

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGICAL SCIENCES

УДК 581.526.581.55.502.75
AGRIS F40

АЛЛЕРГЕННАЯ ПЫЛЬЦА КАК ИНДИКАТОР ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

©Кобзарь В. Н., SPIN-код: 4669-6355; ORCID: 0000-0001-9910-0148, д-р биол. наук,
Киргизско-Российский славянский университет им. Б. Н. Ельцина,
г. Бишкек, Кыргызстан, kobzarvn@yandex.ru

ALLERGENIC POLLEN AS AN INDICATOR OF CLIMATE CHANGE

©Kobzar V., SPIN-code: 4669-6355; ORCID: 0000-0001-9910-0148, Dr. habil.,
Kyrgyz-Russian Slavic University B. N. Yeltsin,
Bishkek, Kyrgyzstan, kobzarvn@yandex.ru

Аннотация. Изменение климата, в сочетании с воздействием загрязнителей воздуха, может негативно отразиться на качестве жизни больных поллинозом. Поскольку концентрация аэроаллергенов и загрязнителей воздуха часто увеличиваются одновременно, усиленный IgE-опосредованный ответ на аэроаллергены и усиленное воспаление дыхательных путей может объяснить возрастающую частоту аллергических заболеваний, включая бронхиальную астму. В разные годы такие метеорологические факторы как температура и осадки могут скорректировать аэропаллинологический прогноз. С учетом указанного, цель настоящей статьи заключалась в изучении влияния метеорологических факторов и загрязняющих веществ на динамику содержания пыльцы растений в воздухе и ее модификации, связанных с изменением климата. Установлено, что повышение температуры весной в г. Бишкек благоприятствовало интенсивному пыльцеванию древесно-кустарниковых, а осенью — сорных растений. Осадки и относительная влажность резко отрицательно воздействовали на содержание пыльцы, благодаря фрагментации, распаду нативной пыльцы на более мелкие фрагменты. Загрязнители воздуха влияли как положительно (пыль, бенз-а-пирен) на динамику содержания пыльцы, так и отрицательно (SO₂, NO₂, CO). В аэропаллинологическом спектре увеличилось число полиморфных, тератоморфных, деформированных и фрагментированных пыльцевых зерен, в особенности злаковых и сорных трав, что в перспективе будет способствовать утяжелению течения поллиноза и развитию симптомов пыльцевой бронхиальной астмы. Полученные результаты служат основанием для создания службы регионального мониторинга пыльцы, его включения в глобальную мировую сеть и учета аллергенных свойств древесно-кустарниковых растений при озеленении городов республики.

Abstract. Climate change, combined with exposure to air pollutants, can adversely affect the quality of life of patients with pollinosis. Meteorological factors such as temperature and precipitation can correct the aeropalynological prognosis in different years. With this in mind, the purpose of this article was to study the influence of meteorological factors and pollutants on the dynamics of the pollen content of plants in the air and its modifications associated with climate change. It was established that the temperature increase in the spring in Bishkek favored intensive pollinating of trees and shrubs, and in the fall — of weeds. Precipitation and relative humidity dramatically negatively affected the pollen content, due to fragmentation, the disintegration of native pollen into smaller fragments. Air pollutants influenced both positively (dust, benz-a-pyrene) on the dynamics of the pollen content, and negatively (SO₂, NO₂, CO). The number of

polymorphic, teratomorphic, deformed and fragmented pollen grains, especially of grass and weeds, has increased in the aeropalinological spectrum, which in the future will contribute to the weighting of pollinosis and the development of symptoms of pollen asthma. The obtained results serve as the basis for creating a regional pollen monitoring service, its inclusion in the global network and taking into account the allergenic properties of trees and shrubs when greening cities in the republic.

Ключевые слова: изменение климата, температура, осадки, загрязнители, пыльца растений, количественный и таксономический состав, полиморфные и тератоморфные формы пыльцы.

Keywords: climate change, temperature, precipitation, pollutants, plant pollen, quantitative and taxonomic composition, polymorphic and teratomorphic forms of pollen.

