

ФАРМАКОГНОСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЫЛЬЦЫ *PINUS SYLVESTRIS* L. И *PINUS PUMILA* (PALL) REGEL

С.А. Эрдынеева

аспирант, лаборатория химии природных систем,
Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук (г. Улан-Удэ)
E-mail: esssa198013@gmail.com

В.Г. Ширеторова

к.т.н., ст. науч. сотрудник, лаборатория химии природных систем,
Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук (г. Улан-Удэ)

Л.Д. Раднаева

д.х.н., профессор, зав. лабораторией химии природных систем,
Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук (г. Улан-Удэ)

Цель работы. Описание внешних и анатомо-диагностических признаков пыльцы, проведение фитохимического анализа и испытаний для определения доброкачественности сырья, выявление элементного состава пыльцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и кедрового стланика (*Pinus pumila*), произрастающих на территории Республики Бурятия.

Материал и методы. Исследованы образцы пыльцы *P. sylvestris* (PS) и *P. pumila* (PP), собранной в мае-июне 2020 г. на территории Республики Бурятия. Показатели качества пыльцы определяли согласно ОФС «Лекарственное растительное сырье» ГФ XIV, сумму флавоноидов и сумму свободных аминокислот – спектрофотометрическим методом, содержание дубильных веществ и аскорбиновой кислоты – по фармакопейным методикам. Определение количественного содержания элементов в пыльце проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре Solaar M6 после предварительного разложения с концентрированной азотной кислотой в микроволновой системе MARS 6.

Результаты. Пыльца исследуемых видов сосен представляет собой мелкодисперсный порошок, от светло-желтого до желтого (PS) и от желтого до темно-желтого (PP) цвета. Запах слабый специфический, вкус сладковатый. Микроскопия пыльцевых зерен показала, что они имеют сходное строение для обоих видов сосен и состоят из тела и двух воздушных мешков. В пыльце PS и PP установлено наличие флавоноидов, дубильных веществ, аминокислот, полисахаридов, аскорбиновой кислоты. Определены показатели доброкачественности сырья: влажность – 7,15–8,06%; общая зола – 2,68–3,22 %; зола нерастворимая в 10% HCl – 0,18–0,13%. Наибольшее количество экстрактивных веществ из пыльцы извлекается 60%-ным спиртом этиловым: PS – 35.51%, PP – 32.64%. Выявлено содержание в пыльце флавоноидов (0,64–0,83%), свободных аминокислот (2,45–3,65%), дубильных веществ (0,32–0,76%), аскорбиновой кислоты (33,84–34,21 мг). Наибольшими по содержанию макроэлементами в исследуемой пыльце являются калий (11493–12942 мг/кг) и магний (925–1045 мг/кг), микроэлементами – марганец (65–155 мг/кг) и цинк (44–54 мг/кг). Содержание тяжелых металлов в пыльце обоих видов значительно ниже ПДК, установленных для лекарственных растительных средств (ЛРС).

Выводы. В результате фармакогностического исследования пыльцы *Pinus sylvestris* (PS) и *Pinus pumila* (PP), произрастающих на территории Бурятии, определены основные внешние и анатомо-диагностические признаки пыльцы и их сходство для PS и PP. Установлено наличие флавоноидов, дубильных веществ, аминокислот, полисахаридов, аскорбиновой кислоты в пыльце обоих видов сосен. Показатели доброкачественности пыльцы PS и PP соответствуют требованиям для порошкового ЛРС и цветочной пыльцы-обножки. Анализ количественного содержания основных групп биологически активных веществ показал, что пыльца PP содержит больше свободных аминокислот и дубильных веществ, а пыльца PS – несколько больше флавоноидов и аскорбиновой кислоты. Анализ элементного состава показал, что пыльца PS и PP богата макро- и микроэлементами, особенно калием, магнием, марганцем, железом и цинком. По содержанию тяжелых металлов исследуемая пыльца соответствует требованиям, предъявляемым к ЛРС. Полученные в результате проведенных исследований данные могут быть использованы при создании новых фитопрепаратов из пыльцы, а также для введения ее в официальную медицину в качестве лекарственного растительного сырья.

