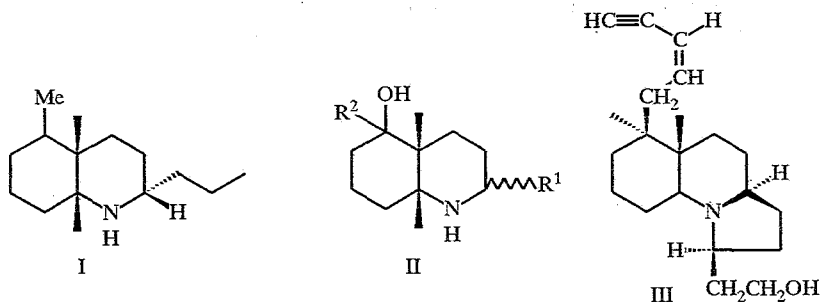


Г. В. Гришина, А. А. Еспенбетов, А. И. Яновский, Ю. Т. Стручков

СТЕРЕОХИМИЯ, АБСОЛЮТНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА *цис*-(4*S*,9*S*,10*R*)-1-(*S*-1-ФЕНИЛЭТИЛ)ДЕКАГИДРОХИНОЛИН-4-ОЛА. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СТЕРЕОХИМИЯ ЦИКЛОАЛКАНО-2,3-ПИПЕРИДИН-4-ОЛОВ

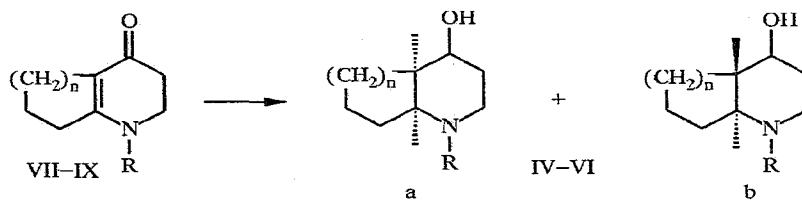
По данным РСА, *цис*-изомер 1-(1-фенилэтил)декагидрохинолин-4-ола, являющийся преобладающим при стереоселективном гидридном восстановлении боргидридом натрия 1-(1-*S*-фенилэтил)- $\Delta^{9,10}$ -октагидрохинолин-4-она, имеет (4*S*,9*S*,10*R*)-конфигурацию. Проведен сравнительный анализ рентгеноструктурных данных для этого *цис*-декагидрохинолин-4-ола и ранее изученных пиперидин-4-онов с известной абсолютной конфигурацией. Обсуждены стереохимические закономерности циклоалкано-2,3-пиперидин-4-олов.

цис-Декагидрохинолиновая система, ранее не встречавшаяся в растительных алкалоидах, является структурной основой семейств нейротоксиновых алкалоидов, выделенных из кожных секретов ядовитых панамских древесных лягушек *Dendrobates pumilio*, пумилиотоксина С (I), гидроксипумилиотоксина (II) и гефиротоксина (III) [1].



Развитие стереонаправленного синтеза более простых аналогов этих семейств алкалоидов стимулируется возможностью их применения в качестве молекулярных инструментов исследования функционально важных компонентов биологических мембран [2].

Стереоселективный синтез оптически активных аналогов *цис*-декагидрохинолиновых алкалоидов описан нами ранее [3]. Показано, что при асимметрическом восстановлении енаминкетонов VII—IX боргидридом натрия образуется только одна диастереомерная пара циклоалкано-2,3-пиперидин-4-олов IVa,b—VIa,b в соотношении 3 : 1, хотя при этом в циклоалкано-2,3-пиперидиновой системе возникают три новых хиральных центра.



