

Фенольные соединения хвои *Pinus pumila* (Pall.) Regel, произрастающей в Якутии

А.Г. Васильева*, Н.К. Чирикова

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск, Россия

*kagamisatou@gmail.com

Аннотация. Кедровый стланик – сосна малорослая или карликовая (*Pinus pumila* (Pall.) Rgl), хвойный вечнозеленый представитель рода Сосна (*Pinus*) семейства Сосновые (*Pinaceae*). *Pinus pumila* в Республике Саха (Якутия) занимает значительные площади, хорошо известен благодаря своим кормовым характеристикам. В народной медицине северо-востока Азии ему приписывается большой ряд лечебных свойств, что позволяет отнести *P. pumila* к списку перспективных лекарственных растений. В ранее проведенных исследованиях чаще всего фокусировались на содержании терпенов, несмотря на высокую антиоксидантную активность, фенольные соединения в хвои *P. pumila* оставались без внимания. В данной работе рассмотрены результаты качественного и количественного анализа на содержание фенольных соединений в хвои *Pinus pumila*, произрастающей в Якутии. Образцы растительного сырья были собраны в Оймяконском районе в 2018 г. Для проведения анализа экстракцию сырья проводили 70%-м этиловым спиртом с последующей фильтрацией извлечения. Количественное содержание флавоноидов и фенольных соединений определяли на спектрофотометре СФ-2000. Количественное содержание флавоноидов в пересчете на стандартный образец рутином составило $0,376 \pm 0,065$ %. Общее содержание фенольных соединений, определенных с использованием реагента Фолина–Чокальтеу, в 70%-м спиртовом извлечении хвои *P. pumila* составляет 32,01 %, в водном извлечении – 7,48 %.

Ключевые слова: *Pinus pumila*, Якутия, фенольные соединения, флавоноиды, химический скрининг.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (FSRG-2020-0019), а также при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-09-00361.

Введение

Кедровый стланик (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) – хвойный ветвистый стелющийся кустарник средней высотой в Якутии до 2–5 м, но способный достигать в оптимальных условиях больших размеров [1]. В силу своих защитных и кормовых свойств *Pinus pumila* считается одной из лесообразующих пород в Якутии [2]. Известно, что Якутия обладает 15220,8 тыс. га площади древостоев с доминированием *P. pumila* [3]. Кроме того, данный вид представляет собой перспективное лекарственное растительное сырье. Известно, что все органы и смола *P. pumila* широко используются как лекарственное сырье в народной медицине северо-востока Азии для лечения или профилактики широкого спектра заболеваний, включая дерматозы, фавус, ревматизм, туберкулез, артрит и невралгию [4, 5]. Также имеется лечебный эффект при ушибах и

ранах [4]. Спиртовая настойка из хвои *P. pumila* помогает при туберкулезе [6]. Также настойка стланика применяется в качестве глистогонного, мочегонного, отхаркивающего и ранозаживляющего средств [7, 8]. Ранние исследования химического состава и фармакологической активности *P. pumila* в основном были посвящены изучению терпеновых соединений кедровых орехов [9, 10], хвои [10–12], шишек [13], коры [14–17]. Содержание эфирного масла в хвои составляет 2,33 мл/100 г, масло в основном состоит из терпеновых компонентов, таких как α -пинен и 3-карен [5, 6], однако химический состав часто различается в зависимости от условий прорастания и места локализации растения [6, 7]. Имеются сведения о наличии в коре редкого стробан дитерпеноида и тритерпеноидов серратанового типа [7]. Новейшие исследования свидетельствуют о наличии тритерпеновых гликози-

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ХВОИ *PINUS PUMILA* (PALL.) REGEL

дов, которые впервые были выделены из внешней коры стебля *P. pumila* с помощью многостадийной колоночной хроматографии и вакуумно-жидкостной хроматографии. Также был сделан вывод, что содержание одного из выделенных тритерпеноидов сапонинов ранее не было обнаружено ни в каком другом виде растений [17]. Согласно литературным данным, содержание эфирного масла в кедровых орехах может достигать 31,8 9 %±1,12 % и обладает сильной антиоксидантной и антирадикальной активностью [9]. Однако, несмотря на высокую антиоксидантную активность [18], фенольные соединения в хвои *P. pumila* оставались без внимания.

