

УДК 674.032.475.4:575.21:615.322

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ПОЧЕК И ВЕТВЕЙ *PINUS SYLVESTRIS* НЕКОТОРЫХ РЕГИОНОВ СИБИРИ, ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ И КАЗАХСТАНА

© Н.Э. Коломиец^{1,2*}, В.Г. Ширеторова³, Н.Ю. Абрамец¹, С.А. Эрдынеева⁴, Л.Д. Раднаева⁴

¹ Сибирский государственный медицинский университет, Московский тракт, 2/7, Томск, 634050, Россия, borkol47@mail.ru

² Кемеровский государственный медицинский университет, ул. Ворошилова, 22А, Кемерово, 650056, Россия

³ Байкальский институт природопользования СО РАН, ул. Сахьяновой, 6, Улан-Удэ, 670047, Россия

⁴ Бурятский государственный университет, ул. Сахьяновой, 6, Улан-Удэ, 670047, Россия

Pinus sylvestris – вид, широко распространенный в Центральной, Северной, Западной Европе, России, Казахстане и некоторых других странах Азии. Ее древесина, хвоя, ветви используются в промышленности, почки и эфирное масло применяются в медицине и парафармации. В связи с тем, что многие промышленные районы находятся в зоне ведения хозяйственной деятельности, важным является качество сырья, оценка содержания эфирного масла и состава мажорных компонентов масла.

Сырье заготовлено в России и Казахстане. Эфирное масло, полученное методом гидродистилляции, анализировали методом ГЖХ-МС.

Установлено, что в 59% образцов эфирного масла почек из Сибири мажорным является Δ^3 -карен, в 13% – α -пинен, в 11% – лимонен+ β -фелландрен, во всех европейских образцах – производные абиетана, в 1 образце из Сибири Δ^3 -карен не обнаружен. О доминировании в эфирных маслах почек производных абиетана сообщается впервые. Компонентный состав эфирного масла ветвей из России и Казахстана более стабилен по составу и концентрации мажорных веществ. В 81% образцов эфирного масла ветвей доминирует α -пинен, в 9% – Δ^3 -карен, в 6% – δ -кадинен. Из 54 образцов почек по содержанию эфирного масла требованиям ФС не соответствуют 13 образцов.

Большое количество образцов эфирного масла с преимущественным накоплением Δ^3 -карена, выявленное авторами, послужило основанием для дальнейшей работы в области совершенствования требований к качеству сырья, изучения острой, хронической токсичности, а также других фармакологических свойств эфирных масел.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*, эфирное масло, почки, ветви, Европейская часть России, Сибирь, Казахстан.

Для цитирования: Коломиец Н.Э., Ширеторова В.Г., Абрамец Н.Ю., Эрдынеева С.А., Раднаева Л.Д. Оценка содержания и состава эфирного масла почек и ветвей *Pinus sylvestris* некоторых регионов Сибири, Европейской части России и Казахстана // Химия растительного сырья. 2024. №4. С. 148–160. DOI: 10.14258/jcprm.20240412483.

Введение

Самым широко распространенным видом рода *Pinus* L., семейства Сосновые (*Pinaceae* Lind.) является *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная) [1–8]. Сосна обыкновенная – дерево, образующее чистые насаждения на каменистых склонах, песчаных почвах в лиственных и смешанных лесах. Ареал вида в России включает Восточную, Западную и Центральную Сибирь, Европейскую часть России, Крым, Кавказ и Дальний Восток. На территории Северного и Восточного Казахстана вид преимущественно распространен в Восточно-Казахстанской, Павлодарской, Северо-Казахстанской, Кустанайской и Жамбылской областях [2–8].

Сибирь в России, Северный и Восточный Казахстан являются важными промышленными регионами заготовки сосны обыкновенной, древесина которой используется в деревообрабатывающей промышленности. Хвоя, ветви, почки, шишки находят применение в других отраслях промышленности: производство

* Автор, с которым следует вести переписку.

лекарственных препаратов, парфюмерно-косметических товаров, продуктов питания и др. Большинство районов произрастания сосны как в Сибири, так и в Казахстане находятся в зоне ведения интенсивной хозяйственной деятельности человека. В связи с этим важным является качество и экологическая чистота сырья, прежде всего того, которое будет использоваться в медицинской практике, оценка содержания в нем эфирного масла, состава и содержания мажорных компонентов.

Качество почек сосны, используемых в качестве лекарственного средства в РФ, оценивают по содержанию эфирного масла, которое, согласно ФС ГФ 14 издания, должно составлять не менее 0.3% [9, 10].

Качество эфирного масла в соответствии с проектом ФС «Эфирное масло хвои сосны обыкновенной», размещенном на официальном сайте Минздрава, предполагается оценивать по содержанию 11 компонентов: α -пинена – 32–60.0%; камфена – 0.5–2.0%; β -пинена – 5.0–22.0%; Δ^3 -карена – 6.0–18.0% и других [11].

Требования к качеству терпентинного масла, применяемого в медицинской практике в РФ, регламентированы ФС «Терпентинное масло эфирное очищенное». При этом оценивается содержание α -пинена, которого в составе масла должно быть не менее 60% [12]. Британская фармакопея (BP) [13] содержит более жесткие требования к этому же продукту и ограничивает содержание Δ^3 -карена на уровне максимум 1%, при этом содержание α -пинена нормировано на более высоком уровне (70.0–85.0%), чем в российской ОФС. Использование в медицинской практике эфирных масел, «богатых» Δ^3 -кареном, ограничено за рубежом из-за исследований 60–90-х гг. прошлого века, в которых были показаны аллергенные свойства, и его способность вызывать контактные дерматиты [14].

В рассматриваемых в работе регионах сложились объективные предпосылки для успешного развития сферы заготовки древесины сосны, почек, веток, хвои как источника лекарственного растительного сырья и промышленного получения лекарственных средств. Определенные опасения связаны с работой действующих на территории этих регионов крупных предприятий разных отраслей промышленности и транспорта. В связи с чем, с одной стороны, существенно возрастает вероятность заготовки сырья, загрязненного ксенобиотиками различного происхождения. С другой стороны, постоянное техногенное воздействие на растительные организмы может приводить к изменению содержания биологически активных веществ. Использование такого сырья, субстанций или препаратов на их основе способно изменять физиологические реакции, биохимические показатели организма, приводить к различным заболеваниям.

В связи с вышесказанным актуальным является не только мониторинг состояния окружающей среды, проводимый экологическими службами регионов, отдельных предприятий, но также и оценка содержания эфирного масла в растительном сырье, его компонентного состава, в том числе на предмет соответствия требованиям нормативной документации, что являлось целью исследования.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования использованы почки и охвоенные ветви *Pinus sylvestris*, собранные в 2015–2021 гг. в ходе экспедиционных выездов в естественные места ее произрастания в Российской Федерации на территориях Томской, Кемеровской, Ярославской областей, Красноярского и Алтайского краев, Республики Бурятия в Российской Федерации), а также в Республике Казахстан в Восточно-Казахстанской и Костанайской областях. В зависимости от региона, вида сырья сроки его заготовки варьировали с марта по август. Сбор проводили в одно и то же время суток (около 12–13 ч дня), на участках с близкими условиями затененности/освещенности, увлажненности с экземпляров приблизительно одного возраста, который определяли комплексно по диаметру ствола дерева и числу рядов веток. Почки до начала их распускания срезали с верхушек боковых веток в виде «коронки» по несколько штук с побегом не более 4 см длиной; концы охвоенных ветвей срезали под углом, длиной не более 20 см. Сушку почек проводили в сухих чистых помещениях с хорошей вентиляцией, раскладывая тонким слоем, избегая повышенных температур; ветви сушили, раскладывая слоем не больше 2–3 см. Хранение сырья осуществляли в соответствии с ОФС 1.1.0011.15 «Хранение лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов» в сухом, защищенном от света месте.

Эфирное масло количественно получали из воздушно-сухого сырья фармакопейным методом 2 (гидродистилляции) в течение 3 ч [15]. Полученные эфирные масла представляют собой прозрачные легкоподвижные жидкости светло-желтого цвета со специфическим хвойным запахом.

