ЭКОБИОТЕХ
Ecobiotech Journal
ISSN 2618-964X http://ecobiotech-journal.ru

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ

Махнева С.Г.[1,2], Мохначев П.Е.[1]

[1] Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург
[2] Российский государственный профессионально-педагогический университет, Екатеринбург
E-mail: makhniovasg@mail.ru

Проведено сравнительное изучение качества пыльцы сосны обыкновенной в условиях существенного снижения объемов выбросов аэрополлютантов основными для района исследований источниками техногенного загрязнения. Установлено, что в древостое сосны обыкновенной, произрастающем в условиях сильного уровня техногенного загрязнения, формируется пыльца с достоверно более высокой частотой морфологических, цитологических и физиологических аномалий, чем в фоновых условиях. Снижение объемов дымовых выбросов предприятий способствовало уменьшению доли аберрантной пыльцы в древостое сосны. Тем не менее, в условиях снижения техногенной нагрузки доля аномальной пыльцы сосны в древостое в зоне загрязнения достоверно выше, чем в фоновых условиях. Этому способствует, вероятно, продолжающееся загрязнение атмосферы предприятиями промышленного центра и транспортом, а также многолетнее техногенное загрязнение почв.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, техногенное загрязнение, пыльцевое зерно, аномалии

THE DYNAMICS OF QUALITY INDICATORS OF POLLEN OF SCOTS PINE IN CONDITIONS OF A DECREASE IN THE LEVEL OF TECHNOGENIC POLLUTION

Makhniova S.G.[1,2], Mohnachev P.E.[1]

[1] Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg
[2] Russian state vocational pedagogical university, Yekaterinburg
E-mail: makhniovasg@mail.ru

A comparative study of the quality of pollen from Scots pine was conducted under conditions of a significant reduction in emissions of air pollutants, the main sources of industrial pollution for the research area. It has been established that pollen with a significantly higher frequency of morphological, cytological, and physiological anomalies than in the background is formed in the stand of pine, growing under conditions of a strong level of technogenic pollution by aeropollutants. The reduction in smoke emissions from enterprises contributed to a decrease in the share of aberrant pollen in the pine forest. Nevertheless, under the conditions of decreasing the technogenic load, the proportion of abnormal pine pollen in the stand in the pollution zone is significantly higher than in the background. This is probably facilitated by continued pollution of the atmosphere by the enterprises of the industrial center and transport, as well as long-term industrial pollution of soils.

Keywords: Scots pine, industrial pollution, pollen grain, anomalies

Поступила в редакцию: 7.09.2019

DOI: 10.31163/2618-964X-2019-2-4-510-514

Процессы формирования микроспоры и развития мужского гаметофита являются важнейшими в репродукции сосны обыкновенной. Многими исследованиями была выявлена уязвимость мужской генеративной системы к действию различных факторов среды, в том числе техногенному загрязнению воздуха и почв.

Целью данной работы было сравнительное изучение качества пыльцы сосны обыкновенной в условиях существенного снижения выбросов основными для района исследований источниками техногенного загрязнения атмосферы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на пыльце модельных деревьев сосны обыкновенной на постоянной пробной площади (ПП), заложенной в 1980-х годах в древостое сосны 2-го класса возраста в условиях сильного уровня загрязнения среды аэрополлютантами (ПП-1), а также в фоновых условиях (ПП-К). Уровень техногенного загрязнения был определен на основании обобщения данных об объеме дымовых выбросов, степени накопления основных поллютантов в элементах экосистемы и степени поражения вегетативных и генеративных органов сосны [Бабушкина и др., 1993].

Основными источниками промышленных выбросов в районе исследований в годы сбора пыльцы были Полевской криолитовый завод (ПКЗ) и Северский трубный завод (СТЗ) (Свердловская обл.), на долю которых приходилось 21,1 и 65,7% выбросов от стационарных источников техногенного загрязнения г. Полевского, соответственно [Государственный доклад.., 2000]. ПКЗ был организован в 1933 г. на базе предшественника – Полевского сернокислотного завода, основанного в 1907 г. ПКЗ выпускал фтористые соли – криолит, трифторид алюминия, фторид натрия, а также плавиковую кислоту и сульфат алюминия. СТЗ был основан в 18-м веке сначала как железоделательный и металлургический завод; был переименован в СТЗ в 1965 году. За длительный период работы предприятий в окружающую среду ежегодно поступали загрязняющие вещества. ПКЗ и его предшественники вносили основной вклад в загрязнение атмосферы диоксидом серы, фтористыми соединениями, СТЗ – диоксидом азота и оксидом углерода и свинца, сероводородом, летучими органическими соединениями [Государственный доклад …, 2011]. За годы работы ПКЗ в окружающую среду поступило приблизительно 100 тыс. т фтористых соединений [Любашевский и др., 1995]. В период с 2000 по 2008 год в г. Полевском был отмечен рост суммарных выбросов в атмосферу от стационарных источников загрязнения с 5,8 до 8,2 тыс. тонн, однако к 2010 году объем выбросов снизился в 1,6 раза, в том числе на ПКЗ – в 1,4, на СТЗ – в 1,9 раза. Снижение объемов дымовых выбросов привело к снижению уровня загрязнения атмосферы. Тем не менее, в атмосфере г. Полевского ежегодно регистрируют превышение нормативов содержания по мелкодисперсной пыли, диоксиду серы, диоксиду азота, а также по фтороводороду, соляной кислоте, свинцу, формальдегиду. В 65% проб почв селитебных территорий г. Полевского выявлено превышение содержания тяжелых металлов.