Целью работы является изучение качественного и количественного состава фенольных соединений хвои *P. pumila*, произрастающей в Якутии.

Материалы и методы

Растительное сырье. Образцы хвои *P. pumila* собирали в Оймяконском районе (Республика Саха (Якутия), 16.07.2018, 64°34'10"N, 143°14'13"E). Сбор, сушка и хранение растительного сырья осуществлялись согласно требованиям, описанным в ГФ XIII [19].

Получение извлечения для исследования состава фенольных соединений. Измельченное растительное сырье с размером частиц 1 мм, массой 1 г экстрагировали 100 мл 70%-м этиловым спиртом в течение 60 мин, при температуре ≈100 °C на водяной бане. Далее полученное извлечение фильтровали через бумажный фильтр, сырье промывали дважды 70%-м этиловым спиртом порциями и количественно переносили в мерную колбу вместимостью 100 мл. Объем колбы доводили до метки 70%-м этиловым спиртом. Для определения суммарного содержания фенольных соединений также было получено водное извлечение из хвои *P. pumila*. Измельченное растительное сырье массой 2 г помещали в коническую колбу вместимостью 500 мл, заливали 250 мл нагретой до кипения воды и кипятили с обратным холодильником на водяной бане в течение 30 мин.

Общие экспериментальные условия. Спектрофотометрические исследования проводили на спектрофотометре СФ-2000 (ОКБ Спектр, Санкт-Петербург). Для изучения химического состава исследуемого объекта были использованы методы качественного анализа на содержание дубильных веществ с применением железоаммонийных квасцов [19], методика качественного анализа на фенольные соединения с помощью гидрок-

сида натрия [19], методика качественного анализа на флавоноиды с применением хлорида алюминия [19], методика количественного определения фенольных соединений с использованием реагента Фолина–Чокальтеу [20], методика количественного анализа на содержание дубильных веществ [19].

Методика определения количественного содержания суммы флавоноидов. Аналитическую пробу сырья измельчают до величины частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером 2 мм. Около 1 г (точная навеска) измельченного сырья помещают в колбу со шлифом вместимостью 250 мл, прибавляют 100 мл спирта 70 % и взвешивают с погрешностью ±0,01 г. Колбу присоединяют к обратному холодильнику, нагревают на кипящей водяной бане в течение 60 мин, периодически встряхивая для смывания частиц сырья со стенок. Затем колбу с содержимым охлаждают до комнатной температуры, взвешивают и при необходимости доводят до первоначальной массы спиртом 70 %. Извлечение фильтруют через бумажный фильтр, смоченный тем же спиртом, отбрасывая первые 10 мл фильтрата (раствор А). 2 мл раствора А помещают в мерную колбу вместимостью 25 мл, прибавляют 5 мл 5%-го раствора хлорида алюминия в 70%-м этиловом спирте и доводят объем раствора тем же спиртом до метки, перемешивают и оставляют на 30 мин (раствор Б).

Оптическую плотность раствора Б измеряют через 30 мин на спектрофотометре при длине волны 410 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм, используя в качестве раствора сравнения раствор, состоящий из 2 мл раствора А, доведенный спиртом 70 % до метки в мерной колбе вместимостью 25 мл. Параллельно определяли оптическую плотность раствора стандартного образца рутином (СОР). Суммарное содержание флавоноидов в пересчете на концентрацию рутином в абсолютно-сухом сырье в процентах (Х) вычисляли по формуле

$$X = \frac{D \times K^v}{M} \times \frac{M_s}{D_s \times K_s^v} \times \frac{100}{100 - W} \times 100,$$

где D – оптическая плотность исследуемого раствора; D_s – оптическая плотность раствора стандартного образца рутином; M – масса сырья, г; M_s – масса стандартного образца рутином, г; K^v – коэффициент разбавления исследуемого раствора; K_s^v – коэффициент разбавления раствора стандартного образца рутином; W – потеря в массе при высушивании сырья, в %.

Раствор СОР готовили следующим образом. 0,05 г рутина, высушенного в течение 3 ч при температуре 130–135 °C, растворяли при нагревании в 70%-м этаноле в мерной колбе вместимостью 50 мл. После охлаждения до комнатной температуры объем раствора СОР доводили 70%-м этанолом до 50 мл. Срок годности раствора 30 суток при хранении в прохладном защищенном от света месте.

