

УДК 630.187.1+630.551.52

**С. А. Ламоткин, Т. И. Ахрамович, А. В. Сакович**

Белорусский государственный технологический университет

**СОСТАВ И СВОЙСТВА ЭФИРНОГО МАСЛА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ *PINUS SYLVESTRIS* L., ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ОДИНАКОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Целью работы было исследование показателей качества эфирного масла сосны обыкновенной, произрастающей в различных регионах Республики Беларусь, и оценка стабильности состава для прогнозирования промышленного использования. Отобраны образцы древесной зелени сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), произрастающие на территории национальных парков Республики Беларусь. Проведена оценка степени загрязненности хвои токсичными элементами и радионуклидами. Из образцов древесной зелени выделено эфирное масло, изучен качественный и количественный состав методами ГЖХ и ЯМР-спектроскопии. Количественно измерено содержание 25 компонентов в эфирном масле сосны обыкновенной, суммарное содержание которых составило 77,4–77,9% от общего содержания компонентов масла. Основными компонентами являются 3-карен, камфен, лимонен, мирцен, терпинолен,  $\alpha$ -пинен,  $\beta$ -пинен, кариофиллен, на долю которых приходится более половины от общего содержания компонентов эфирного масла. В результате анализа количественного выхода компонентов установлено, что компонентный состав эфирного масла в отобранных образцах стабилен.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), хвоя, эфирное масло, состав, свойства, национальные парки Республики Беларусь.

**Для цитирования:** Ламоткин С. А., Ахрамович Т. И., Сакович А. В. Состав и свойства эфирного масла сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L., произрастающей в одинаковых экологических и почвенно-климатических условиях Республики Беларусь // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2021. № 2 (247). С. 86–93.

**S. A. Lamotkin, T. I. Akhramovich, A. V. Sakovich**

Belarusian State Technological University

**COMPOSITION AND PROPERTIES OF SCOTS PINE ESSENTIAL OIL *PINUS SYLVESTRIS* L. GROWING IN THE SAME ECOLOGICAL AND SOIL-CLIMATIC CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

The aim of the work was to study the quality indicators of Scots pine essential oil growing in different regions of the Republic of Belarus, and to assess their stability in order to predict industrial use. Samples of woody greenery of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) growing on the territory of national parks of the Republic of Belarus were taken. An assessment of the degree of contamination of needles with toxic elements and radionuclides was carried out. Essential oil was isolated from woody green samples, the qualitative and quantitative composition was studied by GLC and NMR spectroscopy methods. The content of 25 components in Scots pine essential oil was quantitatively measured, the total content of which was 77.4–77.9% of the total content of the oil components. The main components are 3-carene, camphene, limonene, myrcene, terpinolene,  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, caryophyllene, they account for more than half of the total content of essential oil components. As a result of the analysis of the quantitative yield of the components, it was found that the component composition of the essential oil in the selected samples is stable.

**Key words:** Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), needles, essential oil, composition, properties, National parks of the Republic of Belarus.

**For citation:** Lamotkin S. A., Akhramovich T. I., Sakovich A. V. Composition and properties of Scots pine essential oil *Pinus sylvestris* L. growing in the same ecological and soil-climatic conditions of the Republic of Belarus. *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology*, 2021, no. 2 (247), pp. 86–93 (In Russian).

**Введение.** Сосна обыкновенная (сосна лесная, *Pinus sylvestris* L.) – вечнозеленое дерево высотой до 40–50 м с мощной корневой системой. Сосновые насаждения занимают 50,4% от лесов республики [1]. Сосна обыкновенная является первой по значимости хвойной породой

в видовом составе лесов Республики Беларусь. Одним из направлений переработки биомассы сосновых насаждений является получение широкого спектра экстрактивных веществ и, в частности, эфирного масла, которое широко используется в фармацевтической и парфю-

мерно-косметологической отраслях промышленности [2, 3].

Хорошо известно, что качественные и количественные характеристики эфирного масла зависят от многих факторов: климата, места произрастания, сезонной и географической изменчивости, времени отбора проб и техногенных нагрузок [4]. В связи с этим изучение составов и свойств эфирных масел является весьма актуальной задачей.

