с более высокой степенью чистоты более приемлем способ с эффективным удалением воды (кипячение в толуольном растворе с применением насадки Дина–Старка). Безрастворным способом, который заключается в смешении эквимольных количеств исходных веществ и нагревании полученной смеси в течение 30 мин при 280 °С, получен дигидроимидазол (**IIIб**), но для его очистки потребовалось трехкратное пропускание спиртового раствора реакционной смеси через слой окиси алюминия, в то время как дигидроимидазол (**IIIa**), синтезированный в бензольном растворе с удалением воды, отфильтровывали через слой окиси алюминия один раз. Степень очистки продукта контролировали методом тонкослойной хроматографии. Чистота полученных образцов не менее 92%.



R = C<sub>17</sub>H<sub>33</sub> (**Ia**, **IIIa**, **V**); C<sub>17</sub>H<sub>35</sub> (**Iб**, **IIIб**, **IV**)

Соединения ряда имидазола – довольно сильные основания, но в то же время за счет N–H связи имидазольное кольцо обладает выраженными кислотными свойствами [3] и способно к реакциям нуклеофильного замещения. Литературные данные [4, 5] указывают на повышение биоцидной активности для производных имидазолов, поэтому целесообразным было проведение реакции синтезированных алкилимидазолов (**IIIa, б**) с хлористым бензилом и иодистым метилом. Получены соответственно 2-гептадецил-1-(фенилметил)-4,5-дигидро-1*H*-имидазол (**IV**) и 2-(8-гептадецил)-1-метил-4,5-дигидро-1*H*-имидазол (**V**).

Реакцией диэтилентриамина (**VI**) с олеиновой и стеариновой кислотами получены 2-[2-(8-гептадецил)-(**VIIa**)- и 2-гептадецил-(**VIIб**)-4,5-дигидро-1*H*-имидазол-1-ил]этиламинами. Замена протона у атома азота в положении 1 на алкиламин исключает возможность реакции нуклеофильного замещения и для соединений (**VII a, б**) реакция с иодистым метилом заканчивается синтезом солей четвертичных аммониевых оснований (**VIII a, б**).



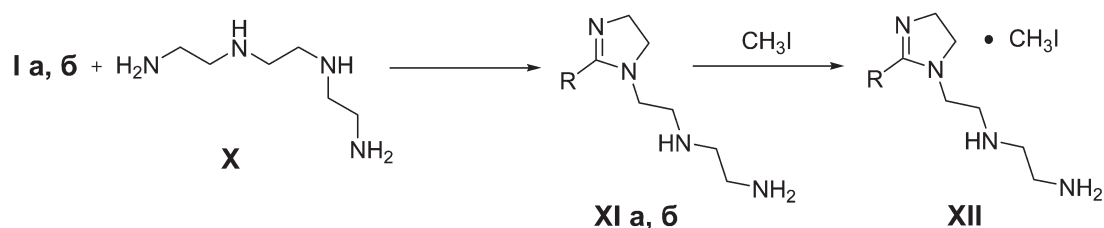
R = C<sub>17</sub>H<sub>33</sub> (**VIIa, VIIIa**); C<sub>17</sub>H<sub>35</sub> (**VIIб, VIIIб, IX**)

Для повышения растворимости в воде (при этом облегчается процесс определения биоцидной активности) пропусканием газообразного HCl в эфирный раствор имидазолилэтиламина (**VIIб**) получен гидрохлорид (**IX**). Это кристаллическое соединение с четкой температурой плавления, антимикробная активность которого оказалась выше активности имидазолилэтиламина (**VIIб**) (табл. 1).

