

**Национальная академия наук Беларуси  
Центральный ботанический сад**

**Интродукция, сохранение и использование  
биологического разнообразия мировой флоры**

Материалы Международной конференции,  
посвященной 80-летию Центрального ботанического сада  
Национальной академии наук Беларуси  
(19–22 июня 2012 г., Минск, Беларусь)

**В двух частях  
Часть 2**

**Assessment, Conservation and Sustainable Use  
of Plant Biological Diversity**

Proceedings of the International Conference  
dedicated to 80th anniversary of the Central Botanical Garden  
of the National Academy of Sciences of Belarus  
(June 19–22, 2012, Minsk, Belarus)

**In two parts  
Part 2**

Минск  
2012

УДК 582:581.522.4(082)

ББК 28.5я43

И73

**Редакционная коллегия:**

*Д-р биол. наук В.В. Титок (ответственный редактор);  
д-р биол. наук, академик НАН Беларуси В.Н. Решетников;  
д-р биол. наук, ч.-кор. НАН Беларуси Ж.А. Рупасова;  
д-р биол. наук, чл.-кор. НАН Беларуси Е.А. Сидорович;  
канд. биол. наук Ю.Б. Аношенко; канд. биол. наук А.В. Башилов;  
канд. биол. наук А.А. Веевник; канд. биол. наук И.К. Володько;  
канд. биол. наук И.М. Гаранович; канд. биол. наук Л.В. Гончарова;  
канд. биол. наук А.А. Кузовкова; канд. биол. наук Л.В. Кухарева;  
канд. биол. наук Н.М. Лунина; канд. биол. наук Е.В. Спиридович;  
канд. биол. наук В.И. Торчик; канд. биол. наук О.В. Чижик;  
канд. биол. наук А.Г. Шутова; канд. биол. наук А.П. Яковлев.*

Иллюстрации предоставлены авторами публикаций

И 73 **Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры;** Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. (19–22 июня 2012, Минск, Беларусь). В 2 ч. Ч. 2 / Нац. акад. Наук Беларуси, Централ. ботан. сад; редкол.: В.В. Титок /и др./, Минск, 2012. – 492 с.

В сборнике представлены материалы Международной конференции «Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры», посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси.

В 1-й части публикуются тезисы докладов секций «Теоретические основы и практические результаты интродукции растений» и «Современные направления ландшафтного дизайна и зеленого строительства»

Во 2-й части представлены тезисы докладов секций «Экологическая физиология и биохимия интродуцированных растений», «Генетические и молекулярно-биологические аспекты изучения и использования биоразнообразия растений» и «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира».

**УДК 582:581.522.4(082)**

**ББК 28.5я43**

4. Бойко А.В., Сидорович Е.А., Моисеева А.Б. Надземная продуктивность древесной и травянистой растительности в природных комплексах Березинского госзаповедника. В сб.: Березинский заповедник, вып. I. Минск, 1970, с. 51–63.
5. Бойко А.В., Сидорович Е.А. Температурный режим древесных пород в растительных комплексах Березинского заповедника. Вестн АН БССР, серия биол. наук, № 5, 1970, с. 98–119.
6. Бойко А.В., Сидорович Е.А., Моисеева А.Б. Естественное возобновление в водоохранны-защитных лесах Березинского заповедника. В сб.: Флористические и геоботанические исследования Белоруссии. Минск, 1970, с. 182–190.
7. Бойко А.В., Моисеева А.Б., Сидорович Е.А. Фитоценологическое изучение травяной растительности природных комплексов Березинского заповедника. В сб.: Березинский заповедник, вып. II. Минск, 1972, с. 81–98.
8. Бойко А.В., Сидорович Е.А. Суммарное испарение влаги из почвы в природных комплексах Березинского госзаповедника. В сб.: Березинский заповедник, вып. 2. Минск, 1972, с. 98–119.
9. Бойко А.В., Сидорович Е.А., Моисеева А.Б. Экспериментальные исследования природных комплексов Березинского заповедника. Минск, «Наука и техника», 1975, с. 376.
10. Бойко А.В., Смольский Н.В., Сидорович Е.А. и др. Экспериментальные исследования ландшафтов Припятского заповедника. Минск, «Наука и техника», 1976, с. 304.
11. Национальный архив РБ, ф. 7, опись 5, д. 228, с. 28–29.