Анализ характеристик эфирного масла сосны обыкновенной для различных регионов Республики Беларусь проведен в незначительном количестве. Подробный анализ состава терпеноидов эфирного масла сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) проводился достаточно давно и только для насаждений Минского лесного хозяйства [5].

В связи с вышеизложенным целью данной работы было исследование показателей качества эфирного масла сосны обыкновенной, произрастающей в различных регионах Республики Беларусь, и оценка их стабильности в пределах изучаемого региона для прогнозирования промышленного использования.

**Основная часть.** В качестве объекта исследования было выбрано эфирное масло, полученное из хвои деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Деревья произрастали на экологически чистых территориях Республики Беларусь.

Начальным этапом отбора проб являлась проверка однородности хвои путем измерения мощности дозы гамма-излучения радионуклидов с помощью дозиметра РКСБ-104. Отобранные образцы считались однородными по содержанию в них гамма-излучающих радионуклидов, если результаты измерений различались не более чем на 50% [6].

Степень загрязненности образцов радионуклидами определяли по величине удельной активности Sr-90 и Cs-137. Содержание Cs-137 в образцах хвои ели контролировалось по стандартной методике на радиометре РУГ-91М, а удельную активность изотопов Sr-90 определяли на радиометре РУБ-91 [7].

Образцы древесной зелени отбирали в декабре месяце с деревьев 40–50-летнего возраста. Хвою отбирали с различных рядом растущих 10 деревьев и получали усредненный образец. Выделение эфирного масла осуществляли методом гидродистилляции, а количественный выход определяли волюметрически. Выход эфирного масла из навески сырья был рассчитан с учетом влажности на абсолютно сухую массу (а. с. м.).

Методами нефелометрии и атомно-абсорбционного анализа оценивали уровень загрязненности территории, где определили содержание токсичных элементов Pb, Cu, Ni, Mn, Zn, S [8, 9].

Содержание эфирного масла, плотность и показатель преломления являются интегральными характеристиками. Величину этих показателей оценивали согласно ГОСТ 14618.10–78 [10].

Качественный и количественный анализ проводили на хроматографе «Кристалл 5000.1» с использованием кварцевой капиллярной колонки длиной 60 м с нанесенной фазой – 100%-ным диметилсилоксаном. Условия хроматографирования: изотермический режим при 70°C в течение 20 мин, затем программированный подъем температуры со скоростью 2°C/мин до 150°C с выдержкой при конечной температуре 40 мин. Температура испарителя 250°C. Идентификацию отдельных компонентов осуществляли с использованием эталонных соединений, а также на основании известных литературных данных по индексам удерживания [11].

Запись спектров ЯМР проводили на спектрометрах BS-587 А, BS-567 А (Чехия) и AVANCE-500 (Германия) с рабочими частотами для ядер  $^1\text{H}$  – 80, 100 и 500 МГц соответственно, и для ядер  $^{13}\text{C}$  – 20, 25 и 125 МГц соответственно. Образцы эфирного масла (0,1 мл) растворяли в 0,4 мл  $\text{CDCl}_3$ . Запись выполняли при температуре 293 К, в качестве внутреннего стандарта в  $^1\text{H}$  спектрах использовали сигнал  $\text{CHCl}_3$  ( $d = 7,27$  м. д.), в  $^{13}\text{C}$  – сигнал растворителя ( $d = 77,7$  м. д.). Для записи  $^1\text{H}$  ЯМР-спектров использовали 30-градусный импульс с релаксационной задержкой (RD) 5 сек. между импульсами, что обеспечивало количественное накопление сигналов.

С целью минимизации влияния техногенных факторов на сосну обыкновенную отбор проб древесной зелени производили на территориях национальных парков ГПУ «Национальный парк «Браславские озера» (Витебская область), ГПУ «Национальный парк «Беловежская пуца» (Гродненская область) и ГПУ «Национальный парк «Нарочанский» (Минская область), Березинский биосферный заповедник и ландшафтный заказник «Налибокский» (Минская область). Температурный режим зимой в местах отбора образцов отличался незначительно в пределах 2°C [12].