Таблица 1. Антимикробная активность препаратов алкилимидазолинов (серия испытаний)

Препарат	МИК препаратов, % (показатель R) по отношению к тест-культурам	
	<i>P. fluorescens</i> B22	<i>S. cerevisiae</i> 31A
<b>VIIIa</b>	0,03 (5,23)	0,02 (0,79)
<b>VIIIб</b>	0,03 (5,93)	0,02 (5,26)
<b>IX</b>	0,03 (4,27)	0,01 (3,42)
<b>XII</b>	0,04 (4,62)	0,01 (1,73)

Синтез N-(2-аминоэтил)-N-(2-{2-[8-гептадецил] (**XIa**) и 2-гептадецил-(**XIб**)-4,5-дигидро-1*H*-имидазол-1-ил}этил)аминов осуществлен реакцией олеиновой и стеариновой кислот с триэтилентетраамином (**X**).



R = C<sub>17</sub>H<sub>33</sub> (**XIa**); C<sub>17</sub>H<sub>35</sub> (**XIб, XII**)

Полученные дигидроимидазолы (**IIIa, б, IV, V, VIIa, б, VIIIa, б; IX, XI a, б; XII**) – соединения неустойчивые, выделяемые в виде маслянистой жидкости, при хранении они затвердевают, что указывает на превращение в аминокламамид **A** под действием влаги воздуха. Обратный переход возможен при нагревании. Производные дигидроимидазолов (**IV, V, VIIIa, б, IX, XII**) – соединения кристаллические, устойчивые.

Строение синтезированных соединений определено методами ИК и ЯМР  $^1\text{H}$  спектроскопии и данными элементного анализа. В ИК-спектрах 4,5-ди-гидро-1*H*-имидазолов (**IIIa, б, IV, V, VIIa, б; VIIIa, б; IX, XI a, б; XII**) в областях 2967–2910 и 2859–2831  $\text{cm}^{-1}$  наблюдаются полосы поглощения, принадлежащие соответственно антисимметричным и симметричным колебаниям групп  $\text{CH}_2$  в радикале кислотного остатка. В дальней ИК-области при 699–689 и 735–718  $\text{cm}^{-1}$  присутствуют две полосы валентных колебаний связи  $\text{C}=\text{N}$ , характерных для имидазольного кольца [6]. Для соединений (**III a, б**) валентные и деформационные колебания группы  $\text{NH}$  дают полосы поглощения при 3310–3300 и 1655–1650  $\text{cm}^{-1}$  соответственно. В ЯМР  $^1\text{H}$  спектрах синтезированных соединений (**IIIa, б, IV, V, VIIa, б; VIIIa, б; IX, XI a, б; XII**) характерным является триплет при 0.80–0.94 м. д. концевой метильной группы кислотного радикала.

В табл. 2 систематизированы результаты исследования способности испытуемых препаратов ингибировать рост широко распространенных в водных и почвенных экосистемах и достаточно устойчивых к химическим поллютантам бактерий *Pseudomonas fluorescens* B22, фитопатогенных бактерий *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* 3–2, а также дрожжей *Saccharomyces vini* S4 и *Candida scottii* A-1. Представленные данные свидетельствуют об избирательной чувствительности бактериальных и дрожжевых тест-культур к исследованным препаратам. Кроме того, можно констатировать довольно схожие значения минимальной ингибирующей концентрации (МИК) для разных препаратов, что свидетельствует о небольших различиях их антимикробных свойств.

Т а б л и ц а 2. Антимикробная активность препаратов алкилимидазолинов (серия испытаний)

Препарат	МИК препаратов, % (показатель <i>R</i> ) по отношению к тест-культурам			
	<i>P. fluorescens</i> B22	<i>E. carotovora</i> 3–2	<i>S. vini</i> S4	<i>C. scottii</i> A-1
<b>IIIa</b>	0,050 (0,08)	0,050 (0,11)	0,005 (3,59)	0,005 (3,83)
<b>IIIб</b>	0,050 (0,15)	0,050 (0,21)	0,005 (3,63)	0,005 (3,86)
<b>IV</b>	0,030 (1,10)	0,030 (1,18)	0,005 (4,12)	0,005 (4,46)
<b>VIIa</b>	0,010 (0,28)	0,010 (1,67)	0,010 (0,18)	0,010 (0,23)
<b>VIIб</b>	0,010 (0,08)	0,010 (1,19)	0,005 (2,03)	0,005 (2,72)
<b>XIa</b>	0,030 (1,16)	0,030 (1,39)	0,010 (0,15)	0,010 (0,20)
<b>XIб</b>	0,030 (1,10)	0,030 (1,06)	0,005 (2,18)	0,005 (3,04)