VII $n = 1$, VIII $n = 2$, IX $n = 3$

IV $n = 1$, V $n = 2$, VI $n = 3$

Координаты неводородных атомов ($\times 10^4$) в структуре Va

Атом	x	y	z	$B_{\text{изо экв}}, \text{\AA}^2$	x	y	z	$B_{\text{изо экв}}, \text{\AA}^2$	x	y	z	$B_{\text{изо экв}}, \text{\AA}^2$
	Молекула VA				Молекула VB				Молекула VB			
O	-1062(9)	2299(3)	613(4)	3,8(2)	2269(8)	2843(3)	5(4)	3,9(2)	-4423(8)	2251(3)	-388(4)	4,2(2)
N(1)	-160(10)	789(3)	2155(5)	3,0(2)	2948(10)	4294(3)	1697(5)	3,1(2)	-3714(11)	2315(4)	-3290(4)	3,1(2)
C(2)	-1625(14)	1205(5)	2465(7)	4,2(3)	1506(13)	4306(4)	972(6)	3,3(3)	-5189(15)	1910(4)	-2946(7)	4,0(3)
C(3)	-2217(13)	1611(4)	1707(7)	3,3(3)	977(14)	3721(4)	627(7)	4,1(3)	-5656(13)	2092(4)	-1911(6)	3,6(3)
C(4)	-466(12)	1918(4)	1349(6)	2,9(3)	2783(14)	3404(4)	297(6)	3,5(3)	-3923(14)	2049(4)	-1339(6)	3,5(3)
C(5)	418(14)	1147(5)	147(7)	4,0(3)	3995(13)	3018(4)	1870(6)	3,6(3)	-2738(13)	3083(4)	1677(7)	3,9(3)
C(6)	1960(17)	735(6)	-154(8)	5,9(4)	5659(15)	3044(5)	2586(7)	4,9(3)	-1027(18)	3444(5)	-2037(8)	5,8(4)
C(7)	2490(15)	340(5)	651(8)	5,1(3)	6039(15)	3653(4)	2908(7)	4,5(3)	-640(15)	3249(6)	-3079(7)	5,3(4)
C(8)	3145(13)	674(5)	1512(8)	4,7(3)	6420(13)	4050(4)	2046(8)	3,9(3)	-242(13)	2629(5)	-3126(7)	4,4(3)
C(9)	1588(12)	1088(4)	1823(6)	3,2(3)	4779(13)	4022(4)	1349(7)	3,4(3)	-1974(13)	2262(5)	-2760(6)	3,8(3)
C(10)	1018(12)	1472(4)	1010(6)	3,1(3)	4367(12)	3423(4)	1031(6)	3,0(2)	-2286(12)	2468(4)	-1725(6)	3,2(3)
C(11)	243(14)	350(5)	2864(7)	4,3(3)	3281(13)	4838(4)	2189(6)	3,2(3)	-3543(16)	2235(5)	-4348(6)	4,7(3)
C(12)	1223(17)	562(6)	3779(7)	5,8(4)	3983(16)	5326(4)	1548(9)	5,7(4)	-2860(20)	1644(6)	-4635(8)	6,9(4)
C(13)	-1607(16)	5(5)	2985(8)	5,2(3)	1370(13)	5010(4)	2697(6)	3,0(2)	-5367(14)	2437(4)	-4821(6)	4,0(3)
C(14)	-2455(16)	-287(5)	2276(8)	5,7(4)	804(14)	4614(5)	3394(7)	4,4(3)	-3915(14)	3001(5)	-4699(7)	4,5(3)
C(15)	-4081(21)	-601(7)	2361(11)	8,1(5)	-926(16)	4769(6)	3900(8)	6,2(4)	-7551(16)	3217(6)	-5143(7)	5,5(4)
C(16)	-4879(21)	-639(6)	3219(12)	9,0(6)	-1846(19)	5250(7)	3751(11)	8,7(5)	-8680(16)	2894(7)	-5703(7)	6,8(4)
C(17)	-4165(20)	-386(7)	3977(10)	8,4(5)	-1263(17)	5660(5)	3052(9)	6,4(4)	-8167(17)	-2333(7)	-5805(8)	7,5(5)
C(18)	-2480(24)	-60(7)	3900(10)	9,0(5)	486(15)	5501(5)	2559(8)	5,3(3)	-6367(17)	2112(5)	-5388(7)	5,7(4)

Целью настоящего сообщения является определение стереохимии и абсолютной конфигурации стереоизомеров декагидрохинолин-4-олов Va, Vб и в соответствии с найденными данными оценка стереохимических закономерностей полученных диастереомерных пар их бициклических аналогов — циклопентано- и циклогептано-2,3-пиперидин-4-олов IVa,б и VIa,б.