Экологическая обстановка в данных регионах наиболее благоприятна для произрастания растений, а техногенная нагрузка минимальна. Так, измеренные значения мощности дозы гамма-излучения не превышали  $0,10 \pm 0,05$  мкЗв/ч (10 мкР/ч), что является фоновым значением для Республики Беларусь. Удельная активность радионуклидов Sr-90 и Cs-137 составляла  $15 \pm 0,5$  и  $10 \pm 0,5$  Бк/кг соответственно.

Кроме того, отсутствие в данных регионах больших промышленных объектов приводит к весьма низкому содержанию токсичных

элементов в хвое (табл. 1). Полученные значения содержания токсичных элементов хорошо согласуются как с литературными данными, так и с полученными ранее результатами [13]. В среднем содержание влаги в древесной зелени не превышало  $55 \pm 2\%$ . Выход эфирного масла при данной влажности из древесной зелени сосен различных регионов оказался достаточно стабильным (табл. 2). Выделенное сосновое масло представляло собой жидкость светло-желтого цвета с древесно-хвойным запахом и жгучим вкусом.

Традиционно суммарными характеристиками эфирного масла являются плотность и показатель преломления  $n(D)^{20}$ . Как видно из табл. 2, величина этих показателей практически не изменяется для различных образцов, что косвенным образом доказывает стабильность составов эфирного масла. Поскольку содержание эфирного масла, плотность и показатель преломления являются интегральными характеристиками, то для детального анализа, наибольшее внимание уделялось изучению компонентного состава.

На рис. 2 представлен  $^{13}\text{C}$  ЯМР-спектр раствора эфирного масла сосны. Спектр содержит большое количество линий, но они, как правило, проявляются индивидуально и приемлемы для идентификации основных компонентов эфирных масел [14]. В спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  можно наблюдать наиболее характерные сигналы основных соединений эфирного масла сосны ( $\delta$ , м. д.):  $\alpha$ -пинен (145,2; 116,7), 3-карен (132,0; 120,1),  $\beta$ -пинен (152,7; 106,7),  $\alpha$ -терпинолен (133,9; 121,3), лимонен (150,8; 134,3; 121,3), камфен (166,9),  $\beta$ -мирцен (139,7; 146,8).

Методами ГЖХ и ЯМР-спектроскопии было идентифицировано и количественно измерено содержание 25 компонентов эфирного масла сосны обыкновенной, суммарное содержание которых составило 77,4–77,9% от общего содержания компонентов. Основными компонентами (содержание более 1%) являются 3-карен, камфен, лимонен, мирцен,  $\alpha$ -пинен,  $\beta$ -пинен, кариофиллен, на долю которых приходится более половины от общего содержания компонентов эфирного масла.

Как видно из табл. 2, количественный состав эфирного масла исследованных образцов

изменяется незначительно и можно говорить о стабильности его состава в географическом и климатическом отношении на территории природоохранных зон Республики Беларусь. Количественное содержание основных компонентов эфирного масла несколько отличается от приведенных в литературе, однако это лишний раз указывает на сложный характер зависимости состава эфирного масла от многочисленных факторов [15].

При рассмотрении составов эфирных масел выделяют фракции моно-, сескви- и кислородпроизводных терпеновых углеводов. Такое разделение связано, прежде всего, с различными путями биосинтеза и выполняемыми ими функциями.

В табл. 3 представлен состав эфирного масла с разделением на фракции, а также средний состав эфирного масла фоновых точек. Из табл. 3 видно, что содержание фракций моно-, сескви- и кислородсодержащих терпеновых углеводов в составе эфирного масла исследованных образцов изменяется незначительно. Основной является монотерпеновая фракция, на долю которой приходится 59,3–60,1%, наименьшее содержание фракции кислородсодержащих соединений 1,9–2,1%.