Сопоставление полученных характеристик антимикробной активности препаратов с особенностями строения их молекул позволяет сделать вывод, что увеличение антибактериального действия происходит после замены протона имидазольного кольца на алкил или алкиламин. Так, 2-(8-гептадецил)-4,5-дигидро-1*H*-имидазол (**IIIa**) и 2-гептадецил-4,5-дигидро-1*H*-имидазол (**IIIб**) обладают очень невысокой антибактериальной активностью, а 2-[2-(8-гептадецил)-4,5-дигидроимидазол-1-ил]этиламин (**VIIa**) и 2-[(2-гептадецил)-4,5-дигидро-1*H*-имидазол-1-ил]-1-этиламин (**VIIб**) характеризуются максимально высоким антибактериальным действием в испытанном ряду препаратов (ингибируют рост бактерий в концентрации 0,01%, в то время как МИК препаратов **IIIa** и **IIIб** по отношению к бактериальным тест-культурам составляют 0,05%). Наиболее выраженной антифунгальной активностью характеризуется 2-гептадецил-4,5-дигидро-1-(фенилметил)-1*H*-имидазол (**IV**): при одинаковом с большинством испытанных веществ значении МИК (0,005%) он отличается наиболее высоким показателем антимикробной активности *R*.

Сравнивая антимикробные свойства соединений одинаковых по строению ядра, но различающихся алкильными заместителями, можно прийти к выводу, что замена непредельного алкила *R* в (**IIIa**) на предельный в (**IIIб**) практически не сказывается на изменении антибактериальных и антифунгальных свойств. В то же время замена протона атома азота у этих соединений на алкиламин оказывает влияние на величину антифунгальной активности. Так, 2-{2-[(8-гептадецил)-

4,5-дигидро-1*H*-имидазол-1-ил}-1-этиламин (**VIIa**) заметно активнее 2-[(2-гептадецил)-4,5-дигидро-1*H*-имидазол-1-ил]-1-этиламина (**VIIб**) по отношению к бактериям, но намного менее активен против дрожжей (при МИК 0,005% показатель антимикробной активности для **VIIб** превышает 2,0, в то время как **VIIa** начинает ингибировать развитие дрожжей в концентрации 0,01% и показатель *R* при такой концентрации только 0,18-0,23). Можно сказать, что с удлинением аминокильной цепи у атома азота имидазольного кольца наличие двойной связи у кислотного остатка (*R*) влияет на величину антифунгальной активности. Так, *N*-(2-аминоэтил)-*N*-(2-[2-гептадецил-4,5-дигидро-1*H*-имидазол-1-ил]-этил)амин (**XIб**) отличается гораздо лучшими антифунгальными свойствами по сравнению с *N*-(2-аминоэтил)-*N*-(2-{2-[8-гептадеценил]-4,5-дигидро-1*H*-имидазол-1-ил}этил)амином (**XIa**) при сопоставимой антибактериальной активности.