## ЯМР-анализ состава эфирных масел хвой интродуцированных видов ели

Скаковский Е.Д.<sup>1</sup>, Тычинская Л.Ю.<sup>1</sup>, Гайдукевич О.А.<sup>1</sup>, Шутова А.Г.<sup>2</sup>,  
Ламоткин С.А.<sup>3</sup>, Болибрук Д.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Институт физико-органической химии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь.  
e-mail: spektr@ifoch.bas-net.by

<sup>2</sup> Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup> Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь

<sup>4</sup> Институт биоорганической химии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

**Резюме.** Методом корреляционной спектроскопии ЯМР сделано отнесение химических сдвигов <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C основных компонентов эфирных масел хвой интродуцированных видов елей. На основании полученных данных изучен их химический состав. Показано, что из рассмотренных видов елей наибольшую потребительскую ценность представляют эфирные масла елей Шренка, восточной и канадской.

**Summary.** The method of correlation spectroscopy of a nuclear magnetic resonance makes reference of chemical shifts <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C the basic components of essential oils of needles introduction kinds of fir-trees. On the basis of the received data their chemical compound is studied. It is shown that from the considered kinds of fir-trees the greatest consumer value is represented by essential oils of fir-trees of *P. schrenkiana* Fish et May, *P. orientalis* Link and *P. canadensis* Britt.

Хвойные насаждения составляют свыше 60% лесов Беларуси. Среди них наиболее распространены сосна обыкновенная и ель обыкновенная. Для повышения продуктивности лесов и оптимизации окружающей среды средствами озеленения важное значение имеет интродукция древесных растений, позволяющая привлечь новые растения с лучшими биологическими и хозяйственными свойствами. Изучение компонентного состава эфирного масла хвой различных видов ели имеет значение для оптимизации породной структуры лесов и увеличения удельного веса наиболее ценных хвойных насаждений.

Контроль качественного и количественного состава эфирных масел традиционно осуществляется хроматографическим методом. Среди неструктивных методов анализа природного сырья все чаще используется метод спектроскопии ЯМР, имеющий ряд преимуществ по сравнению с существующими методами анализа [1].

Цель данной работы – изучение химического состава эфирных масел интродуцированных видов ели, произрастающих на территории Центрального ботанического сада НАН Беларуси с использованием спектроскопии ЯМР, а также отнесение химических сдвигов <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C основных компонентов этих эфирных масел, позволяющее использовать этот метод для анализа подобных объектов.

Были проанализированы эфирные масла хвой следующих видов елей (*Picea*): *P. ajanensis* Fisch (аянская), *P. orientalis* Link (восточная), *P. glehnii* Mast (Глена), *P. abies* (L.) Karst (европейская), *P. canadensis* Britt (канадская), *P. pungens* Engelm (колючая), *P. koraiensis* Nakai (корейская), *P. rubens* Sarg (красная), *P. omorica* Purk (сербская), *P. obovata* Ledeb (сибирская) и *P.*

*schrenkiana* Fish et May (Шренка). Кроме того, были записаны спектры ЯМР эфирного масла ели, произведенного ООО «Ароматы жизни» (г. Москва, апрель 2003 г.) и поступившего в розничную торговлю.

Образцы хвои отбирали в осенне-зимние месяцы, когда выход эфирного масла максимален, а его состав стабилен [2].

Эфирные масла выделяли методом гидродистилляции, а количественный выход определяли волюметрически.