Диастереомеры IVa,б—VIa,б выделены в индивидуальном виде с помощью колоночной хроматографии или дробной кристаллизацией смеси изомеров.

Абсолютная конфигурация преимущественно образующегося декагидрохинолин-4-ола Va установлена с помощью РСА с использованием в качестве стартовой хиральной метки 1-(S)-фенилэтильной группы, как и в ранее проведенных структурных исследованиях [4, 5].

Рентгеноструктурным анализом установлено, что 6-членные циклы трех, имеюших фактически одинаковые геометрические параметры, независимых молекул VA, VB, VB сочленены по *цис*-типу и находятся в конформации кресла (табл. 1). Углы сочленения, т. е. двугранные углы, образованные плоскостями C(2)C(3)C(10)C(9) и C(6)C(7)C(9)C(10), выполняющимися с точностью 0,01...0,02 Å, составляют 126° (1A), 127° (1B) и 130° (1B), что

Т а б л и ц а 2

Основные торсионные углы τ (град.) в структуре Va

Угол	Молекула		
	VA	VB	VB
C(9)—N(1)—C(2)—C(3)	59(1)	60(1)	64(1)
C(11)—N(1)—C(2)—C(3)	-173(1)	-169(1)	-168(1)
N(1)—C(2)—C(3)—C(4)	-57(1)	-56(1)	-61(1)
C(2)—C(3)—C(4)—O	179(1)	178(1)	177(1)
C(2)—C(3)—C(4)—C(10)	57(1)	51(1)	61(1)
O—C(4)—C(10)—C(5)	-52(1)	-50(1)	-52(1)
O—C(4)—C(10)—C(9)	180(1)	-177(1)	-175(1)
C(3)—C(4)—C(10)—C(5)	68(1)	75(1)	64(1)
C(3)—C(4)—C(10)—C(9)	-60(1)	-53(1)	-59(1)
C(4)—C(10)—C(5)—C(6)	178(1)	179(1)	178(1)
C(9)—C(10)—C(5)—C(6)	-55(1)	-54(1)	-63(1)
C(10)—C(5)—C(6)—C(7)	55(1)	55(1)	58(1)
C(5)—C(6)—C(7)—C(8)	-57(1)	-55(1)	-57(1)
C(6)—C(7)—C(8)—C(9)	58(1)	56(1)	60(1)
C(7)—C(8)—C(9)—C(10)	-55(1)	-56(1)	-58(1)
C(8)—C(9)—C(10)—C(4)	-176(1)	-177(1)	-175(1)
C(8)—C(9)—C(10)—C(5)	55(1)	55(1)	60(1)
C(5)—C(10)—C(9)—N(1)	-68(1)	-72(1)	-65(1)
C(4)—C(10)—C(9)—N(1)	61(1)	56(1)	61(1)
C(8)—C(9)—N(1)—C(2)	179(1)	174(1)	174(1)
C(10)—C(9)—N(1)—C(2)	-60(1)	-59(1)	-67(1)
C(8)—C(9)—N(1)—C(11)	52(1)	42(1)	51(1)
C(10)—C(9)—N(1)—C(11)	173(1)	169(1)	169(1)
C(2)—N(1)—C(11)—C(12)	-66(1)	-61(1)	-62(1)
C(2)—N(1)—C(11)—C(13)	65(1)	63(1)	68(1)
C(9)—N(1)—C(11)—C(12)	60(1)	68(1)	62(1)
C(9)—N(1)—C(11)—C(13)	-169(1)	-168(1)	-167(1)
N(1)—C(11)—C(13)—C(14)	60(1)	63(1)	59(1)
N(1)—C(11)—C(13)—C(18)	-124(2)	-124(1)	-122(2)
C(12)—C(11)—C(13)—C(14)	-169(2)	-172(1)	-171(2)
C(12)—C(11)—C(13)—C(18)	7(2)	2(1)	8(1)

