

УДК 615.322:582.475 (470.53)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА КОРНЕЙ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PICEA ABIES* (L.) H.KARST) СЕМЕЙСТВА – PINACEAE

Д.К. Гуляев, В.Д. Белоногова, П.С. Мащенко, И.В. Коротков

ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
614990, Россия, г. Пермь, ул. Полевая, д. 2
E-mail: dkg2014@mail.ru

Статья посвящена исследованию эфирного масла, выделенного из корней ели обыкновенной. **Цель** – установить компонентный состав эфирного масла и особенности его локализации в корнях ели обыкновенной. **Материалы и методы.** Объектами исследования являются корни ели обыкновенной не более двух сантиметров в диаметре, очищенные от земли и высушенные. Изучение анатомических признаков проводили по методике Государственной фармакопеи Российской Федерации XIII издания на микроскопе марки «Биомед-6» с использованием фото насадки DCN 510. Эфирное масло получали гидродистилляцией корней ели обыкновенной с помощью аппарата Клевенджер по методу 2 Государственной фармакопеи Российской Федерации XIII издания. Компонентный состав эфирного масла определяли на газо-жидкостном хроматографе Agilent 7890A с масс-селективным детектором Agilent 5975C. **Результаты и обсуждение.** В результате микроскопического исследования корней ели обыкновенной установлено, что эфирное масло локализовано преимущественно в смоляных ходах. Смоляные ходы расположены в древесине корня. В центральной части корня смоляные ходы большего диаметра. В составе эфирного масла корней ели обыкновенной обнаружено более 18 компонентов, 14 из них были идентифицированы. Основным компонентом эфирного масла является сесквитерпеновый лактон – танбергол. **Заключение.** Эфирное масло корней ели обыкновенной имеет уникальный компонентный состав, включающий компоненты нехарактерные для эфирного масла древесной зелени ели. Различие компонентного состава указывает на разницу свойств и фармакологической активности. Представляют интерес дальнейшие исследования по определению перспективности использования корней ели обыкновенной.

Ключевые слова: ель обыкновенная, корни, эфирное масло

INVESTIGATION OF THE ESSENTIAL OIL OF EUROPEAN SPRUCE ROOTS (LAT. *PICEA ABIES* H. KARST, PINACEAE FAMILY)

D.K. Guljaev, V.D. Belonogova, P.S. Mashchenko, I.V. Korotkov

Perm State Pharmaceutical Academy,
2, Polevaja Str., Perm, Russia, 614990
E-mail: dkg2014@mail.ru

The article is devoted to the study of essential oil extracted from the roots of European Spruce (Lat. *Picea abies*). **The aim** is to establish the component composition of the essential oil and the peculiarities of its localization in the roots of European Spruce. **Materials and methods.** The objects of the study are the roots of European Spruce not longer than two centimeters in diameter, peeled and dried. The study of their anatomical signs was carried out according to the methodology of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation (the XIII-th edition) with the "Biomed-6" microscope using the DCN 510 nozzle. The essential oil was obtained by hydrodistillation of European Spruce roots using the device of Clevenger by Method 2 of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation (the XIII-th edition). The component composition of the essential oil was determined by an Agilent 7890A gas-liquid chromatograph with an Agilent 5975C mass-selective detector. **Results and discussion.** As a result of the microscopic examination of the

Для цитирования:

Гуляев Д.К., Белоногова В.Д.,
Мащенко П.С., Коротков И.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА КОРНЕЙ ЕЛИ
ОБЫКНОВЕННОЙ (*PICEA ABIES* (L.) H.KARST)
СЕМЕЙСТВА – PINACEAE.
Фармация и фармакология. 2017;5(6):520-531.
DOI:10.19163/2307-9266-2017-5-6-520-531
© Гуляев Д.К., Белоногова В.Д.,
Мащенко П.С., Коротков И.В., 2017

For citation:

Gulyaev D.K., Belonogova V.D.,
Mashchenko P.S., Korotkov I.V. INVESTIGATION
OF THE ESSENTIAL OIL OF EUROPEAN SPRUCE
ROOTS (Lat. *PICEA ABIES* H. KARST, PINACEAE
FAMILY).
Pharmacy & Pharmacology. 2017,5(6):520-531. (In Russ.)
DOI: 10.19163/2307-9266-2017-5-6-520-531.

roots of European Spruce, it was established that the essential oil is localized mainly in resinous courses located in the wood of the root. In the central part of the root, resin moves are of a larger diameter. More than 18 components were found in the essential oil of European Spruce roots, 14 of them were identified. The main component of the essential oil is sesquiterpene lactone – tanbergol. **Conclusion.** The essential oil of European Spruce roots has a unique component composition that includes components not characteristic for the essential oil of spruce greenery. The difference in the component composition indicates the difference in properties and pharmacological activity. Further studies are of interest for determining the prospects of using European Spruce roots.

Keywords: European Spruce, roots, essential oil

Введение. Ель обыкновенная, или европейская – *Picea abies* (L.) Karst. – вечнозеленое хвойное растение из семейства сосновых (*Pinaceae*) высотой 20–30 м с пирамидальной кроной. Рост в высоту не прекращается практически всю жизнь, и даже старые деревья сохраняют остроконечную коническую форму.

Ель обыкновенная является древесным растением, имеющим широкое распространение на территории Пермского края и других регионов Европейской части Российской Федерации [1, 2].

Одной из ведущих групп биологически активных веществ древесной зелени и шишек ели обыкновенной являются эфирные масла. Эфирные масла представляют собой летучие маслянистые жидкости, проявляющие антибактериальную, противогрибковую, противовоспалительную и другие виды активности [3–9]. Большинство работ посвящено исследованию компонентного состава эфирного масла древесной зелени (охвоенные ветви диаметром не более 8 мм) ели обыкновенной [10–16]. Древесная зелень ели обыкновенной является отходом лесозаготовок. На каждый кубометр древесины приходится до 500 кг древесных отходов [17]. Однако, после заготовки древесины на лесосеке остается и корневая система, которая может стать перспективным источником биологически активных веществ.

Корневая система ели обыкновенной залегает преимущественно в верхнем слое почвы, что значительно упрощает заготовку корней. Причина этого кроется в относительно слабой развитости стержневого корня, основная часть корневой системы представлена боковыми ответвлениями, находящимися в верхнем слое почвы [18]. У таких древесных пород, как пихта и сосна стержневой корень хорошо развит и уходит вглубь почвы на 3–5 метров. В этом заключается преимущество заготовки корней ели обыкновенной перед другими видами семейства сосновых.