Антимикробные свойства препаратов приведены в табл. 1. Приведенные данные свидетельствуют, что четвертичные аммониевые основания – 2-[2-(8-гептадеценил)]-(**VIIIa**) и 2-(2-гептадецил)-4,5-дигидро-1*H*-имидазол-1-ил)этиламина метилиодиды (**VIIIб**) более активны по отношению к тест-культуре дрожжей (МИК = 0,02), чем бактерий (МИК = 0,03%), при этом (**VIIIб**) ограничивает развитие дрожжей гораздо сильнее (*R* = 5,26), чем препарат (**VIIIa**) (*R* = 0,79). Соединение (**VIIIб**) чуть более выражено ингибирует рост бактерий, чем 2-[(2-гептадецил)-4,5-дигидро-1*H*-имидазол-1-ил]-1-этиламина гидрохлорид (**IX**), но менее активен в отношении дрожжей (МИК<sub>VIIIб</sub> = 0,02, МИК<sub>IX</sub> = 0,01); препарат **VIIIa** обладает более выраженной антибактериальной активностью, чем **XII**, но его антифунгальные свойства хуже (МИК соответственно 0,02 и 0,01), т. е. выраженной зависимости какой-либо активности от строения соединения здесь не наблюдается.

**Экспериментальная часть.** ИК-спектры соединений записаны на Фурье-спектрофотометре Protege-460 фирмы «Nicolet» в тонком слое или в таблетках КВг. Спектры ЯМР зарегистрированы на спектрометре Bruker AC-500 (500 МГц) для 5%-ных растворов в ДМСО-*d*<sub>6</sub>, химические сдвиги определяли относительно внутреннего стандарта ТМС.

Изучение антимикробной активности синтезированных соединений осуществляли с использованием тест-культур бактерий и дрожжей суспензионным методом, определяя концентрацию выживших клеток после совместного инкубирования в течение суток в питательной среде с производными алкилимидазолов. Для сопоставления антимикробных свойств препаратов использовали такие параметры, как МИК и показатель антимикробной активности (*R*). МИК препарата по отношению к той или иной тест-культуре определяли как наименьшую (из испытанных) концентрацию антимикробного агента, при которой тормозится рост микроорганизмов (суспензия после инкубирования остается прозрачной). Показатель *R* для каждого препарата в концентрации, соответствующей МИК, вычисляли по формуле:

$$R = \log \left( \frac{K_2}{K_1} \right),$$

где *K*<sub>1</sub> – концентрация клеток в суспензиях после 24-часового инкубирования с одним из препаратов алкилимидазолов; *K*<sub>2</sub> – концентрация клеток в контроле (суспензия клеток тест-культуры после 24-часового инкубирования без препаратов алкилимидазолов).

Культивирование микроорганизмов и их количественный учет проводили общепринятыми методами [7], использовали тест-культуры из коллекции кафедры биотехнологии и биоэкологии БГТУ. Испытания препаратов производили в разное время в двух сериях: (**IIIa, б, IV, VIIa, б; XI a, б**) и (**VIIIa, б; IX, XII**).

**2-Гептадецил-4,5-дигидро-1*H*-имидазол (IIIб).** Смесь 2.84 г (0.01 моль) стеариновой (**Iб**) кислоты и 0.72 г (0.01 моль) этилендиамина (**II**) нагревали на воздушной бане при 280 °С 30 мин. После охлаждения реакционную смесь растворяли в спирте, трижды отфильтровывали через тонкий слой окиси алюминия и упаривали. Выход 1.84 г (60%), густая маслянистая жидкость. ИК-спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3330, 3026, 2916, 2843, 2762, 1650, 1610, 1451, 718, 684. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H,  $\delta$ , м. д.: 0.83 т (3H, CH<sub>3</sub>), 1.22–1.54 м (32H, 16 CH<sub>2</sub>), 1.73–1.84 (4H, 2CH<sub>2</sub>), 7.56 м (1H, NH). Найдено, % С 77.87, Н 13.03, N 9.05. С<sub>20</sub> H<sub>40</sub> N<sub>2</sub>. Вычислено, % С 77.85, Н 13.07, N 9.08.