Современный климат и его изменения существенно влияют на продукцию пыльцы, ее уровни, количественные и качественные характеристики, а также на продолжительность содержания в атмосфере. В разные годы такие метеорологические факторы как температура и осадки могут скорректировать аэропалинологический прогноз. Если пыльцеобразование аллергенных растений начнется весной раньше, то ее количество имеет тенденцию к увеличению, в ответ на это вырастет число больных поллинозом, тяжесть их симптоматики, а также снизится качество жизни в результате происшедших изменений в окружающей среде. Изменение климата повлияет на аллергию к пыльце следующим образом: 1) более высокие температуры весной вызовут более раннее цветение у древесно-кустарниковых растений, а повышенные температуры осенью продлят период вегетации для сорных растений, таких как полынь, амброзия и лебеда; 2) увеличение концентрации CO₂ также способствует более высокой пыльцепродукции аллергенных растений, т. е. больше CO₂ = больше пыльцы [1, с. 668; 2, с. 139].

В связи с этим English P. В. с соавт. [3, с. 1673] отметили пыльцу как одну из шести экологических показателей изменения климата, влияющих на здоровье людей в США.

Цель настоящей статьи заключалась в изучении влияния метеорологических факторов и загрязнителей на динамику содержания пыльцы растений в воздухе и ее модификации, связанных с изменением климата.

Материала и методы

Аэропалинологические исследования в г. Бишкеке (Фрунзе) велись с 1982 по 2013 гг. стандартным гравиметрическим методом с помощью ловушек Дюрама, расположенных на оптимальной высоте 15–25 м в городской зоне. Матрицы коэффициентов корреляции получены при статистической обработке данных о количественных показателях пыльцы растений, метеорологических параметров и загрязнителей окружающей среды. Поверхность эскины нативной и тератоморфной пыльцы изучена с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) – Hitachi-S-405A.

Результаты и их обсуждение

В рамках разработанной нами концепции суммированы основные эффекты влияния изменения климата и загрязнений среды обитания человека на пыльцу растений [4, с. 161; 5, с. 3006; 6, с. 31]:

1. увеличение времени начала роста растений и, следовательно, начала пыльцепродукции;
2. более раннее сроки и удлинение сезона пылевания;
3. увеличение количественного и таксономического состава пыльцы аллергенных

растений в воздухе регионов, особенно в городах и по вертикальной зональности в горных условиях;

4. изменение структуры и формы: полиморные (гигантизм и нанизм пыльцы) и тератоморфные (патологически развитые) формы, деформация, фрагментация пыльцевого зерна, увеличение числа аллергенных белков, содержащихся в пыльце (Рисунок 1–2);

5. изменение в геопространственном распределении пыльцы, т.е. транспорт пыльцы растений на дальние расстояния;

6. появление в регионах, мировом масштабе новых видов аллергенных растений, т. е. увеличение диапазона.

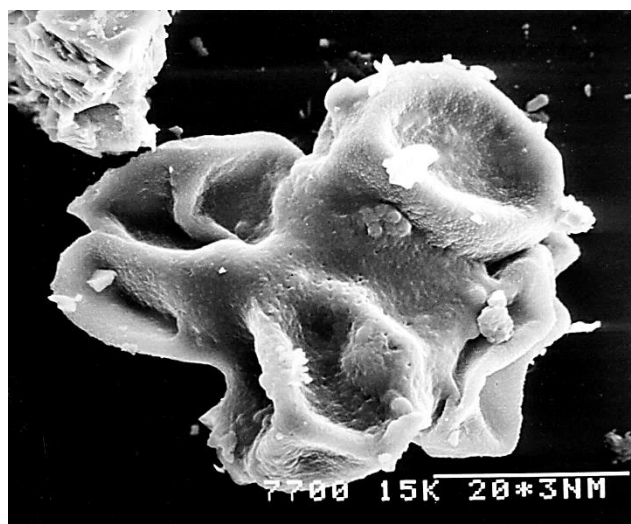
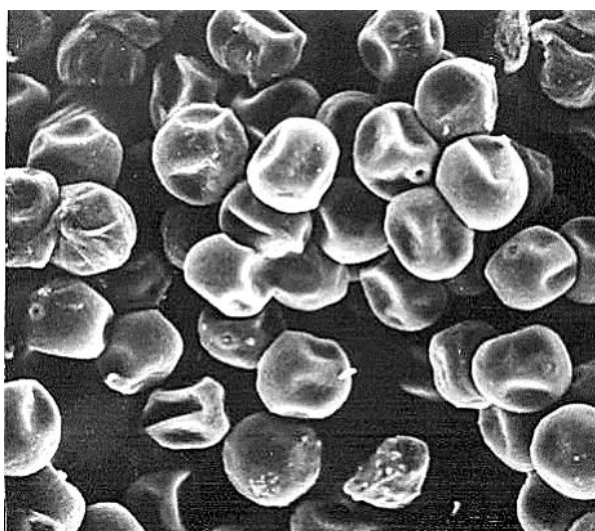