Исследование образцов эфирного масла почек и охвоенных веточек проведено на газовом хроматографе Agilent 6890 с квадрупольным масс-спектрометром (HP MSD 5973N). Условия хроматографирования:

30-метровая кварцевая колонка HP-5MS с внутренним диаметром 0.25 мм, толщина пленки – 0.25 $\mu\text{м}$ (сополимер 5% – дифенил- 95% – диметилсилоксан), газ-носитель – гелий (постоянный поток – 1 мл/мин), температура колонки – 50 $^{\circ}\text{C}$ (изотерма 2 мин), 50–200 $^{\circ}\text{C}$ (40 $^{\circ}\text{C}$ в мин), 200–280 $^{\circ}\text{C}$ (20 $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$), 280 $^{\circ}\text{C}$ (изотерма 5 мин), температура источника ионов – 170 $^{\circ}\text{C}$, интерфейса между газовым хроматографом и масс-селективным детектором 280 $^{\circ}\text{C}$. Энергия ионизирующих электронов – 70 эВ. Объем вводимой пробы – 1 $\mu\text{л}$ с разделением потока 60 : 1. Количественное содержание масла вычисляли по площадям пиков на хроматограмме без использования корректирующих коэффициентов. Компонентный состав определяли путем сравнения времен и индексов удерживания, значений масс-спектров, базы данных библиотеки хромато-масс-спектрометрических данных летучих веществ растительного происхождения.

Обсуждение результатов

Одной из самых изученных групп биологически активных веществ сосны обыкновенной является эфирное масло. Исследователями из разных стран установлено, что состав масла древесины, хвои, веточек и почек различается. В «Растительных ресурсах России и сопредельных государств», «Растительных ресурсах России» приводится обобщенная информация о составе эфирных масел в разных частях сосны без экстраполяции ко времени, месту заготовки сырья, методу, продолжительности получения масел и другим факторам и условиям [6, 8].

Количественное содержание эфирного масла. Согласно данным литературы, эфирное масло содержится в разных концентрациях во всех органах сосны обыкновенной – стволе, ветвях, хвое, почках. Отмечается, что содержание эфирного масла в хвое выше, чем в ветвях и почках, а в стволе выше, чем в охвоенных ветвях [6, 8, 16, 17].

Приводятся данные о динамике содержания эфирного масла в течение вегетационного периода. Так, в исследованиях 90-х годов прошлого века было показано, что в начале вегетации наблюдается снижение содержания эфирных масел, которое авторы объясняют их возможным использованием растением. Минимальное количество эфирного масла обнаруживается в июне-июле, что вероятно связано с приростом массы тканей без существенного увеличения в них количества эфирных масел или в связи с интенсивным его расходом в жаркие месяцы года. В июле ростовые процессы в побегах в основном заканчиваются, после чего в августе-сентябре происходит заметное увеличение количества эфирного масла, что в свою очередь можно связать с подготовкой растений к зиме. Зимой в период относительного покоя процесс образования эфирных масел продолжается, выполняя защитные функции и предохраняя ткани от повреждения морозами и других неблагоприятных факторов [16, 17]. Также в литературе приводятся сведения о зависимости образования масла в сосне от температуры – по мере продвижения от южных широт к северным количество эфирного масла возрастает, как и возрастает доля деревьев с высоким содержанием α -пинена [17]. Отдельные авторы изучали время перегонки, необходимое для максимального извлечения эфирного масла из сосны обыкновенной. Было показано, что для его максимального выхода (90%) время перегонки должно составлять 6–8 ч [16].

Результаты определения эфирного масла в образцах почек и ветвей в пересчете на абсолютно сухое сырье, как среднее из трех определений, представлены в таблице.

Почки. Как было отмечено во введении, почки являются лекарственным растительным сырьем, применяемым в медицинской практике. Согласно полученным данным, содержание эфирного масла в почках сосны в проекции по годам и регионам находится в диапазоне 0.14–2.04%. При этом нижний предел содержания эфирного масла в почках, нормируемый фармакопейной статьей ГФ России 14 издания, находится на уровне «не менее 0.3%». Таким образом, по данному показателю не соответствуют требованиям нормативного документа 17 из 54 образцов, заготовленных на территории РФ.

Результаты нескольких лет наблюдений с 2015 по 2020 г. за популяциями сосны в Томской области, произрастающих как в условно чистых с экологической точки зрения местах, так и в зонах с интенсивной антропогенной нагрузкой, показывают, что содержание эфирного масла в почках варьирует в широких пределах от 0.14 до 1.54%. Следует отметить, что в образцах из условно чистых мест содержание эфирного масла достаточно стабильно по годам и местам сбора, разница в содержании составляет 5–15% (2015 г. – 0.71–0.75%; 2016 г. – 0.71–0.73%; 2017 г. – 0.73–0.87%). Содержание эфирного масла в образцах из мест с повышенной техногенной нагрузкой отличается более значительно на 35–55% (2015 г. – 0.3–0.47%; 2016 г. – 0.35–0.54%; 2017 г. – 0.47–0.64%).