Статистическую обработку результатов исследований проводили согласно ОФС.1.1.0013.15 «Статистическая обработка результатов эксперимента» ГФ XIII с использованием ПО «Microsoft Excel», статистического пакета «Statistica 7.0» [19].

Результаты и обсуждение

При проведении качественного анализа с помощью гидроксида натрия установлено содержание фенольных соединений в *P. pumila*. По результатам качественного анализа с применением железоаммонийных квасцов подтверждено наличие дубильных веществ в исследуемом объекте. Качественный анализ с хлоридом алюминия показал наличие в хвои *P. pumila* флавоноидов.

В ходе количественного анализа общее содержание фенольных соединений с использованием реагента Фолина–Чокальтеу, в спиртовом извлечении хвои *P. pumila* составляет $32,01 \pm 0,05$ %, в

Количественное содержание фенольных соединений в хвои *P. pumila*

The quantitative content of phenolic compounds in the needles of *P. pumila*

Соединение Compound	Содержание, мг/г Content, mg / g
Процианидин B ₁ Procyanidin B ₁	$2,67 \pm 0,05$
Катехин Catechin	$1,14 \pm 0,02$
Эпикатехин Epicatechin	$3,24 \pm 0,06$
Процианидин C ₁ Procyanidin C ₁	$9,63 \pm 0,19$
Эпигаллокатехин Epigallocatechin	$1,49 \pm 0,02$
Изокверцитрин Isoquercitrin	$3,63 \pm 0,07$

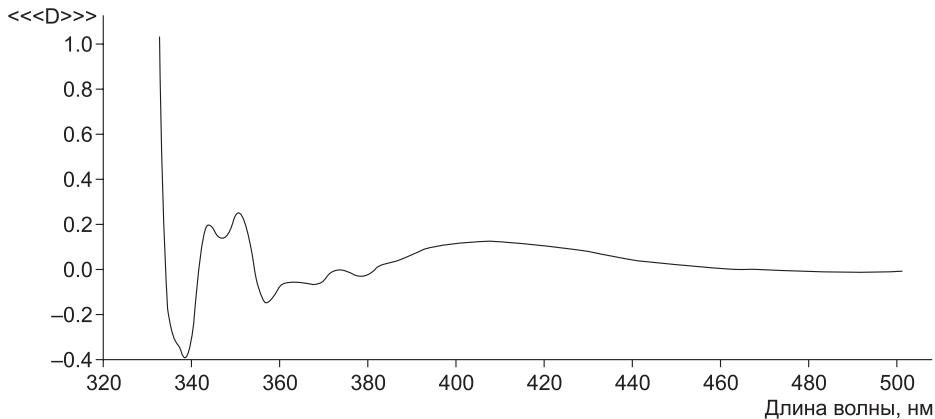
водном извлечении – $7,48 \pm 0,093$ %. Низкое содержание фенольных соединений в водном извлечении (более чем в 4 раза) в исследуемом объекте скорее всего связано с нестабильным состоянием природных фенолов [21]. Также известно, что полифенолы лучше извлекаются водно-спиртовыми растворами, чем водой [21]. Суммарное содержание дубильных веществ в водном извлечении *P. pumila* составило $6,05 \pm 0,15$ %. Известно, что фенольные соединения могут выступать в роли низкомолекулярных антиоксидантов. При низких температурах и водном стрессе у хвойных повышается концентрация фенольных соединений, что может служить индикационным признаком [22].

Ранее нам удалось идентифицировать 12 соединений в спиртовом извлечении хвои *P. pumila*, произрастающего в Верхоянском районе, включая фенилпропаноиды и их гликозиды, флавоноиды как в форме гликозида, так и в форме агликона, катехин и процианидин, терпены (см. таблицу) [23]. Данные результаты подтверждают, что в якутских популяциях *P. pumila* преобладают компоненты дубильных веществ, процианидинов и флавоноидов.

Растения рода *Pinus* благодаря разнообразному составу фенолов [24–26] способны накапливать поллютанты и могут применяться в качестве показателя загрязнения среды [5, 27].