Рисунок 1–2. Пыльца ежи сборной: в выборке видны деформированные и тератоморфные пыльцевые зерна (увеличение СЭМ $\times 1\ 000$). Тератоморфная форма (конгломераты из пыльцевых зерен ежи сборной) из г. Каракол (увеличение СЭМ $\times 2\ 000$).

В источниках литературы интенсивно обсуждается вопрос о степени влияния метеофакторов на динамику содержания аллергенной пыльцы в атмосфере. Важный акцент связан с тем, что ее количество во многом зависит от температуры, относительной влажности, скорости, направления ветра и количества осадков. Высокую концентрацию пыльцевых зерен в атмосфере чаще регистрируют при сочетании следующих метеоусловий: температура 25–30 °С; скорость ветра 5–15 км/ч; относительная влажность 60–70%; солнечная погода; отсутствие осадков. И, напротив, минимальное содержание пыльцы в воздухе наблюдалось при сочетании высоких показателей относительной влажности, осадков и низкой температуры [7, с. 27; 8, с. 109].

Статистическая обработка результатов многолетних аэриобиологических исследований и метеофакторов выявила разнообразный эффект воздействия этих параметров на динамику содержания пыльцы в воздухе городов Кыргызстана.

Температура как метеорологический показатель является одним из наиболее значимых факторов, обуславливающих циркуляцию пыльцы. Повышение температуры весной в г. Бишкек благоприятствовало интенсивному пыльцеванию древесно-кустарниковых растений в апреле ($r=0,7$, $p < 0,001$) и мае ($r=0,5$, $p < 0,01$). Оптимальная температура осенью определяла высокую концентрацию пыльцы сорных растений в сентябре ($r=0,9$, $p < 0,001$). Известно также, что более высокая температура воздуха может увеличивать аллергенность пыльцы березы [9, с. 369].

В последние годы наблюдается резкие изменения в температуре. Если после холодной погоды происходит быстрое потепление, то поступление пыльцы в атмосферу увеличивается.

Колебания среднесуточной температуры благоприятствуют выбросу пыльцы многих аллергенных растений в больших количествах в течение всего сезона вегетации, что резко увеличивает вероятность клинических проявлений поллиноза у больных.

Частые перепады температуры отрицательно влияют на здоровье человека и могут повысить чувствительность пациентов к пыльцевым аллергенам через прайминг или эффект повышения чувствительности слизистых дыхательных путей организма больного к неспецифическим раздражителям после воздействия пыльцевых аллергенов.

Осадки и относительная влажность резко отрицательно воздействовали на величину суточного и суммарного подсчетов пыльцы. Их влияние на протяжении всего вегетационного периода неравноценно и включает периоды: до начала и во время цветения растений. Во-первых, обильное количество осадков и высокая относительная влажность до цветения способствовала нормальному росту и развитию травянистых растений и их дальнейшей высокой пыльцевой продукции.

Во-вторых, во время пыления растений осадки и относительная влажность резко сокращали процесс высвобождения пыльцы из пыльников (она становилась влажной и более тяжелой) и ускоряли ее выпадение из воздуха, уменьшая тем самым количественный и таксономический состав пыльцы древесно-кустарниковых и травянистых растений.

В-третьих, во время осадков повышается аллергенность пыльцы, благодаря ее фрагментации, распаду на более мелкие фрагменты, чем нативная, цельная пыльца и выходу аллергенных белков.

Отрицательные коэффициенты корреляции между динамикой содержания пыльцы и осадками были выявлены в апреле–августе, т.е. во время выраженных пиковых концентраций и варьировали от умеренных ($r=-0,5$, $p < 0,01$) до заметных ($r=-0,61$, $p < 0,001$).