Ключевые слова: фармакогностическое исследование, пыльца, *Pinus sylvestris*, *Pinus pumila*, лекарственное растительное сырье.

Для цитирования: 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;24(2):29–34. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-02-05>

К одной из основных задач развития фармацевтической отрасли относится расширение ассортимента лекарственных средств за счет введения новых более безопасных и эффективных

препаратов, в том числе на основе лекарственного растительного сырья (ЛРС). Одним из подходов к расширению ассортимента фитопрепаратов является ввод в медицинскую практику растений, ис-

пользуемых в народной медицине, исследование видов растений, близких к официальным, а также обладающих достаточными запасами сырья.

Перспективными для исследования растениями рода *Pinus* являются сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), одно из самых распространенных деревьев лесной и лесостепной зон, и кедровый стланик (*Pinus pumila* (Pall) Regel), ареал которого в России охватывает Дальний Восток и Восточную Сибирь. Почка, молодая хвоя сосен (верхушечные побеги) и молодые шишки широко применяются в виде настоев и отваров при инфекционно-воспалительных заболеваниях дыхательных путей (ларингит, фарингит), в том числе сопровождающихся кашлем с трудноотделяемой мокротой (трахеит, хронический бронхит), также являются витаминным средством, часто входят в состав грудных сборов и биологически активных добавок [1].

Ценным источником биологически активных веществ (БАВ) является пыльца сосен, которая используется в народной медицине как средство, обладающее общеукрепляющим, гепатопротекторным и замедляющим старение организма действием. Известно, что сосновая пыльца содержит: витамины А, бета-каротин, Д₃, Е, В₁, В₂, В₆, РР, фолиевую и аскорбиновую кислоты; аминокислоты, макро- и микроэлементы; ферменты и коферменты; моно- и полисахариды; жиры и пищевые волокна [2].

По литературным данным, сосна обыкновенная может продуцировать до 30–40 кг пыльцы с 1 га [3]. Однако на территории Российской Федерации сосновая пыльца обычно является объектом исследования в палеонтологии и экологии [4,5], а по химическому составу имеются лишь единичные публикации [6].

Термин «сосновая пыльца» (pine pollen) встречается в литературе при описании пыльцы деревьев рода *Pinus*, насчитывающего более 200 видов. В традиционной китайской медицине в качестве лекарства и пищи на протяжении нескольких тысячелетий используется пыльца *Pinus massoniana*. Китайскими исследователями установлено, что экстракты, содержащие полисахаридные фракции пыльцы *P. massoniana*, обладают иммуномодулирующей, противовоспалительной и противовирусной активностью, а также антиоксидантным и гепатопротекторным действием [7, 8]. Спиртовые экстракты пыльцы *P. densiflora*, произрастающей в Корее, обладают противовоспалительным действием и антиоксидантной активностью [9].

Для внедрения в отечественную медицинскую практику новых видов ЛРС и фитопрепаратов необходимо гарантировать их качество, эффективность и безопасность путем стандартизации не только самих препаратов, но и исходного сырья.

Цель работы – описание внешних и анатомо-диагностических признаков пыльцы, проведение фитохимического анализа и испытаний для определения доброкачественности сырья, определение элементного состава пыльцы *Pinus sylvestris* и *Pinus pumila*, произрастающих на территории Республики Бурятия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлась пыльца *Pinus sylvestris* L. (PS), собранная вблизи п. Мантуриха на берегу оз. Байкал, и пыльца *Pinus pumila* (Pall) Regel (PP), собранная в окрестностях хребта Улан-Бургасы в 30 км от г. Улан-Удэ. Оба района сбора относятся к фоновым территориям.

Сбор микростобил осуществляли в мае–июне 2020 г. перед началом пыления. Собранное сырье досушивали в закрытых помещениях при комнатной температуре до высыпания пыльцы из пыльцевых мешочков. Пыльцу отвеивали на ситах и хранили в стеклянной герметичной таре при 2–3 °С.

Микроскопический анализ выполняли на оптическом микроскопе Микровизор (ОАО «Ломо»). Наличие в анализируемом лекарственном растительном сырье основных групп биологически активных веществ устанавливали по общепринятым методикам [10]. Определение доброкачественности сырья проводили согласно Государственной фармакопее XIV издания (ГФ XIV).