При спектрофотометрическом изучении 70%-го спиртового извлечения *P. pumila* в комплексе с хлоридом алюминия был выявлен максимум поглощения $\lambda_{\max} = 407$ нм, что является близким по значению максимумом поглощения комплекса рутина с раствором хлорида алюминия (см. рисунок). Расчет содержания суммы флавоноидов проводился в пересчете на концентрацию рутина, так как их дифференциальные спектры поглощения совпадают по положению с максимумом ГСО рутина. Количественное содержание флавоноидов в пересчете на концентрацию рутина составляет $0,376 \pm 0,065$ %. Известно о содержании в хвои *P. pumila* кверцетина и кемпферола [28]. В доступной литературе нет информации о количественном содержании флавоноидов в хвои *P. pumila*, однако имеются данные о содержании флавоноидов в пыльце кедрового стланика и показатели варьируют от 0,64 до 0,83 % [28]. Также известны данные о количественном содержании флавоноидов в хвои *Pinus pallasiana* D. Don в пересчете на концентрацию рутина ($2,33 \pm 0,29$ %) [29], что, несомненно, выше, чем в хвои *P. pumila*.

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ХВОИ *PINUS PUMILA* (PALL.) REGEL



Дифференциальный спектр спиртового извлечения *P. pumila* в комплексе с хлоридом алюминия (III) (D – оптическая плотность; длина волны в нм).

Differential spectrum of the alcoholic extract of *P. pumila* in a complex with aluminum (III) chloride (D – optical density; wavelength in nm).

Выводы

Качественный анализ подтвердил наличие фенольных соединений (дубильных веществ, флавоноидов) в хвои *P. pumila*. В результате количественного анализа фенольных соединений с использованием реагента Фолина–Чокальтеу установлено, что их содержание в 70%-м спиртовом извлечении хвои *P. pumila* в 4 раза больше, чем в водном извлечении. Впервые определено количественное содержание флавоноидов методом дифференциальной спектрофотометрии в хвои *P. pumila*, произрастающего в Якутии. Суммарное содержание флавоноидов в исследуемом объекте составило $0,376 \pm 0,065\%$.

Общее содержание фенольных соединений в спиртовом извлечении хвои якутской популяции *P. pumila* ($32,01 \pm 0,05\%$) выше, чем в спиртовом извлечении хвои *Pinus sylvestris* из Московской области (от 6,42 до 7,34 %) [30], хвои *Larix sibirica* из Томской области (10,5 %) [31]. В связи с этим хвоя *P. pumila* может служить перспективным лекарственным растительным сырьем в качестве антиоксидантного, адаптогенного и противовоспалительного средства.

Литература

1. Чикидов И.И. Особенности произрастания кедровостланиковых сообществ на Олекмо-Чарском на-горье Якутии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2020. Т. 25, №. 3. DOI 10.31242/2618-9712-2020-25-3-10
2. Щербаков И.П. Лесной покров Северо-Востока СССР. Новосибирск: Наука, 1975. 344 с.
3. Тагильцев Ю.Г., Выводцев Н.В., Колобанов К.А. Кедровый стланик – перспективное пищевое и лекар-
- ственное растение Дальнего Востока // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2017. №. 12. С. 298–300.
4. Shpatov A.V. et al. Lipophilic extracts from needles and defoliated twigs of *Pinus pumila* from two different populations // Chemistry & Biodiversity. 2013. Vol. 10, No. 2. P. 198–208. DOI 10.1002/cbdv.201200009
5. Maimoona A. et al. Analysis of total flavonoids and phenolics in different fractions of bark and needle extracts of *Pinus roxburghii* and *Pinus wallichiana* // Journal of Medicinal Plants Research. 2011. Vol. 5, No. 13. P. 2724–2728. DOI 10.5897/JMPR.9000082
6. Стародубов А.В., Домрачев Д.В., Ткачев А.В. Состав эфирного масла кедрового стланика (*Pinus pumila*) из Хабаровского края // Химия растительного сырья. 2010. №. 1. С. 81–86.
7. Langat M.K. et al. Pumilol, a Diterpenoid with a rare strobane skeleton from *Pinus pumila* (Pinaceae) // Chemistry & Biodiversity. 2018. Vol. 15, No. 10. P. e1800056. DOI 10.1002/cbdv.201800056
8. Chen G.H. et al. Characterization of vasorelaxant principles from the needles of *Pinus morrisonicola* Hayata // Molecules. 2018. Vol. 23. No. 1. P. 86. DOI 10.3390/molecules23010086
9. Chen F. et al. An approach for extraction of kernel oil from *Pinus pumila* using homogenate-circulating ultrasound in combination with an aqueous enzymatic process and evaluation of its antioxidant activity // Journal of Chromatography A. 2016. Vol. 1471. P. 68–79. DOI 10.1016/j.chroma.2016.10.037
10. Kurose K., Okamura D., Yatagai M. Composition of the essential oils from the leaves of nine *Pinus* species and the cones of three of *Pinus* species // Flavour and fragrance journal. 2007. Vol. 22, No. 1. P. 10–20. DOI 10.1002/ffj.1609
11. Domrachev D.V. et al. Comparative analysis of volatiles from needles of five-needle pines of northern and