Сразу после дождя, как правило, возрастает не количественный и таксономический состав пыльцевых зерен, а концентрация пыльцевых аллергенов. Это явление тесно связано с феноменом «грозовой» бронхиальной астмы, что объясняется следующими гипотезами:

1. во время грозы в условиях высокой влажности пыльцевые зерна разрушаются вследствие осмотического шока, именно тогда выделяются крахмальные зерна, способные переносить пыльцевые аллергены;

2. потоки холодного воздуха, возникающие во время гроз, поднимают в атмосферу осевшие на почву цельные нативные пыльцевые зерна и их фрагменты;

3. фрагменты (1–8 мкм) пыльцы, например амброзии полыннолистной играют роль в возникновении симптомов бронхиальной астмы, вследствие их более глубокого проникновения в альвеолы легких, чем нативная пыльца. Мелкие фрагменты пыльцы легко разносятся ветром на значительное расстояние [10, с. 667] (Рисунок 3–6).

Эффект влияния относительной влажности на аэроаллергены проявлялся сильнее, чем осадки, в особенности в период апреля–мая ($r=-0,6$, $p < 0,001$) и сентября ($r=-0,82$, $p < 0,001$).

Относительная влажность и осадки в комплексе негативно воздействовали на пыльцевую продукцию древесно-кустарниковой растений, сильнее всего в марте и мае ($r=-0,8$, $p < 0,001$).

Полученные результаты иллюстрируют воздействие разнообразных загрязняющих веществ на динамику содержания пыльцы в воздухе: как резко отрицательное, так и положительное. Эффект влияния газообразных загрязнителей (SO_2 , NO_2 , CO) проявлялся как отрицательный ($r=-0,4-0,6$, $p < 0,001$), что связано с повреждением наружного слоя — экзины и фрагментировании целостного пыльцевого зерна на более мелкие фрагменты, которые гравиметрическим методом не улавливались.

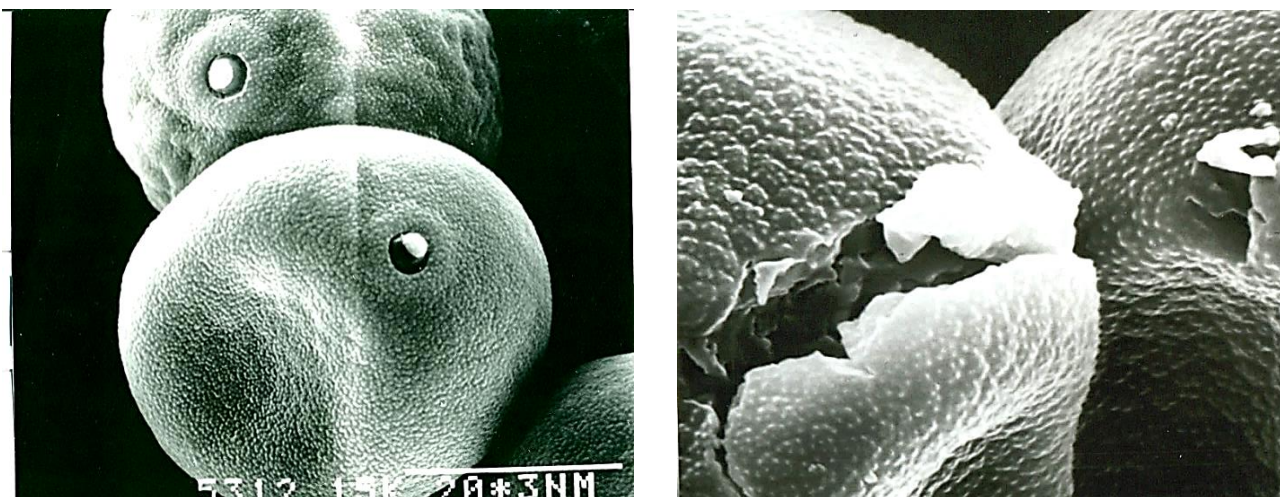


Рисунок 3–4. Нативные (эталонные) пыльцевые зерна элитригии ползучей, имеющей тонкую экзину. Процесс разрыва пыльцевого зерна ежи сборной (увеличение СЭМ × 1000–5000).