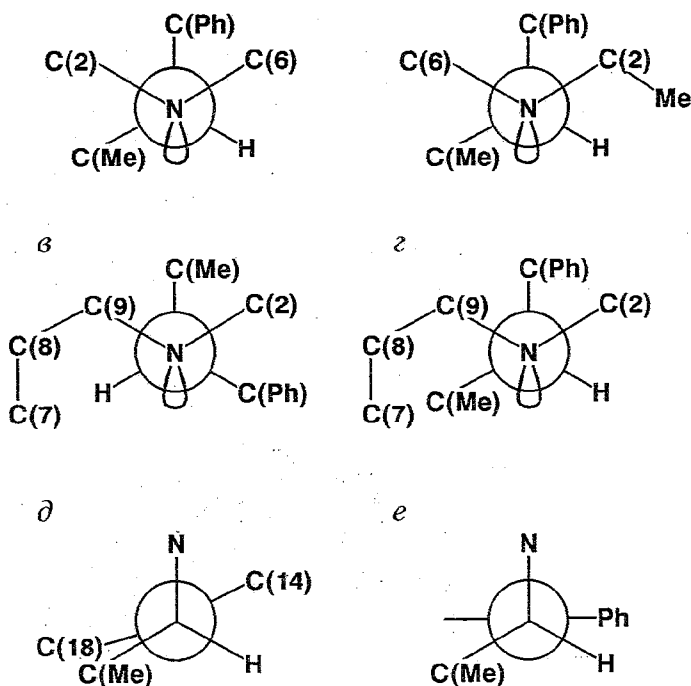
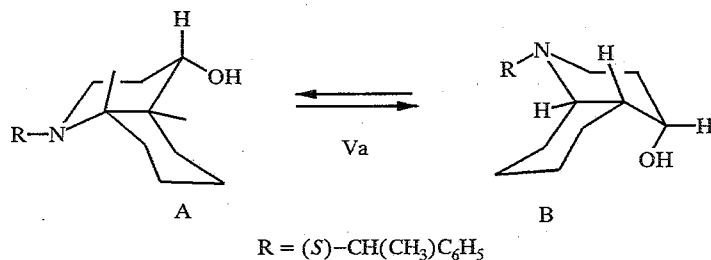


Рис. 2. Проекция Ньюмена вдоль экзоциклической связи N—C(13) в структурах X (а), XI (б), Va (A—B) (с), Va (A—B) (д, гипотетическая модельная структура) и вдоль связи C(Me)H—Ph в структурах Va (A—B) (д) и X, XI (е)

фенильная группа расположена практически перпендикулярно (в проекции) к связи C—N (рис. 2е), т. е. повернута на 30°. Молекулы А—В в структуре V за счет водородных связей типа O—H...O, в которых участвуют все три «активных» атома водорода, объединены в спиральные цепи А...В...А, обладающие симметрией, близкой к /3₁/, параллельные оси *a* (рис. 3): O(A)...O(Б) 2,784(9) Å; O(A)...O(В) 2,717 Å; O(Б)...O(В) (1 + *x*, *y*) 2,741(9) Å. Таким образом, в структуре V реализуется спиральная система кооперативных водородных связей с псевдосимметрией /3₁/ . Подобная система водородных связей характерна для ряда производных фенола [7]. Остальные межмолекулярные контакты в структуре V осуществляются на ван-дер-ваальсовых расстояниях.

