

Научная статья

УДК 581.192.1

DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-605-611>



## Элементный состав микростробиллов и почек *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica* и *Pinus pumila*

Валентина Германовна Ширеторова\*, Светлана Аркадьевна Эрдынеева\*,\*\*, Лариса Доржиевна Раднаева\*,\*\*

\*Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Российская Федерация

\*\*Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Ширеторова Валентина Германовна, [vgshiretorova@mail.ru](mailto:vgshiretorova@mail.ru)

**Аннотация.** В последние годы среди населения наблюдается значительный рост популярности БАД из сосновой пыльцы, что обусловлено более чем тысячелетним опытом ее применения в китайской традиционной медицине и широким спектром ее фармакологической активности. Для получения сосновой пыльцы заготавливают микростробиллы перед началом цветения, после ее отделения образуются отходы в виде пустых микростробиллов (ПМ) в количестве 90–95% от массы сырья. Цель работы – определение элементного состава микростробиллов *Pinus sylvestris*, *P. sibirica* и *P. pumila*, полученных после отделения из них пыльцы (ПМ), и сравнение с фармакопейным сырьем – почками *P. sylvestris*. Анализ элементного состава проводили с использованием атомно-абсорбционной спектрофотометрии с предварительной кислотной минерализацией в микроволновой системе. Сравнительный анализ элементного состава показал, что ПМ содержат значительное количество К (8710–10187 мг/кг), Mg (627–1079 мг/кг), Mn (129–179 мг/кг), а также Zn (37–67 мг/кг) и Cu (7,4–10,3 мг/кг). Составлены ряды накопления химических элементов, которые оказались схожи для микростробиллов и почек исследуемых видов сосен (K>Mg>Ca>Mn>Fe~Zn>Na>Cu>Ni~Cr>Co>Pb>Cd>Hg). ПМ могут быть использованы для обогащения рациона такими макро- и микроэлементами, как К, Mg, Mn, Fe, Zn и Cu. Содержание токсичных Cd, Pb и Hg было ниже предельно допустимых нормативов для лекарственного растительного сырья и БАД на его основе. Данные по элементному составу ПМ *P. sylvestris*, *P. sibirica*, *P. pumila* и почек *P. sibirica*, *P. pumila* получены впервые и могут быть использованы при дальнейшей разработке показателей санитарно-гигиенической безопасности нового вида сырья.

**Ключевые слова:** микростробиллы, почки, элементный состав, *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica*, *Pinus pumila*

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках государственного задания Байкальского института природопользования СО РАН (AAAA-A21-121011890027-0).

**Для цитирования:** Ширеторова В. Г., Эрдынеева С. А., Раднаева Л. Д. Элементный состав микростробиллов и почек *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica* и *Pinus pumila* // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12. N 4. С. 605–611. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-605-611>.

### PHYSICOCHEMICAL BIOLOGY

Original article

## Elemental composition of microstrobili and sprouts of *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica* and *Pinus pumila*

Valentina G. Shiretorova\*, Svetlana A. Erdyneeva\*,\*\*, Larisa D. Radnaeva\*,\*\*

\*Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation

\*\*Buryat State University, Ulan-Ude, Russian Federation

Corresponding author: Valentina G. Shiretorova, [vgshiretorova@mail.ru](mailto:vgshiretorova@mail.ru)

**Abstract.** In recent years, the popularity of dietary supplements based on pine pollen has significantly increased due to over a thousand years of its use in Chinese traditional medicine and diverse biological activity. Microstrobili are harvested prior to flowering in order to obtain pine pollen, and, following its separation, waste comprising empty microstrobili in the amount of 90–95% of the mass of raw material is formed. In this work, the elemental composition of *Pinus sylvestris*, *P. sibirica* and *P. pumila* microstrobili obtained following the separation of pollen (empty microstrobili (EM) was determined and compared