В качестве фонового (условного контроля) (ПП-К) нами было исследовано насаждение сосны того же класса возраста, что и ПП-1, произрастающее на территории с условно удовлетворительной экологической ситуацией (г. Сысерть, Свердловская область).

Качество зрелой пыльцы сосны оценивали по параметрам ее цитоморфологической (фертильность пыльцы и спектр аномалий) и физиологической полноценности (способность к прорастанию на искусственной питательной среде и развитию пыльцевых трубок) [Паушева, 1988; Махнева и др., 2003]. Пыльцу собирали в 1996 и 2010 гг. в начале пыления отдельно для каждого дерева. Фертильность пыльцы определяли с учетом морфологических и цитологических признаков пыльцевого зерна, его размеров, стадии развития мужского гаметофита, наличия запасных веществ [Махнева и др., 2003]. Свежесобранную зрелую пыльцу проращивали на питательной среде с агар-агаром; проросшей считали пыльцу, сформировавшую к 3-му дню пыльцевую трубку, равную двум диаметрам пыльцевого зерна. Микроскопию пыльцы проводили на микроскопах Labovar и AxioScope.A1 (Zeiss), камера AxioCamMR5, программа обработки изображения AxioVisionRel 4.8. Параметры пыльцы определяли отдельно для каждого дерева. Статистическую обработку данных проводили методами дескриптивной статистики; достоверность различий между вариантами опыта определяли с помощью критерия Стьюдента [Лакин, 1990].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование состояния мужской генеративной системы сосны, проведенное в разные годы на постоянных пробных площадях, показало следующее. Пыльца ПП-1 сбора 1996 года характеризуется достоверно более низкими значениями фертильности, прорастания и длины пыльцевой трубки, по сравнению с пыльцой фонового древостоя ($p<0,05$) (рис. 1, 2). Различия между ПП по указанным показателям достигают 1,2-1,4 раза.