Содержание отдельных компонентов внутри фракций также существенно не отличается. Исходя из анализа количественного содержания основных компонентов, а также схемы биосинтеза терпенов [16], общую схему взаимопревращений основных монотерпенов для эфирного масла сосны можно представить следующим образом (рис. 2). Предшественником основной массы терпенов является  $\alpha$ -терпенил катион (I). Как видно, образование  $\alpha$ -пинена (VII) и 3-карена (IX) взаимосвязано, идет параллельно и, скорее всего, процессы их образования конкурируют между собой. Интересно отметить тот факт, что содержание камфена практически постоянно и значительно меньше содержания  $\alpha$ -пинена для всех образцов. Это, скорее всего, указывает на то, что образование камфена преимущественно происходит через  $\alpha$ -терпенил катион (I), а не через пинильный катион (VI). Содержание лимонена (III) и терпинолена (IV) незначительно отличается друг от друга, что подтверждает их совместное образование через терпенил катиона.

Таблица 1

## Содержание токсичных элементов в хвое сосны обыкновенной

Место отбора образцов древесной зелени	Содержание элементов в хвое, мг/100 г абсолютно сухой массы					
	Pb	Cu	Mn	Ni	Zn	S
Березенский биосферный заповедник, Витебская область	0,003	0,281	7,62	0,275	3,06	89,1
ГПУ «Национальный парк «Браславские озера», Витебская область	0,004	0,271	6,32	0,288	3,06	90,7

Окончание табл. 1

Место отбора образцов древесной зелени	Содержание элементов в хвое, мг/100 г абсолютно сухой массы					
	Pb	Cu	Mn	Ni	Zn	S
ГПУ «Национальный парк «Нарочанский», Минская область	0,004	0,276	10,21	0,293	3,29	93,7
Ландшафтный заказник «Налибокский», Минская область	0,003	0,219	8,34	0,292	3,96	92,2
ГПУ «Национальный парк «Беловежская пуца», Гродненская область	0,003	0,243	9,89	0,258	4,00	92,3
Среднее значение	0,003 ± 0,001	0,258 ± 0,033	8,47 ± 2,01	0,281 ± 0,018	3,50 ± 0,50	91,6 ± 2,2

Таблица 2

**Состав эфирных масел хвои сосны обыкновенной,  
произрастающей в условиях национальных парков Беларуси**

Экспериментальные данные	Место произрастания					Среднее значение
	Березинский биосферный заповедник, Витебская область	ГПУ «Национальный парк «Браславские озера», Витебская область	ГПУ «Национальный парк «Нарочанский», Минская область	Ландшафтный заказник «Налибокский», Минская область	ГПУ «Национальный парк «Беловежская пуща», Гродненская область	
Компонент	Выход эфирного масла, % на а. с. м.					
	2,0	2,1	1,9	1,9	2,1	2,0 ± 0,1
	Плотность, г/см <sup>3</sup>					
	0,864	0,863	0,864	0,863	0,865	0,863 ± 0,005
	$n(D)^{20}$					
	1,4854	1,4849	1,4850	1,4848	1,4852	1,4951 ± 0,0005
	Содержание основных компонентов, %					
Трициклен	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5 ± 0,1
α-Пинен	17,9	18,2	17,1	17,8	17,3	17,7 ± 0,6
Камфен	2,0	1,9	2,1	1,8	2,0	2,0 ± 0,1
Фенхен	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1 ± 0,1
Сабинен	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7 ± 0,1
β-Пинен	3,9	3,6	4,5	4,8	4,9	4,3 ± 0,7
Мирцен	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,7 ± 0,1
3-Карен	25,1	24,6	25,4	25,2	25,8	25,2 ± 0,5
α-Терпинен	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2 ± 0,1
p-Цимол	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4 ± 0,1
Лимонен	2,6	2,5	1,9	2,4	1,8	2,2 ± 0,5
γ-Терпинен	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8 ± 0,1
Терпинолен	2,5	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5 ± 0,1
Терпинен-4-ол	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1 ± 0,1
α-Терпинеол	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1 ± 0,1
Борнилацетат	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9 ± 0,1
Эвгенол	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3 ± 0,1
Кариофиллен	8,7	9,0	8,5	8,7	8,5	8,7 ± 0,3
Лонгифолен	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2 ± 0,1
α-Гумулен	1,4	1,6	1,5	1,3	1,3	1,4 ± 0,1
γ-Муролен	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8 ± 0,1
α-Муролен	2,8	3,1	3,2	2,8	2,9	3,0 ± 0,2
β-Бизаболен	0,4	0,4	0,6	0,5	0,6	0,5 ± 0,1
γ-Кадинен	1,4	1,7	1,5	1,0	1,0	1,3 ± 0,4
δ-Кадинен	1,0	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1 ± 0,1
Неидентифицированные	22,5	21,9	22,4	22,4	22,6	22,4 ± 0,3