Содержание и фракционный состав эфирного масла, %

Шифр	Дата сбора	Характеристика образца	Выход эфирного масла	Фракционный состав		
				монотерпеноиды / из них кислородсодержащие	сескви-терпеноиды	дитерпеноиды
1	2	3	4	5	6	7
Почки						
t1	26.05.18	ТО, г. Томск, дорожная развязка на г. Северск и ООО «Томскнефтехим»	0.14±0.01	78.44 / 27.34	17.80	3.74
t2	21.05.19	ТО, окр. д. Киреевск, Шегарский тракт, 54 км	1.54±0.13	87.50 / 5.44	8.27	4.22
t3	14.05.19	ТО, пос. Самусь, Семиозерки	0.46±0.03	59.25 / 22.43	27.52	13.22
t4	16.05.19	ТО, с. Коларово, санаторий «Синий утес»	0.26±0.02	39.51 / 8.06	17.15	43.34
t5	10.05.19	КрК, совхоз «Сибиряк», Енисейский тракт	1.02±0.09	71.48 / 16.11	21.72	6.79
t6	08.05.19	КемО, окр.г. Юрга	2.04±0.2	82.15 / 13.44	14.20	3.64
t7	09.05.20	ТО, окр. д. Воронино	0.83±0.07	73.91 / 7.50	17.03	9.04
t8	30.03.19	ЯрО., д. Некрасово, смешанный лес	0.15±0.01	23.20 / 13.80	37.59	39.19
t35	31.03.19	ЯрО., п. Чебочаково, смешанный лес	0.19±0.01	25.15 / 16.21	35.06	39.77
t36	28.03.20	ЯрО., д. Есипово, смешанный лес	0.21±0.03	24.11 / 14.42	34.23	41.64
t37	29.03.20	ЯрО., с. Большое село, смешанный лес	0.19±0.03	21.87 / 12.41	35.52	42.59
t38	28.03.20	ЯрО., д. Миглино, смешанный лес	0.16±0.03	23.14 / 12.96	36.55	40.29
t43	10.04.21	ТвО, Вьсьегонский район, окр. г. Вьсьегонск, хвойный лес	0.19±0.07	21.65 / 13.52	35.35	42.98
t44	02.04.20	ТвО, Вьсьегонский район, окр. г. Вьсьегонск, хвойный лес	0.23±0.03	25.02 / 16.78	36.95	38.02
t45	09.04.21	ТвО, окр. г. Калязин, 5 км, сосновый бор	0.20±0.03	22.63 / 14.08	36.83	40.52
t46	02.04.20	ТвО, окр. г. Калязин, 5 км, сосновый бор	0.24±0.03	25.43 / 14.98	34.99	39.56
t47	10.04.21	КО, Перемышльский район, с.п. Корекозово, сосновый бор	0.23±0.008	23.97 / 13.89	36.86	39.15
t48	02.04.20	КО, Перемышльский район, с.п. Корекозово, сосновый бор	0.21±0.01	22.34 / 12.65	39.11	38.54
t49	08.04.21	КО, Тарусский район, д. Ильинское, смешанный лес	0.24±0.008	23.62 / 14.37	36.14	40.23
t50	03.04.20	КО, Тарусский район, д. Ильинское, смешанный лес	0.23±0.009	23.57 / 15.63	35.39	41.02
teo 11	29.05.15	ТО, г. Северск, СЗЗ СХК-25	0.40±0.02	69.39 / 11.57	21.49	9.11
teo 12	19.05.15	ТО, г. Томск, СЗЗ ООО «Томскнефтехим»	0.30±0.01	72.74 / 16.07	20.54	6.72
teo 13	19.05.15	ТО, дорожная развязка на г. Северск и ООО «Томскнефтехим»	0.47±0.02	66.99 / 11.28	23.07	9.99
teo 14	19.05.15	ТО, с. Тимирязево, АЗС «Газпромнефть»	0.32±0.01	62.24 / 12.75	30.16	7.65
–	24.05.15	ТО, г. Томск, Иркутский тракт 37а	0.42±0.02	–	–	–
teo 15	12.05.15	ТО, г. Томск, лесопарковая зона Лагерного сада	0.58±0.05	80.66 / 11.71	15.28	4.31
teo 16	02.06.15	ТО, г. Томск, лесопарковая зона Лагерного сада	0.68±0.05	68.27 / 6.90	24.01	7.72
–	24.05.15	ТО, д. Калтай, смешанный лес	0.75±0.04	–	–	–
–	19.05.15	ТО, с. Тимирязево, хвойный лес	0.72±0.03	–	–	–
–	21.05.15	ТО, д. Коларово, хвойный лес	0.52±0.02	–	–	–
–	19.05.15	ТО, п. Заварзино, хвойный лес	0.71±0.03	–	–	–
–	22.05.15	ТО, п. Зональная станция, хвойный лес	0.74±0.03	–	–	–
–	16.05.16	ТО, п. Зональная станция, хвойный лес	0.72±0.03	–	–	–
teo17	12.05.16	ТО, г. Томск, набережная р. Томь	0.26±0.01	64.62 / 9.82	24.13	7.22
teo18	21.05.16	ТО, д. Коларово, хвойный лес	0.27±0.01	68.66 / 10.29	22.12	13.25
–	15.05.16	ТО, с. Тимирязево, хвойный лес	0.70±0.03	–	–	–
–	15.05.16	ТО, п. Заварзино, хвойный лес	0.73±0.03	–	–	–
teo19	21.05.16	ТО, г. Томск, СЗЗ ООО «Томскнефтехим»	0.35±0.01	72.78 / 12.56	18.52	8.70
–	12.05.16	ТО, г. Томск, Иркутский тракт 37а	0.44±0.02	–	–	–
teo20	21.05.16	ТО, г. Томск, дорожная развязка на г. Северск и ООО «Томскнефтехим»	0.47±0.02	72.99 / 12.21	21.48	5.53
teo1	25.05.16	ТО, д. Калтай, смешанный лес	0.71±0.03	78.18 / 7.01	15.41	6.41
teo2	20.05.16	ТО, с. Тимирязево, АЗС «Газпромнефть»	0.54±0.02	78.06 / 14.13	16.79	5.13
teo3	19.05.17	ТО, г. Северск, СЗЗ СХК-15	0.55±0.22	78.66 / 6.96	15.19	6.14

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7
teo4	19.05.17	ТО, г. Северск, СЗЗ СХК-25	0.54±0.02	83.63 / 10.21	14.48	1.88
teo5	20.05.17	ТО, д. Коларово, хвойный лес	0.41±0.02	82.69 / 10.91	11.56	5.73
teo6	17.05.17	ТО, г. Томск, СЗЗ ООО «Томскнефтехим»	0.47±0.02	75.76 / 10.78	17.94	6.29
teo7	17.05.17	ТО, г. Томск, дорожная развязка на г. Северск – ООО «Томскнефтехим»	0.64±0.03	78.06 / 8.22	18.81	3.37
teo8	20.05.17	ТО, с. Тимирязево, АЗС «Газпромнефть»	0.65±0.03	76.81 / 10.37	18.29	4.89
teo9	20.05.17	ТО, г. Томск, лесопарковая зона Лагерного сада	0.73±0.04	76.19 / 5.97	21.71	2.09
teo10	22.05.17	ТО, д. Калтай, смешанный лес	0.87±0.03	85.22 / 6.07	12.13	2.63
–	18.05.17	ТО, п. Заварзино, хвойный лес	0.78±0.04	–	–	–
–	19.05.17	ТО, п. Зональная станция, хвойный лес	0.76±0.04	–	–	–
–	08.05.19	РБ, окр. г. Улан-Удэ, смешанный лес	0.66±0.01	–	–	–
–	10.05.20	РБ, окр. г. Улан-Удэ, смешанный лес	0.75±0.01	–	–	–
t10	07.05.19	РБ, Прибайкальский район, п. Еловка, хвойный лес	0.72±0.009	80.66 / 11.71	15.28	4.31
t10	08.05.20	РБ, Прибайкальский район, п. Еловка, хвойный лес	0.79±0.008	80.66 / 11.71	15.28	4.31
Ветви						
–	14.07.19	ТО, г. Северск, СХК-15	1.03±0.09	–	–	–
t10	14.07.19	ТО, г. Северск, СХК-25	1.05±0.09	50.33 / 5.18	46.69	2.97
t11	14.07.19	КемО, окр. г. Юрга	0.63±0.05	53.34 / 2.95	45.0	1.65
t12	22.07.19	ТО, с. Тимирязево, АЗС «Газпромнефть»	0.96±0.09	57.32 / 4.29	40.30	2.37
t13	12.07.19	ТО, с. Зоркальцево	0.96±0.08	7.34 / 4.96	87.50	5.15
t14	21.07.19	ТО, с. Коларово, санаторий «Синий утес»	1.16±0.09	42.01 / 3.24	48.05	9.93
t16	25.08.19	КемО, сосновый бор в 50–60 км от г. Прокопьевск	1.16±0.09	60.02 / 1.61	35.38	4.59
t17	15.07.19	КемО, окр. г. Юрга	0.81±0.08	54.47 / 3.56	43.85	1.66
–	14.07.19	ТО, г. Северск, СХК-45	0.77±0.01	–	–	–
t19	12.07.19	ТО, с. Тимирязево, заправка	0.91±0.09	58.92 / 4.26	38.04	3.02
t21	14.07.19	ТО, г. Северск, СХК-15	0.83±0.08	65.93 / 5.70	33.98	0.08
t15	13.07.19	АлтК, г. Бийск, садоводство «Обские зори»	0.45±0.04	64.95 / 5.42	34.98	0.06
t38	15.08.19	АлтК, г. Бийск, садоводство «Обские зори»	0.56±0.02	61.32 / 5.11	37.62	1.05
t20	12.08.19	АлтК, г. Бийск, лес квартал АБ	0.76±0.07	46.62 / 2.87	53.28	0.08
t22	11.07.19	АлтК, г. Бийск, сосновый бор в 1 км от Бийского олеумного завода	0.66±0.06	63.74 / 6.67	35.49	0.76
t36	19.07.19	АлтК, г. Бийск, лес квартал АБ	0.68±0.02	46.45 / 2.48	52.92	0.61
t37	21.08.19	АлтК, г. Бийск, сосновый бор в 1 км от Бийского олеумного завода	0.79±0.04	65.32 / 6.72	34.05	0.62
t24	15.07.19	КемО, г. Прокопьевск, роща в окр. шахты «Ворошилово»	0.99±0.09	59.86 / 5.30	39.91	0.22
t25	21.07.19	КемО, пгт Тяжино, Тяжинский парк «Победа»	0.29±0.02	13.79 / 3.28	84.79	1.41
t26	15.07.19	КемО, г. Прокопьевск, р-н п. Чистугаш	1.03±0.1	56.53 / 5.39	42.87	0.59
t35	24.08.19	КемО, окр. г. Юрга	1.06±0.04	58.84 / 2.44	39.23	1.91
t23	10.08.19	Казахстан, Восточно-Казахстанская обл., / окр. г. Риддер	1.18±0.1	42.14 / 5.51	56.34	1.51
t30	09.08.19	Казахстан, Восточно-Казахстанская обл., с. Половинка	1.23±0.08	48.35 / 7.44	49.44	1.70
t31	08.08.20	Казахстан, Восточно-Казахстанская обл., с. Тарханка	1.14±0.06	42.14 / 5.51	56.34	1.49
t32	11.08.20	Казахстан, Восточно-Казахстанская обл., окр. г. Алтай	1.13±0.06	45.32 / 6.02	51.59	3.07
t33	10.08.21	Казахстан, Костанайская обл., с. Федоровка	0.87±0.04	43.86 / 6.88	54.49	1.63
t34	10.08.21	Казахстан, Костанайская обл., с. Святославовка	0.80±0.04	47.54 / 5.33	50.95	1.49
t39	13.07.21	Казахстан, Костанайская обл., с. Федоровка	0.75±0.03	44.05 / 6.65	55.02	0.92
t40	14.07.21	Казахстан, Костанайская обл., с. Святославовка	0.68±0.02	45.88 / 5.97	53.43	0.67
t41	15.07.19	Казахстан, Восточно-Казахстанская обл., окр. г. Риддер	1.05±0.08	41.57 / 5.34	55.70	2.71
t42	16.07.19	Казахстан, Восточно-Казахстанская обл., с. Половинка	1.14±0.05	49.66 / 8.35	49.32	1.00