- eastern Eurasia // Russian Journal of Bioorganic Chemistry. 2012. Vol. 38, No. 7. P. 780–789. DOI 10.1134/S1068162012070059
12. *Yatagai M., Sato T.* Terpenes of leaf oils from conifers // Biochemical systematics and ecology. 1986. Vol. 14, No. 5. P. 469–478. DOI 10.1016/0305-1978(86)90004-9
13. *Li Z.J. et al.* Chemical constituents of *Pinus pumila* cones // Chemistry of Natural Compounds. 2019. Vol. 55, No. 6. P. 1187–1189. DOI 10.1007/s10600-019-02931-0
14. *Peng X. et al.* Chemical composition and antioxidant activity of essential oils from barks of *Pinus pumila* using microwave-assisted hydrodistillation after screw extrusion treatment // Industrial Crops and Products. 2021. Vol. 166. P. 113489. DOI 10.1016/j.indcrop.2021.113489
15. *Ралдугин В.А., Пентегова В.А.* Производные антикопаловой кислоты и другие новые соединения из живицы *Pinus pumila* // Химия природных соединений. 1983. № 2. С. 158–162.
16. *Хан В.А. и др.* Моно- и сесквитерпеноиды живицы *Pinus koraiensis* и *P. pumila*. Кристаллическая структура 1 β , 4 α Н, 7 α Н, 10 β Н-гвайан-5 α , 14-диола // Химия природных соединений. 1980. № 4. С. 505–510.
17. *Liu K. et al.* A New Triterpene Glycoside from *Pinus pumila* // Chemistry of Natural Compounds. 2021. Vol. 57, No. 1. P. 115–119. DOI 10.1007/s10600-021-03294-1
18. *Huyut Z., Beydemir Ş., Gülcin İ.* Antioxidant and antiradical properties of selected flavonoids and phenolic compounds // Biochemistry Research international. 2017. Vol. 2017. P. 10. DOI 10.1155/2017/7616791
19. Государственная фармакопея Российской Федерации / МЗ РФ. XIII изд. Москва, 2015. 1470 с.
20. *Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M.* Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent // Methods in enzymology. Academic press. 1999. Vol. 299. P. 152–178. DOI 10.1016/S0076-6879(99)99017-1
21. *Мисин В.М. и др.* Измерение содержания фенолов в экстрактах лекарственных трав и их смесях амперометрическим методом // Химия растительного сырья. 2009. № 4.
22. *Шенн И.В., Романова И.В.* Биохимические индикаторы стрессового состояния древесных растений. Новосибирск: Наука, 1997.
23. *Васильева А.Г., Чиркова Н.К.* Биологически активные вещества хвои кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) // Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2020. Т. 22, № 7. С. 68–72. DOI 10.26787/nydha-2686-6838-2020-22-7-68-72
24. *Li Z. J. et al.* Isolation, separation, and structural elucidation of secondary metabolites of *Pinus pumila* // Chemistry of Natural Compounds. 2020. Vol. 56. No. 6. P. 1128–1131. DOI 10.1007/s10600-020-03244-3
25. *Фуксман И.Л. и др.* Фенольные соединения хвойных деревьев в условиях стресса // Лесоведение. 2015. №. 3. С. 4–10.
27. *Сангов З.И., Хабибуллин Р.Э., Ямашев Т.А.* Оценка физико-химических свойств и антиоксидантной активности имбиря в зависимости от товарной формы и способа экстракции // Неделя науки СПбПУ. СПб., 2019. С. 24–27.
27. *Эрдынеева С.А., Ширеторова В.Г., Раднаева Л.Д.* Фармакогностическое исследование пыльцы *Pinus sylvestris* L. и *Pinus pumila* (Pall) Regel // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2021. Т. 24, №. 2. С. 29–34. DOI 10.29296/25877313-2021-02-05
28. *Виноградова Н.А., Попович В.П., Глухов А.З.* Фитохимическое изучение хвои и веток сосны крымской // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса. Донецк, 2017. С. 61–62.
29. *Нестеров Г.В., Бобкова Н.В., Кондрашев С.В.* Изучение качественного состава и суммарного содержания веществ фенольной природы в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Shape* MERGEFORMAT // Евразийский союз ученых. 2019. № 2-2 (59). DOI 10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.59.41-43
30. *Транчук Н.В., Рощин В.И.* Групповой состав и фенольные соединения экстрактивных веществ древесной зелени лиственницы сибирской // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты. 2015. Т. 20. С. 147.