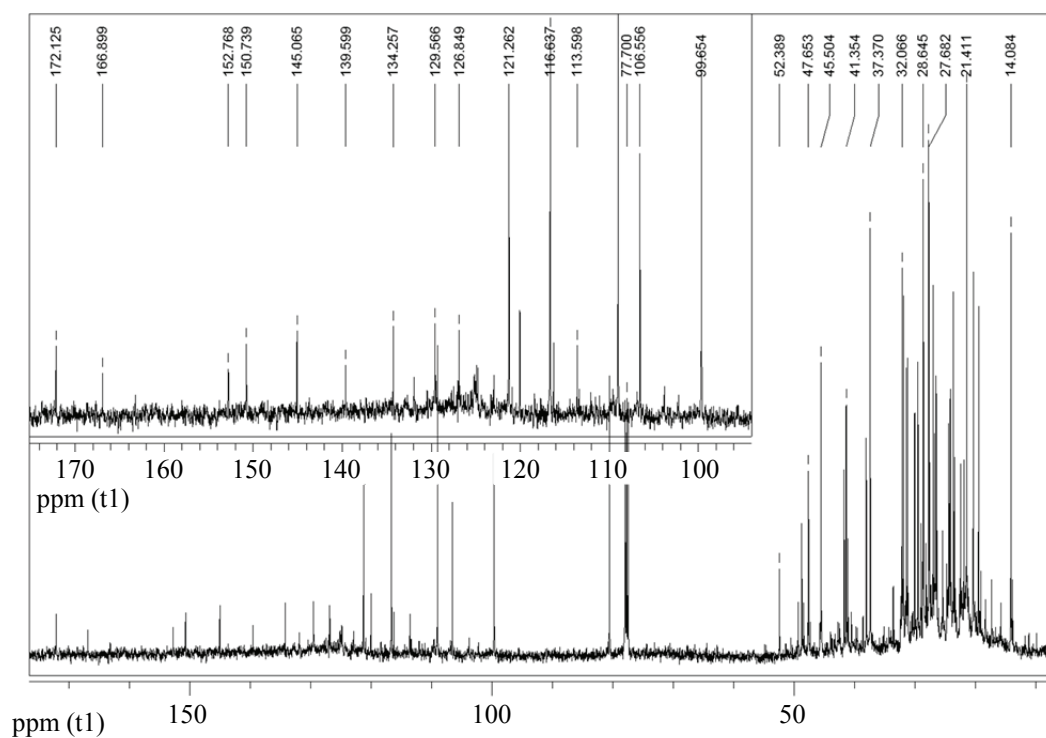
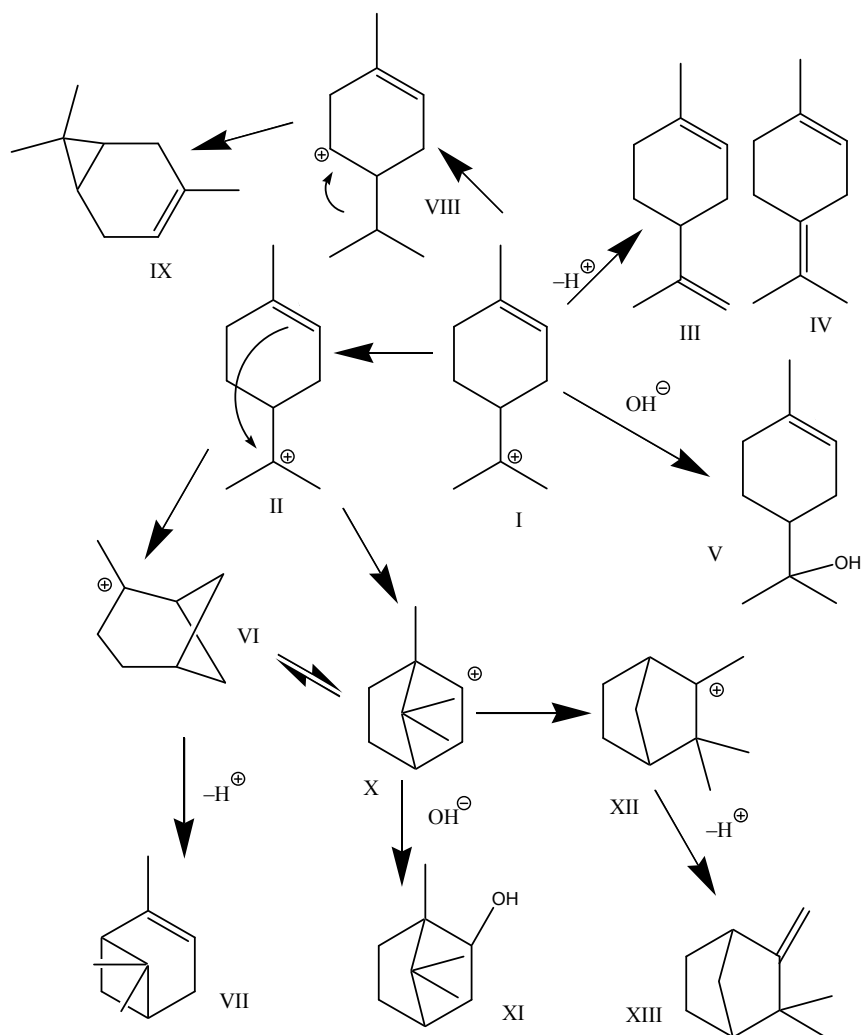
Рис. 1.  $^{13}\text{C}$  ЯМР-спектр раствора эфирного масла сосны

