

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ, МЕДИЦИНСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ПЫЛЬЦЫ И СПОР

В окружающей нас атмосфере постоянно циркулирует огромное количество разнообразных частиц, составляющих атмосферные аэрозоли. Эти частицы можно классифицировать по происхождению, размерам и форме, по эффекту, который они вызывают, оседая на поверхности.

Среди частиц биологического происхождения обычно различают жизнеспособные частицы, способные к репродукции или стимулирующие биологические процессы, и нежизнеспособные (обычно отдельные фрагменты живых организмов).

Атмосферные аэрозоли биологического происхождения - основной объект аэробиологических исследований, важнейшим компонентом которого является совокупность находящихся в воздухе пыльцы растений и спор грибов. Сейчас официально признано новое направление аэробиологии - экологическая аэробиология, которая рассматривает биологические, медицинские и экологические проблемы изучения пыльцы и спор как компонентов микрофлоры воздуха.

Палинология (греч. *παλύνε* – тонкая пыль) – наука о пыльце и спорах растений, это пограничный раздел ботаники, географии и геологии. Она включает в себя изучение морфологии пыльцы и спор растений, продуцирование и рассеивание пыльцевых зерен и спор, устойчивость против разложения. Но в последнее время изучение динамики пыльцевого дождя представляет теоретический и практический интерес не только биологов и медиков, но также и экологов.

Для контроля над уровнем загрязненности окружающей среды биологическими агентами проводят аэробиологический мониторинг - слежение за уровнем пыльцы и спор и предупреждение о создающихся критических ситуациях (повышении пороговых уровней). Одним из вариантов экологического и климатического мониторингов является биоэкологический мониторинг, главная задача которого - выявление отклика биосферы на антропогенное воздействие на самых разных уровнях живого: на молекулярном, клеточном, организменном, популяционном, на уровне сообществ (Муравей, 2000).

В обозримом будущем важнейшими станут наблюдения за возможными изменениями в жизнедеятельности особо чувствительных по отношению к тому или иному воздействию загрязнителей биоиндикаторов и биомониторов, одним из которых является пыльца.

Современные исследователи до сих пор не могут однозначно ответить на вопрос - что является причиной развития и роста числа аллергических заболеваний. На первый план выдвигается точка зрения, что основным фактором роста распространенности аллергии является неблагополучие в экологии, которое влияет, прежде всего, на общие регуляторные системы организма, на защитные механизмы (Белоконь, 1999). В настоящее время увеличение числа больных поллинозами отмечается во всем мире и особенно быстро в экономически развитых странах (Гурина, 1994).

Известно также, что заболевание поллинозом городского населения намного выше, чем сельского, хотя концентрация пыльцы в городском воздухе значительно ниже. Это объясняется тем, что воздух в городе загрязнен выбросами автотранспорта и промышленных предприятий, вследствие чего слизистые оболочки горожан находятся в состоянии неспецифического хронического воспалительного или дистрофического процесса. Кроме того, урбанизация способствует развитию невротических и вегетативных функций, что является благоприятной почвой для изменения реактивности организма

(Кузнецова, 2000).

Из данных разных авторов следует, что в городах с высоким уровнем загрязнений неуклонный рост числа больных поллинозами во многом определяется тем, что пыльца распадается на более мелкие фрагменты, которым легче пройти в альвеолы легких (Agarwal et al., 1984; Spijksma, 1990).

Как подтвердили результаты сравнительных исследований в Италии, заболеваемость бронхиальной астмой и смертность от нее выше в городе, чем в сельской местности, несмотря на доступность эффективных средств лечения (d Amato et al., 1994).

Необходимо отметить, что во многих странах в качестве «критической популяции» оценивается здоровье детей. Состояние здоровья человека - всеобъемлющий показатель экологического состояния среды, особенно городской, но тем труднее найти точные количественные зависимости его от тех или иных конкретных факторов. Поэтому для использования интегрального показателя лучше всего исследовать зависимость состояния здоровья от качества окружающей среды у детей дошкольного возраста. Полученные данные сравнительного изучения состояния здоровья детей в различных районах города достаточно достоверны и показательны (Вишаренко, 1998).