Сумму флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом в пересчете на рутин, так как на общем спектре комплекса спиртового извлечения сосновой пыльцы с 2%-ным раствором алюминия хлорида максимум поглощения наблюдался при 410 нм, что соответствует максимуму поглощения рутина.

Содержание дубильных веществ и аскорбиновой кислоты устанавливали согласно ГФ XIV. Определение суммы аминокислот проводили методом спектрофотометрии по реакции взаимодействия аминокислот с раствором нингидрина, в результате которой образуется соль фенольной формы дикетогидринденкетогидринамина, имеющая фиолетовую окраску [11]. Максимум спектра водного извлечения сосновой пыльцы с раствором нингидрина ($\lambda = 568 \pm 2$ нм) был близок к макси-

муму поглощения РСО кислоты глутаминовой ($\lambda = 570$ нм), в связи с чем содержание суммы свободных аминокислот определяли в пересчете на кислоту глутаминовую.

Количественное содержание элементов в пыльце определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре Solaar М6 после предварительного разложения образцов пыльцы с концентрированной азотной кислотой в микроволновой системе MARS 6.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Пыльца исследуемых видов сосен представляет собой мелкодисперсный порошок от светло-желтого до желтого (пыльца PS) и от желтого до темно-желтого цвета (пыльца PP). Запах слабый специфический. Вкус сладковатый.

Микроскопия пыльцевых зерен показала, что они имеют сходное строение для обоих видов сосен, и состоят из тела и двух воздушных мешков (рис. 1); в полярном положении форма пыльцевых зерен эллиптическая, широкоэллиптическая или округлая. Воздушные мешки образуют прямой или острый угол у места их прикрепления, довольно резко отчленены от тела. Экзина мешков имеет ячеистое строение. Каждый структурный

элемент пыльцевого зерна осуществляет определенную функцию. Так, тело включает в себя оболочку, плазму и ядра, снабжено ферментами и запасными веществами, которые расходуются в процессе переноса пыльцы на значительные расстояния. Воздушные мешки необходимы пыльце ветроопыляемых видов хвойных, чтобы перемещаться на большие расстояния; они выполняют важную аэродинамическую функцию [12].

Размеры структурных элементов пыльцевых зерен PS и PP различаются между собой несущественно (табл. 1). Известно [13], что морфометрические признаки пыльцы сосен относятся к одним из самых стабильных. Аномалий в структуре пыльцевых зерен выявлено не было, что свидетельствует о благоприятных условиях произрастания.

С помощью качественных реакций установлено наличие в пыльце PS и PP флавоноидов, дубильных веществ, аминокислот, полисахаридов, аскорбиновой кислоты.

Для определения максимального выхода экстрактивных веществ (ЭВ) из сосновой пыльцы проведен подбор оптимального экстрагента (рис. 2). Применение спирта этилового с концентрацией 60–70% позволяет извлечь до 35,51% экстрактивных веществ из пыльцы PS и 32,64% – из пыльцы PP.