Рис. 2. Схема взаимопревращений основных терпенов эфирного масла сосны обыкновенной

Таблица 3

## Состав фракций эфирного масла хвои сосны обыкновенной

Компоненты	Место произрастания					Среднее значение
	Березинский биосферный заповедник, Витебская область	ГПУ «Национальный парк «Браславские озера», Витебская область	ГПУ «Национальный парк «Нарочанский», Минская область	Ландшафтный заказник «Налибокский», Минская область	ГПУ «Национальный парк «Беловежская пуща», Гродненская область	
Содержание основных компонентов, %						
Трициклен	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9
α-Пинен	30,7	31,5	29,6	30,3	29,5	30,3
Камфен	3,4	3,3	3,6	3,1	3,4	3,4
Фенхен	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Сабинен	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,3
β-Пинен	6,7	6,2	7,8	8,2	8,4	7,5
Мирцен	2,9	2,9	2,9	2,7	2,7	2,9
3-Карен	43,1	42,6	43,9	42,9	44,0	43,3
α-Терпинен	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3
p-Цимол	0,5	0,7	0,5	0,7	0,7	0,6
Лимонен	4,5	4,3	3,3	4,1	3,1	3,9
γ-Терпинен	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,3
Терпинолен	4,3	4,5	4,3	4,3	4,3	4,3
Всего монотерпенов	58,3	57,8	57,8	58,8	58,6	58,3
Терпинен-4-ол	5,0	5,0	5,0	4,8	4,8	4,9
α-Терпинеол	55,0	55,0	50,0	52,4	52,4	53,0
Борнилацетат	40,0	40,0	45,0	42,9	42,9	42,1
Всего кислородпроизводных терпенов	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,0
Эвгенол	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Кариофиллен	21,9	22,4	21,1	22,3	21,6	21,9
Лонгифолен	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
α-Гумулен	3,5	4,0	3,7	3,3	3,3	3,6
γ-Муролен	2,0	2,0	2,2	2,1	2,0	2,1
α-Муролен	7,1	7,7	8,0	7,2	7,4	7,5
β-Бизаболен	1,0	1,0	1,5	1,3	1,5	1,3
γ-Кадинен	3,5	4,2	3,7	2,6	2,5	3,3
δ-Кадинен	2,5	3,0	2,7	2,8	2,8	2,8
Всего сесквитерпенов	39,7	40,2	40,2	39,1	39,3	39,7

**Закключение.** Таким образом, проведенные исследования показали, что состав и свойства эфирного масла сосны обыкновенной, выделенного из растений, произрастающих в одинаковых экологических и почвенно-климатических

условиях природоохранных зон Республики Беларусь, практически не изменяются и масло может использоваться в качестве стабильного источника сырья для фармацевтической и парфюмерно-косметической промышленности.