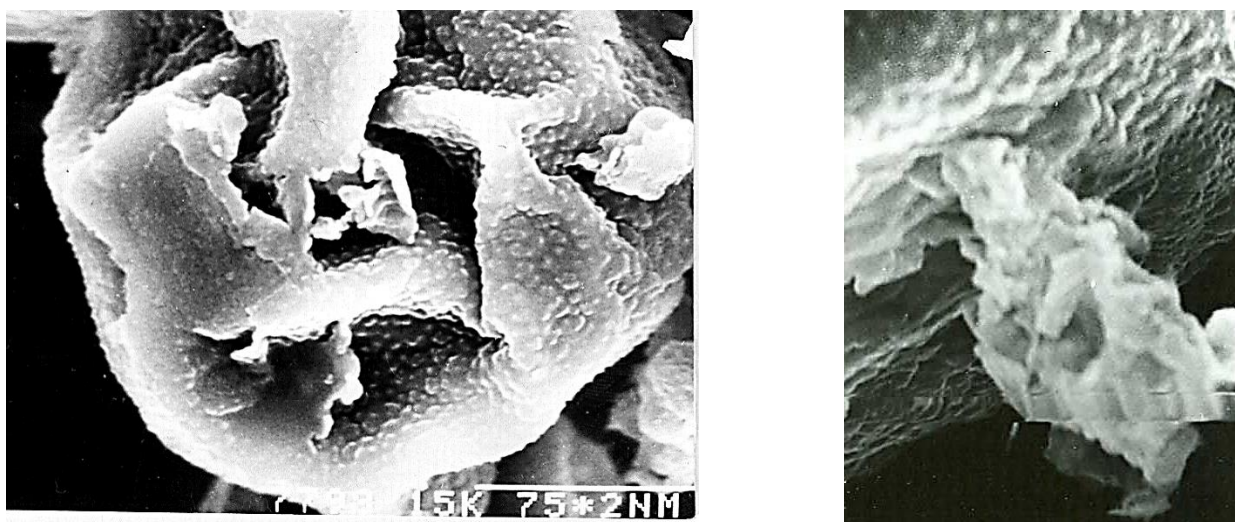


Рисунок 5–6. Процесс фрагментации пыльцевого зерна ежи сборной, начинающийся с появления глубоких трещин и каверн на поверхности экзины. Фрагментированное пыльцевое зерно ежи сборной из промышленного района г. Ош (увеличение СЭМ × 7500–10 000).

Напротив, на количественный состав пыльцы положительно влияла пыль весной в апреле ($r=0,5$, $p < 0,01$) и осенью ($r=0,8-0,9$, $p < 0,001$), вероятно за счет аккумуляции мелкодисперсных частиц и ускорению седиментации более тяжелой пыльцы. На уровень пыльцы так же воздействовала пыль в сочетании со свинцом в комплексе и изолировано бенз-а-пирен.

Представленные результаты иллюстрируют вывод о том, что палиноморфологические изменения зависят от уровня, интенсивности воздействия загрязняющих веществ и от определяемой генотипом и условиями среды устойчивостью или чувствительностью вида.

Пыльца аллергенных злаковых трав очень чувствительна к воздействию метеорологических факторов и загрязнений у нее выявлен высокий естественный полиморфизм. В аэриобиологических образцах много полиморфной, тератоморфной и поврежденной пыльцы, и, вероятно, не случайно пыльца злаков служит важным этиологическим фактором поллинозов в странах мирового сообщества. Возникновение многопоровых зерен у типично одно-поровой пыльцы ежи сборной свидетельствует о

процессах полиплоидии. В пользу хромосомных мутаций указывает также наличие и размер тератоморфных форм (конгломератов), состоящих из 3 и более пылинок (Рисунок 2).

Пыльца полыни, наоборот, толерантна к эффекту действия антропогенных загрязнителей, она относится к числу аккумулирующих видов и видимых повреждений на ее оболочке не возникает, о степени изменений судят по данным химического анализа (хроматография, спектрометрия).

Механизм воздействия загрязняющих веществ неорганической природы заключается в том, что газ, проникая вглубь клетки, растворяется в влажных внутренних пространствах, включается в метаболические процессы и разрушает структуру пыльцевого зерна. Например, SO₂ разрывает дисульфидные мостики, увеличивая тем самым содержание свободных аминокислот, служащих, как известно, показателем аллергенности.