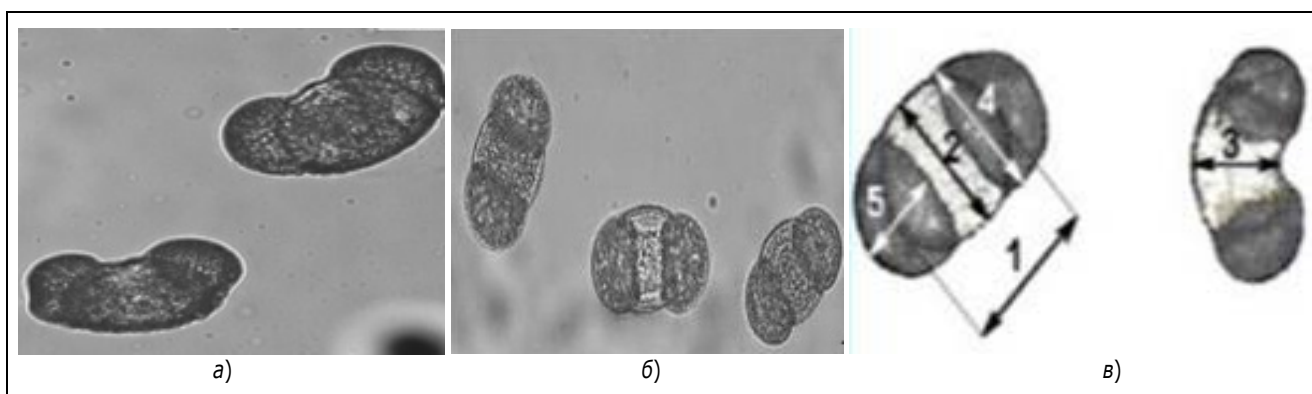


Рис. 1. Микроскопия пыльцевых зерен: а – пыльца *P. pumila*; б – пыльца *P. sylvestris*; в – схема измерения элементов пыльцевых зерен в полярном положении (1 – ширина тела пыльцевого зерна, 2 – длина тела пыльцевого зерна, 4 – длина воздушного мешка, 5 – ширина воздушного мешка) и в экваториальном положении (3 – высота тела пыльцевого зерна)

Таблица 1. Размер структурных элементов пыльцевых зерен *P. sylvestris* и *P. pumila*, мкм

Пыльца	Тело пыльцевого зерна			Воздушные мешки	
	Ширина	Длина	Высота	Ширина	Длина
<i>P. sylvestris</i>	46–56	31–45	25–32	32–50	25–31
<i>P. pumila</i>	44–49	36–52	28–34	40–52	27–33

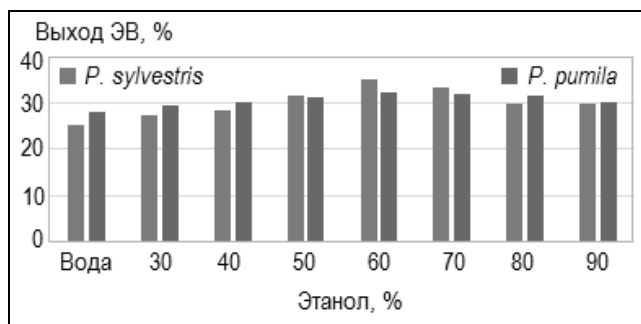


Рис. 2. Выход экстрактивных веществ (ЭВ) из пыльцы в зависимости от концентрации экстрагента

Поскольку сосновая пыльца является цельным сырьем (не подвергается измельчению), но по размеру частиц она ближе к порошковому сырью, показатели доброкачественности для пыльцы со-

поставляли с требованиями к ЛРС в виде порошка. Из-за отсутствия нормативной документации на сосновую пыльцу для сравнения использовали данные ГОСТ 28887-90 «Пыльца цветочная (обножка)». Результаты приведены в табл. 2. По всем определенным показателям сосновая пыльца соответствует требованиям как для цветочной пыльцы, так и для порошкового ЛРС.

Анализ количественного содержания основных групп БАВ (табл. 3) показал, что пыльца РР содержит больше свободных аминокислот и дубильных веществ, а пыльца PS – несколько больше флавоноидов и аскорбиновой кислоты. Высокое содержание аскорбиновой кислоты в сосновой пыльце позволяет рассматривать ее в качестве перспективного источника витамина С.

Таблица 2. Показатели доброкачественности сырья

Показатель	Пыльца <i>P. sylvestris</i>	Пыльца <i>P. pumila</i>	Цветочная пыльца-обножка	Средние значения для порошкового растительного сырья
Влажность, %	7,15±0,26	8,06±0,22	От 4 до 10	Не более 13
Зола общая, %	2,68±0,05	3,22±0,02	Не более 4	Не более 12
Зола, нерастворимая в 10%-ном HCl, %	0,18±0,01	0,13±0,01	Не более 0,6	Не более 3
Минеральная примесь, %	Менее 0,2	Менее 0,2	Менее 0,6	Не более 0,5