© Ширеторова В. Г., Эрдынеева С. А., Раднаева Л. Д., 2022

with pharmacopoeial raw material, i.e., *P. sylvestris* sprouts. The elemental composition was analysed using atomic absorption spectroscopy with preliminary acid mineralisation in a microwave system. A comparative analysis of the elemental composition showed that EM contains a significant amount of K (8710–10187 mg/kg), Mg (627–1079 mg/kg), Mn (129–179 mg/kg), as well as Zn (37–67 mg/kg) and Cu (7.4–10.3 mg/kg). The series of accumulation of chemical elements was identical for microstrobili and sprouts of the studied pine species (K>Mg>Ca>Mn>Fe~Zn>Na>Cu>Ni~Cr>Co>Pb>Cd>Hg). EM can be used to enrich the diet with macro- and microelements such as K, Mg, Mn, Fe, Zn and Cu. The content of toxic Cd, Pb and Hg was below the maximum permissible standards for medicinal plant raw materials and dietary supplements thereof. Obtained for the first time, data on the elemental composition of EM of *P. sylvestris*, *P. sibirica*, *P. pumila* and sprouts of *P. sibirica* and *P. pumila* can be used for further sanitary measurements of a new type of raw material.

**Keywords:** microstrobili, sprouts, elemental composition, *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica*, *Pinus pumila*

**Funding.** The work was supported by the State assignment for the Baikal Institute of Nature Management SB RAS (AAAA-A21-121011890027-0).

**For citation:** Shiretorova V. G., Erdyneeva S. A., Radnaeva L. D. Elemental composition of microstrobili and sprouts of *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica* and *Pinus pumila*. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2022;12(4):605-611. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-605-611>.

## ВВЕДЕНИЕ

Вечнозеленое дерево (реже кустарник), относящееся к роду сосна (*Pinus*) и семейству Сосновые (Pinaceae), насчитывает 130 видов и является самым широко распространенным видом хвойных в Северном полушарии [1]. В народной медицине издавна использовались хвоя и почки сосен, а также смола, кора и шишки некоторых видов. Настойки и отвары на их основе применяли как противовоспалительное, общеукрепляющее и витаминное средство [2]. В странах Азии, особенно в Китае и Корее, наибольшей популярностью пользуется пыльца местных видов сосен. Опыт ее применения в традиционной китайской медицине насчитывает более 2 000 лет. Ее принимали для укрепления иммунитета, поднятия тонуса, улучшения общего состояния организма, замедления процессов старения. Исследователями отмечается [3], что за последние 20 лет наблюдается активизация фармакологических и клинических исследований сосновой пыльцы, о чем свидетельствует рост количества публикаций на эту тему. Установлены иммуномодулирующая, противовирусная, противовоспалительная, антиоксидантная и гепатопротекторная активности экстрактов [4–7] и полисахаридов [8–12] пыльцы азиатских видов сосен. Исследование пыльцы *P. sylvestris* и *P. pumila*, проведенное авторами ранее, показало содержание в ней флавоноидов, аминокислот, аскорбиновой кислоты, макро- и микроэлементов [13]. Необходимо отметить, что для получения сосновой пыльцы заготавливают микростробилы перед началом цветения, после ее отделения образуются отходы в виде пустых микростробилов (ПМ) в количестве 90–95% от массы исходного сырья. Для оценки возможности рационального использования ценного растительного сырья ранее авторами было исследовано эфирное масло из ПМ *P. sylvestris*

и показано достаточное его содержание и сходство компонентного состава с фармакопейным сырьем – почками сосны обыкновенной [14].

Поскольку эффективность лекарственного растительного сырья часто обусловлена действием биологически активных веществ в комплексе с его природным минеральным составом, целью работы было определение содержания макро- и микроэлементов в ПМ и для сравнения в фармакопейном сырье – почках *P. sylvestris*, *P. sibirica* и *P. pumila*, а также оценка экологической безопасности нового вида сырья по содержанию некоторых тяжелых металлов.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Сбор сырья почек и микростробилов *P. sylvestris*, *P. sibirica* и *P. pumila* для определения элементного состава осуществляли в начале мая (почки) и конце мая-июне (микростробилы) 2020–2021 гг. в Кабанском и Прибайкальском районах Республики Бурятия. Сбор почек производили согласно рекомендациям для фармакопейного сырья «Сосны обыкновенной почки»<sup>1</sup>. Сбор «мужских» шишек (микростробилов) выполняли за 1–3 дня до начала пыления. Собранное сырье раскладывали тонким слоем и сушили в закрытых проветриваемых помещениях без попадания прямых солнечных лучей до высыпания пыльцы из микростробилов. Пыльцу отделяли путем просеивания через сито 0,5 мм. ПМ до проведения анализа хранили в бумажных пакетах при комнатной температуре.