Цель работы – установить компонентный состав эфирного масла и особенности его локализации в корнях ели обыкновенной.

Материалы и методы. Объектами исследования служили образцы корней ели обыкновенной, собранные в августе 2016 года на территории Ильинского района Пермского края. Образцы корней заготовлены с разных деревьев в еловом лесу. Заготавливали

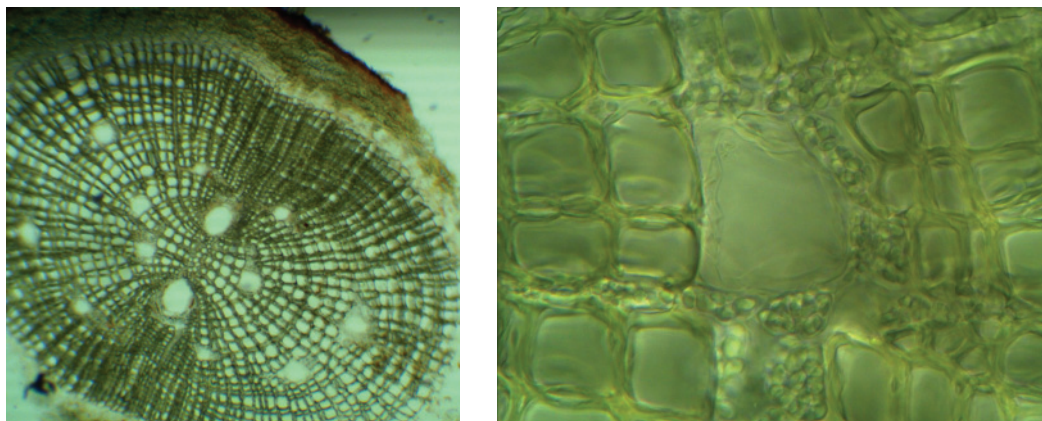
только молодые боковые корни диаметром на срезе не более 2 сантиметров. Корни выкапывали, очищали от земли, измельчали и в лабораторных условиях получали эфирное масло.

Эфирное масло получали с помощью аппарата Клевенджера по методу 2 Государственной фармакопеи Российской Федерации XIII издания [19]. Для хроматографического исследования эфирное масло отбирали из приемника одноразовым шприцем и запаивали в ампулы. Полученное эфирное масло сразу подвергали анализу. Хромато-масс-спектрометрический анализ эфирного масла ели обыкновенной проводили на газовом хроматографе Agilent 7890A с масс-селективным детектором Agilent 5975C. Температура испарителя – 250°C, температура колонки – 70°C, выдерживается в течение 5 минут, а затем повышается до 310°C со скоростью 10°C в минуту и выдерживается в течение 10 минут. Температура интерфейса – 310°C, объем вводимой пробы – 1 микролитр, газ-носитель – гелий, деление потока – 1:10, ионизация – методом электронного удара.

Микроскопические исследования проводили по методике Государственной фармакопеи Российской Федерации XIII издания [19]. Эфирное масло в микропрепаратах обнаруживали с помощью реакции с Суданом III. Судан III окрашивает жирное и эфирное масло в желто-оранжевый цвет. Анатомические признаки исследовали на микроскопе марки «Биомед 6» (Россия) при увеличении $\times 40$, $\times 400$. Фотографии микропрепаратов выполнены с помощью фото насадки DCN 510.

Результаты и обсуждение. Эфирное масло корней ели обыкновенной представляет собой густую, летучую, бесцветную жидкость со специфичным запахом. Содержание эфирного масла составляет около $0,2 \pm 0,03\%$ в сухом сырье.

Одной из задач исследования являлось установление особенностей локализации эфирного масла в корнях ели обыкновенной. В древесной зелени и шишках ели эфирное масло локализовано преимущественно в смоляных ходах [20, 21]. От особенностей локализации эфирного масла может зависеть заготовка, хранение и способ получения эфирного масла из данного сырья.



1 **2**
Рисунок 1 – Смоляные ходы корней ели обыкновенной
1 – поперечный срез корня ели (×40); 2 – смоляной ход (×400)

Эфирное масло корней ели обыкновенной локализовано преимущественно в смоляных ходах, которыми пронизана древесина корней (рис. 1). Смоляные ходы равномерно распределены по всей толщине среза древесины корня. Смоляные ходы, располо-

женные в центральной части древесины корня, имеют больший диаметр. Стенки смоляных ходов представлены секреторными клетками. Вокруг смоляных ходов находятся паренхимные клетки с крупными крахмальными зернами.

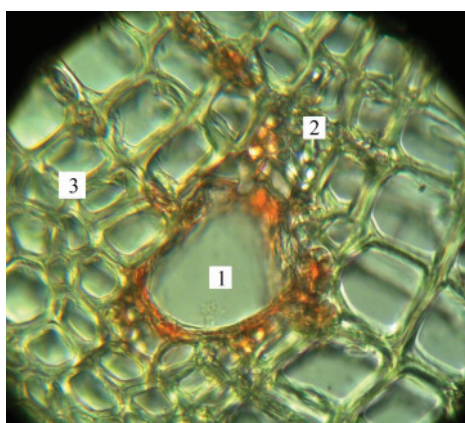


Рисунок 2 – Смоляной ход корня ели обыкновенной, реакция с Суданом III (×400)
1 – смоляной ход; 2 – паренхимные клетки с крупными крахмальными зернами;
3 – проводящие элементы древесины – трахеиды

На рисунке 2 показан смоляной ход на поперечном срезе корня ели обыкновенной после обработки Суданом III. После обработки поперечного среза корня происходит окрашивание в желто-оранжевый цвет секреторных клеток и содержимого смоляного хода, что указывает на присутствие в смоляных ходах корней ели обыкновенной эфирного масла.

Вокруг смоляных ходов располагаются паренхимные клетки с крупными крахмальными зернами, а также проводящие элементы древесины – трахеиды (рис. 2).

Нами исследован компонентный состав эфирного масла, полученного из корней ели обыкновенной, методом гидроdistилляции. Состав эфирного масла исследовали методом газо-жидкостной хроматографии с масс-селективной детекцией (рис. 3).

В составе эфирного масла корней ели обыкновен-

ной обнаружили более 18 компонентов, из которых 14 были идентифицированы. Для сравнения, в эфирном масле древесной зелени ели обыкновенной всего было обнаружено около 100 компонентов, из которых около 60 компонентов были идентифицированы.