Таблица 3. Количественное содержание основных групп БАВ в пыльце

БАВ	Пыльца	
	<i>P. sylvestris</i>	<i>P. pumila</i>
Содержание суммы свободных флавоноидов, в пересчете на рутин, %	0,83±0,04	0,64±0,01
Сумма дубильных веществ, в пересчете на таннин, %	0,32±0,01	0,76±0,03
Содержание суммы свободных аминокислот, в пересчете на глутаминовую кислоту, %	2,45±0,05	3,65±0,01
Аскорбиновая кислота, мг%	34,21±0,06	33,84±0,11

Таблица 4. Элементный состав пыльцы *P. sylvestris* и *P. pumila*, мг/кг

Категория	Элемент	Содержание в пыльце		Средняя суточная потребность для взрослых (мг)*/ ПДК для тяжелых металлов**
		<i>P. sylvestris</i>	<i>P. pumila</i>	
Макроэлементы	Калий	11493,27±60,19	12942,24±58,18	2000
	Магний	925,70±40,56	1045,86±60,24	350
	Кальций	155±9,15	224,53±11,2	1000
	Натрий	240,26±8,89	210,13±10,65	550
Микроэлементы	Марганец	68,75±2,14	155,85±2,96	2-5
	Цинк	54,97±1,29	44,27±0,74	10
	Железо	14,82±0,53	7,20±1,92	10
	Медь	6,79±0,40	14,45±0,3	1-1,5
Тяжелые металлы, нормируемые для ЛРС	Хром	36,33±7,26	30,95±1,14	30-100
	Свинец	1,55±0,07	0,88±0,12	6,0**
	Кадмий	0,063±0,01	0,065±0,02	1,0**
	Ртуть	0,004±0,001	0,007±0,001	0,1**

Примечание: * – нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009; ** – согласно ГФ XIV.

Результаты анализа элементного состава (табл. 4) показали, что пыльца PS и PP может служить дополнительным источником макро- и микроэлементов, особенно таких, как калий, магний, марганец, железо и цинк. Содержание всех определенных элементов, кроме железа, более высокое в пыльце PP. Содержание тяжелых металлов в пыльце обоих видов не превышает ПДК, установленных для лекарственного растительного сырья.

ВЫВОДЫ

Впервые проведено фармакогностическое исследование пыльцы *Pinus sylvestris* (PS) и *Pinus pumila* (PP), произрастающих на территории Бурятии. Определены основные внешние и анатомо-диагностические признаки пыльцы, установлено сходство признаков для PS и PP. Показатели доброкачественности пыльцы PS и PP соответствуют требованиям для порошкового ЛРС и цветочной пыльцы-обножки.

Определено содержание в пыльце флавоноидов (0,64–0,83%), свободных аминокислот (2,45–3,65%), дубильных веществ (0,32–0,76%), аскорбиновой кислоты (33,84–34,21 мг%).

Анализ элементного состава показал, что пыльца PS и PP богата макро- и микроэлементами, особенно калием, магнием, марганцем, железом и цинком. Содержание тяжелых металлов в пыльце обоих видов значительно ниже ПДК, установленных для лекарственного растительного сырья.