Поступила в редакцию 19.05.2021
Принята к публикации 29.07.2021

Об авторах

ВАСИЛЬЕВА Айна Григорьевна, магистрант, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, 677013, Якутск, ул. Кулаковского, 48, Россия,
<https://orcid.org/0000-0002-2666-4345>, kagamisatou@gmail.com;

ЧИРИКОВА Надежда Константиновна, доктор фармацевтических наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 677013, Якутск, ул. Кулаковского, 48, Россия,
<https://orcid.org/0000-0003-1130-3253>, hofnung@mail.ru.

Информация для цитирования

Васильева А.Г., Чирикова Н.К. Фенольные соединения хвои *Pinus Pumila* (Pall.) Regel, произрастающей в Якутии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2021, Т. 26, № 3. С. 136–143. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-3-136-143>

DOI 10.31242/2618-9712-2021-26-3-136-143

Phenolic compounds of the needles of *Pinus Pumila* (Pall.) Regel growing in Yakutia

A.G. Vasilyeva*, N.K. Chirikova

Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

*kagamisatou@gmail.com

Abstract. Dwarf pine (*Pinus pumila* (Pall.) Rgl) is a coniferous evergreen representative of the *Pinus* genus, *Pinaceae* family. In the Republic of Sakha (Yakutia), *Pinus pumila* occupies substantial areas and is well known for its forage characteristics. In the traditional medicine of north-eastern Asia, a number of curative properties are assigned to this species, which allows us to relate *P. pumila* to the list of promising medicinal plants. Previous studies were focused on the content of terpenes, so that phenolic compounds in the needles of *P. pumila* were left without attention in spite of their high antioxidant activity. In the present paper, the results of qualitative and quantitative analysis for the concentrations of phenolic compounds in the needles of *Pinus pumila* growing in Yakutia are reported. The samples of plant material were collected in the Oymyakonsky district in 2018. For analysis, the raw material was extracted with 70 % ethanol with subsequent filtration of the extract. The quantitative content of flavonoids and phenolic compounds was determined using an SF-2000 spectrophotometer. The concentration of flavonoids, recalculated for the standard rutin sample, was $0.376 \pm 0.065\%$. The total content of phenolic compounds determined using the Folin-Ciocalteu reagent was 32.01 % in the 70 % ethanol extract of the needles of *P. pumila* and 7.48 % in its aqueous extract.

Keywords: *Pinus pumila*, Yakutia, phenolic compounds, flavonoids, chemical screening.

Acknowledgements. The research was carried out within the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of Russia (FSRG-2020-0019), and with the financial support from the Russian Foundation for Basic Research (project number 19-09-00361).