Содержание эфирного масла колебалось от 0,1 до 0,9%, при этом наиболее высокие показатели наблюдались для елей Шренка (0,9%) и Глена (0,7%). Для анализа эфирные масла (0,1 мл) растворяли в 0,4 мл  $\text{CDCl}_3$ . Спектры ЯМР записывали в количественном режиме на спектрометре AVANCE-500 (Bruker) с рабочей частотой 500 и 126 МГц для ядер  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ , соответственно. Запись проводили при температуре 293 К, в качестве внутреннего стандарта в случае ядер  $^1\text{H}$  использовали сигнал  $\text{CHCl}_3$  (примесь в  $\text{CDCl}_3$ ,  $\delta=7,27$  м.д.) и сигнал растворителя – для ядер  $^{13}\text{C}$  ( $\delta=77,7$  м.д.). Для отнесения сигналов в спектрах использовали методики корреляционной спектроскопии: COSY-45, NOESY, HSQC и HMBSC. Для идентификации и количественного определения содержания компонентов эфирных масел были записаны спектры различных терпеновых соединений, 16 из которых присутствовали в заметных количествах в исследуемых образцах и были нами идентифицированы.

На рис. 1 представлены структурные формулы основных компонентов эфирного масла хвои елей: пара-цимол (I), мирцен (II), линалоол (III), лимонен (IV),  $\Delta^3$ -карен (V),  $\alpha$ -пинен (VI), борнилацетат (VII), камфен (VIII),  $\beta$ -пинен (IX), борнеол (X),  $\beta$ -кариофиллен (XI),  $\alpha$ -терпинеол (XII),  $\gamma$ -терпинен (XIII),  $\alpha$ -терпинолен (XIV), камфора (XV) и  $\beta$ -фелландрен (XVI).

Поскольку все эти соединения являются многоспиновыми системами и имеют достаточно сложные спектры ЯМР, было сделано полное отнесение сигналов в их спектрах. В табл. 1 и 2 приведены химические сдвиги для ядер  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  идентифицированных терпенов. Литератур-

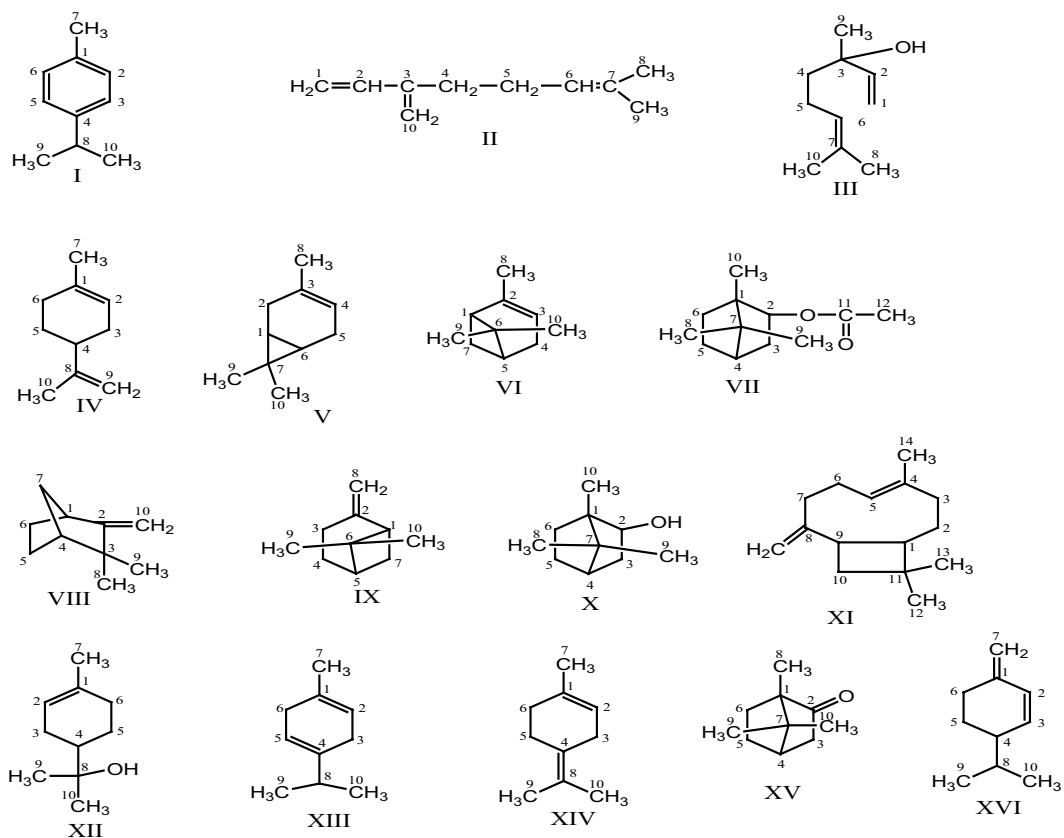


Рисунок 1. Структурные формулы основных компонентов эфирных масел хвои елей.