## Список литературы

1. Мележ В. С. Охрана окружающей среды в Беларуси. Минск: М-во статистики и анализа Респ. Беларусь, 2007. 206 с.
2. Фармацевтические композиции на основе эфирных масел, полученных из растений, для использования в области медицины и ветеринарии: пат. 2157697 Рос. Федерация. Оpubл. 20.10.2000. 221 с.
3. Французов В. В. Тенденции мирового рынка косметических средств // Бюллетень иностранной коммерческой информации. 2008. № 79. С. 12–15.

4. Бардышев И. И., Ударов Б. Г. Изменение химического состава эфирных масел индивидуальных сосен во время вегетационного периода // Доклады АН БССР. 1978. Т. XXII, № 10. С. 947–950.
5. Чернодубов А. И. Изменчивость состава эфирного масла и ее значение для селекции и семеноводства сосны в ЦЧО: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01. Воронеж, 1978. 24 с.
6. Методика выполнения гамма-спектрометрических измерений активности радионуклидов в пробах почвы и растительных материалов. М.: Рослесхоз, 1994. 16 с.
7. Жученко Ю. М. Закономерности распределения радионуклидов чернобыльского генезиса по различным типам ландшафтов // Радиобиологический съезд, Киев, 20–25 сент. 1993 г. Киев, 1993. С. 65–67.
8. Чудинов Э. Г. Атомно-эмиссионный анализ с индукционной плазмой // Итоги науки и техники. Сер. Аналитическая химия. 1990. Т. 2. С. 242–251.
9. Ринькис Г. Я. Методы анализа почв и растений. Рига: Зинатне, 1987. 196 с.
10. Масла эфирные, вещества душистые и полупродукты их синтеза. Методы определения плотности и показателя преломления: ГОСТ 14618.10–78. Введ. 17.12.1992. Минск: Госстандарт, 1992. 8 с.
11. Mardarowicz M. Comparison of terpen composition in Engelmann spruce (*Picea Engelmann*) using hydrodistillation, SPME and PLE // A journal of biosciences. 2004. P. 641–648.
12. Сарнацкий В. В. Ельники: формирование, повышение продуктивности и устойчивости в условиях Беларуси. Минск: Тэхналогія, 2009. 334 с.
13. Сезонная динамика терпеновых углеводов эфирного масла сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / С. А. Ламоткин [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2019. № 1. С. 17–24.
14. Скаковский Е. Д. Применение спектроскопии ЯМР для анализа состава эфирного масла хвои сосны // Журнал прикладной спектроскопии. 2006. Т. 73, № 2. С. 246–249.
15. Korica A., Polis O., Spalvis K. Variations seasonal in essential oil content and quality of Scots pine and Norway spruce foliage // *Mežzinātne*. 2011. No. 24 (57). P. 93–104.
16. Племенков В. В. Химия изопреноидов. Биосинтез изопреноидов // Химия растительного сырья. 2005. № 3. С. 91–108.