На хроматограмме видно, что большинство компонентов относятся к тяжелолетучей сесквитерпеновой фракции эфирного масла. Процентное соотношение площади пиков сесквитерпеновых компонентов по отношению к общей площади пиков на хроматограмме превышает процент площади пиков монотерпенов. Это говорит о том, что сесквитерпеновые соединения содержатся в эфирном масле корней ели обыкновенной в большем количестве.

Компонентный состав эфирного масла корней ели обыкновенной представлен в таблице 1.

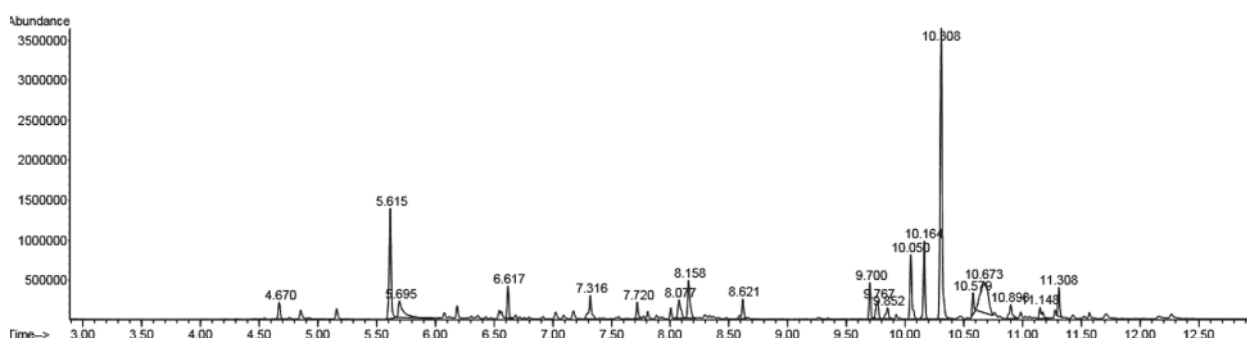


Рисунок 3 – Хроматограмма эфирного масла корней ели обыкновенной

Таблица 1 – Компонентный состав эфирного масла корней ели обыкновенной

№	Время удерживания, мин	% площади пика компонента от общей площади пиков	Компонент
1	4,083	0,8	β -пинен
2	4,889	0,5	Δ^3 -карен
3	4,67	1,72	Борнеол
4	5,615	11,06	Борнилацетат
5	5,695	4,19	3-метил-4-изопропилфенол
6	6,617	2,63	Бицикло [7.2.0] ундец-4-ен, 4,11,11-триметил-8-метил-ен
7	7,316	3,07	Нафтален 1,2,3,5,6,8а-гексагидро-4,7-диметил-1-(1-метилэтил)
8	7,72	1,52	Спатуленол
9	8,077	2,62	T-кадинол
10	8,158	4,2	α -кадинол
11	8,621	1,99	Не идентифицированный компонент
12	9,767	0,18	1,3,6,10-циклотетрадекатетраен, 3,7,11-триметил-14-(1-метилэтил)
13	10,16	6,45	1н-нафто [2,1-b] пиран, 3-этинилдодекагидро-3,4а,7,7,10а-пентаметил
14	10,308	28,47	Танбергол
15	10,579	1,78	Не идентифицированный компонент
16	10,673	11,72	Не идентифицированный компонент
17	10,898	1,94	Не идентифицированный компонент
18	11,308	2,3	1-Фенантренкарбоксальдегид 1,2,3,4,4а,9,10,10а-октагидро-1,4а-диметил-7-(1-метилэтил)

В эфирном масле корней ели обыкновенной идентифицировано 14 веществ. По результатам анализа установлено, что основным компонентом эфирного масла корней ели обыкновенной является сесквитерпеновый лактон – танбергол (табл. 1). Площадь пика данного вещества на хроматограмме составляет 28,47% от общей площади пиков. Танбергол не был ранее обнаружен в эфирном масле шишек ели обыкновенной и очень редко в незначительном количестве обнаруживается в эфирном масле древесной зелени [3, 22–25]. Среди монотерпенов в эфирном масле корней преобладает борнилацетат с содержанием около 11,06%. В составе эфирного масла обнаружено 4 неидентифицированных соединения. Неидентифициро-

ванный компонент со временем удерживания – 10,673 минут содержится в значительном количестве и может оказывать влияние на свойства эфирного масла. Неидентифицированные компоненты по своей химической структуре относятся преимущественно к сесквитерпеновым соединениям. Представляют интерес дальнейшие исследования структуры данных веществ.

Анализируя сравнительные данные компонентного состава эфирных масел древесной зелени, корней ели обыкновенной, нами установлены постоянные компоненты для данных органов, таковыми являются: β -пинен, Δ^3 -карен, борнеол, борнилацетат, α -кадинол, спатуленол, однако содержание их различно (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнение компонентного состава эфирного масла древесной зелени и корней ели обыкновенной

№ п/п	Компонент	Эфирное масло древесной зелени	Эфирное масло корней ели
1	Камфен	+	-
2	β-пинен	+	+
3	β-мирцен	+	-
4	α-Фелладрен	+	-
5	Камфора	+	-
6	α-пинен	+	-
7	Оцимен	+	-
8	Лимонен	+	-
9	Δ ³ -карен	+	+
10	4-карен	+	-
11	α-терпинеол	+	-
12	Терпинен-4-ол	+	-
13	Фенхол	+	-
14	Изоборнеол	+	-
15	Борнеол	+	+
16	Борнилацетат	+	+
17	Цис- α-санталол	+	-
18	Лонгициклен	+	-
19	Изомиокорен	+	-
20	Фарнезол	+	-
21	Цедрен	+	-
22	2-метил-2-борнен	+	-
23	α-калокорен	+	-
24	Каур-16-ен	+	-
25	Сейхеллен	+	-
26	Кариофиллен	+	-
27	α-кариофиллен	+	-
28	Копаен	+	-
29	Сантолина триен	+	-
30	Изоборнеол	+	-
31	Циклоизосатинен	+	-
32	α-бергамотен	+	-
33	Аромадендрен	+	-
34	Изоаромадендрен эпоксид	+	-
35	α-фарнезен	+	-
36	Эпи-бициклосесквифелладрен	+	-
37	Неролидол	+	-
38	Цис-α-бисаболен эпоксид	+	-
39	Мууролол	+	-
40	α-кадинол	+	+
41	Т-кадинол	-	+
42	Глобулол	+	-
43	Квинолинедол	+	-
44	Спатуленол	+	+
45	Гумулен	+	-
46	α-кубебен	+	-
47	Танбергол	-	+

В эфирном масле древесной зелени ели обыкновенной нами ранее было идентифицировано около 50 компонентов. В составе эфирного масла древесной зелени преобладали легколетучие монотерпеновые соединения. Основным компонентом эфирного масла древесной зелени ели обыкновенной является борнилацетат [3, 22–24]. Эфирное масло корней ели обыкновенной представлено, в основном, сесквитерпеновыми соединениями, основным компонентом является сесквитерпеноид – танбергол. Такие компоненты, как α -пинен, камфора, лимонен, β -мирцен, камфен, составляющие основу эфирного масла древесной зелени ели, отсутствуют или найдены в незначительных количествах в эфирном масле корней ели. Эфирное масло корней и эфирное масло древесной зелени ели обыкновенной значительно отличаются по компонентному составу, а значит, имеют отличия в свойствах и фармакологической активности.