Подготовку проб к элементному анализу осуществляли путем разложения предварительно измельченных образцов растительного сырья с концентрированной азотной кислотой в микроволновой системе MARS 6 (СЕМ, США). Определение количественного содержания элементов проводили атомно-абсорбционным методом с использованием спектрофотометра

<sup>1</sup>Государственная фармакопея Российской Федерации: в 4 томах / ред. С. В. Емшанова, О. Г. Потанина, Е. В. Буданова, В. В. Чистяков. М., 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (20.06.2022).

Solaar M6 (Thermo Scientific, США). Содержание ртути устанавливали методом холодного пара с помощью ртутно-гидридной приставки VP-100 (Thermo Scientific, США). Определение всех элементов проводили в 3-кратной повторности, затем рассчитывали среднюю арифметическую и ее ошибку ( $M \pm m$ ). Правильность результатов анализа оценивали с использованием стандартных образцов листа березы ЛБ-1 (ГСО 8923-2007) и луговой травосмеси Тр-1 (ГСО 8922-2007). Погрешность измерений составила менее 10% от аттестованных значений.

Исследование выполнено с использованием оборудования ЦКП «Байкальский институт природопользования СО РАН».

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Физиологическая роль того или иного элемента в метаболизме растительного организма оказывает влияние на его содержание в разных органах и тканях растений. Следует отметить, что сосновые почки относятся к вегетативным органам растения, а микростробилы – к генеративным. Почки сосны красновато-коричневые, удлинённые яйцевидно-цилиндрические, остроконечные длиной от 1 до 4 см, в большинстве смолистые, расположены в верхней части побега мутовчато вокруг верхушечной почки. Микростробилы («мужские» шишки) яйцевидно-конической или удлинённо-яйцевидной формы, желтого и красно-желтого цвета длиной 3–5 см состоят из оси, на которой по спирали или мутовчато расположены микроспорофиллы,

на их обратной стороне находятся микроспорангии (пыльцевые мешки), в которых развивается пыльца.

Результаты анализа элементного состава ПМ и почек исследуемых сосен представлены в таблице.

Для выявления особенностей накопления макро- и микроэлементов ПМ и почками сосен было проведено сравнение с данными, полученными авторами ранее для пыльцы, извлеченной из этих же микростробилов [15] и хвои *P. sylvestris*, произрастающей в Бурятии (рисунок), а также с имеющимися в литературе данными элементного состава почек *P. sylvestris* [16, 17]. С целью минимизации влияния климато-географических условий места произрастания и получения сопоставимых данных сбор микростробилов осуществлялся на тех же опытных площадках в популяциях, что и сбор хвои.

Сравнительный анализ макроэлементов показал, что ПМ, почки и пыльца содержат значительное количество калия (8710–10187 мг/кг) и магния (627–1079 мг/кг) и низкое количество кальция (664–911 мг/кг), что характерно для молодых растущих тканей с интенсивным обменом веществ [18].

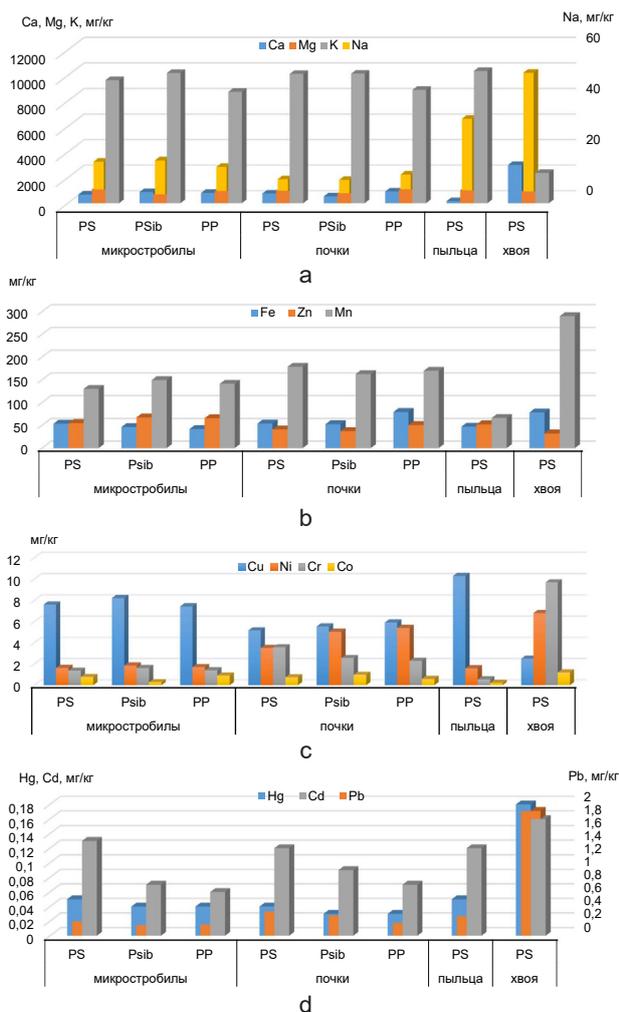
Из микроэлементов ПМ и почек *P. sylvestris*, *P. sibirica* и *P. pumila* в большей степени аккумулируют металлы, участвующие в жизненно важных для растений биохимических процессах, – Fe (42–79 мг/кг), Zn (37–67 мг/кг) и Mn (129–169 мг/кг), что согласуется с литературными данными по элементному составу сосновых почек [16, 17].