Примечание: ТО – Томская область, КемО – Кемеровская область, КрК – Красноярский край, ЯрО – Ярославская область, АлтК – Алтайский край, ПермК – Пермский край, РБ – Республика Бурятия, Тво – Тверская область, КО – Калужская область, СЗЗ – санитарно-защитная зона, окр. – окрестности, с.п. – сельское поселение, СХК – Сибирский химический комбинат, АЗС – автозаправочная станция.

Наименьшим содержанием эфирного масла отличаются все 13 образцов из Европейской части РФ – Ярославской, Калужской и Тверской областей (0.15–0.24%).

Максимальные концентрации эфирного масла на уровне 1–2%, отмечены в образцах 2019 г. сбора из Томской, Кемеровской областей, Красноярского края.

Ветви. Содержание эфирного масла в ветвях сосны разных лет сбора из разных регионов России и Казахстана находится в диапазоне от 0.29 до 1.23%, что в целом ниже, чем в почках.

Анализ результатов содержания эфирного масла в ветвях сосен, произрастающих в Томской области в условно чистых местах, в июле 2019 г. показывает, что оно, как и в случае с почками, достаточно стабильно, разница в содержании не превышает 17%. Содержание эфирного масла в образцах из зон с повышенной техногенной нагрузкой отличается в среднем на 27%.

Содержание эфирного масла в образцах из Кемеровской области, заготовленных в июле–августе 2019 г., составляет 0.29–1.16%. Наблюдение, проведенное в течение двух месяцев за популяцией сосны, произрастающей в окрестности г. Юрги (t11, t17, t35) показало, что содержание эфирного масла увеличивается от июля к августу, что совпадает с данными литературы об увеличении его содержания, начиная с середины лета.

Аналогичная закономерность отмечена в образцах из Алтайского края (t15, t38, t20, t22, t36, t37) и Республики Казахстан (t23, t30–34, t39–42).

Описанные выше отличия в содержании эфирного масла в ветвях, почках сосны связаны с географическим фактором, временем, местом сбора, интенсивностью антропогенной нагрузки. Влияние пониженных температур на увеличение продукции эфирного масла в сосне отмечено в исследовании И.Л. Фуксмана [18]. Ряд авторов, которые изучали эфиромасличные растения, кроме вышеуказанных причин, указывают еще на влияние продолжительности экстракции, используемые методы экстракции [16, 19–24].

Состав фракций эфирного масла. Как показывают результаты нашего исследования (табл.), фракции в составе эфирных масел почек и ветвей сосны представлены монотерпеноидами, сесквитерпеноидами и дитерпеноидами, что совпадает с данными литературы [17, 19–21, 25–32]. При этом в нашем исследовании доля фракции дитерпеноидов по отношению к другим фракциям в эфирном масле почек и ветвей имеет значительные отличия. В почках она может достигать 43%, в то время как в ветвях не превышает 10%.

Почки. В 28 из 34 образцов почек, заготовленных на территории России, доминирует фракция монотерпеноидов (59.2–87.5%), из которых на долю кислородсодержащих приходится 6.0–12.1%. Содержание сесквитерпеноидов и дитерпеноидов составляет 7.0–22.4% и 1.8–13.2% соответственно.

В 14 из 34 образцов из Томской, Ярославской, Калужской и Тверской областей (t4, t8, t35–38, t43–50) установлено преобладание фракции дитерпеноидов (39.2–43.3%) и сесквитерпеноидов (17.1–37.6%) над фракцией монотерпеноидов (21.9–39.5%).

Ветви. Преобладание фракции монотерпеноидов над сесквитерпеноидами и дитерпеноидами наблюдается в 14 из 29 образцов ветвей (53.3–66% / 33.9–43% / 0.06–4.6%).

В 12 образцах эфирного масла ветвей (1 – из Томской области, 1 – из Кемеровской области, 1 – из Алтайского края, 9 – из Казахстана) доминирует фракция сесквитерпеноидов (53–87.5%) и дитерпеноидов (0.08–9.93%).

Компонентный состав эфирного масла. По данным наших исследований, в составе эфирных масел почек и ветвей образцов из разных регионов РФ и Казахстана установлено содержание более 100 терпеноидов. При этом мажорными терпеноидами в разных образцах являются монотерпеноиды – α -пинен, Δ^3 -карен, лимонен и фелландрен, сесквитерпеноиды – δ -кадинен, дитерпеноиды – производные абиетана. О доминировании производных абиетана в эфирных маслах почек из Европейской части России сообщается впервые. Кроме того, выявлен образец эфирного масла, не содержащий 3-карен. В литературе описаны единичные случаи отсутствия 3-карена в эфирном масле сосны из Германии и Словакии, и доминирование в эфирном масле некоторых образцов сосны из Дании дитерпеноидов производных абиенола [33, 34].

Ветви. Анализ компонентного состава эфирного масла показывает, что в четырех (t10, t12, t19, t21) из шести образцов ветвей из Томской области в составе масла преобладает α -пинен (19.3–25.5%), Δ^3 -карен (4.9–15.2%), δ -кадинен (7.1–10.6%), лимонен и фелландрен (2.1–5.9%), борнилацетат (2.7–3.9%), β -пинен (1.3–4.1%), τ -муурол (1.5–4.7%), α -кадиол (1.06–6.0%), терпинолен (1.0–2.4%).

В образце t13 доминируют δ -кадинен (15.9%), α -кадиол (11.3%), τ -муурол (10.9%), кариофиллен (7.3%), γ -кадинен (6.3%), бициклогермакрен (3.7%), гермакрен Д (3.4%), борнилацетат (3.3%), спатуленол

(2.4%), гумулен (1.6%), γ -муурол (1.7%). Содержание α -пинена в этом образце составило всего 0.69%, 3-карена – 0.48%.

В образце t14 концентрация Δ^3 -карена была больше, чем α -пинена, и составила 15.7 и 11.1% соответственно. В двух (t11, t16) из семи образцов ветвей из Кемеровской области преобладает Δ^3 -карен (21.8 и 26.6%). В двух образцах (t24, t26) наибольшую долю в составе масла составлял α -пинен, содержание которого находилось на уровне 27.7 и 30.1% соответственно. В одном образце t17 содержание α -пинена и Δ^3 -карена находилось примерно на одном уровне – 19.6 и 19.1%. Образец t25 не содержал значительных количеств α -пинена, а так же, как и образец t13 из Томской области, отличался высоким содержанием δ -кадинена (18.3%), α -кадинола (13.9%), τ -муурола (13.5%), спатуленола (4.7%), β -пинена (4.2%). Содержание Δ^3 -карена в этом образце составляла всего 1.6%.