References

1. Chikidov I.I. Osobennosti proizrastaniya kedrovostlanikovyh soobshchestv na Olekmo-charskom nagor'e Yakutii // Prirodnye resursy Arktiki i Subarktiki. 2020. Vol. 25, No. 3. DOI 10.31242/2618-9712-2020-25-3-10
2. Shcherbakov I.P. Lesnoj pokrov Severo-Vostoka SSSR. Novosibirsk: Nauka, 1975. 344 p.
3. Tagil'cev Yu.G., V'yvodcev N.V., Kolobanov K.A. Kedrovyy stlanik-perspektivnoe pishchevoe i lekarstvennoe rastenie Dal'nego Vostoka // Novye i netradicionnye rasteniya i perspektivy ih ispol'zovaniya. 2017. No. 12. P. 298–300.
4. Shpatov A.V. et al. Lipophilic extracts from needles and defoliated twigs of *Pinus pumila* from two different populations // Chemistry & Biodiversity. 2013. Vol. 10, No. 2. P. 198–208. DOI 10.1002/cbdv.201200009
5. Maimoona A. et al. Analysis of total flavonoids and phenolics in different fractions of bark and needle extracts of *Pinus roxburghii* and *Pinus wallichiana* // Journal of Medicinal Plants Research. 2011. Vol. 5, No. 13. P. 2724–2728. DOI 10.5897/JMPR.9000082

6. Starodubov A.V., Domrachev D.V., Tkachyov A.V. Sostav efirnogo masla kedrovogo stlanika (*Pinus pumila*) iz Habarovskogo kraya // Himiya rastitel'nogo syr'ya, 2010. No. 1. P. 81–86.
7. Langat M.K. et al. Pumilol, a Diterpenoid with a rare strobane skeleton from *Pinus pumila* (Pinaceae) // Chemistry & Biodiversity. 2018. Vol. 15, No. 10. P. e1800056. DOI 10.1002/cbdv.201800056
8. Chen G.H. et al. Characterization of vasorelaxant principles from the needles of *Pinus morrisonicola* Hayata // Molecules. 2018. Vol. 23, No. 1. P. 86. DOI 10.3390/molecules23010086
9. Chen F. et al. An approach for extraction of kernel oil from *Pinus pumila* using homogenate-circulating ultrasound in combination with an aqueous enzymatic process and evaluation of its antioxidant activity // Journal of Chromatography A. 2016. Vol. 1471. P. 68–79. DOI 10.1016/j.chroma.2016.10.037
10. Kurose K., Okamura D., Yatagai M. Composition of the essential oils from the leaves of nine *Pinus* species and the cones of three of *Pinus* species // Flavour and fragrance journal. 2007. Vol. 22, No. 1. P. 10–20. DOI 10.1002/ffj.1609
11. Domrachev D.V. et al. Comparative analysis of volatiles from needles of five-needle pines of northern and eastern Eurasia // Russian Journal of Bioorganic Chemistry. 2012. Vol. 38, No. 7. P. 780–789. DOI 10.1134/S1068162012070059
12. Yatagai M., Sato T. Terpenes of leaf oils from conifers // Biochemical systematics and ecology. 1986. Vol. 14, No. 5. P. 469–478. DOI 10.1016/0305-1978(86)90004-9
13. Li Z.J. et al. Chemical constituents of *Pinus pumila* cones // Chemistry of Natural Compounds. 2019. Vol. 55, No. 6. P. 1187–1189. DOI 10.1007/s10600-019-02931-0
14. Peng X. et al. Chemical composition and antioxidant activity of essential oils from barks of *Pinus pumila* using microwave-assisted hydrodistillation after screw extrusion treatment // Industrial Crops and Products. 2021. Vol. 166. P. 113489. DOI 10.1016/j.indcrop.2021.113489
15. Ral'dugin V.A., Pentegova V.A. Proizvodnye antikopalovoj kisloty i drugie novye soedineniya iz zhivicy *Pinus pumila* // Himiya prirodnyh soedinenij. 1983. No. 2. P. 158–162.
16. Han V.A. i dr. Mono-i seskviterpenoidy zhivic *Pinus koraiensis* i *P. pumila*. Kristallicheskaya struktura 1 β , 4 α H, 7 α H, 10 β H-gvajan-5 α , 14-diola // Himiya Prirodnyh Soedinenij. 1980. No. 4. P. 505–510
17. Liu K. et al. A New Triterpene Glycoside from *Pinus pumila* // Chemistry of Natural Compounds. 2021. Vol. 57, No. 1. P. 115–119. DOI 10.1007/s10600-021-03294-1