Данные, полученные в результате проведенных исследований, могут быть использованы при создании новых фитопрепаратов из пыльцы, а также для введения ее в официальную медицину в качестве лекарственного растительного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хоментовский П.А. Экология кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) на Камчатке (общий обзор). Владивосток: Дальнаука, 1995; 227 с.
2. Linskens H.F., Stanley R.G. Pollen: biology, biochemistry and management. N.Y.: Springer, 1974; 314 p.
3. Тараканов В.В. Пыльцевая продуктивность лесосеменных плантаций сосны. Лесное хозяйство. 1999; 2: 39–40.
4. Горовая М.Т., Ващенко Н.Г. Палинологическая характеристика миоценовых отложений подводной возвышенности ямато (японское море). Геология и геофизика. 2019; 60 (3): 386–398.
5. Третьякова И.Н., Носкова Н.Е. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса. Экология. 2004; 1: 26–33.
6. Бидарова Ф.Н., Сидакова Т.М., Кусиева М.Т. Исследование аминокислотного состава пыльцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), произрастающей на территории РСО-Алания. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017; 12-2: 267–271.
7. Yu C., Wei K., Liu L., et al. Taishan *Pinus massoniana* pollen polysaccharide inhibits subgroup J avian leucosis virus infection by directly blocking virus infection and improving immunity. Sci. Rep. 2017; 7: 443–53; doi: 10.1038/srep44353.
8. Yang S., Wei K., Jia F., Zhao X., Cui G., Guo F., et al. Characterization and biological activity of taishan *Pinus massoniana* pollen polysaccharide *in vitro*. PLoS ONE. 2015; 10(3): 0115638; doi:10.1371/journal.pone.0115638.
9. Choi E.M. Antinociceptive and antiinflammatory activities of pine (*Pinus densiflora*) pollen extract. Phytother. Res. 2007; 21: 471–475. <https://doi.org/10.1002/ptr.2103>
10. Гринкевич И.И. Химический анализ лекарственных растений: учеб. пособие для фарм. вузов. М.: Высшая школа, 1983; 176 с.
11. Духанина И.В., Айранетова А.Ю., Лазарян Г.Д., Василенко Ю.К. Количественное определение аминокислот в пыльце-обножке. Химико-фармацевтический журнал. 2006; 40(2): 22–23.
12. Велисевич С.Н. Качество пыльцы высокогорных популяций *Pinus sibirica* Du Tour (Pinaceae) в аридных и гумидных районах Алтая. Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2017; 10(3): 301–311.
13. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере сем. Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1973; 282 с.

Поступила 18 декабря 2020 г.

PHARMACOGNOSTIC STUDY OF THE POLLEN OF *PINUS SYLVESTRIS* L. AND *PINUS PUMILA* (PALL) REGEL.

© Authors, 2021

S.A. Erdyneeva

Post-graduate Student, Laboratory of Chemistry of Natural Systems, Baikal Institute of Nature Management Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Ulan-Ude)
E-mail: esssa198013@gmail.com

V.G. Shiretorova

Ph.D. (Tech.), Senior Research Scientist, Laboratory of Chemistry of Natural Systems, Baikal Institute of Nature Management of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Ulan-Ude)

L.D. Radnaeva

Dr.Sc. (Chem.), Professor, Baikal Institute of Nature Management of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Ulan-Ude)

Aim of the research. Characterization of the *Pinus sylvestris* (PS) and *Pinus pumila* (PP) pollen's external, anatomical and diagnostic features, phytochemical analysis and determination of raw material quality indicators, elemental composition.

Materials and methods. The PS pollen was collected on the coast of the Lake Baikal, nearby village Manturiha, the PP pollen – at mountain range Ulan-Burgasyn 30 km from Ulan-Ude during May-June, 2020. Pollen quality indicators were determined according to RF State Pharmacopoeia. The total flavonoids and the total free amino acids were determined by spectrophotometric method, the content of tannins and ascorbic acid was determined according to pharmacopoeia methods. The quantitative content of elements in pollen was determined using atomic absorption spectrophotometer SolaarM6, after preliminary decomposition of pollen samples with concentrated nitric acid in the microwave system MARS 6.

Results. The pollen of the studied pine species is a fine powder from light yellow to yellow (PS) and from yellow to dark yellow (PP) color. The smell is specific, weak. The taste is sweetish. The microscopy of pollen grains showed that they have a similar structure for both pine species, and consist of a body and two air sacs. The following indicators of raw material quality were determined: moisture content - 7.15-8.06%; total ash - 2.68-3.22%; ash insoluble in 10% HCl - 0.18-0.13%. The largest amount of extractive substances from pollen is extracted with 60% ethyl alcohol: from pollen PS - 35.51%, PP - 32.64%. The content of flavonoids (0.64-0.83%), free amino acids (2.45-3.65%), tannins (0.32-0.76%), ascorbic acid (33.84-34.21 mg%) was determined. The pine pollen elemental composition analysis results showed that the macroelements with highest content are potassium (11493-12942 mg/kg), and magnesium (925-1045 mg/kg), trace elements – manganese (65-155 mg/kg) and zinc (44-54 mg/kg). The content of heavy metals in pollen of both species is significantly lower than the limits established for medicinal plant products.

