

АНАЛИЗ ДЕСЯТИ СЕЗОНОВ ПЫЛЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ И ТРАВ МЕТОДОМ СОПРЯЖЕННЫХ ПАР

Е.А. Девяткова^{1*}, Н.В. Минаева¹, И.А. Лакман², Л.В. Новоселова³, Л.А. Банковская¹, Г.И. Девяткова¹

¹ ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера» Минздрава России, Пермь

² ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа

³ ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь

ANALYSIS OF TREE AND GRASS POLLEN DURING TEN SEASONS BY THE CONJUGATE PAIR METHOD

E.A. Devyatkova^{1*}, N.V. Minaeva¹, I.A. Lakman², L.V. Novoselova³, L.A. Bankovskaya¹, G.I. Devyatkova¹

¹ Ye.A. Vagner Perm State Medical University, Perm, Russia

² Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

³ Perm State National Research University, Perm, Russia

* E-mail: lizadev94@gmail.com

Аннотация

Интерес исследователей к изучению закономерностей пыления аллергенных растений имеет практическое и научное значение. **Цель исследования** – провести анализ наличия связи между декадой наблюдения и уровнем пыления ветроопыляемых растений. **Материалы и методы.** На основании данных пыльцевого мониторинга проведен анализ сопряженности между декадой наблюдения и концентрацией пыльцевых зерен аллергенных растений с 2010 по 2019 г. в городе Перми.

Результаты. Выявлены сильная (в 2011 г.) и умеренная (в 2010 г. и 2019 г.) взаимосвязи между декадой месяца и концентрацией пыльцевых зерен при высоких долях согласованных пар деревьев и умеренная (в 2016 г.) взаимосвязь между декадой месяца и концентрацией пыльцевых зерен при средних долях согласованных пар трав. **Заключение.** В проведенном исследовании установлено значительное сходство сезонов пыления деревьев в 2010, 2011, 2019 гг. и трав в 2016 г.

Ключевые слова: поллиноз, пыльцевой мониторинг, деревья, травы.

Abstract

The interest of researchers to find out mechanisms of allergenic plants pollination has a practical and scientific significance. **Objective.** To find out the interaction between the observed decade and the level of pollination of wind-pollinated plants. **Materials and methods.** Using pollen monitoring data, the researchers have analyzed the relationship between the observational decade and the concentration of pollen seeds of allergenic plants from 2010 to 2019 in city Perm. **Results.** A strong (in 2011) and moderate (in 2010, 2019) relationship was found between a ten-day period of the month and the concentration of pollen seeds with high proportions of matched pairs of trees, while in 2016 a moderate relationship was found between a ten-day period of the month and the concentration of pollen seeds with medium proportions of matched pairs of grass. **Conclusion.** The described trial has revealed significant similarities between tree pollination seasons in 2010, 2011 and 2019, and grass pollination season in 2016.

Keywords: hay fever, pollen monitoring, trees, grasses.

Ссылка для цитирования: Девяткова Е.А., Минаева Н.В., Лакман И.А., Новоселова Л.В., Банковская Л.А., Девяткова Г.И. Анализ десяти сезонов пыления деревьев и трав методом сопряженных пар. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2026; 1: 35–37.

Введение

Результаты аэропалинологического мониторинга и вариабельности пыления аллергенных растений могут быть полезны для диагностики и профилактики пыльцевой аллергии, а также для контроля лечения аллергии на пыльцу и оценки эффективности лечения [1].

Пространственно-временная изменчивость факторов окружающей среды является сложной проблемой при моделировании [2], исследования в данной области немногочисленны. Исследователи М. Рус и соавт. (2015) отмечают высокую пространственную и временную изменчивость сезонов пыления березы в Польше в связи с влиянием различных факторов, таких как климат, метеорология, топография, растительность и др. [3, 4].

Построение современных прогнозных моделей пыления также основано на использовании данных традиционного аэропалинологического мониторинга [5–7]. Значительные межсезонные различия характеристик пыления могут оказывать негативное влияние на точность прогнозов.

Цель исследования – оценить связь между декадой наблюдения и уровнем пыления ветроопыляемых растений для разных лет исследования.