Конформационный анализ декагидрохинолин-4-олов Va и Vб в растворе выполнен с помощью спектров ЯМР ¹H, ¹³C. Для основного *цис*-изомера Va установлена экваториальная ориентация гидроксигруппы при C(4) по величине константы ³J_{3a,4a} = 11,2 Гц, а *цис*-сочленение колец следует из рассмотрения величины КССВ ³J_{4a,10e} = 4,4 Гц. В соответствии с этим конформационное равновесие в *цис*-изомере Va сильно сминуто в сторону конформера А:



Следовательно, и в кристаллическом состоянии, и в растворе *цис*-декагидрохинолин-4-ол Va находится в одной и той же предпочтительной конформации А.

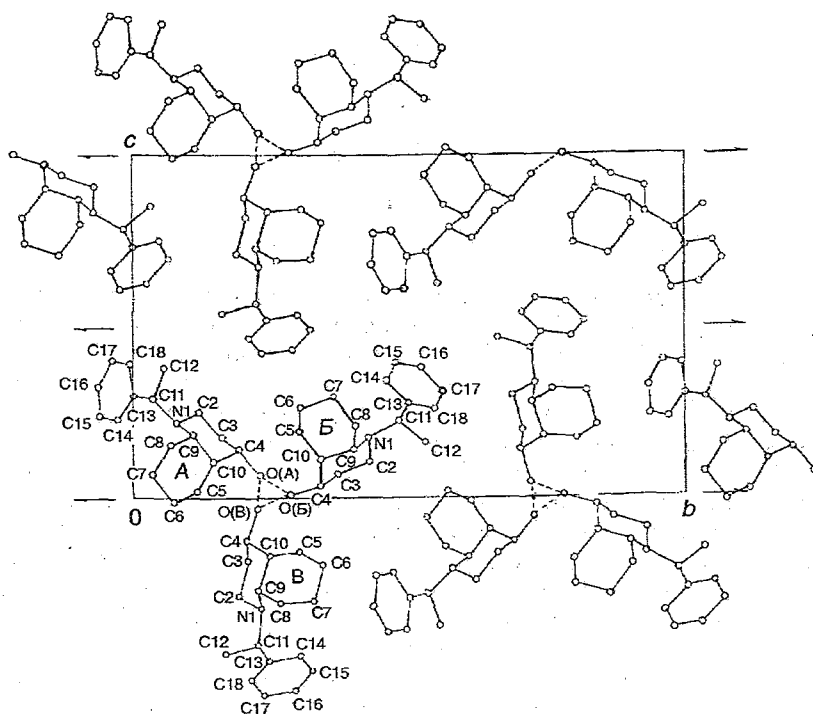


Рис. 3. Проекция кристаллической структуры Va на плоскость yz

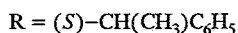
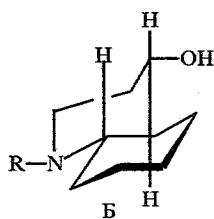
Пространственное строение минорного изомера V6 установлено на основании хорошего совпадения экспериментальных и рассчитанных значений химических сдвигов ^{13}C для обоих мажорного *цис*-Va и минорного V6 изомеров с использованием инкрементов экваториальной гидроксигруппы для *транс*-декалола-1e [8] и данных ^{13}C для *транс*-декагидрохинолина [9] (табл. 3).

Таблица 3

Экспериментальные и рассчитанные химические сдвиги ^{13}C *цис*-Va и *транс*-V6

Номер атома C	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1'	1''	Растворитель
Эксп. спектр <i>цис</i> -Va	43,3	30,0	72,4	21,2	26,1	19,8	29,2	56,1	44,4	52,3	7,8	CDCl_3
Расч. спектр <i>цис</i> -декагидрохинолина <i>се</i> -ОН	44,0	31,2	70,6	20,8	25,4	20,5	31,9	52,1	42,5			CDCl_3
$\Delta \delta_{\text{эксп.}} - \delta_{\text{расч}}$	-0,7	-1,2	1,8	0,4	0,7	-0,7	-1,7	4,0	1,9			
Эксп. спектр <i>транс</i> -V6	42,9	35,4	74,1	28,1	25,5	25,5	30,1	61,1	50,6	52,8	8,1	$(\text{CD}_3)_2\text{CO}$
Расч. спектр <i>транс</i> -декагидрохинолина <i>се</i> -ОН	44,8	36,5	73,2	27,7	25,8	25,4	33,5	60,0	50,2			
$\Delta \delta_{\text{эксп.}} - \delta_{\text{расч}}$	-1,8	-1,1	0,9	0,4	-0,3	0,1	-3,5	1,1	0,4			