Сравнение полученных нами результатов с дан-

Элементный состав пустых микростробилов и почек *P. sylvestris* (PS), *P. sibirica* (PSib), *P. pumila* (PP), мг/кг  
 Elemental composition of empty microstrobili and buds of *P. sylvestris* (PS), *P. sibirica* (PSib), *P. pumila* (PP), mg/kg

| Элемент | Пустые микростробилы |           |           | Почки     |           |           | Почки [16] | Почки [17] |
|---------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
|         | PS                   | PSib      | PP        | PS        | PSib      | PP        | PS         | PS         |
| K       | 9630±18              | 10187±23  | 8710±17   | 10109±42  | 10128±51  | 8859±74   | 3560–4840  | –          |
| Mg      | 1066±21              | 996±16    | 957±25    | 976±34    | 966±25    | 1079±21   | 980–1310   | –          |
| Ca      | 664±12               | 875±35    | 800±24    | 754±27    | 830±16    | 911±30    | 2760–3440  | –          |
| Na      | 16,2±1,5             | 16,7±1,0  | 14,2±0,8  | 9,4±0,6   | 9,1±0,9   | 11,2±1,0  | –*         | –          |
| Mn      | 129±11               | 149±13    | 141±12    | 179±18    | 163±14    | 169±12    | 74,4–88,1  | 19,5–49,7  |
| Fe      | 53,4±4,3             | 46,2±1,4  | 41,6±2,4  | 53,8±2,5  | 52,4±1,1  | 79,1±2,3  | 40–120     | 48,5±17,1  |
| Zn      | 54,8±2,2             | 67,4±1,8  | 65,4±3,6  | 40,7±3,1  | 36,9±1,8  | 50,5±4,1  | 20,0–23,9  | 11,9–72,4  |
| Cu      | 7,60±0,32            | 8,22±0,71 | 7,43±0,31 | 5,24±0,32 | 5,58±0,43 | 5,94±0,41 | 6,12–8,12  | 2,2–12,1   |
| Cr      | 0,27±0,12            | 0,26±0,08 | 0,24±0,05 | 0,46±0,31 | 0,36±0,12 | 0,33±0,18 | 0,18–0,32  | 0,50–1,08  |
| Ni      | 1,64±0,12            | 1,85±0,16 | 1,71±0,12 | 3,51±0,25 | 5,04±0,33 | 5,40±0,21 | 9,7–14,3   | 0,52–1,69  |
| Co      | 0,77±0,01            | 0,59±0,02 | 0,91±0,05 | 0,75±0,04 | 0,98±0,08 | 0,60±0,12 | н.о.**     | 0,26–1,02  |
| Pb      | 0,22±0,03            | 0,16±0,09 | 0,17±0,04 | 0,37±0,06 | 0,31±0,11 | 0,20±0,07 | 0,34–0,84  | 0,5–1,8    |
| Cd      | 0,13±0,03            | 0,07±0,01 | 0,06±0,01 | 0,12±0,01 | 0,09±0,01 | 0,07±0,01 | н.о.       | 0,04–0,24  |
| Hg      | 0,07±0,01            | 0,04±0,01 | 0,04±0,01 | 0,04±0,01 | 0,03±0,01 | 0,03±0,01 | –          | –          |

Примечание. \* – не определялось; \*\* – не обнаружено.