Эфирное масло корней ели обыкновенной содержит в своем составе вещества, проявляющие различную фармакологическую активность. Такие вещества, как: 3-метил-4-изопропилфенол и спатуленол, обладают противогрибковым действием; спатуленол и α -кадиол проявляют антиоксидантную актив-

ность; β -пинен, борнеол, борнилацетат проявляют антибактериальную активность и оказывают влияние на нервную систему [6, 26].

Учитывая значительные запасы отходов лесозаготовок и доступность сырьевых ресурсов, перспективным источником получения новых высокоэффективных препаратов растительного происхождения с высокой биологической активностью можно считать древесную зелень и корни ели обыкновенной.

Заключение. Эфирное масло корней ели обыкновенной локализовано преимущественно в смоляных ходах, которыми пронизана древесина корня.

В эфирном масле корней ели обыкновенной обнаружено около 18 компонентов, большинство из которых относятся к сесквитерпенам. Основным компонентом эфирного масла корней ели является сесквитерпеноид – танбергол, вещество крайне редко входящее в состав эфирного масла древесной зелени ели. Исследование свойств и фармакологической активности эфирного масла корней ели обыкновенной и его основного компонента – танбергола представляет интерес. Учитывая огромную сырьевую базу и особенности химического состава, корни ели могут стать новым перспективным видом сырья.

Introduction. European Spruce, or *Picea abies* (L.) Karst. is an evergreen coniferous plant of *Pinaceae* family 20–30 m high with a pyramidal crown. Its height growth does not cease almost all its life, and even old trees keep a pointed conical shape.

European Spruce (*Picea abies*) is an arboreal plant that is widely distributed in Perm and other regions of the European part of the Russian Federation [1, 2].

One of the leading groups of biologically active substances of woody greens and cones of European Spruce are essential oils. Essential oils are volatile oily liquids that show antibacterial, antifungal, anti-inflammatory and other activities [3–9]. Most of the works are devoted to the study of the component composition of essential oil of European Spruce woody greens (branches of a diameter not more than 8 mm) [10–16]. European Spruce woody greens is a waste of logging. Up to 500 kg of wood waste account for each cubic meter of wood [17]. However, after wood harvesting, the root system remains in the felling area and can become a promising source of biologically active substances.

The root system of European Spruce lies mainly in the upper layer of the soil, which greatly simplifies the harvesting of the roots. The reason for this is that the taproot is developed comparatively poorly, the main part of the root system is represented by lateral branches located in the upper soil layer [18]. In tree species such as fir and pine, the taproot is well developed and gets deep into the soil for 3–5 meters. This is the advantage of harvesting the roots of European Spruce over other species of the *Pinaceae* family.

The aim of the work is to establish the component composition of the essential oil and the peculiarities of its localization in the roots of European Spruce.

Materials and methods. The objects of the study

were the samples of the roots of European spruce, collected in August 2016 in the Ilinsky district of Perm region. The samples of the roots were harvested from different trees in the spruce forest. We prepared only young lateral roots of a diameter not more than 2 centimeters. The roots were excavated, cleaned, crushed and the essential oil was obtained in laboratory conditions.

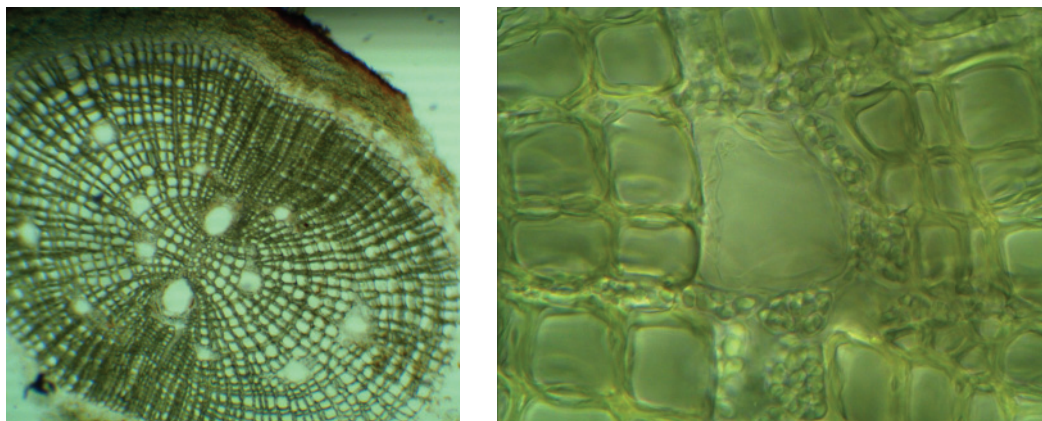
The essential oil was obtained with the help of Clevenger apparatus by method 2 of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation (the XIII-th edition) [19]. For chromatographic study, the essential oil was taken from the receiver by a disposable syringe and sealed in ampoules. The obtained essential oil was immediately analyzed. Chromato-mass spectrometric analysis of the essential oil of European Spruce was carried out on an Agilent 7890A gas chromatograph with an Agilent 5975C mass-selective detector. The evaporator temperature was 250°C, the primary column temperature was 70°C, it was constant for 5 minutes, and then it rose up to 310°C with a speed of 10°C per minute and was maintained for 10 minutes. The temperature of the interface was 310°C, the volume of the sample was 1 microliter, the carrier gas was helium, the flow split was 1:10, ionization was carried out by the electron method.

The microscopic studies were carried out according to the methodology of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation of the XIII-th edition [19]. The essential oil in micropreparations was detected by reaction with sudan III as sudan III paints fatty and essential oil in a yellow-orange color. Anatomical signs were examined with a “Biomed 6” microscope (Russia) with a magnification of 40 and 400 power. Photographs of micropreparations were made with the help of a DCN 510 photonozzle.