Материалы и методы

Данные по концентрации пыльцевых зерен получены в результате аэропалинологического мониторинга, проведенного в периоды с 1 апреля по 30 сентября с 2010 по 2019 г. в городе Перми (на кафедре ботаники и гене-

тики растений биологического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета под руководством профессора, д.б.н. Л.В. Новоселовой). Для измерения концентрации пыльцевых зерен использовали пыльцеуловители Буркарда и Ланзони [8]. Концентрация пыльцевых зерен отмечалась в виде количества пыльцевых зерен (п.з.) на 1 м³ воздуха в сутки.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программ Microsoft Excel® 2016, R Studio. На основании данных пыльцевого мониторинга был проведен анализ сопряженности / оценка взаимосвязи между декадой наблюдения и концентрацией пыльцевых зерен аллергенных растений. Для этого были составлены таблицы соответствия концентрации пыльцевых зерен за каждую декаду месяцев периода наблюдения (с апреля по сентябрь) отдельно по деревьям (виды березы – *Betula*, клена – *Acer*, ольхи – *Alnus*, лещины – *Coryllus*, вяза – *Ulmus*, ели – *Picea*, сосны – *Pinus*, тополя – *Populus* и дуба – *Quercus*) и по травам (виды злаков – *Poaceae*, полыни – *Artemisia*, подорожника – *Plantago*, щавеля – *Rumex*, крапивы – *Urticaceae* и амброзии – *Ambrosia*) за каждый год исследования (2010–2019). В результате были сформированы 10 таблиц сопряженности размерностью 18 × 9 и 10 таблиц сопряженности размерностью 18 × 6. Для проведения анализа соответствия использовали пакет contingency tables (среда статистического моделирования с открытым кодом R Studio).

Рассчитывали доли согласованных/несогласованных пар соответствия «декада месяца – концентрация п.з.», а также коэффициент сопряженности Гамма для оценки взаимосвязи между декадой наблюдения и количеством пыльцевых зерен ветроопыляемых растений для каждого года из десяти лет наблюдения. Значения коэффициента сопряженности Гамма > 0.7 расценивали как сильную связь, в пределах значений 0.3–0.7 – как умеренную связь, < 0.3 – как слабую связь. Также проводили асимптотический тест Фишера – Фримена – Халтона (ФФХ) на наличие соответствующей взаимосвязи: нулевую гипотезу об отсутствии соответствия между декадой наблюдения и концентрацией пыльцевых зерен конкретного растения-аллергена отклоняли при уровне значимости $p < 0.05$.

Результаты

Рассчитанные значения долей согласованных/несогласованных пар соответствия «декада месяца – концентрация п.з.», коэффициент сопряженности Гамма, результаты теста ФФХ на наличие соответствующей взаимосвязи представлены для деревьев в табл. 1, для трав – в табл. 2.

При высоких долях согласованных пар (более 80%) была выявлена сильная (в 2011 г.) и умеренная (в 2010 и в 2019 гг.) взаимосвязь между декадой месяца и концентрацией пыльцевых зерен деревьев, в то время как при наличии средних (60–80%) и низких долей (меньше 60%) согласованных пар выявлялась преимущественно слабая взаимосвязь.

При случаях средних долей согласованных пар отмечалась умеренная (в 2016 г.) и слабая (в 2012 г.) взаимосвязь между декадой месяца и концентрацией пыльцевых зерен трав. В проведенном анализе были выявлены статистически значимые закономерности в наличии сопряженности для деревьев в 2010–2015 и 2018–2019 гг., для трав – в 2012 и в 2016 гг.