Содержание макро- (а) и микроэлементов (b, c), тяжелых металлов (d) в микростробилах, почках, пыльце и хвое *P. sylvestris* (PS), *P. sibirica* (PSib), *P. pumila* (PP)

Content of macro- (a) and microelements (b, c), heavy metals (d) in microstrobiles, buds, pollen and needles of *P. sylvestris* (PS), *P. sibirica* (PSib), *P. pumila* (PP)

ными для аптечного сырья почек *P. sylvestris* различных производителей [16] показало сопоставимое содержание магния, железа, меди и хрома, более высокое (в 2 раза) содержание калия, марганца, цинка и меньшее (в 2–4 раза) кальция и никеля. Такие различия по содержанию элементов могут быть обусловлены геохимическими особенностями районов заготовки.

При сравнении микроэлементного состава разных частей сосен можно отметить высокое содержание марганца в таких богатых эфирными маслами частях растения, как хвоя, ПМ и почки, что обусловлено важной ролью марганца в биосин-

тетических процессах, ведущих к образованию основных классов изопреноидов [19]. Более высокое в сравнении с вегетативными органами – почками и хвоей – содержание цинка и меди наблюдается в ПМ и пыльце, что связано с их репродуктивной функцией [20]. Содержание хрома было выше в хвое и почках, что, возможно, обусловлено его участием в фотосинтезе (известно, что хром повышает содержание хлорофилла и продуктивность фотосинтеза в листьях) [21]. В целом по сравнению с хвоей можно отметить более низкое содержание тяжелых металлов в ПМ и пыльце, что может быть обусловлено тем, что в репродуктивных органах растений микроэлементы (за исключением цинка и меди, играющих важную физиологическую роль в процессах оплодотворения и прорастания семян) накапливаются по барьерному типу, т. к. строго генетически контролируются [20].

По уровню содержания элементов в ПМ и почках были составлены ряды накопления, которые были одинаковы для *P. sylvestris*, *P. sibirica*, *P. pumila* ( $K > Mg > Ca > Mn > Fe \sim Zn > Na > Cu > Ni \sim Cr > Co > Pb > Cd > Hg$ ). Сравнение элементного состава ПМ и почек показало их схожесть по содержанию макро- и микроэлементов.

Содержание свинца, кадмия и ртути во всех исследованных образцах ПМ и почек сосен не превышало нормативов, установленных для лекарственного растительного сырья и БАД на его основе<sup>1,2</sup>. Сравнение содержаний макро- и микроэлементов в ПМ и почках *P. sylvestris*, *P. sibirica*, *P. pumila* с суточной потребностью для взрослых<sup>3</sup> показало, что они могут быть использованы как дополнительный источник калия, магния, марганца, железа, цинка и меди.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования был определен элементный состав микростробилов *P. sylvestris*, *P. sibirica*, *P. pumila*, полученных после отделения из них пыльцы, и почек *P. sibirica* и *P. pumila*. Показаны особенности элементного состава сосновых ПМ и почек в сравнении с пыльцой и хвоей, обусловленные физиологической функцией элементов в растительном организме. Установлено, что ПМ и почки могут быть использованы для обогащения рациона такими макро- и микроэлементами, как K, Mg, Mn, Fe, Zn и Cu. Содержание токсичных Cd, Pb и Hg было ниже предельно допустимых нормативов для лекарственного растительного сырья и БАД на его основе. Данные по элементному составу ПМ *P. sylvestris*, *P. sibirica*, *P. pumila* и почек *P. sibirica*, *P. pumila* получены впервые и могут быть использованы при дальнейшей разработке показателей санитарно-гигиенической безопасности нового вида сырья.

<sup>2</sup>СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (для биологически активных добавок к пище на растительной основе). М., 2001. 269 с.

<sup>3</sup>МР 2.3.1.2432-08. 2.3.1. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации (утв. Роспотребнадзором 18.12.2008).