ные данные по спектрам ЯМР соединений, которые нам удалось обнаружить [3, 4], хорошо согласуются с нашими результатами.

Протонные спектры растворов эфирных масел приведены на рис. 2: а – корейской, б – Шренка. Одинаковый набор линий в спектрах указывает на качественное родство составов этих эфирных масел, но существенное отличие интенсивностей линий свидетельствует о разном содержании компонентов. Несмотря на сложные спектры, их достаточно легко интерпретировать, используя данные табл. 1 (особенно в области 3,5–7,5 м.д., где линии разных соединений не пересекаются).

Более достоверную информацию о составе можно получить, анализируя спектры  $^{13}\text{C}$  (рис. 3: а – эфирное масло ели корейской, б – Шренка). Здесь благодаря большему спектральному диапазону практически все линии компонентов смесей индивидуальны. В отличие от хроматографии каждому соединению соответствует большой набор углеродных сигналов, и их совпадение со спектрами модельных соединений практически гарантирует отсутствие ошибки в идентификации.

Состав эфирных масел представлен в табл. 3. Из таблицы видно, что при качественном подобию составов содержание отдельных компонентов значительно отличается. Главными

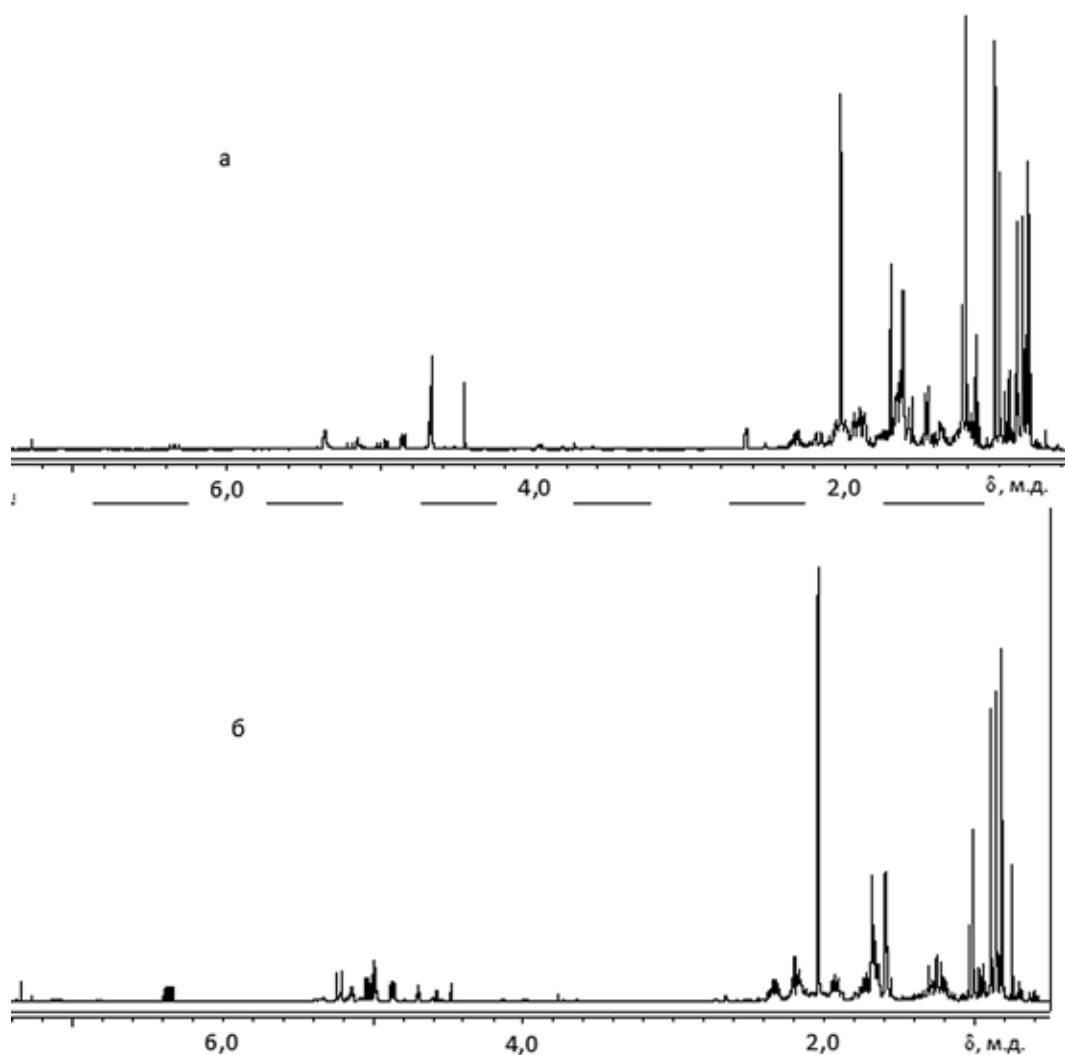


Рисунок 2.  $^1\text{H}$  ЯМР спектры растворов эфирных масел хвои елей в  $\text{CDCl}_3$ : а – корейской, б – Шренка.

Таблица 1. Химические сдвиги  $^1\text{H}$  ( $\delta$ , м.д.) компонентов эфирных масел хвои елей

Соединение	Номер атома углерода														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I		7,13	7,15		7,15	7,13	2,34	2,89	1,26	1,26					