В частности, обследование группы школьников (160 человек) в возрасте 6-15 лет (средний возраст 10,4 лет) в Чехии показало, что за последние 20 лет наблюдалось увеличение общей аллергической заболеваемости у взрослых, включая рост числа больных поллинозами среди детей. Такая неблагоприятная ситуация вызвана прежде всего изменениями в экосистемах за счет загрязнения окружающей среды. Исследуя причины, авторы пытались показать распространенность поллиноза в среде, лишенной промышленного загрязнения. У 50 мальчиков и 35 девочек (60,2% и 45,5% соответственно) обнаружена сенсibilизация к пыльце: 35,7% - сорняков, 16,3% - кустарников, 7,8% - деревьев. Результаты исследований позволили установить, что в увеличении уровня больных поллинозом большую роль играет слияние генетических факторов, факторов внешней среды, а также образа жизни (Makovcova et al., 1994).

В г. Алматы основными источниками загрязнителей окружающей среды являются автотранспорт и промышленные предприятия, оказывающие влияние на аллергические заболевания. В их структуре преобладал поллиноз, характеризующийся длительным и тяжелым течением.

В современной литературе ведется обсуждение влияния антропогенных факторов на растения, которые служат важным условием для разработки профилактических мероприятий на основе контроля загрязнения воздуха (Гудериан, 1979; Дресслер и др., 1981; Ситникова, 1990).

Одно из актуальных направлений экологической аллергологии заключается в изучении неблагоприятного воздействия антропогенных факторов окружающей среды на растения и их пыльцу, и выявление структурно-скульптурных изменений, происходящих вследствие этого. Известно, что растения обладают более высокой степенью чувствительности к воздействию загрязнителей, в отличие от человека и животных. Общеизвестно, что повреждения у растений, в первую очередь, проявляются на биохимическом уровне (затрагивают фотосинтез, дыхание, биосинтез жиров и белков), затем распространяются на ультраструктурный (деорганизация клеточных мембран) и клеточный (деструкция ядра, клеточных стенок, мезофилла) уровни. И уже после этого развиваются видимые симптомы повреждений (хлорозы и некрозы тканей листа).

Биохимические нарушения происходят в тех случаях, когда концентрация вещества превышает способность тканей к его детоксикации посредством нормальных реакций метаболизма (Трешоу, 1988).

Судя по данным литературы, растительность высокогорных областей значительно более чувствительна к загрязнению, чем в равнинных и предгорных районах (низкие температуры корнеобитаемого слоя и достаточно суровые условия питания). На

высокогорной территории это усиливается еще тем обстоятельством, что многие растения здесь произрастают вблизи предела своего распространения, что увеличивает их чувствительность к загрязнению (Айтматов и др., 2000). В настоящее время полагают, что незагрязненная пыльца встречается редко, чаще отмечаются комбинации пыльцы с пылевыми частицами, химическими и органическими веществами, спорами грибов, являющимися компонентами воздушной среды (Абдрасил, 2004).

Исходя из классификации (Кобзарь, 1996), все возможные варианты изменений пыльцы при ее попадании в воздушную среду и подвергающейся дополнительному прессингу загрязняющих веществ могут быть сведены к следующим:

Онтогенетические изменения структуры оболочек:

1) изменения типов апертур;

2) изменения скульптуры поверхности (полное или частичное): а) появление в пределах одного пыльцевого зерна мозаичной скульптуры (сетчатая, ямчатая, бугорчатая); б) разрыхление или сглаживание скульптурных элементов поверхности; в) возникновение бесформенных напылов спорополленина; г) появление беспорядочно расположенных гребней; д) возникновение нетипичных бугорков, отличных по форме, диаметру и расположению; ж) возникновение перфорированных участков (мелких отверстий и каверн); е) образование трещин;

3) изменение формы: а) появление разнообразных выростов; б) возникновение различных вмятин;

4) формирование конгломератов: а) слипание пыльцевых зерен, находящихся в тетраде и группе тетрад в гнезде пыльника (при ацетолизе не распадаются);

5) деформация в результате недоразвития (стерильности) цитоплазмы и ядра;

6) нарушения структуры слоев оболочки (полный или частичный разрыв).

Изменения оболочки зрелых пыльцевых зерен:

1) адсорбция различных частиц на поверхности экзины: а) налипание пыли; б) микроэлементов;

2) слипание в результате загрязнения (после ацетолиза пыльцевые зерна распадаются);

3) деформация различной степени выраженности, но в большей степени, чем у пыльцы непосредственно с растений;

4) перфорация в виде отверстий и каверн;

5) появление глубоких трещин.

Результаты аэриобиологических исследований в Кыргызстане свидетельствуют о том, что эффект воздействия загрязняющих веществ на содержание пыльцы в воздухе актуален для промышленных зон республики. В частности, в воздухе г. Бишкек, загрязняющие вещества присутствуют не изолированно, а в различных сочетаниях, в результате чего их комплексное или последовательное воздействие на пыльцу отличается от эффекта действия одного загрязнителя (Кобзарь, 1996-2002).