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ioannou E. The genus *Pinus*: a comparative study on the needle essential oil composition of 46 pine species // *Phytochemistry Reviews*. 2014. Vol. 13. P. 741–768. <https://doi.org/10.1007/s11101-014-9338-4>.
2. Кароматов И. Дж., Кодирова Д. У. История фитотерапии – сосна в древней и народной медицине // *Биология и интегративная медицина*. 2018. N 4. С. 5–11.
3. Liang S., Liang N., Bu F., Lai B., Zhang Y., Cao H., et al. The potential effects and use of Chinese herbal medicine pine pollen (*Pinus* pollen): a bibliometric analysis of pharmacological and clinical studies // *World Journal of Traditional Chinese Medicine*. 2020. Vol. 6, no. 2. P. 163–170. [https://doi.org/10.4103/wjtc.m.wjtc\\_m\\_4\\_20](https://doi.org/10.4103/wjtc.m.wjtc_m_4_20).
4. Choi E. Antinociceptive and antiinflammatory activities of pine (*Pinus densiflora*) pollen extract // *Phytotherapy Research*. 2007. Vol. 21. P. 471–475. <https://doi.org/10.1002/ptr.2103>.
5. Lee K. H. Effect of pine pollen extract on experimental chronic arthritis // *Phytotherapy Research*. 2009. Vol. 23, no. 5. P. 651–657. <https://doi.org/10.1002/ptr.2526>.
6. Tao C., Jin X., Zhao L., Ma L., Li R., Zhao P., et al. The protective effects of Masson pine pollen aqueous extract on CC14-induced oxidative damage of human hepatic cells // *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2015. Vol. 8, no. 10. P. 17773–17780.
7. Kim O. J., Jo E. S., Jo M. Y. Anti-inflammatory efficacy and liver protective activity of pine pollen according to probe sonicator ultrasonic disintegration extraction method // *Applied Chemistry for Engineering*. 2019. Vol. 30, no. 5. P. 569–579. <https://doi.org/10.14478/ace.2019.1053>.
8. Zhou C. Preliminary characterization, antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from Taishan *Pinus massoniana* pollen // *Molecules*. 2018. Vol. 23, no. 2. P. 281. <https://doi.org/10.3390/molecules23020281>.
9. Yu C., Wei K., Liu L., Yang Sh., Hu L., Zhao P., et al. Taishan *Pinus massoniana* pollen polysaccharide inhibits subgroup J avian leucosis virus infection by directly blocking virus infection and improving immunity // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. P. 44353. <https://doi.org/10.1038/srep44353>.
10. Shang H., Sha Z., Wang H., Miao Y., Niu X., Chen R., et al. *Pinus massoniana* pollen polysaccharide inhibits H9N2 subtype influenza virus infection both in vitro and in vivo // *Veterinary Microbiology*. 2020. Vol. 248. P. 108803. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108803>.
11. Sha Z., Shang H., Miao Y., Huang J., Niu X., Chen R., et al. Polysaccharides from *Pinus massoniana* pollen improve intestinal mucosal immunity in chickens // *Poultry Science*. 2021. Vol. 100, no. 2. P. 507–516. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.015>.
12. Shang H., Niu X., Cui W., Sha Z., Wang C., Huang T., et al. Anti-tumor activity of polysaccharides extracted from *Pinus massoniana* pollen in colorectal cancer- in vitro and in vivo studies // *Food & Function*. 2022. Vol. 13, no. 11. P. 6350–6361. <https://doi.org/10.1039/d1fo03908c>.
13. 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. N 2. С. 29–34. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-02-05>.
14. 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. N 1. С. 3–9. <https://doi.org/10.29296/25877313-2022-01-01>.
15. Ширеторова В. Г., Эрдынеева С. А., Раднаева Л. Д. Элементный состав пыльцы *Pinus sylvestris* L., *P. sibirica du tour* и *P. pumila* (Pall.) Regel // Химия растительного сырья. 2022. N 2. С. 233–242. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220210171>.
16. Кондрашев С. В., Нестеров Г. В., Бобкова Н. В. Изучение микроэлементного состава почек сосны методом рентгенофлуоресцентного анализа // Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке. 2019. N 1. С. 56–59. <https://doi.org/10.26787/nydha-2226-7425-2019-21-1-56-59>.
17. Егорова И. Н., Неверова О. А., Григорьева Т. И. Оценка содержания тяжелых металлов в почках *Pinus sylvestris* L., произрастающей на породном отвале угольного разреза // Современные проблемы науки и образования. 2015. N 6. С. 598.
18. Тихомирова Л. И., Базарнова Н. Г., Халявин И. А. Элементный состав *Iris sibirica* L. в культуре *in vitro* // Химия растительного сырья. 2017. N 2. С. 119–126. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017021517>.
19. Племенков В. В. Химия изопреноидов. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2007. 322 с.
20. Кашин В. К., Убугунов Л. Л. Особенности накопления микроэлементов в зерне пшеницы в Западном Забайкалье // *Агрохимия*. 2012. N 4. С. 68–76.
21. Бессонова В. П., Иванченко О. Е. Накопление хрома в растениях и его токсичность // Питання біоіндикації та екології. 2011. N 16-2. С. 35–52.