Results and discussion. The essential oil of European Spruce roots is a thick, volatile, colorless liquid with a specific odor. The content of the essential oil in dry raw material is about $0.2 \pm 0.03\%$.

One of the research tasks was to establish the peculiarity of localization of the essential oil in Eu-

ropean Spruce roots. The essential oil of the woody greens and cones is localized predominantly in resin currents [20, 21]. The preparation, storage and method of obtaining the essential oil from this raw material can depend on the peculiarity of the essential oil localization.



1 2
Figure 1 – Resin currents of European Spruce roots

1 – Transverse section of the spruce root ($\times 40$); 2 – resin current ($\times 400$)

The essential oil of European Spruce roots is localized mainly in resin currents, which the wood of roots is penetrated with (Fig. 1). Resin currents are evenly distributed throughout the cutting thickness of the root wood. The res-

in currents located in the central part of the root wood have a larger diameter. The walls of the resin currents are represented by secretory cells. Parenchymal cells with large amyllum granules are located around the resin currents.

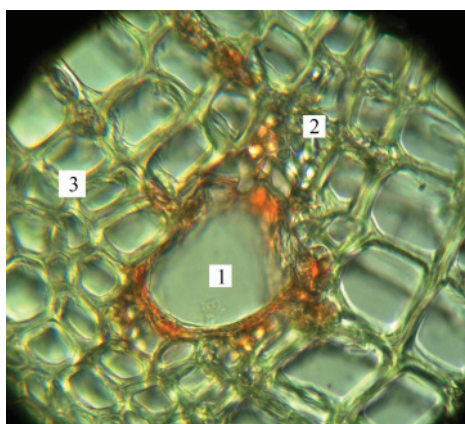


Figure 2 – Resin currents of European Spruce root, reaction with sudan III ($\times 400$)

**1 – resin currents; 2 – parenchymal cells with large amyllum granules;
3 – conductive elements of wood – tracheids**

Figure 2 shows a resin course on the transverse section of the root of a European Spruce after treatment with sudan III. After the treatment of the transverse cut of the root, the coloring of the secretory cells and the content of the resinous course is yellow-orange, which indicates the presence of the essential oil in the resin courses of European Spruce roots.

Around the resin courses there are parenchymal cells with large starch grains, as well as conductive elements of wood – tracheids (Fig. 2).

We studied the component composition of the essential oil obtained from-European Spruce roots, by hydrodistillation. The composition of the essential oil was studied by gas chromatography with a mass-selective detection (Fig. 3).

In the composition of the essential oil of roots by European Spruce, more than 18 components were found, of which 14 were identified. For comparison, about 100 components were found in the essential oil of verdure by European Spruce, of which about 60 components were identified.

The chromatogram shows that most of the components refer to the heavily volatile sesquiterpene fraction of the essential oil. The percentage of the peak area of the sesquiterpene components relative to the total area of the peaks in the chromatogram exceeds the percentage of the area of the monoterpene peaks. This suggests the presence of sesquiterpene compounds in the essential oil of-European Spruce roots in a larger amount.

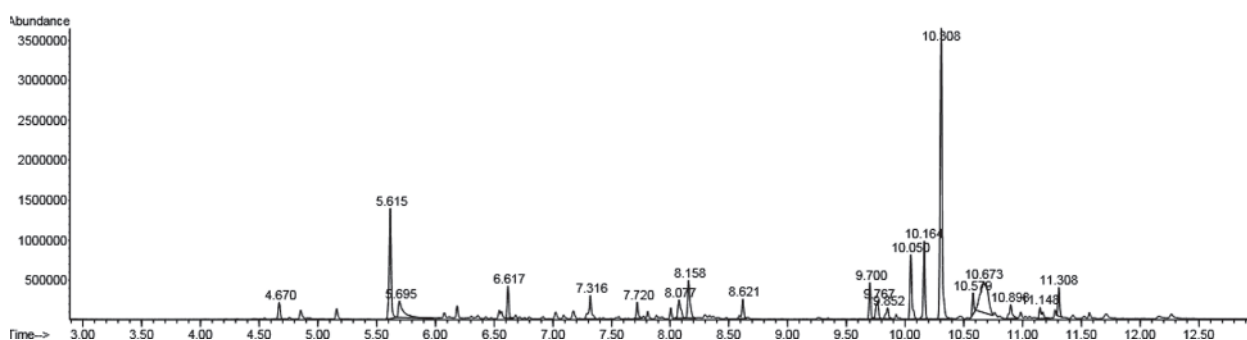


Figure 3 – Chromatogram of essential oil of roots by European Spruce

The component composition of the essential oil of European Spruce roots is presented in Table 1.

Table 1 – Component composition of essential oil of roots by European Spruce

№	Retention time, min	% peak area of the component from the total area of peaks	Component
1	4.083	0.8	β -pinene
2	4.889	0.5	Δ^3 -carene
3	4.67	1.72	Borneol
4	5.615	11.06	Bornyl acetate
5	5.695	4.19	3-Methyl-4-isopropylphenol
6	6.617	2.63	Bicyclo [7.2.0] undec-4-ene, 4,11,11-trimethyl-8-methylene
7	7.316	3.07	1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1- (1-methylethyl) naphthalene
8	7.72	1.52	Spatulenol
9	8.077	2.62	T-cadinol
10	8.158	4.2	α -cadinol
11	8.621	1.99	Unidentified component
12	9.767	0.18	3,7,11-trimethyl-14-(1-methylethyl) 1,3,6,10-cyclotetradecatetraene
13	10.16	6.45	3-ethenyl-dodecahydro-3,4a,7,7,10a-pentamethyl-1n-naphtho [2,1-b] pyran
14	10.308	28.47	Tanbergol
15	10.579	1.78	Unidentified component
16	10.673	11.72	Unidentified component
17	10.898	1.94	Unidentified component
18	11.308	2.3	1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahydro-1,4a-dimethyl-7- (1-methylethyl) 1-phenanthrenecarboxaldehyde

In the essential oil of European Spruce roots 14 substances were identified. According to the results of the analysis, the main component of the essential oil of European Spruce roots is sesquiterpene lactone – tanbergol (Table 1). The peak area of this substance on the chromatogram is 28.47% of the total area of the peaks. Tanbergol was not previously found in the essential oil of European Spruce cones and in the essential oil of woody greens it is found very rarely and in an insignificant amount [3, 22–25]. Among monoterpenes in the essential oil of roots, bornyl acetate predominates with a content of about 11.06%. In the composition of essential oil, 4 unidentified compounds were detected.