II	5,27; 5,08	6,40		2,25	2,22	5,18		1,64	1,73	5,04; 5,03					
III	5,19; 5,03	5,88		1,55; 1,52	1,99	5,10		1,66	1,25	1,58					
IV		5,42	2,08; 1,91	2,11	1,81; 1,50	2,05; 1,97	1,67		4,73	1,75					
V	0,64	2,36; 1,97		5,26	2,19; 1,81	0,74		1,62	1,05	0,79					
VI	1,96		5,20	2,26; 2,19	2,10		2,37; 1,19	1,69	1,30	0,87					
VII		4,82	2,30; 0,91	1,62	1,69; 1,19	1,89; 1,25		0,85	0,82	0,78		2,01			
VIII	2,70			1,93	1,73; 1,42	1,67; 1,27	1,72; 1,23	1,09	1,06	4,75; 4,52					
IX	2,48		2,55; 2,27	1,87; 1,84	2,00		2,34; 1,45	4,65; 4,59	1,27	0,75					
X		3,98	2,25; 0,93	1,61	1,71; 1,23	1,88; 1,23		0,85	0,84	0,83					
XI	1,68	1,51	2,07; 1,88		5,31	2,33; 1,97	2,20; 1,99		2,38	1,64		1,00	1,02	1,63	4,96; 4,84
XII		5,23	1,90; 1,64	1,35	1,76; 1,10	1,82	1,50		1,02	1,01					
XIII		5,47	2,64		5,47	2,64	1,71	2,24	1,05	1,05					
XIV		5,40	2,77		2,36	2,03	1,70		1,70	1,73					
XV			2,29; 1,78	2,03	1,89; 1,29	1,62; 1,34		0,85	0,90	0,77					
XVI		6,16	5,76	2,08	1,78; 1,41	2,46; 2,31	4,78; 4,76	1,67	0,93	0,94					

компонентами эфирных масел хвои интродуцированных видов елей являются: борнилацетат (VII), камфен (VIII), лимонен (IV),  $\alpha$ -пинен (VI) и камфора (XV). Их суммарное содержание составляет более 80%. Необходимо отметить, что эфирное масло, поступившее в розничную торговлю, по своему составу не соответствует ни одному из изученных масел, в том числе ни ели европейской, ни ели сибирской.

Учитывая то, что наибольшую потребительскую ценность из рассмотренных компонентов представляют борнилацетат (VII) и камфора (XV), по-видимому, наиболее ценными в этом плане являются эфирные масла елей Шренка, восточной и канадской.