Conclusion. For the first time the pharmacognostic study of the *Pinus sylvestris* and *Pinus pumila* pollen, growing in Buryatia, was carried out. The main external and anatomical-diagnostic features of pollen were determined, the similarity of features for PS and PP was established. The presence of flavonoids, tannins, amino acids, polysaccharides, ascorbic acid in the pollen of both pine species was established. The pollen's quality indicators satisfy the requirements for powdered medicinal plant raw materials and bee pollen. Analysis of the quantitative content of biologically active substances showed that PP pollen contains more free amino acids and tannins, and PS pollen contains slightly more flavonoids and ascorbic acid. The analysis of the elemental composition showed that the PS and PP pollen is rich in macroelements and trace elements, especially potassium, magnesium, manganese, iron and zinc. The content of heavy metals in pine pollen does not exceed the limits for medicinal plant raw materials. The results of this study could be useful in development of new therapeutic substances of plant origin from pine pollen, as well as to introduce it into official medicine as a medicinal plant material.

Key words: pharmacognostic study, pinepollen, *Pinus sylvestris* L., *Pinus pumila* (Pall.) Regel., medicinal plant raw material.

For citation: Erdyneeva S.A., Shiretorova V.G., Radnaeva L.D. Pharmacognostic study of the pollen of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus pumila* (Pall.) Regel. Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2021;24(2):29-34. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-02-05>

REFERENCES

1. Homentovskij P.A. Jekologija kedrovogo stlanika (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) na Kamchatke (obshhij obzor). Vladivostok: Dal'nauka, 1995; 227 s.
2. Linskens H.F., Stanley R.G. Pollen: biology, biochemistry and management. N.Y.: Springer, 1974; 314 p.
3. Tarakanov V.V. Pyl'cevaja produktivnost' lesosemennykh plantacij sosny. Lesnoe hozjajstvo. 1999; 2: 39-40.
4. Gorovaja M.T., Vashhenkova N.G. Palinologicheskaja harakteristika miocenovykh otlozhenij podvodnoj vozvysheynosti jamato (japonskoe more). Geologija i geofizika. 2019; 60 (3): 386-398.
5. Tret'jakova I.N., Noskova N.E. Pyl'ca sosny obyknovnoy v usloviyah jekologicheskogo stressa. Jekologija. 2004; 1: 26-33.
6. Bidarova F.N., Sidakova T.M., Kisieva M.T. Issledovanie aminokislотного состава pyl'cy sosny obyknovnoy (*Pinus sylvestris*), proizrastajushhej na territorii RSO-Alanija. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2017; 12-2: 267-271.
7. Yu C., et al. Taishan *Pinus massoniana* pollen polysaccharide inhibits subgroup J avian leucosis virus infection by directly blocking virus infection and improving immunity. Sci. Rep.-2017; 7: 443-53; doi: 10.1038/srep44353.
8. Yang S., Wei K., Jia F., Zhao X., Cui G., Guo F., et al. Characterization and biological activity of taishan *Pinus massoniana* pollen polysaccharide in vitro. PLoSONE.-2015; 10(3): 0115638; doi:10.1371/journal.pone.0115638.
9. Choi E.M. Antinociceptive and antiinflammatory activities of pine (*Pinus densiflora*) pollen extract. Phytother. Res. 2007; 21: 471-475. <https://doi.org/10.1002/ptr.2103>
10. Grinkevich I.I. Himicheskij analiz lekarstvennykh rastenij: ucheb. posobie dlja farm. vuzov. M.: Vysshaja shkola, 1983; 176 s.
11. Duhana I.V., Ajrapetova A.Ju., Lazarjan G.D., Vasilenko Ju.K. Kolichestvennoe opredelenie aminokislот в pyl'ce-obnozhke. Himiko-farmaceuticheskij zhurnal. 2006; 40(2): 22-23.
12. Velisevich S.N. Kachestvo pyl'cy vysokogornykh populjacij *Pinus sibirica* Du Tour (Pinaceae) v aridnyh i gumidnyh rajonah Altaja. Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologija. 2017; 10(3): 301-311.
13. Mamaev S.A. Formy vnutrividovoj izmenchivosti drevesnykh rastenij (na primere sem. Pinaceae na Urale). M.: Nauka, 1973; 282 s.