An unidentified component with a retention time of 10.673 minutes is represented in a significant amount and may affect the properties of the essential oil. The unidentified components in their chemical structure are predominantly related to the sesquiterpene compounds. Further studies of the structure of these substances are of interest.

Analyzing the comparative data of the component composition of the essential oils of European Spruce woody greens and roots, we have established constant components for these organs: β -pinene, Δ^3 -carene, borneol, bornyl acetate, α -cadinol, sputulenol, but their content is different (Table 2).

Table 2 – Comparison of the composition of essential oils of verdure and roots by European Spruce

№	Component	Essential oil of woody greens	Essential oil of roots
1	Camphene	+	-
2	β -pinene	+	+
3	β -myrcene	+	-
4	α -Phellandrene	+	-
5	Camphor	+	-
6	α -pinene	+	-
7	Ocimene	+	-
8	Limonene	+	-
9	Δ^3 -carene	+	+
10	4-carene	+	-
11	α -Terpineol	+	-
12	Terpinen-4-ol	+	-
13	Fenchol	+	-
14	Isoborneol	+	-
15	Borneol	+	+
16	Bornyl acetate	+	+
17	Cis- α -santalol	+	-
18	Longicyclene	+	-
19	Isomycorene	+	-
20	Farnesol	+	-
21	Cedrene	+	-
22	2-methyl-2-bornene	+	-
23	α -calocorene	+	-
24	Caur-16-en	+	-
25	Seychellen	+	-
26	Caryophyllene	+	-
27	α -caryophyllene	+	-
28	Copaene	+	-
29	Santolina triene	+	-
30	Isoborneol	+	-
31	Cycloisosatinene	+	-
32	α -bergamotene	+	-
33	Aromadendren	+	-
34	Isoaromadendrene epoxide	+	-
35	α -farnesen	+	-
36	Epi-bicyclsesquifyladrene	+	-
37	Nerrolidol	+	-
38	Cis- α -bisabolene epoxide	+	-
39	Muurolol	+	-
40	α -cadinol	+	+
41	T-cadinol	-	+
42	Globulol	+	-
43	Quinolinedole	+	-
44	Spatulenol	+	+
45	Gumulen	+	-
46	α -kubeben	+	-
47	Tanbergol	-	+

In the essential oil of European Spruce woody greens, we earlier identified about 50 components. As a part of the essential oil of woody greens, volatile monoterpene compounds predominated. The main component of the essential oil of European Spruce woody greens is bornyl acetate [3, 22–24]. The essential oil of European Spruce roots is represented mainly by sesquiterpene compounds, and the main component is sesquiterpenoid – tanbergol. The components such as α -pinene, camphor, limonene, β -mercen, camphene, which form the basis of the essential oil of spruce, are absent or found in minor amounts in the essential oil of European Spruce roots. The oil of European Spruce roots and the oil of European Spruce woody greens differ significantly in their component composition, which means they have differences in properties and pharmacological activity.

The essential oil of European Spruce roots contains the substances exhibiting different pharmacological activity in its composition. Such substances as: 3-methyl-4-isopropylphenol and spatulenol, have an antifungal effect; sputulenol and α -cadinol exhibit antioxidant activity; β -pinene, borneol, bornyl acetate

show antibacterial activity and affect the nervous system [6, 26].

Considering significant reserves of logging waste and the availability of raw materials, European Spruce roots and woody greens can be considered a promising source of obtaining new highly effective preparations of plant origin with high biological activity.

Conclusion. The essential oil of roots by European Spruce is localized predominantly in resin currents, which the root wood is penetrated with.

In the essential oil of European Spruce roots about 18 components have been found, and most of them are sesquiterpenes. The main component of the essential oil of European Spruce roots is sesquiterpenoids – tanbergol, a substance that is extremely rare in the essential oil of European Spruce woody greens. The investigation of the properties and pharmacological activity of the essential oil of European Spruce roots and its main component – tanbergol is of interest. Considering the huge raw material base and the chemical composition of European Spruce roots, we have arrived at the decision, that they can become a new promising type of raw materials.

Библиографический список

1. Лир Х. Физиология древесных растений. М.: Мир, 1974. 422 с.
2. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М., 1972. 284 с.
3. Гуляев Д.К., Новикова В.В., Белоногова В.Д. Антимикробная и противогрибковая активность эфирного масла древесной зелени ели обыкновенной и его отдельных фракций // Медицинский альманах. 2015. № 4. С. 213–214.
4. Струкова Е.Г., Ефремов А.А., Гонтова А.А., Соколова Л.С. Воздействие эфирных масел Сибирского региона на условно-патогенные микроорганизмы // Химия растительного сырья. 2009. №4. С. 79–82.
5. Тырков А.Г., Сухенко Л.Т., Акмаев Э.Р. Антимикробная активность эфирных масел, выделенных из растений Астраханского региона // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. №2. С. 57–59.
6. Sacchetti G., Maietti S., Muzzoli M., Scaglianti M., Manfredini S., Radice M., Bruni R. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods // Food Chem. 2005. V. 91. Is. 4. P. 621–632. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.06.031
7. Canillac N., Mourey A. Antimicrobial activity of the essential oil of *Picea excels* on *Listeria*, *Staphylococcus aureus*, and coliform bacteria // Food Microbiology. 2001. P. 261–268.
8. Hong E.J., Na K.J., Choi I.G., Choi K.C., Jeung E.B. Antibacterial and antifungal effects of essential oils from coniferous trees // Biol. Pharm. Bull. 2004. V. 27. P. 863–866.
9. Шарапаева М.С., Лесовская М.И. Взаимосвязь бактерицидных и антиоксидантных свойств эфирных масел // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=5067> (дата обращения: 15.09.2017).
10. Растительные ресурсы СССР. Голосеменные растения, их химический состав, использование. СПб.: Наука, 1993. Том 9. 465 с.
11. Степень Р.А., Есякова О.А. Влияние антропогенного загрязнения среды на содержание и состав эфирного масла хвои ели // Хвойные бореальной зоны. 2007. № 1. С. 122–127.
12. Скаковский Е.Д., Тычинская Л.Ю., Гайдукевич О.А., Ламоткин С.А., Владыкина Д.С., Рыков С.В. ЯМР-Анализ состава эфирных масел хвои ели обыкновенной в зависимости от атмосферного загрязнения районов Минска // Химия растительного сырья. 2013. № 3. С. 121–128.
13. Есякова О.А., Степень Р.А. Влияние загрязненности воздушной среды Красноярска на терпеноидный состав эфирного масла ели сибирской // Химия растительного сырья. 2010. №4. С. 139–143.
14. Васильев С.Н., Рошин В.И., Фелеке С. Экстрактивные вещества древесной зелени *Picea abies* (L.) Karst // Растительные ресурсы. Вып. 1–2. 1996. С. 151–176.
15. Владыкина Д.С., Ламоткин С.А. Возрастная и сезонная изменчивость состава эфирного масла ели европейской // Известия Национальной академии наук Беларуси. 2014. № 4. С. 105–108.
16. Пляшечник М.А., Анискина А.А., Лоскутов С.Р. Сезонное соотношение изменения монотерпенов хвои *Picea obovata* (Pinaceae) // Растительные ресурсы. 2011. №1. С. 80–86.
17. Михайлов К.Л., Гуцин В.А., Тараканов А.М. Организация сбора и переработки лесосечных отходов и дров на лесосеке // Лесной журнал. 2016. №6. С. 98–109.
18. Чиндяев А.С., Порошилов А.В. Особенности распределения корней *Picea obovata* на осушенных низинных болотах среднего Урала // Лесной вестник. 2007. №8. С. 91–94.