#### REFERENCES

1. Ioannou E. The genus *Pinus*: a comparative study on the needle essential oil composition of 46 pine species. *Phytochemistry Reviews*. 2014;13:741-768. <https://doi.org/10.1007/s11101-014-9338-4>.

2. Karomatov I. Dz., Kodirova D. U. History of phytotherapy – pine in ancient and national medicine. *Biologiya i integrativnaya meditsina = Biology and Integrative Medicine*. 2018;(4):5-11. (In Russian).
3. Liang S., Liang N., Bu F., Lai B., Zhang Y., Cao H., et al. The potential effects and use of Chinese herbal medicine pine pollen (Pinus pollen): a bibliometric analysis of pharmacological and clinical studies. *World Journal of Traditional Chinese Medicine*. 2020;6(2):163-170. [https://doi.org/10.4103/wjtc.wjtc\\_4\\_20](https://doi.org/10.4103/wjtc.wjtc_4_20).
4. Choi E. Antinociceptive and antiinflammatory activities of pine (Pinus densiflora) pollen extract. *Phytotherapy Research*. 2007;21:471-475. <https://doi.org/10.1002/ptr.2103>.
5. Lee K. H. Effect of pine pollen extract on experimental chronic arthritis. *Phytotherapy Research*. 2009;23(5):651-657. <https://doi.org/10.1002/ptr.2526>.
6. Tao C., Jin X., Zhao L., Ma L., Li R., Zhao P., et al. The protective effects of Masson pine pollen aqueous extract on CC14-induced oxidative damage of human hepatic cells. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2015;8(10):17773-17780.
7. Kim O. J., Jo E. S., Jo M. Y. Anti-inflammatory efficacy and liver protective activity of pine pollen according to probe sonicator ultrasonic disintegration extraction method. *Applied Chemistry for Engineering*. 2019;30(5):569-579. <https://doi.org/10.14478/ace.2019.1053>.
8. Zhou C. Preliminary characterization, antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from Taishan Pinus massoniana pollen. *Molecules*. 2018;23(2):281. <https://doi.org/10.3390/molecules23020281>.
9. Yu C., Wei K., Liu L., Yang Sh., Hu L., Zhao P., et al. Taishan Pinus massoniana pollen polysaccharide inhibits subgroup J avian leucosis virus infection by directly blocking virus infection and improving immunity. *Scientific Reports*. 2017;7:44353. <https://doi.org/10.1038/srep44353>.
10. Shang H., Sha Z., Wang H., Miao Y., Niu X., Chen R., et al. Pinus massoniana pollen polysaccharide inhibits H9N2 subtype influenza virus infection both in vitro and in vivo. *Veterinary Microbiology*. 2020;248:108803. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108803>.
11. Sha Z., Shang H., Miao Y., Huang J., Niu X., Chen R., et al. Polysaccharides from Pinus massoniana pollen improve intestinal mucosal immunity in chickens. *Poultry Science*. 2021;100(2):507-516. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.015>.
12. Shang H., Niu X., Cui W., Sha Z., Wang C., Huang T., et al. Anti-tumor activity of polysaccharides extracted from Pinus massoniana pollen in colorectal cancer- in vitro and in vivo studies. *Food & Function*. 2022;13(11):6350-6361. <https://doi.org/10.1039/d1fo03908c>.
13. Erdynееva S. A., Shiretorova V. G., Radnaeva L. D. Pharmacognostic study of the pollen of Pinus sylvestris L. and Pinus pumila (Pall) Regel. *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii = Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*. 2021;24(2):29-34. (In Russian). <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-02-05>.
14. Erdynееva S. A., Shiretorova V. G., Radnaeva L. D. Comparative study of the essential oil composition of pine buds and microstrobils (Pinus Sylvestris L.). *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii = Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*. 2022;25(1):3-9. (In Russian). <https://doi.org/10.29296/25877313-2022-01-01>.
15. Shiretorova V. G., Erdynееva S. A., Radnaeva L. D. Elemental composition of the Pinus sylvestris L., P. Sibirica du tour and P. pumila (Pall.) Regel pollen. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2022;(2):233-242. (In Russian). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220210171>.
16. Kondrashev S. V., Nesterov G. V., Bobkova N. V. Study of microelement composition of pine buds by X-ray fluorescence analysis. *Zhurnal nauchnykh statei Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke = The Journal of Scientific Articles Health and Education Millennium*. 2019;(1):56-59. (In Russian). <https://doi.org/10.26787/nydha-2226-7425-2019-21-1-56-59>.
17. Egorova I. N., Neverova O. A., Grigoreva T. I. Assessment of heavy metals in the buds of Pinus sylvestris L., growing on coal spoil heap. *Sovremnyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015;(6):598. (In Russian).
18. Tikhomirova L. I., Bazarnova N. G., Khatyavin I. A. Elemental composition of Iris sibirica L. in vitro culture. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2017;(2):119-126. (In Russian). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017021517>.
19. Plemenkov V. V. *Chemistry of isoprenoids*. Barnaul: Izd-vo Alt. gos. un-ta; 2007, 322 p.
20. Kashin V. K., Ubugunov L. L. Accumulation features of microelements in wheat grain in Western Transbaicalia. *Agrokhimiya = Eurasian Soil Science*. 2012;(4):68-76. (In Russian).
21. Bessonova V. P., Ivanchenko O. E. Accumulation of chrome in the plants and his toxic. *Pitannyya bioindikatsii ta ekologii*. 2011;(16-2):35-52. (In Russian).