Таблица 1

Результаты проведения анализа соответствия между декадой месяца и концентрацией пыльцевых зерен деревьев в воздухе

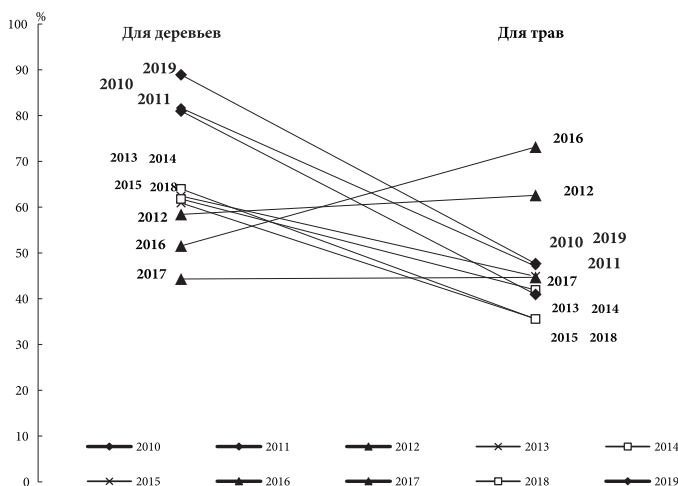
Год наблюдения	Доля согласованных пар, %	Коэффициент Гамма
2010	81.65	0.633***
2011	88.9	0.778***
2012	58.41	0.168*
2013	60.92	0.218**
2014	63.97	0.279***
2015	62.43	0.249***
2016	51.53	0.031
2017	44.32	-0.114
2018	61.78	0.236***
2019	80.99	0.620***

Примечание. Здесь и в табл. 2: *, **, *** – статистическая значимость согласно критерию ФФХ при $p < 0.05$, $p < 0.01$ и $p < 0.001$ соответственно.

Таблица 2

Результаты проведения анализа соответствия между декадой месяца и концентрацией пыльцевых зерен трав в воздухе

Год наблюдения	Доля согласованных пар, %	Коэффициент Гамма
2010	47.09	-0.058
2011	47.67	-0.047
2012	62.58	0.252***
2013	35.62	-0.288
2014	35.55	-0.289
2015	44.87	-0.103
2016	73.13	0.463***
2017	44.66	-0.107
2018	41.91	-0.162
2019	40.94	-0.181



Примечание. Доля согласованных пар обозначена шкалой (%), связи между долями согласованных пар деревьев и трав – линиями.

Рис. 1. Диаграмма связи сопряжения пар пыления для деревьев и трав по годам

Для наглядности сопряжения пар были построены диаграммы связи (рис. 1), которые продемонстрировали наличие четких распределений сопряженности между декадой наблюдения и количеством пыльцевых зерен ветроопыляемых растений по годам. При высокой доле согласованных пар деревьев отмечался низкий уровень согласованности пар трав. В то же время при низких долях согласованных пар деревьев наблюдался средний (2016 г.) или низкий (2017 г.) уровень долей согласованных пар трав.

В 2012 г. определена статистически значимая слабая взаимосвязь между декадой наблюдения и концентрацией пыльцевых зерен как в отношении деревьев, так и в отношении трав.

Обсуждение

Растительность территории Перми разнообразна, и аэропалинологический мониторинг представляет широкий спектр состава пыльцевых зерен деревьев и трав. Концентрация пыльцевых зерен березы намного превосходит все остальные виды деревьев [8]. Многие авторы обращают внимание на чередующийся двухгодичный цикл интенсивности пыления березы [9–10], как, например, в Люблине в период 2001–2010 гг. [11]. В некоторых исследованиях показано, как двухгодичный цикл может прерываться асинхронно или интенсивность сезонов пыления березы может быть одинаковой в течение нескольких лет подряд [11, 12], что представляет собой проблему для моделирования прогноза пыления аллергенных растений [13]. При разнообразии растительности цветение и выделение пыльцы могут распределяться по разным неделям [3], но во время пика цветения растений возможно совпадение периодов пыления нескольких видов. Это может приводить к усилению симптомов аллергии у людей, чувствительных к пыльце. Такие закономерности пыления важно учитывать при создании моделей прогнозирования клинических симптомов. Мы наблюдали наибольшее сходство сезонов пыления деревьев (более 80%) за два последовательных года (2010, 2011 гг.) и за один год спустя несколько лет (2019 г.). Статистически значимое соответствие сезонов пыления трав прослеживалось только два года (2012, 2016 гг.), это свидетельствует о значимых подекадных межсезонных различиях.