В соответствии с этими данными показано, что минорный изомер V6 имеет *транс*-сочленение колец и экваториальную ориентацию гидроксигруппы при C(4), т. е. находится в конформации Б:



Для определения абсолютной конфигурации *транс*-декагидрохинолин-4-ола Vб вначале необходимо определить принадлежность изомеров *цис*-Va и *транс*-Vб к одному конфигурационному ряду. Для этой цели мы провели сравнение спектральных и хироптических характеристик *цис*- и *транс*-изомеров Va, Vб с соответствующими данными для оптически чистых *цис*-(4*S*,9*S*,10*R*)-XII и *транс*-(4*S*,9*S*,10*S*)-изомеров XIII 1-(*S*-1-фенилэтил)декагидрохинолин-4-ола, полученных ранее восстановлением *цис*-(9*S*,10*R*)- и *транс*-(9*S*,10*S*)-декагидрохинолин-4-онов известной абсолютной конфигурации [10], и установили их практически полную идентичность. Преимущественно образующийся *цис*-изомер Va по температуре плавления, ИК спектрам и хироптическим свойствам идентичен *цис*-изомеру XII, а аналогичные данные для минорного *транс*-изомера Vб совпали с данными для *транс*-изомера XIII. Следовательно, сравниваемые *транс*-изомеры Vб и XIII имеют одинаковую (9*S*,10*S*)-конфигурацию. На основании этого изомеры *цис*-Va и *транс*-Vб имеют одинаковую (*S*)-конфигурацию узлового центра C(9), разные *S*-(*транс*)- и *R*-(*цис*)-конфигурации при центре C(10) и принадлежат к одному конфигурационному ряду.

Таким образом, полное гидридное восстановление енаминокетона VIII является высокостереоселективным и сопровождается образованием только одной стереохимически связанной *цис-транс*-пары декагидрохинолин-4-ола, имеющей одинаковую (*S*)-конфигурацию центра C(9).

Следует также остановиться на данных ИК спектров для *цис-транс*-диастереомерной пары Va, Vб. Для определения пространственного строения в ряду декагидрохинололов обычно используют закономерности, связывающие ориентацию гидроксигруппы и тип сочленения колец с положением полос валентных колебаний связи C—O, найденные для изомерных декалолов-1 [10] и стероидных спиртов [11] и перенесенные на декагидрохинолинолы. В нашем случае для *цис*- и *транс*-диастереомерной пары Va, Vб в области валентных колебаний связи C—O наблюдается практически одинаковый набор полос: две интенсивные в области 1050...1090 см⁻¹ и средней интенсивности при 1085 см⁻¹. В разбавленных растворах для обоих изомеров при 3610 см⁻¹ проявляется полоса свободной группы OH(CH₂Cl₂). В данном случае положения полос валентных колебаний C—O трудно назвать характеристичными и нельзя использовать для определения пространственного положения группы OH и типа сочленения циклов.

Пространственное строение изомеров октагидропириндин-4-ола (циклопентано-2,3-пиперидин-4-ола) IVa,б и циклогептано-2,3-пиперидин-4-ола VIa,б из-за сложного конформационного поведения с помощью данных ЯМР установить не удалось. В связи с этим мы провели относительное стереохимическое отнесение сравнением данных хроматографической подвижности, ИК спектров и масс-спектральной фрагментации *цис*- и *транс*-пары Va,б и диастереомерных пар IVa,б, VIa,б. Анализ данных масс-спектральной фрагментации *цис*-Va и *транс*-Vб, имеющих экваториальную группу OH при C(4), показал одинаковую вероятность отщепления группы OH для обоих *цис*- и *транс*-изомеров. На основании

этих данных можно сделать вывод о такой же, т. е. экваториальной, пространственной ориентации гидроксильной группы и в изомерах IVa,б, VIa,б, поскольку под действием электронного удара наблюдается практически одинаковая вероятность отщепления группы OH в попарно изомерных аминоспиртах IVa—VIa и IVб—VIб (табл. 4).