**2-(8-Гептадеценил)-4,5-дигидро-1*H*-имидазол (III a, б), 2-алкил-4,5-дигидро-1*H*-имидазол-1-ил-1-этиламина (VII a, б) и *N*-(2-аминоэтил)-*N*-[2-(2-алкил)-4,5-дигидро-1*H*-имидазол-1-**

ил]этиламина (**XI а, б**). Раствор 2.82 г (0.01 моль) олеиновой (**I а**) или 2.84 г (0.01 моль) стеариновой (**Iб**) кислоты и 0.012 моль этилендиамина (**II**), диэтилентриамина (**VI**) или триэтилентетрамина (**X**) в 50 мл толуола кипятили с насадкой Дина–Старка до выделения расчетного количества воды. После окончания реакции из реакционной смеси отделяли толуол, остаток растворяли в спирте, отфильтровывали через тонкий слой окиси алюминия и упаривали.

**2-(8-Гептадеценил)-4,5-дигидро-1H-имидазол (III а)**. Выход 1.64 г (53%), густая маслянистая жидкость. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3310, 3062, 2921, 2851, 2702, 1655, 1604, 1466, 1455, 721, 699. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0.80 т (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.25–1.50 м (28H, 14  $\text{CH}_2$ ; 2H,  $\text{CH}=\text{CH}$ ), 1.70–1.82 (4H,  $2\text{CH}_2$ ), 7.50 м (1H, NH). Найдено, % С 78.43, Н 12.54, N 9.10.  $\text{C}_{20}\text{H}_{38}\text{N}_2$ . Вычислено, % С 78.37, Н 12.50, N 9.13.

**2-{2-[8-Гептадеценил]-4,5-дигидро-1H-имидазол-1-ил}-1-этиламин (VIIа)**. Выход 2.09 г (60%), густая маслянистая жидкость. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3381, 3053, 2925, 2855, 2719, 2634, 1607, 1460, 1447, 1323, 729, 683. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0.92 т (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.25–1.50 м (32H, 16  $\text{CH}_2$ ; 2H,  $\text{CH}=\text{CH}$ ), 1.64–1.69 (4H,  $2\text{CH}_2$ ). Найдено, % С 75.61, Н 12.37, N 12.05.  $\text{C}_{22}\text{H}_{43}\text{N}_3$ . Вычислено, % С 75.58, Н 12.40, N 12.02.

**2-[(2-Гептадецил)-4,5-дигидро-1H-имидазол-1-ил]-1-этиламин (VIIб)**. Выход 2.45 г (70%), густая маслянистая жидкость. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3361, 3094, 2967, 2831, 2706, 2627, 1602, 1423, 1444, 1315, 734, 687. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0.85 т (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.25–1.50 м (36H, 18  $\text{CH}_2$ ), 1.72–1.79 (4H,  $2\text{CH}_2$ ). Найдено, % С 75.11, Н 12.86, N 11.93.  $\text{C}_{22}\text{H}_{45}\text{N}_3$ . Вычислено, % С 75.15, Н 12.90, N 11.95.

**N-(2-Аминоэтил)-N-(2-{2-[8-гептадеценил]-4,5-дигидро-1H-имидазол-1-ил}этил)амин (XIа)**. Выход 1.84 г (47%), густая маслянистая жидкость. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3361, 3094, 3042, 2931, 2850, 2723, 2637, 2541, 1609, 1452, 1433, 1323, 735, 683. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0.86 т (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.17–1.49 м (36H, 18  $\text{CH}_2$ ; 2H,  $\text{CH}=\text{CH}$ ), 1.71–1.79 (4H,  $2\text{CH}_2$ ). Найдено, % С 73.40, Н 12.37, N 14.22.  $\text{C}_{24}\text{H}_{48}\text{N}_4$ . Вычислено, % С 73.41, Н 12.32, N 14.27.