В шести образцах из Алтайского края (t15, t20, t22, t36–38) доминирует α -пинен (16.98–26.3%), на фоне несколько более низких уровней Δ^3 -карена (12.5–17.4%). Содержание других терпеноидов в этих образцах составило: δ -кадинен (6.2–13.8%), γ -кадинен (2.4–7.4%), лимонен и фелландрен (4.0–4.3%), τ -муурол (2.5–3.3%), кариофиллен (2.2–4.2%), α -кадиол (1.8–2.5%), бициклогермакрен (1.5–2.4%), камфен (1.3–2.3%), β -пинен (1.3–1.5%), гермакрен Д (1.3–5.4%), терпинолен (1.2–1.9%), борнилацетат (0.6–1.4%), сативен (0.5–1.2%), гермакра-1(10),5-диен (0.3–1.4%), спатуленол (1.1–1.2%).

В эфирном масле из Бурятии доминирующими компонентами являются α -пинен (20.4–32.2%), лимонен+ β -фелландрен (6.7–9.8%), Δ^3 -карен (2.01–15.7%).

Образцы (t23, t30–34, t39–42) из Республики Казахстан содержат α -пинен на уровне 19.4–21.2%, Δ^3 -карен (6.8–7.1%), δ -кадинен (13.2–14.4%), γ -кадинен (5.7–6.1%), τ -муурол (4.8–5.3%), α -кадиол (4.5–5.2%), борнилацетат (3.9–4.4%), бициклогермакрен (3.8–4.2%), камфен (3.1–4.2%), гермакрен Д (3.1–3.8%), гермакра-1(10),5-диен (2.6–3.2%), кариофиллен (2.5–3.3%), β -пинен (2.3–3.0%), лимонен и фелландрен (1.3–1.9%).

Почки. Образцы эфирного масла из почек, заготовленных в Томской области в 2015–2017 гг., отличает тенденция накопления Δ^3 -карена, установленная для 18 из 25 образцов. Его содержание в этих образцах составило 15.78–35.45%, на фоне значительно более низкого содержания α -пинена (4.3–11.8%), при этом соотношение этих компонентов в отдельных образцах варьировало от 1.3 : 1 до 6.4 : 1 соответственно.

Только в одном образце – teo5, где преобладающим монотерпеноидом был α -пинен, его содержание находилось на уровне 18.5%, на фоне несколько более низкого уровня Δ^3 -карена (13.3%).

Во всех образцах почек из Томской области 2015–2017 гг. сбора выявлено высокое содержание фелландрена – от 5.0 до 24.9%.

В четырех образцах почек 2018 и 2019 гг. сбора из Томской области установлены разнонаправленные тенденции накопления α -, β -пинена и Δ^3 -карена. Так, в двух образцах (t1, t4) выявлено преимущественное накопление Δ^3 -карена, содержание которого составило 15.9–16.3%, на фоне более низкого содержания α -пинена (2.5–9.6%).

Для одного образца (t2) установлено преобладание α -пинена (12.8%), на фоне значительно более низкого содержания Δ^3 -карена (3.9%) и высокого содержания лимонена и фелландрена (49.9%).

В образце (t3) 3-карен не обнаружен, при этом содержание в нем α -пинена и β -пинена составляло 6.6 и 5.1% соответственно.

Во всех четырех образцах (t1–t4) почек из Томской области 2018–2019 гг. сбора найдено высокое содержание лимонена и фелландрена (5.4–49.9%). К числу терпенов, накапливающихся в достаточном количестве, относятся терпинолен 1.2–2.5%, мента-1,5-диен-8-ол, пара 0.5–2.2%, терпинен-4-ол 0.4–1.6%; цимен-8-ол, пара 0.3–2.5%, борнилацетат 0.7–2.8%, лонгифолен 0.2–2.3%, δ -кадинен 1.8–2.9%, спатуленол 0.2–2.0%, τ -муурол 0.6–1.4%, дегидроабисан нор (изомер 2) 0.2–5.3%.

Содержание Δ^3 -карена в образце (t7) из Томской области 2020 г. сбора составило 18.2%, α - и β -пинена 9.6 и 5.2% соответственно. К числу других терпеноидов, накапливающихся в высоких и относительно высоких концентрациях, относятся лимонен+фелландрен 18.5%, β -мирцен 6.7%, терпинолен 2.5%, δ -кадинен 1.9%, дегидроабисан (изомер 2) 1.7%, спатуленол 1.3%, борнилацетат 1.1%.

Во всех пяти образцах эфирного масла почек из Ярославской области (t8, t35–38) обнаружено низкое содержание как α -, β -пинена (0.8–1.1% и 0.4–0.7%), так и Δ^3 -карена (1.4–1.9%). В этих образцах установлены высокие концентрации дегидроабисана изомеров 1 и 2 (4.3–4.9% и 10.6–12.5%), дегидроабисана, нор-(4-метилена) 3.8–4.7%, дегидроабисана 2.5–3.7%, неоабиса-диен (2.5–3.6%), δ -кадинена (3.5–4.4%), борнилацетата (2.7–3.9%), лонгифолена (2.6–3.7%), спатуленола (2.1–3.3%), кадалена (2.1–3.2%), τ -муурола (1.8–

2.4%), неоабиедиена (1.6–2.8%), γ -кадинена (1.5–2.6%), α -кадинола (1.4–2.6%), кариофиллен оксида (1.4–2.3%), дегидроабиедиала (1.1–1.9%).

В образце из Красноярского края (t5) установлено высокое содержание Δ^3 -карена (15.1%), содержание которого равно суммарному содержанию α -пинена и β -пинена (7.2 и 7.8% соответственно). Содержание лимонен+фелландрен составило 14.1%; δ -кадинена 2.8%, мента-1,5-диен-8-ола, пара 1.92%, дегидроабиедана (изомер 2) 1.7%, терпинолена 1.4%, борнилацетата 1.3%, спатуленола 1.37%, лонгифоллена 1.31%, *o*-цимена 1.2%, γ -кадинена 1.1%, τ -муурола 1.1%.

Так же, как и образец из Красноярского края, образец эфирного масла почек из Кемеровской области (t6) богат Δ^3 -кареном (25.4%), на фоне более низких уровней α - и β -пинена (9.2 и 9.8% соответственно). Также значительным является содержание лимонена+фелландрена – 10.4%.

В эфирном масле почек из Бурятии доминируют α -пинен (7.8–21.3%), β -пинен (8.0–12.2%), β -мирцен (5.1–11.7%), 3-карен (6.3–15.9%), лимонен+ β -фелландрен (18.7–21.2%).

Информация о содержании эфирных масел и его соответствии требованиям нормативных документов, о мажорных компонентах в составе масел представляет большую ценность с точки зрения обоснования возможности использования растительного сырья и эфирных масел на его основе в медицинской практике, планировании заготовок в том или ином районе.

Наиболее хорошо изучены свойства α -пинена, доминирующего в эфирных маслах пиненового хемотипа, который проявляет противовоспалительные свойства [35], противомикробные [36], ингибирует ацетилхолинэстеразу, улучшает память, является положительным модулятором ГАМК-рецепторов [35].

Изоабиенол обладает выраженными противомикробными свойствами [37].

Эфирные масла, богатые δ -кадином, и сам δ -кадинен обладают выраженным ларвицидным (узкое инсектицидное) действием, противовоспалительными, антиоксидантными, антиноцицептивными свойствами [37].

Дитерпеноиды, в частности абиеданы и его производные, обладают противоязвенной, противомикробной, противовоспалительной, противоопухолевой активностью [34].

Лимонен проявляет выраженную антиоксидантную активность, противоопухолевое действие, обладает противодиабетическим действием, стимулирует метаболические процессы, повышает чувствительность к инсулину в мышцах и печени, может усиливать поглощение глюкозы в 3T3-L1-адипоцитах с помощью переносчиков глюкозы, предотвращает дислипидемию [38].