Заключение

В проведенном исследовании было установлено значительное сходство сезонов пыления деревьев в 2010, 2011, 2019 гг. и трав в 2016 г. в городе Перми. Статистически значимые взаимосвязи между декадой месяца и концентрацией пыльцевых зерен, как для деревьев, так и для трав, были выявлены только за один год (2012 г.) среди десяти лет наблюдения.

Врач должен учитывать межсезонные сходства и различия периодов пыления деревьев и трав, так как особенности пыления могут повлиять на диагностику и лечение пациента.

Литература

1. Bousquet J. et al. MACVIA-ARIA Sentinel Network for allergic rhinitis (MASK-rhinitis): the new generation guideline implementation // *Allergy*. – 2015. – V. 70. – No 11. – P. 1372–1392. DOI: 10.1111/all.12686.
2. Бабушкина Е.В. и др. Статистический анализ влияния некоторых факторов окружающей среды на показатели смертности взрослого населения // *Пермский медицинский журнал*. – 2011. – Т. 28. – № 1. – С. 98–103. [Babushkina E.V. et al. Statistical analysis of some environmental factors' influence on adult mortality rate // *Perm Medical Journal*. – 2011. – V. 28. – No 1. – P. 98–103. In Russian].
3. Puc M. et al. Fluctuation of birch (*Betula L.*) pollen seasons in Poland // *Acta Agrobot.* – 2015. – V. 68. – No 4. – P. 303–313. DOI: 10.5586/aa.2015.041.
4. Skjøth C.A. et al. Footprint areas of pollen from alder (*Alnus*) and birch (*Betula*) in the UK (Worcester) and Poland (Wrocław) during 2005–2014 // *Acta Agrobot.* – 2015. – V. 68. – No 4. – P. 315–324. DOI: 10.5586/aa.2015.044.
5. Kubik-Komar A. et al. Analysis of *Fraxinus* pollen seasons and forecast models based on meteorological factors // *Ann. Agric. Environ. Med.* – 2018. – V. 25. – No 2. – P. 285–291. DOI: 10.26444/aaem/80909.
6. Nowosad J. et al. Forecasting model of *Corylus*, *Alnus*, and *Betula* pollen concentration levels using spatiotemporal correlation properties of pollen count // *Aerobiologia*. – 2016. – V. 32. – P. 453–468. DOI: 10.1007/s10453-015-9418-y.
7. Prank M. et al. An operational model for forecasting ragweed pollen release and dispersion in Europe // *Agric. For. Meteorol.* – 2013. – V. 182. – P. 43–53. DOI: 10.1016/j.agrformet.2013.08.003.
8. Новоселова Л.В. и др. Анализ результатов аэропалинологического мониторинга с учетом погодных данных // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. – 2022. – № 9. – С. 49–55. [Novoselova L.V. et al. Analysis of the results of aerial palynological monitoring based on weather data // *Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Sciences*. – 2022. – No 9. – P. 49–55. In Russian]. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.09.24.
9. Skjøth C.A. et al. Pollen from alder (*Alnus* sp.), birch (*Betula* sp.) and oak (*Quercus* sp.) in the UK originate from small woodlands // *Urban Clim.* – 2015. – V. 14. – P. 414–428. DOI: 10.1016/j.uclim.2014.09.007.
10. Malkiewicz M. et al. The dynamics of the *Corylus*, *Alnus*, and *Betula* pollen seasons in the context of climate change (SW Poland) // *Sci. Total Environ.* – 2016. – V. 573. – P. 740–750. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.103.
11. Piotrowska K. et al. The effect of meteorological factors on airborne *Betula* pollen concentrations in Lublin (Poland) // *Aerobiologia*. – 2012. – V. 28. – P. 467–479. DOI: 10.1007/s10453-012-9249-z.
12. Grewling Ł. et al. Variations and trends of birch pollen seasons during 15 years (1996–2010) in relation to weather conditions in Poznań (Western Poland) // *Grana*. – 2012. – V. 51. – No 4. – P. 280–292. DOI: 10.1080/00173134.2012.700727.
13. Werner M. et al. Extension of WRF-Chem for birch pollen modelling—a case study for Poland // *Int. J. Biometeorol.* – 2021. – V. 65. – No 4. – P. 513–526. DOI: 10.1007/s00484-020-02045-1.