### References

1. Melezh V. S. *Okhrana okruzhayushchey sredy v Belarusi* [Environmental protection in Belarus]. Minsk, Ministerstvo statistiki i analiza Respubliki Belarus' Publ., 2007. 206 p.
2. *Farmatsevticheskiye kompozitsii na osnove efirnykh masel, poluchennykh iz rasteniy, dlya ispol'zovaniya v oblasti meditsiny i veterinarii* [Pharmaceutical compositions based on essential oils obtained from plants for use in the field of medicine and veterinary medicine]. Patent RF, no. 2157697, 2000.
3. Frantsuzov V. V. Trends in the world market of cosmetics. *Byulleten' inostrannoy kommercheskoy informatsii* [Bulletin of foreign commercial information], 2008, no. 79, pp. 12–15 (In Russian).
4. Bardyshev I. I., Udarov B. G. Changes in the chemical composition of essential oils of individual pines during the growing season. *Doklady AN BSSR* [Reports of the Academy of Sciences of the BSSR], 1978, vol. XXII, no. 10, pp. 947–950 (In Russian).
5. Chernodubov A. I. *Izmenchivost' sostava efirnogo masla i ee znachenie dlya seleksii i semenovodstva sosny v TsCHO. Avtoref. dis. kand. s.-kh. nauk* [Variability of the composition of essential oil and its value for the selection and seed production of pine in the Central Black Earth Region. Abstract of thesis cand. agrar. sci.]. Voronezh, 1978. 24 p.
6. *Metodika vypolneniya gamma-spektrometricheskikh izmereniy aktivnosti radionuklidov v probakh pochvy i rastitel'nykh materialov* [Technique for performing gamma-spectrometric measurements of radionuclide activity in soil and plant material samples]. Moscow, Rosleskhoz Publ., 1994. 16 p.
7. Zhuchenko Yu. M. Regularities of the distribution of radionuclides of the Chernobyl genesis in various types of landscapes. *Radiobiologicheskii s'yezd* [Radiobiological Congress]. Kiev, 1993, pp. 65–67 (In Russian).
8. Chudinov E. G. Atomic emission analysis with induction plasma. *Itogi nauki i tekhniki* [Results of science and technology], ser. Analytical chemistry, 1990, vol. 2, pp. 242–251 (In Russian).
9. Rinkis G. Ya. *Metody analiza pochvy i rasteniy* [Methods of analysis of soils and plants]. Riga, Zinatne Publ., 1987. 196 p.
10. GOST 14618.10–78. Essential oils, aromatic substances and intermediates of their synthesis. Determination methods density and refractive index. Minsk, Gosstandart Publ., 1992. 8 p.
11. Mardarowicz M. Comparison of terpen composition in Engelmann spruce (*Picea Engelmann*) using hydrodistillation, SPME and PLE. *A journal of biosciences*, 2004, pp. 641–648.

12. Sarnatsky V. V. *El'niki: formirovaniye, povysheniye produktivnosti i ustoychivosti v usloviyakh Belarusi* [Fir-wood: formation, increasing productivity and sustainability in the conditions of Belarus]. Minsk, Tekhnalogiya Publ., 2009. 334 p.
13. Lamotkin S. A., Skakovsky E. D., Mechanikova E. G., Gil E. V., Romanyuk L. I. Seasonal dynamics of terpene hydrocarbons of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) essential oil. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], ser. 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology, 2019, no. 1, pp. 17–24 (In Russian).
14. Skakovsky D. E. Application of NMR spectroscopy for the analysis of the composition of pine needles essential oil. *Zhurnal prikladnoy spektroskopiy* [Journal of Applied Spectroscopy], 2006, vol. 73, no. 2, pp. 246–249 (In Russian).
15. Korica A., Polis O., Spalvis K. Variations seasonal in essential oil content and quality of Scots pine and Norway spruce foliage. *Mežzinātne*, 2011, no. 24 (57), pp. 93–104.
16. Plemenkov V. V. Chemistry of isoprenoids. Biosynthesis of isoprenoids. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of vegetable raw materials], 2005, no. 3, pp. 91–108 (In Russian).

### Информация об авторах

**Ламоткин Сергей Александрович** – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: jossby@rambler.ru

**Ахрамович Татьяна Игоревна** – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ahramovich@belstu.by

**Сакович Анна Викторовна** – студент. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: annasakovich1@gmail.com

### Information about the authors

**Lamotkin Sergej Aleksandrovich** – PhD (Chemistry), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Physical-Chemical Methods for Products Certification. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: jossby@rambler.ru

**Akhramovich Tatyana Igorevna** – PhD (Biological), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Biotechnology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ahramovich@belstu.by

**Sakovich Anna Viktorovna** – student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: annasakovich1@gmail.com

Поступила 30.04.2021