**N-(2-Аминоэтил)-N-(2-[2-гептадецил-4,5-дигидро-1H-имидазол-1-ил]-этил)амин (XIб)**. Выход 2.28 г (58%), густая маслянистая жидкость. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3361, 3042, 2917, 2853, 2741, 2634, 1611, 1460, 1432, 1323, 729, 685. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0.86 т (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.23–1.57 м (40H, 20  $\text{CH}_2$ ), 1.67–1.73 (4H,  $2\text{CH}_2$ ). Найдено, % С 73.06, Н 12.79, N 14.26.  $\text{C}_{24}\text{H}_{50}\text{N}_4$ . Вычислено, % С 73.04, Н 12.76, N 14.20.

**2-Гептадецил-4,5-дигидро-1-(фенилметил)-1H-имидазол (IV)**. Смесь 3.08 г (0.01 моль) 4,5-дигидро-2-гептадецил-1H-имидазола (**III б**) и 1,26 г (0.01 моль) хлористого бензила в 30 мл метанола кипятили в течение 30 мин, после охлаждения выпавшие кристаллы отфильтровывали и трижды промывали толуолом. Выход продукта 2.54 г (64%), темно-коричневое кристаллическое соединение, т. пл. 122–123 °С. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3357, 3031, 2960, 2840, 2711, 2612, 1601, 1430, 1418, 1311, 720, 685. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0.80 т (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.20–1.47 м (34H, 17  $\text{CH}_2$ ), 1.62–1.70 (4H,  $2\text{CH}_2$ ), 7.30–7.39, 7.43–7.50, 7.80–7.85 м (5  $\text{H}_{\text{аром}}$ ). Найдено, % С 81.30, Н 11.60, N 7.02.  $\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{N}_2$ . Вычислено, % С 81.34, Н 11.63, N 7.03.

**2-(8-Гептадеценил)-1-метил-4,5-дигидро-1H-имидазол (V)** получен по описанной выше методике из 2-(8-гептадеценил)-4,5-дигидро-1H-имидазола (**III а**) и двукратного избытка метила иодистого. Выход 1.45 г (45%), темно-коричневое кристаллическое соединение, т. пл. 115–116 °С. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3311, 3264, 3023, 2910, 2842, 2811, 2743, 2645, 1617, 1465, 1439, 1321, 732, 694. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0.86 т (3H,  $\text{CH}_3$ ), 0.91 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.24–1.59 м (28H, 14  $\text{CH}_2$ ; 2H,  $\text{CH}=\text{CH}$ ), 1.69–1.73 (4H,  $2\text{CH}_2$ ). Найдено, % С 78.70, Н 12.63, N 8.72.  $\text{C}_{21}\text{H}_{40}\text{N}_2$ . Вычислено, % С 78.68, Н 12.58, N 8.74.

**Метилиодиды (VIII а, б, XII)** получены согласно методики кватернизации третичных аминов [8] в ацетонитриле.

**2-[2-(8-гептадеценил)-4,5-дигидро-1H-имидазол-1-ил]этиламина метилиодид (VIIIа)**. Выход 1.47 г (30%), светло-коричневое кристаллическое соединение, т. пл. 91–92 °С. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3380, 3042, 2921, 2843, 2719, 2643, 1755, 1600, 1445, 1439, 1316, 720, 681. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0.92 т (3H,  $\text{CH}_3$ ), 2.10 м (3H,  $\text{CH}_3\text{I}$ ), 1.34–1.55 м (32H, 16  $\text{CH}_2$ ; 2H,  $\text{CH}=\text{CH}$ ), 1.63–1.70 (4H,  $2\text{CH}_2$ ). Найдено, % С 56.20, Н 9.41, N 8.52.  $\text{C}_{23}\text{H}_{46}\text{N}_3\text{I}$ . Вычислено, % С 56.22, Н 9.37, N 8.55, I 25.86.