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**В. Г. Ширеторова,**  
к.т.н., старший научный сотрудник,  
Байкальский институт природопользования  
СО РАН,  
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6,  
Российская Федерация,

#### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Valentina G. Shiretorova,**  
Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher,  
Baikal Institute of Nature Management SB RAS,  
6, Sakhyanova St., Ulan-Ude, 670047,  
Russian Federation,  
vgshiretorova@mail.ru

vgshiretorova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3528-5101>

**С. А. Эрдынеева,**  
научный сотрудник,  
Байкальский институт природопользования  
СО РАН,  
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6,  
Российская Федерация;  
ассистент,  
Бурятский государственный университет,  
670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а,  
Российская Федерация,  
esssa198013@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-4330-5723>

**Л. Д. Раднаева,**  
д.х.н., главный научный сотрудник,  
Байкальский институт природопользования  
СО РАН,  
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6,  
Российская Федерация;  
заведующий кафедрой фармации,  
Бурятский государственный университет,  
670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а,  
Российская Федерация,  
radld@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2886-1075>

#### **Вклад авторов**

Все авторы сделали эквивалентный вклад  
в подготовку публикации.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта  
интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили  
окончательный вариант рукописи.*

#### **Информация о статье**

Поступила в редакцию 24.10.2022.  
Одобрена после рецензирования 16.11.2022.  
Принята к публикации 30.11.2022.

<https://orcid.org/0000-0002-3528-5101>

**Svetlana A. Erdyneeva,**  
Researcher,  
Baikal Institute of Nature Management SB RAS,  
6, Sakhyanova St., Ulan-Ude, 670047,  
Russian Federation;  
Assistant,  
Buryat State University,  
24 a, Smolin St., Ulan-Ude, 670000,  
Russian Federation,  
esssa198013@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-4330-5723>

**Larisa D. Radnaeva,**  
Dr. Sci. (Chemistry), Chief Researcher,  
Baikal Institute of Nature Management SB RAS,  
6, Sakhyanova St., Ulan-Ude, 670047,  
Russian Federation;  
Head of the Department of Pharmacy,  
Buryat State University,  
24 a, Smolin St., Ulan-Ude, 670000,  
Russian Federation,  
radld@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2886-1075>

#### **Contribution of the authors**

The authors contributed equally to this article.

#### **Conflict interests**

The authors declare no conflict of interests regarding  
the publication of this article.

*The final manuscript has been read and approved by  
all the co-authors.*

#### **Information about the article**

*The article was submitted 24.10.2022.  
Approved after reviewing 16.11.2022.  
Accepted for publication 30.11.2022.*