В пыльцевом зерне наиболее чувствительной областью являются апертуры, наиболее чувствительные к отрицательному влиянию загрязнителей. Например, у пыльцы березы повислой частично или полностью (экспериментальные и натурные наблюдения) исчезает оперкулум (крышечка).

Таким образом, в результате воздействия экстремально высоких температур, выпадения большего количества осадков и повышения уровня загрязняющих веществ на динамику содержания пыльцы наблюдаются следующие доминирующие тенденции, основанные на результатах аэриобиологического мониторинга за 30 лет:

1. период циркуляции пыльцы в воздухе г. Бишкек увеличился на 20–30 дней: в разные годы отмечалось более раннее появление пыльцы, например в конце февраля и более поздние сроки ее присутствия вплоть до ноября 2013 года, по сравнению с 1983;

2. в измененном, урбанизированном растительном покрове отчетливо доминируют сорные травы (злаки, полынь, маревые-амарантовые и конопля), имеющих высокую аллергенную активность, что негативно отразилось на продолжительности и тяжести симптомов поллинозов у больных республики;

3. увеличилось число полиморфных, тератоморфных, деформированных и фрагментированных пыльцевых зерен в аэропалинологическом спектре, в особенности злаковых и сорных трав, что в перспективе будет способствовать утяжелению течения поллиноза и развитию симптомов пыльцевой бронхиальной астмы;

4. появилась тенденция в распространении уже произрастающих в Кыргызстане «иностранных» сорняков, например амброзии, дурнишника и других. Поскольку их пыльца обладает сильно выраженными аллергенными свойствами, за их распространением следят эксперты во всем мире, так как они могут стать источниками различных форм аллергии будущего;

5. идет смещение природно-климатических поясов вверх по склонам гор по вертикальной зональности [11, с. 29], что, вероятно, отразится и на динамике содержания пыльцы аллергенных растений.

Полученные результаты служат основанием для создания службы регионального мониторинга пыльцы, его включения в глобальную мировую сеть (только в Европе 600 станций) и учета аллергенных свойств древесно-кустарниковых растений при озеленении городов республики.

Выводы:

1. Температура является наиболее значимым метеорологическим фактором, обуславливающих циркуляцию пыльцы растений в воздухе. Повышение температуры весной в г. Бишкек благоприятствовало интенсивному пылеванию древесно-кустарниковых, а

осенью — сорных растений. Ее повышение может способствовать появлению новых или распространению уже имеющихся аэроаллергенов, изменять аллергенные свойства пыльцы.

2. Осадки и относительная влажность резко отрицательно воздействовали на величину суточного и суммарного подсчетов пыльцы, изменяли ее аллергенность, благодаря фрагментации, распаду нативной пыльцы на более мелкие фрагменты.

3. Выявлен комплекс метеорологических факторов, влияющих на количественный и таксономический состав аэроаллергенов.

4. Эффект влияния газообразных загрязнителей (SO₂, NO₂, CO) проявлялся как отрицательный, что связано с повреждением экзины и фрагментированием целостного пыльцевого зерна на более мелкие фрагменты. Напротив, на количественный состав пыльцы положительно влияла пыль весной и осенью, вероятно за счет аккумуляции мелкодисперсных частиц и ускорению седиментации более тяжелой пыльцы.

5. В аэропалеонтологическом спектре увеличилось число полиморфных, тератоморфных, деформированных и фрагментированных пыльцевых зерен, в особенности злаковых и сорных трав, что в перспективе будет способствовать утяжелению течения поллиноза и развитию симптомов пыльцевой бронхиальной астмы.

Список литературы:

1. Singer B. D., Ziska L. H., Frenz D. A., Gebhard D. E., Straka J. G. Increasing Amb a 1 content in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen as a function of rising atmospheric CO₂ concentration // Functional Plant Biology. 2005. V. 32. №7. P. 667-670.

2. Wayne P., Foster S., Connolly J., Bazzaz F., Epstein P. Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO₂-enriched atmospheres // Annals of Allergy, Asthma & Immunology. 2002. V. 88. №3. P. 279-282.

3. English P. B., Sinclair A. H., Ross Z., Anderson H., Boothe V., Davis C., Simms E. Environmental health indicators of climate change for the United States: findings from the State Environmental Health Indicator Collaborative // Environmental Health Perspectives. 2009. V. 117. №11. P. 1673-1681.