Борнилацетат обладает противовоспалительной, противоопухолевой активностью, способен уменьшать вероятность возникновения атеросклероза за счет воздействия на стенки сосудов [38].

Кариофиллен и кариофиллен-оксид обладают выраженной противораковой активностью, посредством влияния на рост и пролиферацию раковых клеток. Кариофиллен-оксид обладает способностью уменьшать боль [38].

В отличие от перечисленных выше терпеноидов и их важных фармакологических свойств Δ^3 -карен, напротив, обладает аллергенными свойствами, может вызывать угнетение тканевого дыхания, контактные дерматиты и т.д. [25, 32].

Выводы

Содержание эфирного масла в ветвях сосны обыкновенной из России и Казахстана – 0.29–1.23%. В почках сосны из разных регионов России содержание эфирного масла варьирует в широком диапазоне значений – 0.14–2.04%. Из 54 образцов почек по содержанию эфирного масла требованиям ФС не соответствуют 13 образцов из Европейской части России (Ярославская, Калужская, Тверская область) и четыре – из Сибири (Томская область). Полученные результаты свидетельствуют о возможности заготовки данного вида сырья в регионах Сибири с континентальным и резко континентальным климатом.

Качественный состав эфирных масел стабилен в разрезе регионов и времени заготовки сырья. Более значимые изменения наблюдаются в количественном содержании компонентов.

В 59% российских образцов эфирного масла почек сосны обыкновенной из Сибири мажорным является Δ^3 -карен, содержание которого в некоторых образцах достигает 35%; в 13% образцов доминирует α -пинен, в 11% – лимонен+ β -фелландрен, во всех европейских образцах – производные абиедана, в одном образце из Сибири Δ^3 -карен не обнаружен.

Компонентный состав эфирного масла ветвей из России и Казахстана более однообразен и стабилен по составу и содержанию мажорных веществ. В 81% образцов доминирует α -пинен, в 9% – Δ^3 -карен, в 6% – δ -кадинен.

Большое количество образцов эфирного масла почек и ветвей сосны обыкновенной с преимущественным накоплением Δ^3 -карена, выявленное авторами, послужило основанием для дальнейшей работы в области совершенствования требований к качеству сырья, изучения острой, хронической токсичности, а также других фармакологических свойств.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Сибирского государственного медицинского университета, Кемеровского государственного медицинского университета, Байкальского института природопользования Сибирского отделения Российской академии наук и Бурятского государственного университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. *Pinaceae* – WFO The World Flora Online. [Электронный ресурс]. URL: worldfloraonline.org.
2. Farjon A. *Pinaceae: drawings and descriptions of the genera Abies, Cedrus, Pseudolarix, Keteleeria, Nothotsuga, Tsuga, Cathaya, Pseudotsuga, Larix and Picea*. Königstein, 1990. 330 p.
3. Чавчавадзе Е.С., Яценко-Хмелевский А.А. Жизнь растений: в 6 т. Т. 4: Мхи. Плауны. Хвощи. Папоротники. Голосеменные растения. М., 1978. 447 с.
4. Carlisle A., Brown A.H.F. Biological Flora of the British Isles: *Pinus sylvestris* L. // J. Ecol. 1968. Vol. 56. Pp. 269–307.
5. Флора Сибири: в 14 т. Т. 1: *Lycopodiaceae-Hydrocharitaceae* / под ред. И.М. Краснородова. Новосибирск, 1988. 200 с.
6. Растительные ресурсы России: Компонентный состав и биологическая активность растений. Т. 7. Отделы Lycopodiophyta-Gnetophyta / отв. ред. А.Л. Буданцев. СПб; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 333 с.
7. Флора СССР: в 30 т. Т. 1: Споровые, голосеменные. *Typhaceae-Hydrocharitaceae* / под ред. В.Л. Комарова. Л., 1934. 165 с.
8. Растительные ресурсы России и сопредельных государств Часть 1. Сем. *Lycopodiaceae-Ephedraceae* / под ред. А.Л. Буданцева. СПб, 1996. 477 с.
9. Коломиец Н.Э., Полуэктова Т.В., Абрамец Н.Ю. Совершенствование стандартизации почек сосны // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2015. №3(12). С. 120–123.
10. ФС 2.5.0041.15. Сосны обыкновенной почки // Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. М., 2018. Т. 4. URL: <http://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/2/2-5/sosny-obyknovennoy-pochki-pini-silvestris-gemmae/>.
11. Проект ФС «Сосны обыкновенной хвои масло эфирное». URL: <https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/original>.
12. ФС 3.4.0014.18. Терпентинное масло эфирное очищенное. Скипидар очищенный // Государственная фармакопея Российской Федерации XIV издание. М., 2018. Т. 4. URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol4/1547/>.
13. British Pharmacopoeia. London: The Stationary Office, 2018. Vol. 4. 576 p.
14. Karlberg A.-T., Lepoittevin J.-P. One hundred years of allergic contact dermatitis due to oxidized terpenes: What we can learn from old research on turpentine allergy // Contact Dermatitis. 2021. Vol. 85(6). Pp. 627–636. <https://doi.org/10.1111/cod.13962>.
15. ОФС.1.5.3.0010.15. Определение содержания эфирного масла в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах // Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. М., 2018. Т. 2. URL: http://resource.rucml.ru/feml/pharmacopia/14_2/HTML/569/index.html.
16. Ламоткин С.А. Эфирные масла хвойных растений Республики Беларусь: монография. Минск, 2022. 285 с.
17. Цепляев А.Н. Структура основных типов леса Хреновского бора по составу эфирного масла: дис. ... канд. с.-х. наук. Воронеж, 2002. 223 с.
18. Фуксман И.Л. Влияние природных и антропогенных факторов на метаболизм веществ вторичного происхождения у древесных растений. Петрозаводск, 2002. 164 с.