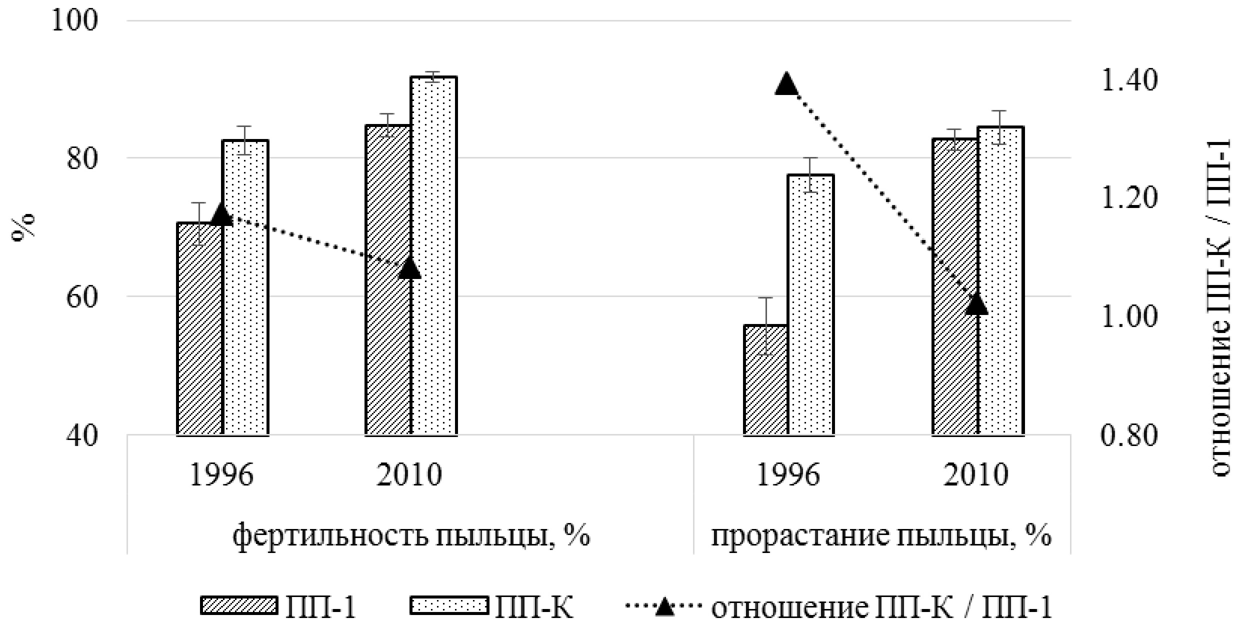

Рис. 1. Динамика показателей фертильности и прорастания пыльцы сосны в разные годы

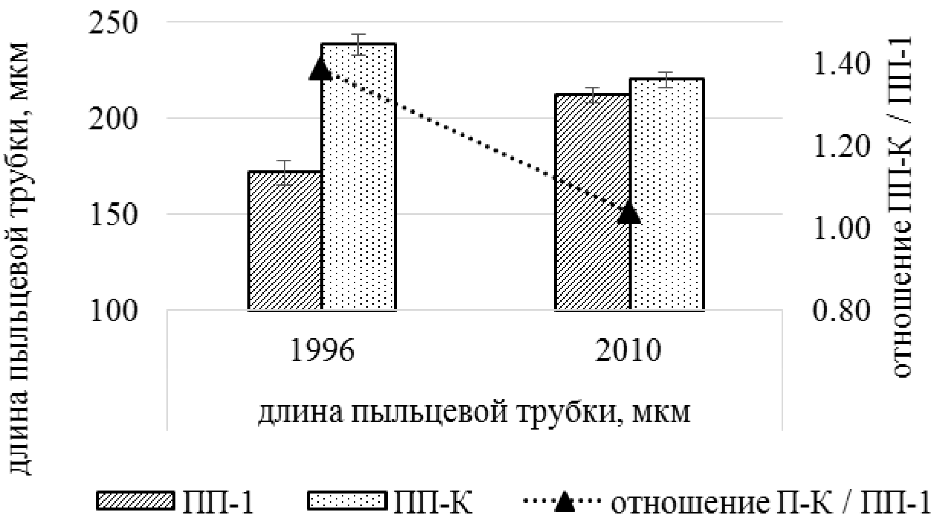

Рис. 2. Динамика показателя длины пыльцевой трубки пыльцы сосны

Пыльца сосны сбора 2010 г. имеет показатель фертильности выше на 14,2 (ПП-1) и 9,1% (ПП-К), по сравнению с 1996 г. Аналогичная закономерность была установлена также для показателя прорастания пыльцы на питательной среде – увеличение на 27,0% (ПП-1) и 6,9% (ПП-К). Различия по рассматриваемым показателям достоверны между пыльцой сбора разных лет обеих ПП ($p<0,05$). Для показателя длины пыльцевой трубки пыльцы ПП-1 отметим возрастание его значения в 2010 году в 1,3 раза, по сравнению с 1996 годом ($p<0,05$) (рис. 2). Для ПП-К указанная тенденция не выявлена. Таким образом, пыльца сбора 2010 г. из зоны сильного уровня техногенного загрязнения и фоновых условий характеризуется достоверно более высокими значениями показателей фертильности и прорастания, по сравнению с пыльцой 1996 года.

Пыльца сбора 2010 года из зоны техногенного загрязнения и фоновых условий достоверно различалась только по показателю фертильности пыльцы ($p<0,05$); по другим показателям уровень различий между древостоями был существенно ниже, чем для пыльцы сбора 1996 г.

На рис. 3 представлены результаты изучения спектра аномалий пыльцы сосны. Установлено, что в древостое ПП-1 частота пыльцы с нарушениями формы и размеров (мелкой и с аномальными воздушными мешками) в 1996 г. выше более чем в 2 раза, чем на ПП-К ($p<0,05$). В 2010 г., по сравнению с 1996 г., в пыльце обоих древостоев наблюдали однонаправленные изменения частоты пыльцевых зерен как с морфологическими, так и с цитологическими нарушениями – снижение в 2,5 и 2,1 раза доли мелкой пыльцы на ПП-1 и ПП-К, соответственно; в 3,7 и 3,6 раза доли пыльцы с аномальными воздушными мешками; в 3,5 и 2,2 доли дегенерированной пыльцы (различия между пыльцой разных лет сбора достоверны при $p<0,05$).