Таблица 4

Относительные интенсивности характеристических ионов в масс-спектрах изомерных пар IVa,б—VIa,б

Изомер	$I [M-OH]^+ / I [M]^+$	$I [M-C_nH_{2n+1}]^+ / I [M]^+$	w_M
IVa	0,05	1,7	7,1
IVб	0,07	1,5	3,5
Va	0,04	2,8	5,0
Vб	0,05	2,2	8,0
VIa	0,03	4,5	3,6
VIб	0,03	3,0	4,5

На основании вероятности образования иона $[M-C_nH_{2n+1}]^+$ (распад карбоцикла) можно предположить, что изомеры IVa и VIa имеют *цис*-сочленение колец, а изомеры IVб и VIб — *транс*-сочленение, что также подтверждается данными по устойчивости молекулярных ионов.

Наблюдается также определенная закономерность в хроматографической подвижности: образующиеся в большем количестве, т. е. преобладающие изомеры IVa—VIa, отнесенные нами к *цис*-ряду, имеют большее значение R_f , чем *транс*-изомеры.

Полная аналогия проявляется и в ИК спектрах сравниваемых пар IVa,б—VIa,б. Данные ИК спектров показывают, что в разбавленных растворах циклоалкано-2,3-пиперидин-4-олов присутствует полоса свободной группы OH при 3610 см^{-1} и полосы валентных колебаний C—O в интервале $1030\text{...}1100\text{ см}^{-1}$, соответствующем валентным колебаниям C—O экваториальной группы OH (табл. 5).

Таблица 5

ИК спектры диастереомерных пар IVa,б—VIa,б

Изомер	$\nu_{CO}, \text{ см}^{-1}$			$\nu_{OH}, \text{ см}^{-1}$, в $\text{CH}_2\text{Cl}_2, \text{ с} \cdot 10^{-2}\text{ M}$
	сильные	средние	слабые	
IVa	1065, 1075	970, 1020, 1035	—	3610, 3400
IVб	1035, 1070	945, 975, 1015	1090	3610
<i>цис</i> -Va	1055, 1099	990, 1030, 1040, 1080	—	3610
<i>транс</i> -Vб	1055, 1060	1085	965, 995, 1020, 1030	3610
VIa	1030, 1060, 1085	955, 965, 1020	980	3610
VIб	1045	950, 955, 1030, 1090	1010, 1025, 1060	3610

В ИК спектре диастереомерно чистого октагидропириндин-4-ола IVa кроме полосы свободной группы OH присутствует полоса при 3400 см^{-1} , положение которой не меняется при разбавлении раствора в CCl_4 до 70°C . Этот факт свидетельствует о присутствии внутримолекулярной водородной связи в соединении IVa, которая может реализоваться только при *цис*-сочленении пиперидинового и циклопентанового кольца. Следовательно, эти данные являются дополнительным подтверждением, что окта-

гидропириндин-4-ол IVa имеет *цис*-конфигурацию и в растворе существует в виде двух равновесных конформеров А и В в соотношении 2 : 1, что следует из расчета соотношения интегральных интенсивностей полос свободной группы ОН изомера IVa и предположительно *транс*-изомера IVб, в котором внутримолекулярная водородная связь отсутствует.