**2-(2-гептадецил-4,5-дигидро-1H-имидазол-1-ил)этиламина метилиодид (VIIIб)**. Выход 2.07 г (42%), светло-коричневое кристаллическое соединение, т. пл. 100–102 °С. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ :



3374, 3038, 2911, 2840, 2719, 2652, 1757, 1614, 1442, 1439, 1322, 724, 687. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0.94 т (3H,  $\text{CH}_3$ ), 2.24 м (3H,  $\text{CH}_3$  I), 1.36–1.65 м (34H, 17  $\text{CH}_2$ ), 1.73–1.79 (4H, 2 $\text{CH}_2$ ). Найдено, % С 60.00, Н 9.70, N 8.49.  $\text{C}_{23}\text{H}_{48}\text{N}_3$  I. Вычислено, % С 55.98, Н 9.74, N 8.52, I 25.76.

**N-(2-аминоэтил)-N-[2-(2-гептадецил)-4,5-дигидро-1H-имидазол-1-ил]этиламина метилионид (XII)**. Выход 1.77 г (33%), светло-коричневое кристаллическое соединение. т. пл. 120–123 °С. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3354, 3029, 2915, 2859, 2723, 2649, 1753, 1619, 1442, 1439, 1318, 727, 689. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0.94 т (3H,  $\text{CH}_3$ ), 2.15 м (3H,  $\text{CH}_3$  I), 1.32–1.71 м (40H, 17  $\text{CH}_2$ ), 1.75–1.80 (4H, 2 $\text{CH}_2$ ). Найдено, % С 60.00, Н 9.89, N 10.42.  $\text{C}_{25}\text{H}_{53}\text{N}_4$  I. Вычислено, % С 55.98, Н 9.88, N 10.44, I 23.70.

**2-[(2-Гептадецил)-4,5-дигидро-1H-имидазол-1-ил]-1-этиламина гидрохлорид (IX)** получен согласно методике [9]. Выход 2.45 г (70%), светло-коричневое кристаллическое вещество, т. пл. 170 °С. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3090, 2983, 2961, 2825, 2713, 2634, 1678, 1614, 1532, 1427, 1329, 734, 687. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0.83 т (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.20–1.47 м (36H, 18  $\text{CH}_2$ ), 1.70–1.75 (4H, 2 $\text{CH}_2$ ). Найдено, % С 68.25, Н 11.86, N 10.90, Cl 9.10.  $\text{C}_{22}\text{H}_{45}\text{N}_3\text{HCl}$ . Вычислено, % С 68.21, Н 11.88, N 10.95, Cl 9.06.

### Литература

1. Pat. USA № 6777426. Wong C. W., Jeon T. Y., Murali D. T. G., Gluchowski Ch.
2. Trivedi S. D., Kubawat H. T., Parekh H. H. // J. Indian Chem. Soc. 2002. N 3. P. 282.
3. Несмеянов А. Н., Несмеянов Н. А. Начала органической химии. М., 1970. Кн. 2. С. 314.
4. Zabielska-Matejuk J., Urbanik E., Pernak J. // Synthesis. 1990. Vol. 53. P. 292.
5. Zabielska-Matejuk J. // Synthetic Communications. 2006. Vol. 36. P. 2059.
6. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М., 1965.
7. Методы общей бактериологии. В 3 т. / Под ред. Ф. Герхардта и соавт. М., 1983, 1984.
8. Вейганд-Хильгетаг. Методы эксперимента в органической химии. М., 1968. С. 423.
9. Кнунянц И. Л., Фабричный Б. Ф. Реакции и методы исследования органических соединений. М., 1954. Кн. 3. С. 254.

V. A. TARASEVICH, L. I. YUZHNIK, L. I. BASALAEVA, L. I. ANTONOVSKAYA, N. A. BELYASOVA

### SYNTHESIS AND BIOCIDAL PROPERTIES OF ALKYLATED 4,5-DIHYDRO-1H-IMIDAZOLES

### Summary

A series of novel alkylimidazoles and their derivatives have been prepared. The structure of compounds synthesized has been confirmed by IR and NMR  $^1\text{H}$  spectroscopy, as well as by elemental analysis data. Antibacterial and antifungal activity of compounds prepared has been studied.