19. Maciag A., Milakovich D., Christensen H., Antolovich V., Kalembe D. Essential oil composition and plant-insect relations in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Scientific bulletin of the technical university of Lodz // Food chemistry and biotechnology. 2007. Vol. 1008(71). Pp. 71–95.
20. Ребко С.В., Мельник П.Г., Ламоткин С.А., Тупик П.В., Попплавская Л.Ф., Носников В.В. Анализ содержания основных компонентов эфирного масла в хвое различных климатипов и подвидов сосны обыкновенной // Resources and Technology. 2021. №18 (3). С. 17–36. <https://doi.org/10.15393/j2.art.2021.5783>.
21. Berta F., Supuka J., Chladna A. The composition of terpenes in needles of *Pinus sylvestris* in a relatively clear and in a city environment // Biologia. 1997. Vol. 52(1). Pp. 71–78.
22. Sali A., Karadogan T. Geographical impact on essential oil composition of endemic Kundmania Anatolica Hub.-Mor. (Apiaceae) // Afr. Tradit. Compem. Altern. Med. 2017. Vol. 14. Pp. 131–137. <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v14i1.14>.
23. Zouari N., Ayadi I., Fakhfakh N., Rebai S., Zouari S. Variation of chemical composition of essential oils in wild population of *Thymus algeriensis* Boiss. Et Reut., a North African endemic species // Lipids Health Dis. 2012. Vol. 11. Article 28. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-28>.
24. Russo E.B. Taming THC: potential cannabis synergy and phyto cannabinoid-terpenoid entourage effects // Br. J. Pharmacol. 2011. Vol. 163(7). Pp. 1344–1364. <https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2011.01238.x>.
25. Ширеторова В.Г., Эрдынеева С.А., Раднаева Л.Д. Эфирные масла растений рода *PINUS*, произрастающих в Бурятии // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологий в РФ и 30-летию Байкальского Института природопользования СО РАН. Улан-Удэ, 2021. С. 132–134. <https://doi.org/10.31554/978-5-7925-0605-3-2021-132-134>.
26. 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.
27. Чекушкина Н.В., Невзорова Т.В., Ефремов А.А. Фракционный состав эфирного масла сосны обыкновенной // Химия растительного сырья. 2008. №2. С. 87–90.
28. Sjödin K., Persson M., Fäldt J., Ekberg I., Borg-Karlson A.K. Occurrence and correlations of monoterpene hydrocarbon enantiomers in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* // J. Chem. Ecol. 2000. Vol. 26(7). Pp. 1701–1720. <https://doi.org/10.1023/A:1005547131427>.
29. Allenspach M., Valder C., Flamm D. et al. Verification of Chromatographic Profile of Primary Essential Oil of *Pinus sylvestris* L. Combined with Chemometric Analysis // Molecules. 2020. Vol. 25. 2973. <https://doi.org/10.3390/molecules25132973>.
30. Сотникова О.В., Степень Р.А. Эфирные масла сосны как индикатор загрязнения среды // Химия растительного сырья. 2001. №1. С. 79–84.
31. Эрдынеева С.А., Ширеторова В.Г., Раднаева Л.Д. Сравнительное исследование компонентного состава эфирного масла почек и микростробилов *Pinus sylvestris* L. // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2022. Т. 25, №1. С. 3–9. <https://doi.org/10.29296/25877313-2022-01-01>.
32. Коломиец Н.Э., Абрамец Н.Ю., Бондарчук Р.А., Ширеторова В.Г., Тыхеев Ж.А., Агеева Л.Д. Компонентный состав эфирного масла почек *Pinussylvestris* L., произрастающей в урбоусловиях в Томского района // Химия растительного сырья. 2019. №1. С. 181–190. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019014293>.
33. Weissmann G., Lange W. A carene-free chemotype of *Pinus sylvestris* // Phytochemistry. 1990. Vol. 29, no. 9. Pp. 2897–2898. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(90\)87100-9](https://doi.org/10.1016/0031-9422(90)87100-9).
34. Gonzalez M.A. Aromatic abietane diterpenoids: Their biological activity and synthesis // Nat. Prod. Rep. 2015. Vol. 32. Pp. 684–704. <https://doi.org/10.1039/c4np00110a>.
35. Nissen L., Zatta A., Stefanini I. et al. Characterization and antimicrobial activity of essential oils of industrial hemp varieties (*Cannabis sativa* L.) // Fitoterapia. 2010. Vol. 81(5). Pp. 413–419. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2009.11.010>.
36. Koutsaviti A., Milenković M., Tzakou O. Antimicrobial Activity of the Essential Oil of Greek Endemic *Stachys spruneri* and its Main Component, Isoabienol // Natural Product Communications. 2011. Vol. 6(2). Pp. 277–280. <https://doi.org/10.1177/1934578X1100600231>.
37. Queiroz J.C.C., Antonioli A.R., Quintans-Júnior L.J. Evaluation of the Anti-Inflammatory and Antinociceptive Effects of the Essential Oil from Leaves of *Xylopia laevigata* in Experimental Models // The Scientific World Journal. 2014. Vol. 14. Pp. 1–14. <https://doi.org/10.1155/2014/816450>.
38. Суменкова А.Н., Гуляев Д.К., Белоногова В.Д., Машенко П.С. Исследование состава эфирного масла древесной зелени сосны обыкновенной // Фармация. 2021. №3. С. 31–35. <https://doi.org/10.2926/25419218-2021-03-06>.

Поступила в редакцию 18 июля 2023 г.

После переработки 8 июня 2024 г.

Принята к публикации 8 октября 2024 г.

Kolomiets N.E.^{1,2*}, Shiretorova V.G.³, Abramets N.Yu.¹, Erdyneeva S.A.⁴, Radnayeveva L.D.⁴ ASSESSMENT OF THE CONTENT AND COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL OF THE BUDS AND BRANCHES OF *PINUS SYLVESTRIS* IN SOME REGIONS OF SIBERIA, THE EUROPEAN PART OF RUSSIA AND KAZAKHSTAN

¹ Siberian State Medical University, Moskovsky tract, 2/7, Tomsk, 634050, Russia, borkol47@mail.ru

² Kemerovo State Medical University, Voroshilova st., 22A, Kemerovo, 650056, Russia

³ Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Sakhyanovoy st., 6, Ulan-Ude, 670047, Russia

⁴ Buryat State University, Sakhyanovoy st., 6, Ulan-Ude, 670047, Russia

Pinus sylvestris is the most widespread species in Central, Northern, Western Europe, Russia, Kazakhstan and some other Asian countries. Its lumber, needles, branches are used in industry, buds and essential oil are used in medicine and parapharmaceuticals. Due to the fact that many commercial areas are located in the zone of intensive economic activity, the quality of raw materials, the assessment of the essential oil content and the composition of the major components of the oil are important.

The raw materials for the study were prepared in Russia and Kazakhstan. The essential oil obtained by hydrodistillation was analyzed by the GLC-MS method.

It was found that in 59% of samples of buds essential oil from Siberia, the major substance is Δ^3 -karen, in 13% – α -pinene, in 11% – limonene+ β -fellandrene, in all European samples – abietane derivatives, in 1 sample from Siberia Δ^3 -karen was not detected. The dominance of abietane derivatives in essential oils of the buds has been reported for the first time. The component composition of the essential oil of branches from Russia and Kazakhstan is more stable in composition and concentration of major substances. α -pinene dominates in 81% of the samples of the essential oil of the branches, Δ^3 -karen dominates in 9%, and δ -kadinen dominates in 6%. Of the 54 buds samples, 13 samples do not meet the requirements of the FS in terms of essential oil content.

A large number of samples of essential oil with a predominant accumulation of Δ^3 -karen, identified by the authors, served as the basis for further work in improving the quality requirements of raw materials, as well as studying acute, chronic toxicity, as well as other pharmacological properties of essential oils.

Keywords: *Pinus sylvestris*, essential oil, buds, branches, European part of Russia, Siberia, Kazakhstan.

For citing: Kolomiets N.E., Shiretorova V.G., Abramets N.Yu., Erdyneeva S.A., Radnayeveva L.D. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 4, pp. 148–160. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240412483.

References

1. *Pinaceae* – WFO The World Flora Online. URL: worldfloraonline.org.
2. Farjon A. *Pinaceae: drawings and descriptions of the genera Abies, Cedrus, Pseudolarix, Keteleeria, Nothotsuga, Tsuga, Cathaya, Pseudotsuga, Larix and Picea*. Königstein, 1990, 330 p.
3. Chavchavadze Ye.S., Yatsenko-Khmelevskiy A.A. *Zhizn' rasteniy: v 6 t. T. 4: Mkh. Plauny. Khvoshchi. Paporotniki. Golosemennyye rasteniya*. [Life of Plants: in 6 volumes. Vol. 4: Mosses. Club mosses. Horsetails. Ferns. Gymnosperms]. Moscow, 1978, 447 p. (in Russ.).
4. Carlisle A., Brown A.H.F. *J. Ecol.*, 1968, vol. 56, pp. 269–307.
5. *Flora Sibiri: v 14 t. T. 1: Lycopodiaceae-Hydrocharitaceae* [Flora of Siberia: in 14 volumes. Vol. 1: Lycopodiaceae-Hydrocharitaceae], ed. I.M. Krasnoborov. Novosibirsk, 1988, 200 p. (in Russ.).
6. *Rastitel'nyye resursy Rossii: Komponentnyy sostav i biologicheskaya aktivnost' rasteniy. T. 7. Otdely Lycopodiophyta-Gnetophyta* [Plant resources of Russia: Component composition and biological activity of plants. Vol. 7. Departments Lycopodiophyta-Gnetophyta], ed. A.L. Budantsev. St. Petersburg; Moscow, 2016, 333 p. (in Russ.).
7. *Flora SSSR: v 30 t. T. 1: Sporovyye, golosemennyye. Typhaceae-Hydrocharitaceae* [Flora of the USSR: in 30 volumes. Volume 1: Spore plants, gymnosperms. Typhaceae-Hydrocharitaceae], ed. V.L. Komarov. Leningrad, 1934, 165 p. (in Russ.).
8. *Rastitel'nyye resursy Rossii i sopredel'nykh gosudarstv Chast' 1. Sem. Lycopodiaceae-Ephedraceae* [Plant resources of Russia and adjacent countries Part 1. Family Lycopodiaceae-Ephedraceae], ed. A.L. Budantsev. St. Petersburg, 1996, 477 p. (in Russ.).
9. Kolomiets N.E., Poluektova T.V., Abramets N.Yu. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2015, no. 3(12), pp. 120–123. (in Russ.).
10. *Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiyskoy Federatsii XIV izdaniye*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV edition]. Moscow, 2018, vol. 4. URL: <http://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/2/2-5/sosny-obyknovennoy-pochki-pini-silvestris-gemmae/>. (in Russ.).
11. *Proyekt FS «Sosny obyknovennoy khvoi maslo efirnoye»*. [Project FS "Essential oil of Scots pine needles"]. URL: <https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/original>. (in Russ.).
12. *Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiyskoy Federatsii XIV izdaniye*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV edition]. Moscow, 2018, vol. 4. URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol4/1547/>. (in Russ.).
13. *British Pharmacopoeia*. London: The Stationary Office, 2018, vol. 4, 576 p.
14. Karlberg A.-T., Lepoittevin J.-P. *Contact Dermatitis*, 2021, vol. 85(6), pp. 627–636. <https://doi.org/10.1111/cod.13962>.
15. *Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiyskoy Federatsii XIV izdaniye*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV edition]. Moscow, 2018, vol. 2. URL: http://resource.rucml.ru/feml/pharmacopia/14_2/HTML/569/index.html. (in Russ.).