#### Список литературы:

1. Скаковский Е.Д., Ламоткин С.А., Шпак С.И. и др. Применение спектроскопии ЯМР для анализа состава эфирного масла хвои сосны. Журнал прикладной спектроскопии, 2006, Т. 73, № 2, с. 246–249.
2. Степень Р.А. Экологическая и ресурсная значимость летучих терпеноидов сосняков Средней Сибири. Химия растительного сырья, 1999, № 2, с. 125–129.
3. [http://riodb01.ibase.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](http://riodb01.ibase.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi)
4. <http://nmrshiftdb.nmr.uni-koeln.de/portal/plane0/portal/plane0/home>

Таблица 2. Химические сдвиги  $^{13}\text{C}$  ( $\delta$ , м.д.) компонентов эфирных масел хвои елей

Соединение	Номер атома углерода														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	135,8	129,7	126,9	146,5	126,9	129,7	21,6	34,4	24,8	24,8					
II	113,7	139,7	146,8	32,1	27,4	124,8	132,4	26,4	18,4	116,3					
III	112,3	145,7	74,0	42,7	23,4	125,0	132,4	26,3	28,4	18,3					
IV	134,3	121,3	31,5	41,8	28,6	31,3	24,1	150,8	109,1	21,5					
V	17,4	21,5	132,0	120,1	25,5	19,2	17,4	24,3	29,0	13,9					
VI	47,7	145,2	116,7	32,2	41,4	38,7	32,0	23,7	27,1	21,5					
VII	49,2	80,4	37,3	45,4	28,6	27,6	48,3	20,3	19,4	14,0	171,9	21,8			
VIII	47,6	166,9	42,5	48,8	24,5	29,6	38,1	30,1	26,6	99,8					
IX	52,5	152,7	24,3	24,3	41,1	41,3	27,6	106,7	26,8	22,5					
X	50,1	77,9	39,6	45,7	28,9	26,6	48,6	20,8	19,3	14,0					
XI	54,2	29,1	40,6	136,2	125,0	30,0	35,5	155,4	49,2	41,0	33,7	30,8	23,3	17,0	112,3
XII	133,9	121,1	27,3	45,3	24,3	31,3	23,6	72,8	27,6	26,3					
XIII	131,9	119,5	28,2	141,2	116,7	32,3	23,6	35,2	21,9	21,9					
XIV	134,8	121,4	30,2	128,2	27,3	32,1	20,8	122,3	24,1	20,3					
XV	58,2	220,2	43,8	43,6	27,6	30,4	47,2	9,8	20,3	19,7					
XVI	144,4	130,2	134,9	42,7	26,4	30,9	110,6	32,6	20,2	20,4					

Таблица 3. Состав эфирных масел хвои различных видов елей

Соединение	Содержание, мольные %											
	«ароматы жизни»	аянская	восточная	Глена	европейская	канадская	колючая	корейская	красная	сербская	сибирская	Шренка
I	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,7	0,2	-	0,3
II	1,1	2,7	3,0	1,7	1,9	1,7	6,2	3,4	3,2	2,2	0,3	9,6
III	0,6	0,9	-	0,1	-	0,9	-	0,5	0,3	0,3	-	0,9
IV	25,4	15,9	14,0	3,8	10,9	6,2	18,7	17,9	7,3	7,0	3,7	1,8
V	4,5	-	1,7	0,2	0,8	0,5	1,3	0,4	0,5	0,6	2,3	0,3
VI	18,6	5,1	6,8	9,8	8,0	2,2	6,8	8,9	5,5	14,3	12,6	0,9
VII	13,7	26,0	47,2	39,9	34,7	34,8	27,7	16,7	34,3	27,8	35,6	50,6
VIII	15,3	9,4	12,2	15,5	15,7	4,8	13,0	17,4	13,0	19,2	24,7	7,8
IX	6,2	2,0	1,7	2,3	2,8	0,9	1,4	1,4	1,9	1,4	0,3	1,0
X	1,1	10,4	2,6	4,3	3,4	4,1	3,8	5,8	3,9	4,1	5,6	7,6
XI	0,4	0,3	0,8	0,2	-	0,2	0,5	0,2	0,5	0,1	2,2	0,3
XII	-	1,0	-	0,3	0,5	1,2	0,6	0,9	0,2	0,1	-	0,3
XIII	-	2,2	0,2	0,2	-	1,6	0,9	0,4	0,1	0,1	-	-
XIV	-	1,7	0,4	0,4	-	1,7	1,1	-	1,5	0,1	0,6	0,3
XV	-	9,9	1,7	14,2	-	28,7	9,0	3,5	1,2	-	-	-
XVI	5,2	1,0	0,6	2,0	0,6	0,4	0,6	0,4	3,7	0,5	0,2	0,1