Таким образом, при боргидридном восстановлении енаминокетонов VII—IX, в процессе которого происходит полное восстановление енаминокетонной группировки, наблюдается высокая степень стереоселективности асимметрического восстановления, сопровождающегося образованием одной конфигурационно связанной *цис-транс*-диастереомерной пары циклоалкано-2,3-пиперидин-4-олов IVa,б—VIa,б с существенным преобладанием *цис*-изомеров IVa—VIa. Стереоселективность асимметрического восстановления енаминокетонов VII—IX увеличивается с увеличением размера карбоцикла.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Кристаллы Va моноклинные, при 20 °С $a = 6,9249(5)$, $b = 23,392(2)$, $c = 14,290(1)$ Å, $\beta = 90,834(7)^\circ$, $V = 2314,6$ Å³, $d_{\text{ввч}} = 1,117$ г/см³, пространственная группа P2₁, Z = 6, три независимые молекулы. Параметры элементарной ячейки и интенсивности 2458 независимых отражений с $F^2 > 3\sigma$ измерены на автоматическом четырехкружном дифрактометре Хилгер-Уоттс Y-290 (CuK α , графитовый монохроматор, $\theta/2\theta$ -сканирование, $\theta < 66^\circ$). Структура расшифрована прямым методом по программе SHELXS-86 [12]. Неводородные атомы уточнены полноматричным МНК вначале в изотропном, а затем анизотропном приближении. Атомы Н при атомах С (исключая метильные группы) помещены в геометрически рассчитанные позиции. Атомы Н оксигруппы выявлены в разностном синтезе (атомы Н метильных групп не выявлены). Все атомы Н включены в уточнение с фиксированными позиционными и температурными параметрами ($B_{\text{изо}} = 6$ Å²). Окончательный R-фактор составил 0,088 ($R_w = 0,090$). Расчеты проведены на ЭВМ Эклипс S/200 по программам INEXTL [13]. Координаты неводородных атомов и их эквивалентные изотропные факторы приведены в табл. 1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Daly J. W., Witcop B., Tokuyama T., Nashikava T., Karle I. L. // *Helv. chim. acta.* — 1977. — Vol. 60. — P. 1128.
2. Daly J. W. // *J. Toxicol. Toxin Rev.* — 1982. — Vol. 1. — P. 33.
3. Гришина Г. В., Потапов В. М., Гудашева Т. А. // ХГС. — 1980. — № 1. — С. 101.
4. Гришина Г. В., Абдулганеева С. А., Потапов В. М., Иванова И. А., Еспенбетов А. А., Стручков Ю. Т., Гришина И. А., Луценко А. И. // ХГС. — 1986. — № 12. — С. 1656.
5. Гришина Г. В., Потапов В. М., Абдулганеева С. А., Гудашева Т. А., Карапетян А. А., Еспенбетов А. А., Стручков Ю. Т. // ХГС. — 1986. — № 12. — С. 1641.
6. Enden L. van den, Geise H. J., Spelbos A. // *J. Mol. Struct.* — 1978. — Vol. 44. — P. 177.
7. Зоркий П. М., Засурская Л. А. // Проблемы кристаллохимии. — М.: Наука, 1986. — С. 7.
8. Grover S. H., Stothers I. B. // *Can. J. Chem.* — 1974. — Vol. 52. — P. 870.
9. Booth H., Griffiths D. V. // *J. Chem. Soc. Perkin Trans. I.* — 1973. — N 6. — P. 842.
10. Huckel W., Riad Y. // *Liebigs Ann. Chem.* — 1960. — Bd 637. — S. 33.
11. Cole A. R. H., Jones R. N., Dobriner K. A. // *J. Amer. Chem. Soc.* — 1952. — Vol. 74. — P. 5571.
12. Sheldrick G. M. // X European Crystallographic Meeting. August 1986. — Wroclaw, Poland. Abstracts. — P. 26.
13. Герр Р. Г., Яновский А. И., Стручков Ю. Т. // Кристаллография. — 1978. — Т. 28. — С. 1029.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова, Химический факультет,
Москва 119899
e-mail: grishina@chiron.chem.msu.su

Поступило в редакцию 19.05.97

Институт элементоорганических соединений
им. А. Н. Несмеянова РАН, Москва 117813

Институт химических наук
им. А. Б. Бектурова АН Республики Казахстан,
Алма-Ата 480100