19. Государственная Фармакопея Российской Федерации XIII издание, том II, Москва, 2015. URL: <http://www.femb.ru/feml> (дата обращения: 10.09.2017).
20. Гуляев Д.К., Анисимова А.Г., Белоногова В.Д. Анатомическое и морфологическое изучение ели обыкновенной шишек *Piceae abietis strobili* // Медицинский альманах. 2015. № 1. С. 113–116.
21. Bergu R., Popoviciu D.R. Anatomical comparative study of *Larix deciduas* Mill. and *Picea abies* (L.) Karsten (*Pinaceae*) leaf // Annals of R.S.C.B. 2013. Vol. XVIII. P. 172–177.
22. Гуляев Д.К., Белоногова В.Д., Коротков И.В., Машенко П.С. Состав эфирного масла древесной зелени и шишек ели обыкновенной, произрастающей в Пермском крае // Фармация. 2015. № 6. С. 14–16.
23. Гуляев Д.К., Белоногова В.Д., Машенко П.С. Сезонная изменчивость компонентного состава эфирного масла древесной зелени ели обыкновенной *Piceae abietis* (*Pinaceae*) // Фундаментальные исследования. 2015. № 7. С. 14–19.
24. Гуляев Д.К., Белоногова В.Д., Машенко П.С. Исследование сезонной динамики компонентного состава эфирного масла подроста ели обыкновенной // Вестник Пермской государственной фармацевтической академии. 2015. № 15. С. 39–41.
25. Zule J., Tisler V., Zurej A., Niko T. Isolation and characterization of essential oils from the cones of Norway spruce (*Picea abies* Karst.), European larch (*Larix decidula* Mill.) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) // Zbornik gozdarstva in lesarstva. Vol. 71. 2013. P. 159–172.
26. Pharmacopoeia of the people's republic of China (English edition 2000). V. I. P. 7–8.

References

1. Lir H. Fiziologiya drevesnykh rasteniy [Physiology of woody plants]. Moscow: Mir, 1974. 422 p. Russian.
2. Mamaev SA. Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy [Forms of intraspecific variability of woody plants]. Moscow, 1972. 284 p. Russian.
3. Gulyaev DK, Novikova VV, Belonogova VD. Antimikrobnaya i protivogribkovaya aktivnost efirnogo masla drevesnoy zeleni yeli obyknovennoy i yego otdel'nykh fraktsiy [Antimicrobial and antifungal activity of essential oil of woody green spruce and its individual fractions]. Medical Almanac. 2015; (4): 213–4. Russian.
4. Strukova EG, Efremov AA, Gontova AA, Sokolova LS. Vozdeystviye efirnykh masel Sibirskogo regiona na uslovno-patogennyye mikroorganizmy [Effects of essential oils of the Siberian region on conditionally pathogenic microorganisms]. Chemistry of plant raw materials. 2009;(4):79–82. Russian.
5. Tyrkov AG, Sukhenko LT, Akmaev ER. Antimikrobnaya aktivnost efirnykh masel, vydelennykh iz rasteniy Astrakhanskogo regiona [Antimicrobial activity of essential oils isolated from plants of the Astrakhan region]. Bulletin of Altai State Agrarian University. 2012; (2): 57–9. Russian.
6. Sacchetti G, Maietti S, Muzzoli M, Scaglianti M, Manfredini S, Radice M, Bruni R. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. Food Chem. 2005; 91(4): 621–32. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.06.031
7. Canillac N, Mourey A. Antimicrobial activity of the essential oil of *Picea excelsa* on *Listeria*, *Staphylococcus aureus*, and coliform bacteria. Food Microbiology. 2001: 261–8.
8. Hong EJ, Na KJ, Choi IG, Choi KC, Jeung EB. Antibacterial and antifungal effects of essential oils from coniferous trees. Biol. Pharm. Bull. 2004; 27: 863–6.
9. Sharapaeva MS, Lesovskaya MI. Vzaimosvyaz bakteritsidnykh i antioksidantnykh svoystv efirnykh masel [Interrelation of bactericidal and antioxidant properties of essential oils]. Modern problems of science and education. [Internet]. 2011 [cited 2017 Sep 15];6. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=5067>. Russian.
10. Rastitelnye resursy SSSR. Golosemennyye rasteniya, ikh khimicheskiy sostav, ispolzovaniye [Gymnosperms, their chemical composition, use]. SPb.: Nauka. 1993; (9): 465 p. Russian.
11. Stepen RA, Yesyakova OA. Vliyaniye antropogennogo zagryazneniya sredy na sodержaniye i sostav efirnogo masla khvoi yeli [Influence of anthropogenic pollution of the environment on the content and composition of essential oil of spruce needles]. Coniferous of the boreal zone. 2007; (1): 122–7. Russian.
12. Skakovskiy ED, Tychinskaya LYu, Gaydukevich OA, Lamotkin SA, Vladykina DS, Rykov SV. YAMR-Analiz sostava efirnykh masel khvoi yeli obyknovennoy v zavisimosti ot atmosfernogo zagryazneniya rayonov Minska [NMR-Analysis of the composition of essential oils of pine spruce needles, depending on the atmospheric pollution of Minsk regions]. Chemistry of plant raw materials. 2013; (3): 121–8. Russian.
13. Esiyakova OA, Stepen RA. Vliyaniye zagryaznennosti vozdushnoy sredy Krasnoyarska na terpenoidnyy sostav efirnogo masla yeli sibirskoy [Influence of Pollution of the Krasnoyarsk Air Environment on the Terpenoid Composition of the Siberian Spruce Essential Oil]. Chemistry of plant raw materials. 2010; (4): 139–43. Russian.
14. Vasiliev SN, Roshchin VI, Feleke C. Ekstraktivnyye veshchestva drevesnoy zeleni *Picea abies* (L.) Karst [Extractive substances of woody greens *Picea abies* (L.) Karst]. Rastitelnye resursy. 1996; (1–2): 151–76. Russian.
15. Vladykina DS, Lomatkin SA. Vozrastnaya i sezonnaya izmenchivost sostava efirnogo masla yeli yevropeyskoy [Age and seasonal variability of essential oil composition of European spruce]. News of National Academy of Sciences of Belarus. 2014; (4): 105–8. Russian.
16. Plyashechnik MA, Aniskina AA, Loskutov SR. Sezonnoye sootnosheniye izmeneniya monoterpenov khvoi *Picea obovata* (*Pinaceae*) [Seasonal ratio of the change in monoterpenes of pine needles *Picea obovata* (*Pinaceae*)]. Rastitelnye resursy. 2011; (1): 80–6. Russian.
17. Mikhailov KL, Gushchin VA, Tarakanov AM. Organizatsiya sbora i pererabotki lesosechnykh otkhodov i drov na lesoseke [Organization of collection and processing of logging waste and firewood in the cutting area]. Forestry journal. 2016; (6): 98–109. Russian.