Долгое время полагали, что пыльца толерантна к воздействию загрязнений из-за наличия уникальной по прочности и структуре оболочки. Это положение оказалось ложным. Факты формирования аномальной пыльцы, в которой меняются форма, скульптура, структура, химический состав, говорят о том, что современная пыльца испытывает большое давление загрязненности среды обитания. В сущности, сама аномальная пыльца является одним из факторов, загрязняющих воздух. Развитие аномальных форм происходит вследствие нарушений как в процессе онтогенеза, так и при попадании зрелой и недоразвитой пыльцы в воздух (Кобзарь, 1996-2002).

Причиной повреждения пыльцы служат следующие факторы:

1) физические - термические, радиационные (включая ионизирующую радиацию и УФ-облучение), гравитационные, электромагнитные;

2) химические - неорганические и органические загрязнители воздуха, а также синтетические мутагены и пестициды;

3) биологические - споры грибов (микогенные);

4) климатические - свет, тепло, воздух, влага.

Установлено, что аллергические заболевания вызывает не только нативная, но и морфологически измененная пыльца (Peltre et al., 1988, Darsow et al., 1991, Кобзарь, 1996-2002).

Показано, что в результате онтогенетических повреждений пыльцы, встречаются конгломераты, часто состоящие из 2-х пылинок, одна из которых нормально развита, например, полынь, а другая, наоборот, полностью лишена таксономических признаков. В частности, продемонстрировано, что наиболее серьезные изменения пыльцы обнаружены в г. Каракол. В пробах были найдены нераспадающиеся конгломераты (экологические монстры) (Кобзарь и др., 1990; Кобзарь, 1996, 2002).

Систематизация результатов электронно-микроскопических исследований 5 видов пыльцы растений позволила сделать основной вывод о том, что спектр морфологических повреждений пыльцы растений зависит от характера, интенсивности загрязняющих веществ и от определяемой генотипом и условиями среды устойчивости или чувствительности вида, а также особенностями их палиноморфологии. Так, например, наиболее серьезные изменения в г. Каракол, затрагивающие форму, скульптуру и апертуры, обнаружены у пыльцы злаков, но в этом районе установлены изменения у пыльцы маревых и полыни (Осмонбаева, 2005).

Впервые о результатах экспериментальных исследований о воздействии загрязнителей на пыльцу сообщают Rung-Weeke и др. (1989), которые показали, что после экспериментальной обработки пыльцы смесью CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> изменяются количество свободных аминокислот и их профили, а также молекулярная масса аллергена.

Обращает на себя внимание тот факт, что в районе Стокгольма с высоким уровнем загрязнения на поверхности пыльцы обнаруживаются посторонние элементы Mg<sup>+</sup>, Al<sup>+</sup>, Si<sup>+</sup>, S<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, H<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup> и Fe<sup>+</sup> (Nilsson et al., 1985).

Под воздействием окружающей среды белковый состав и аллергенные свойства самих пыльцевых зерен могут претерпевать серьезные изменения, что, как правило, приводит к усилению ответной аллергической реакции человека (Мейер-Меликян и др., 1999). Поэтому среди различных видов загрязнителей аэроаллергены, в частности, пыльца растений и споры грибов занимают значительное место.

Судя по источникам литературы, такие загрязняющие вещества городского воздуха как сигаретный дым, УФ-облучение, выхлопные газы и озон, способны повышать иммуногенность пыльцы (Peltre et al., 1988, 1990; Davies, Sheinman, 1989).

Показано, что частицы пыли, адсорбируя на своей поверхности пыльцу, вызывают более интенсивные аллергические реакции у больных поллинозом (Darsow et al., 1991). Кроме того, пыльца сама способна адсорбировать и нести на себе более мелкие частицы (молекулы воды, кислот, органических веществ, белковых соединений), поэтому способна к переносу пыли и разнообразных загрязнителей на значительные расстояния.

Результаты исследования Rung-Weeke (1989) установили, что загрязненная пыльца может индуцировать цитотоксические реакции, сенсibilизацию и повышение реактивности слизистой носа и бронхов.

При ежедневном исследовании воздушной пыльцы в Италии выявлены многочисленные аномалии различных видов сосны по размеру, симметрии и числу камер (Mincigrucchi et al., 1985).

Учитывая усиливающееся действие антропогенных загрязнителей на пыльцу растений, приводящее к изменению структуры и ее аллергенных свойств, в аэробιологических исследованиях необходимо учитывать как ее количественный и таксономический состав, так и долю поврежденных пылинок и количество спор грибов.