18. Huyut Z., Beydemir S., Gülcin İ. Antioxidant and antiradical properties of selected flavonoids and phenolic compounds // Biochemistry Research international. 2017. Vol. 2017. P. 10. DOI 10.1155/2017/7616791
19. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii / MZ RF. XIII izd. Moskva, 2015. 1470 p.
20. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent // Methods in enzymology. Academic press. 1999. Vol. 299. P. 152–178. DOI 10.1016/S0076-6879(99)99017-1
21. Misin V.M. i dr. Izmerenie soderzhaniya fenolov v ekstraktah lekarstvennyh trav i ih smesyah amperometricheskim metodom // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2009. No. 4.
22. Sudachkova N.E., Shein V.I., Romanova L.I. Biologicheskie indikatory stressovogo sostoyaniya drevesnyh rastenij. Novosibirsk: Nauka, 1997.
23. Vasil'eva A.G., Chirikova N.K. Biologicheski aktivnye veshchestva hvoi kedrovogo stlanika (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) // Mediko-farmacevticheskij zhurnal Pul's. 2020. Vol. 22. No. 7. P. 68–72. DOI 10.26787/nydha-2686-6838-2020-22-7-68-72
24. Li Z. J. et al. Isolation, separation, and structural elucidation of secondary metabolites of *Pinus pumila* // Chemistry of Natural Compounds. 2020. Vol. 56. No. 6. P. 1128–1131. DOI 10.1007/s10600-020-03244-3
25. Fuksman I.L. i dr. Fenol'nye soedineniya hvojnyh derev'ev v usloviyah stressa // Lesovedenie. 2015. No. 3. P. 4–10.
26. Erdyneeva S.A., Shiretorova V.G., Radnaeva L.D. Farmakognosticheskoe issledovanie pyl'cy *Pinus sylvestris* L. i *Pinus pumila* (Pall) Regel // Voprosy Biologicheskoy, Medicinskoy i Farmacevticheskoy Himii. 2021. Vol. 24. No. 2. P. 29–34. DOI 10.29296/25877313-2021-02-05
27. Sangov Z.I., Habibullin R.E., Yamashev T.A. Ocenna fiziko-himicheskikh svojstv i antioksidantnoj aktivnosti imbirya v zavisimosti ot tovarnoj formy i sposoba ekstrakcii // Nedelya nauki SPbPU. SPb., 2019. P. 24–27.
28. Vinogradova N.A., Popovich V.P., Gluhov A.Z. Fitohimicheskoe izuchenie hvoi i vetok sosny krymskoj // Doneckie chteniya 2017: Russkij mir kak civilizacionnaya osnova nauchno-obrazovatel'nogo i kul'turnogo razvitiya Donbassa. Donetsk, 2017. P. 61–62.
29. Nesterov G.V., Bobkova N.V., Kondrashev S.V. Izuchenie kachestvennogo sostava i summarnogo soderzhaniya veshchestv fenol'noj prirody v hvoe sosny obyknovennoj (*Pinus sylvestris* L.). Shape* MERGEFORMAT // Evrazijskij Soyuz Uchenyh. 2019. No. 2-2 (59). DOI 10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.59.41-43
30. Tranchuk N.V., Roshchin V.I. Gruppovoj sostav i fenol'nye soedineniya ekstraktivnyh veshchestv drevesnoj zeleni listvennicy sibirskoj // Fenol'nye Soedineniya: Fundamental'nye i Prikladnye Aspekyt. 2015. Vol. 20. P. 147.

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ХВОИ *PINUS PUMILA* (PALL.) REGEL

About the authors

VASILEVA, Aina Grigorievna, master's student, North-Eastern Federal University, 48 Kulakovskogo st., Yakutsk 677013, Russia,

<https://orcid.org/0000-0002-2666-4345>, Scopus ID: 57217178425, kagamisatou@gmail.com;

CHIRIKOVA, Nadezhda Konstantinovna, Dr. Sci. (Pharmacy), professor, Ammosov North-Eastern Federal University, 48 Kulakovskogo st., Yakutsk 677013, Russia,

<https://orcid.org/0000-0003-1130-3253>, Researcher ID: D-8241-2016, hofnung@mail.ru.

Citation

Vasilieva A.G., Chirikova N.K. Phenolic compounds of the needles of *Pinus Pumila* (Pall.) Regel growing in Yakutia // Arctic and Subarctic Natural Resources. 2021, Vol. 26, No. 3. pp. 136–143. (In Russ.) <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-3-136-143>