18. Chindyaev AS, Poroshilov AV. Osobennosti raspredeleniya korney Picea obovata na osushennykh nizinykh bolotakh srednego Urala [Peculiarities of the distribution of the roots of *Picea obovata* on drained lowland mires of the middle Urals]. Forest bulletin. 2007;(8): 91–4. Russian.
19. Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossijskoj Federacii XIII izdanie [State Pharmacopoeia of the Russian Federation of the XIII edition]. Vol. 2. [Internet]. Moscow, 2015. [cited 2017 Sep 10]. Available from: <http://www.femb.ru/feml> Russian.
20. Gulyaev DK, Anisimova AG, Belonogova VD. Anatomicheskoye i morfologicheskoye izucheniye yeli obyknovennoy shishek *Piceae abietis strobili* [Anatomical and morphological study of common spruce cones *Piceae abietis strobili*]. Medical Almanac. 2015; (1): 113–6. Russian.
21. Bercu R, Popoviciu DR. Anatomical comparative study of *Larix deciduas* Mill. and *Picea abies* (L.) Karsten (*Pinaceae*) leaf. Annals of R.S.C.B. 2013; (18): 172–7.
22. Gulyaev DK, Belonogova VD, Korotkov IV, Maschenko PS. Sostav efirnogo masla drevesnoy zeleni i shishek yeli obyknovennoy, proizrastayushchey v Permskom kraye [Composition of essential oil of woody greens and cones of common spruce growing in the Perm region]. Pharmacy. 2015; (6): 14–6. Russian.
23. Gulyaev DK, Belonogova VD, Maschenko PS. Sezonnaya izmenchivost' komponentnogo sostava efirnogo masla drevesnoy zeleni yeli obyknovennoy *Piceae abietis* (*Pinaceae*) [Seasonal variability of the component composition of essential oil of woody greens of common *Piceae abietis* (*Pinaceae*)]. Fundamental research. 2015; (7): 14–9. Russian.
24. Gulyaev DK, Belonogova VD, Maschenko PS. Issledovaniye sezonnoy dinamiki komponentnogo sostava efirnogo masla podrosta yeli obyknovennoy [Investigation of the seasonal dynamics of the component composition of essential oil of spruce undergrowth ordinary]. Bulletin of Perm State Pharmaceutical Academy. 2015; (15): 39–41. Russian.
25. Zule J, Tisler V, Zurej A, Niko T. Isolation and characterization of essential oils from the cones of Norway spruce (*Picea abies* Karst.), European larch (*Larix decidula* Mill.) and Scots pine (*Pinus sylvestris*). Zbornik gozdarstva in lesarstva. 2013;(71): 159–72.
26. Pharmacopoeia of the people's republic of China (English edition 2000); (1): 7–8.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Гуляев Дмитрий Константинович – кандидат фармацевтических наук, старший преподаватель кафедры фармакогнозии с курсом ботаники ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия». Область научных интересов: фитохимические исследования и поиск биологически активных веществ лесных растений Урала. ORCID: orcid.org/0000-0001-9464-1869; E-mail: dkg2014@mail.ru

Белоногова Валентина Дмитриевна – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой фармакогнозии с курсом ботаники ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия». Область научных интересов: фитотерапия, ресурсоведческие и фитохимические исследования, стандартизация и экология лекарственных растений и лекарственного растительного сырья. E-mail: belonogova@pfa.ru

Мащенко Петр Сергеевич – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры токсикологической химии ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия». Область научных интересов: исследование новых веществ, природного и синтетического происхождения. E-mail: petya11@mail.ru

Коротков Илья Викторович – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии с курсом ботаники ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия». Область научных интересов: фитохимические, ресурсоведческие исследования и стандартизация эфирно-масличного лекарственного растительного сырья. E-mail: korotkov@pfa.ru

Gulyaev Dmitry Konstantinovich – PhD (Pharmacy), lecturer of the Pharmacognosy Department with a course in Botany of Perm State Pharmaceutical Academy. Research interests: phytochemical research and search for biologically active substances of forest plants of the Urals. ORCID: orcid.org/0000-0001-9464-1869; E-mail: dkg2014@mail.ru

Belonogova Valentina Dmitrievna – PhD (Pharmacy), Professor, Head of the Department of Pharmacognosy with the course of Botany of Perm State Pharmaceutical Academy. Research interests: phytotherapy, resource and phytochemical research, standardization and ecology of medicinal plants and medicinal plant raw materials. E-mail: belonogova@pfa.ru

Mashchenko Petr Sergeevich – PhD (Pharmacy), docent of the Department of Toxicological Chemistry of Perm State Pharmaceutical Academy. Research interests: research of new substances of natural and synthetic origin. E-mail: petya11@mail.ru

Korotkov Ilya Viktorovich – PhD (Pharmacy), docent of the Department of Pharmacognosy with a Course in Botany of Perm State Pharmaceutical Academy. Research interests: phytochemical, resource research and standardization of essential oil medicinal plant material. E-mail: korotkov@pfa.ru

Поступила в редакцию: 24.10.2017

Отправлена на доработку: 07.11.2017

Принята к печати: 29.11.2017

Received: 24.10.2017

Sent back for revision: 07.11.2017

Accepted for publication: 29.11.2017