Считают, что при параллельном использовании светового (СМ) и сканирующего электронного микроскопов (СЭМ) можно изучить эффекты воздействия загрязнителей на пыльцу, представляя информацию о количественной и качественной оценке состояния окружающей среды (Кобзарь, 1996).

Обзор данных литературы свидетельствует о фрагментарном характере информации, о негативном воздействии загрязнителей на пыльцу растений. Известно, что такие загрязнители окружающей среды, как сернистый газ, хлор, фенол, окислы азота, тяжелые металлы оказывают сильные влияния на различные стороны метаболизма растений, в том числе и на микроспорогенез, изменяя один из самых консервативных признаков - структуру пыльцевого зерна (Гурина, 1994).

Важной проблемой использования пыльцы для целей экологического мониторинга остается представительность и репрезентативность получаемых данных. Вопрос сопоставимости эффектов воздействия загрязняющих веществ на пыльцу еще недостаточно изучен, его решение требует увеличения объема исследований по изучению ответных реакций пыльцы на различные по характеру и интенсивности загрязнения. К числу проблем следует также отнести невозможность оценки воздействия отдельно взятого загрязнения. Кроме того, необходима определенная степень стандартизации и унификации с оценкой интегрирующего влияния факторов окружающей среды.

Следует подчеркнуть, что влияние загрязнений на пыльцу представляет собой как научную проблему, так и проблему практического контроля загрязнения окружающей среды, включая разработку эффективных тест-систем для экспресс-диагностики загрязнителей.

#### Литература

1. Абдрасил Г.С. Научные основы мониторинга биоаллергенов воздушной среды (на примере г. Алматы и Алматинской области): Автореф. дис. ...д-ра биол. наук. - Алматы, 2004. - 46 с.
2. Белоконь Л.С. Иммунологическое «утомление» // Биология. – 1999.- №19.-С. 6-7.
3. Гурина Н.С. Ботанические аспекты изучения поллинозов: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. - М., 1994. - 36 с.
4. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды.- М.: Мир, 1979. - 200 с.
5. Кобзарь В. Н., Мейер Н. Р., Харитонов Э. П. Структурная изменчивость пыльцы под действием антропогенных загрязнителей // Международный симпозиум по аэрозолям. - М., 1994. – С. 66-70.
6. Кобзарь В. Н., Комаров Г. А., Харитонов Э. П. Экологическая изменчивость пыльцевых аллергенов // Экология и иммунитет. - Горький, 1990.- С. 31-35.
7. Кузнецова Л. В. Цветы не всегда приносят радость // Здоровье Украины. - 2000.- №5. -С.2.
8. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры Европейской СССР. Т.1. - Л.: Наука, 1972. - 171 с.
9. Принципы и методы аэропалеонтологических исследований / Под ред. проф. Н.Р. Мейер-Меликян. - М.: МГУ, 1999. – 20 с.
10. Осмонбаева К.Б. Процессы изменчивости пыльцы растений из аэроботанических образцов г. Каракол // Естественные и технические науки. – Москва: «Компания Спутник +», 2005, - № 3. – С. 86-88.
11. Ситникова А.С. Влияние промышленных загрязнений на устойчивость растений.- Алма-Ата: Наука, 1990. – 88 с.
12. Трешоу М. М. Загрязнение воздуха и жизнь растений. -М.: Гидрометеиздат, 1988. - 535 с.
13. Darsow U., Becker W. M., Behrendt H. Wirkung von Schwebstaubextrakten auf morphologische und immunologische Eigenschaften von Pollen // Allergologie.-1991.- Vol. 14. -N2.-P.77.
14. Davies R.J., Sheinman B.D. Il fumo e la polluzione atmosferica // Asma, allerg., immunopatol. - 1989. - N 76. - P. 52-53.
15. Makovcova S., Soukupova M., Vokal – J. Cas–Lek–Cesk // [www.medline.ru](http://www.medline.ru). -1994. –

Vol. 133(20). –P. 633-6.

16. Nilsson S. Regional and Global Distribution of Aeroallergens // Rev. Paleobot. and Palynol. - 1990. - Vol. 64. - N 1-4. - P. 29- 34.

17. Peltre G. Les Allergenes du Pollen de graminees. Effect de l'environnement sur l'allergenicite // Bull. Soc. bot. Fr. Actual. bot. - 1990. - Vol. 137. -N 2. - P. 119-120.

18. Rung-Weeke E. Pollen Allergy and Atmospheric Pollution: Apporiate Monitoring Technology and Clinical Significance // Allergologie. -1989. –Vol. 12. - P. 59-62.