4. d'Amato G., Cecchi L., d'Amato M., Annesi-Maesano I. Climate change and respiratory diseases // European Respiratory Review. 2014. V. 23. P. 161-169.

5. Beggs P. J. Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases // International journal of environmental research and public health. 2010. V. 7. №8. P. 3006-3021.

6. Кобзарь В. Н., Осмонбаева К. Б. Концепция аэроаллергены как индикаторы изменения климата и загрязнения окружающей среды // Медицина Кыргызстана. 2017. №4. С. 30-33.

7. Шамгунова Б. А., Заклякова Л. В. Аэропалеонтологические аспекты поллинозов // Астраханский медицинский журнал. 2010. №1. С. 27-35.

8. Hyde H. A. Atmospheric pollen grains and spores in relation to allergy. II // Clinical & Experimental Allergy. 1973. V. 3. №2. P. 109-126.

9. Hjelmroos M., Schumacher M. J., Van Hage-Hamsten M. Heterogeneity of pollen proteins within individual *Betula pendula* trees // International archives of allergy and immunology. 1995. V. 108. №4. P. 368-376.

10. Agarwal M. K., Swanson M. C., Reed C. E., Yunginger J. W. Airborne ragweed allergens: association with various particle sizes and short ragweed plant parts // Journal of allergy and clinical immunology. 1984. V. 74. №5. P. 687-693.

11. Касиев К. С. Смена растительных поясов Кыргызстана как следствие глобального потепления климата // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. №3 (23). С. 29-35.

References:

1. Singer, B. D., Ziska, L. H., Frenz, D. A., Gebhard, D. E., & Straka, J. G. (2005). Increasing Amb a 1 content in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen as a function of rising atmospheric CO₂ concentration. *Functional Plant Biology*, 32(7), 667-670.

2. Wayne, P., Foster, S., Connolly, J., Bazzaz, F., & Epstein, P. (2002). Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO₂-enriched atmospheres. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 88(3), 279-282.

3. English, P. B., Sinclair, A. H., Ross, Z., Anderson, H., Boothe, V., Davis, C., & Simms, E. (2009). Environmental health indicators of climate change for the United States: findings from the State Environmental Health Indicator Collaborative. *Environmental Health Perspectives*, 117(11), 1673-1681.

4. d'Amato, G., Cecchi, L., d'Amato, M., & Annesi-Maesano, I. (2014). Climate change and respiratory diseases. *European Respiratory Review*, 23, 161-169.

5. Beggs, P. J. (2010). Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases. *International journal of environmental research and public health*, 7(8), 3006-3021.

6. Kobzar, V. N., & Osmonbaeva, K. B. (2017). Concept: aeroallergens as indicators climate change and environmental pollution. *Kyrgyzstan Medicine*, (4), 30-33.

7. Shamgunova, B. A., & Zaklyakova, L. V. (2010). Aeropalynologic aspects of pollinosis. *Astrakhan Medical Journal*, (1), 27-35.

8. Hyde, H. A. (1973). Atmospheric pollen grains and spores in relation to allergy. II. *Clinical & Experimental Allergy*, 3(2), 109-126.

9. Hjelmroos, M., Schumacher, M. J., & Van Hage-Hamsten, M. (1995). Heterogeneity of pollen proteins within individual *Betula pendula* trees. *International archives of allergy and immunology*, 108(4), 368-376.

10. Agarwal, M. K., Swanson, M. C., Reed, C. E., & Yunginger, J. W. (1984). Airborne ragweed allergens: association with various particle sizes and short ragweed plant parts. *Journal of allergy and clinical immunology*, 74(5), 687-693.

11. Kasiev, K. S. (2016). Change of vegetation belts of Kyrgyzstan as a consequence of global warming. *Omsk State Agrarian University Bulletin*, (3), 29-35.

*Работа поступила
в редакцию 11.10.2018 г.*

*Принята к публикации
16.10.2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Кобзарь В. Н. Аллергенная пыльца как индикатор изменения климата // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №11. С. 23-30. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/kobzar> (дата обращения 15.11.2018).

Cite as (APA):

Kobzar, V. (2018). Allergenic pollen as an indicator of climate change. *Bulletin of Science and Practice*, 4(11), 23-30. (in Russian).