Несмотря на указанные тенденции, пыльца ПП-1 сбора 2010 г. характеризуется достоверно более высокой частотой мелкой пыльцы и с аномалиями воздушных мешков, по сравнению с пыльцой, сформированной в фоновых условиях (в 1,9 и 2,1 раза) ($p<0,05$).

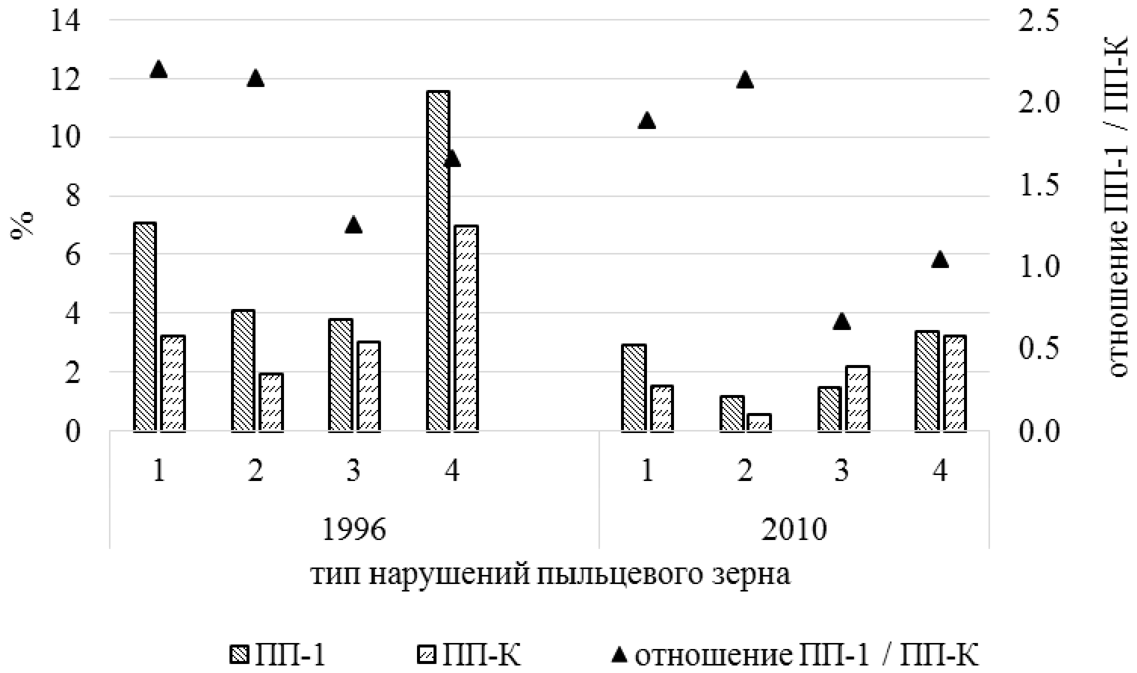

Рис. 3. Спектр аномалий пыльцы сосны (1 – мелкие пыльцевые зерна, 2 – с аномалиями воздушных мешков, 3 – с цитологическими нарушениями, 4 – дегенерированные)

Таким образом, в условиях высокого уровня техногенного загрязнения в древостое сосны обыкновенной формируется пыльца с большим числом морфологических, цитологических и физиологических нарушений. Установлено, что уменьшение уровня атмосферного техногенного загрязнения при снижении объема дымовых выбросов предприятий способствует снижению доли аберрантной пыльцы на ПП-1, однако даже в этих условиях доля аномальной пыльцы сосны в древостое в зоне загрязнения оказывается выше, чем в фоновых условиях. Этому способствует, вероятно, продолжающееся загрязнение атмосферы предприятиями промышленного центра, транспортом, пыление отвалов, а также многолетнее техногенное загрязнение почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабушкина Л.Г., Зуева Г.В., Луганский Н.А. и др. Экологическое состояние лесных насаждений в зоне фторсодержащих промышленных выбросов // Экология. 1993. № 1. С. 26-35.
2. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2010 г. Екатеринбург, 2011. 350 с.
3. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 1999 г. Екатеринбург, 2000.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
5. Любашевский Н.М., Токарь В.И., Щербаков С.В. Техногенное загрязнение окружающей среды фтором (экологические и медико-социальные аспекты). Екатеринбург: УрО РАН, 1995. 236 с.
6. Махнева С.Г., Бабушкина Л.Г., Зуева Г.В. Состояние мужской генеративной сферы сосны обыкновенной при техногенном загрязнении среды. Екатеринбург: УГЛТА, Изд-во Урал. ун-та, 2003. 154 с.
7. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат, 1988. 271 с