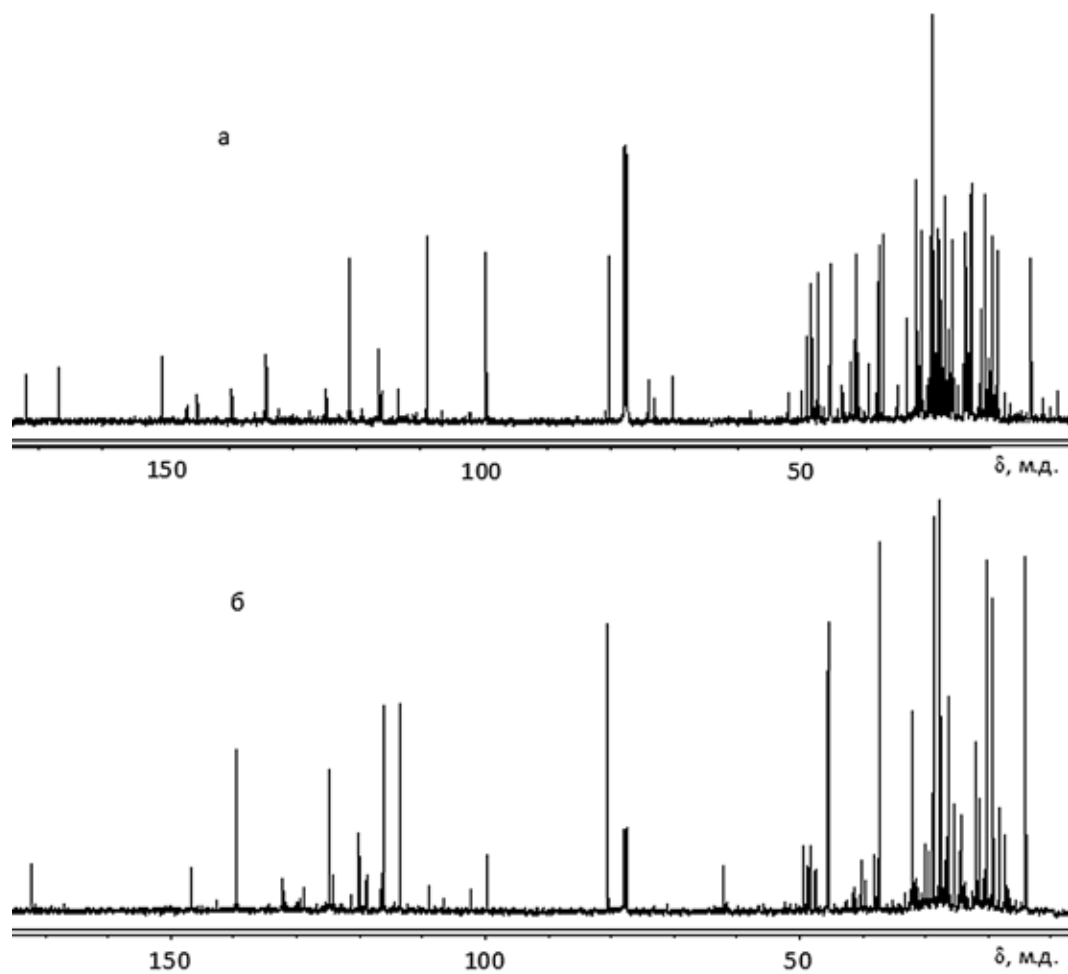


Рисунок 3.  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектры растворов эфирных масел хвой елей в  $\text{CDCl}_3$ : а – корейской, б – Шренка.