* Corresponding author.

16. Lamotkin S.A. *Efirnyye masla khvoynykh rasteniy Respubliki Belarus': monografiya*. [Essential oils of coniferous plants of the Republic of Belarus: monograph]. Minsk, 2022, 285 p. (in Russ.).
17. Tseplyayev A.N. *Struktura osnovnykh tipov lesa Khrenovskogo bora po sostavu efirnogo masla: dis. ... kand. s.-kh. nauk*. [Structure of the main forest types of Khrenovsky pine forest by the composition of essential oil: diss. ... Cand. Agricultural sciences]. Voronezh, 2002, 223 p. (in Russ.).
18. Fuksman I.L. *Vliyaniye prirodnnykh i antropogennykh faktorov na metabolism veshchestv vtorichnogo proiskhozhdeniya u drevesnykh rasteniy*. [Influence of natural and anthropogenic factors on the metabolism of secondary substances in woody plants]. Petrozavodsk, 2002, 164 p. (in Russ.).
19. Maciag A., Milakovich D., Christensen H., Antolovich V., Kalembe D. *Food chemistry and biotechnology*, 2007, vol. 1008(71), pp. 71–95.
20. Rebko S.V., Mel'nik P.G., Lamotkin S.A., Tupik P.V., Poplavskaya L.F., Nosnikov V.V. *Resources and Technology*, 2021, no. 18 (3), pp. 17–36. <https://doi.org/10.15393/j2.art.2021.5783>. (in Russ.).
21. Berta F., Supuka J., Chladna A. *Biologia*, 1997, vol. 52(1), pp. 71–78.
22. Sali A., Karadogan T. *Afr. Tradit. Compement. Altern. Med.*, 2017, vol. 14, pp. 131–137. <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v14i1.14>.
23. Zouari N., Ayadi I., Fakhfakh N., Rebai S., Zouari S. *Lipids Health Dis.*, 2012, vol. 11, article 28. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-28>.
24. Russo E.B. *Br. J. Pharmacol.*, 2011, vol. 163(7), pp. 1344–1364. <https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2011.01238.x>.
25. Shiretorova V.G., Erdyneyeva S.A., Radnayeveva L.D. *Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy godu nauki i tekhnologii v RF i 30-letiyu Baykal'skogo Instituta prirodnopol'zovaniya SO RAN*. [Collection of materials of the international scientific and practical conference dedicated to the year of science and technology in the Russian Federation and the 30th anniversary of the Baikal Institute of Nature Management SB RAS]. Ulan-Ude, 2021, pp. 132–134. <https://doi.org/10.31554/978-5-7925-0605-3-2021-132-134>. (in Russ.).
26. Lamotkin S.A., Akhramovich T.I., Sakovich A.V. *Trudy BGTU. Ser. 2. Khimicheskiye tekhnologii, biotekhnologii, geoekologiya*, 2021, no. 2 (247), pp. 86–93. (in Russ.).
27. Chekushkina N.V., Nevzorova T.V., Yefremov A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 2, pp. 87–90. (in Russ.).
28. Sjödin K., Persson M., Fäldt J., Ekberg I., Borg-Karlson A.K. *J. Chem. Ecol.*, 2000, vol. 26(7), pp. 1701–1720. <https://doi.org/10.1023/A:1005547131427>.
29. Allenspach M., Valder C., Flamm D. et al. *Molecules*, 2020, vol. 25, 2973. <https://doi.org/10.3390/molecules25132973>.
30. Sotnikova O.V., Stepen' R.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2001, no. 1, pp. 79–84. (in Russ.).
31. Erdyneyeva S.A., Shiryetorova V.G., Radnayeveva L.D. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2022, vol. 25, no. 1, pp. 3–9. <https://doi.org/10.29296/25877313-2022-01-01>. (in Russ.).
32. Kolomiyets N.E., Abramets N.Yu., Bondarchuk R.A., Shiryetorova V.G., Tykheyev Zh.A., Ageyeva L.D. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 1, pp. 181–190. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019014293>. (in Russ.).
33. Weissmann G., Lange W. *Phytochemistry*, 1990, vol. 29, no. 9, pp. 2897–2898. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(90\)87100-9](https://doi.org/10.1016/0031-9422(90)87100-9).
34. Gonzalez M.A. *Nat. Prod. Rep.*, 2015, vol. 32, pp. 684–704. <https://doi.org/10.1039/c4np00110a>.
35. Nissen L., Zatta A., Stefanini I. et al. *Fitoterapia*, 2010, vol. 81(5), pp. 413–419. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2009.11.010>.
36. Koutsaviti A., Milenković M., Tzakou O. *Natural Product Communications*, 2011, vol. 6(2), pp. 277–280. <https://doi.org/10.1177/1934578X1100600231>.
37. Queiroz J.C.C., Antonioli Â.R., Quintans-Júnior L.J. *The Scientific World Journal*, 2014, vol. 14, pp. 1–14. <https://doi.org/10.1155/2014/816450>.
38. Sumenkova A.N., Gulyayev D.K., Belonogova V.D., Mashchenko P.S. *Farmatsiya*, 2021, no. 3, pp. 31–35. <https://doi.org/10.2926/25419218-2021-03-06>. (in Russ.).

Received July 18, 2023

Revised June 8, 2024

Accepted October 8, 2024

Сведения об авторах

Коломиец Наталья Эдуардовна – доктор фармацевтических наук, профессор кафедры фармацевтического анализа, заведующая кафедрой фармации, borkol47@mail.ru

Ширеторова Валентина Германовна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории химии природных систем, vshiretorova@rambler.ru

Абрамец Наталья Юрьевна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармацевтического анализа, abrameznu@mail.ru

Эрдынеева Светлана Аркадьевна – кандидат фармацевтических наук, старший преподаватель кафедры фармации, essa198013@gmail.com

Раднаева Лариса Доржиенва – доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой фармации, radld@mail.ru

Information about authors

Kolomiets Natalia Eduardovna – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of the Department of Pharmaceutical Analysis, Head of the Department of Pharmacy, borkol47@mail.ru

Shiretorova Valentina Germanovna – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Chemistry of Natural Systems, vshiretorova@rambler.ru

Abramets Natalia Yuryevna – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of Pharmaceutical Analysis, abrameznu@mail.ru

Erdineeva Svetlana Arkadyevna – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Pharmacy, essa198013@gmail.com

Radnaeva Larisa Dorzhienva – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Pharmacy, radld@mail.ru