



УДК 630\*1:582.475:581.331.2

## АНОМАЛИИ ПЫЛЬЦЫ У ЕЛИ СИБИРСКОЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

**Н.А. Калашник**

*Ботанический сад-институт  
Уфимского научного центра  
РАН, 450080 Уфа,  
ул. Менделеева, 195, корп.3  
e-mail: kalash.ufa@mail.ru*

Проведены исследования аномалий пыльцевых зерен ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), произрастающей в различных экологических условиях. Полученные результаты отражают негативное влияние техногенного загрязнения на качество пыльцевых зерен у исследуемого вида. Сравнение показателей аномальности/фертильности пыльцы с использованием критерия  $\chi^2$  свидетельствует, что различия между пробными площадями из контрастных экологических условий достоверны при высоких уровнях значимости. Использованный цитологический метод очень чувствителен в оценке степени влияния неблагоприятных факторов на экосистемы ели сибирской.

Ключевые слова: ель сибирская, аномалии пыльцы, экологические условия, техногенное загрязнение.

### Введение

В последние годы наблюдается большой интерес к исследованию процессов микроспорогенеза у различных хвойных видов, подверженных влиянию промышленного загрязнения. Авторами показано, что в условиях промышленного загрязнения у исследованных видов возрастает число патологий в процессе микроспорогенеза, и рассматривается возможность использования различных методов оценки структурных и функциональных изменений в мужской генеративной системе для индикации загрязнения окружающей среды [3,4, 6 – 10].

В настоящей работе представлены результаты исследования аномалий пыльцевых зерен ели сибирской, произрастающей на территории Республики Башкортостан в условиях различного по характеру и интенсивности техногенного загрязнения в сравнении с более чистыми условиями, принятыми в качестве контрольных.

### Объекты и методы исследования

В качестве объектов для исследования выбраны средневозрастные насаждения ели сибирской. Всего исследовано 5 пробных площадей, в том числе три из них находятся на территории г. Уфы (ул. Комарова, ДК Нефтехимиков, Ботанических сад), четвертая – в Иглинском районе РБ (ст. Тавтиманово) и пятая – в Нуримановском районе РБ, на расстоянии 60-80 км от вышеназванных пробных площадей, в насаждении, произрастающем вблизи Павловского водохранилища (пос. Павловка).

Исследованные насаждения находятся в условиях различного техногенного загрязнения, в том числе вблизи автомобильных (ул. Комарова, ДК Нефтехимиков) и железной дорог (ст. Тавтиманово), в условиях незначительного фонового загрязнения (Ботанических сад), а также в экологически благоприятных условиях, принятых в качестве контрольных (пос. Павловка). В условиях техногенного загрязнения наблюдается существенное превышение предельно допустимых концентраций различных загрязнителей. Для насаждений ели сибирской в этих условиях характерно наличие видимых повреждений: суховершинных деревьев, усыхание боковых побегов, покраснение хвои. Согласно классификации В.А.Алексеева [1], в условия загрязнения жизненное состояние древостоев определено нами как «сильно ослабленное» и «ослабленное», а в фоновых и контрольных условиях как «здоровое».

В качестве материала для исследований использовали микростробилы ели сибирской. Микростробилы с уже созревшей пыльцой, но до начала пыления, фикси-

рвали в спиртово-уксусном фиксаторе в течение суток, затем переводили на хранение в 70%-й этиловый спирт. Для цитологического анализа брали микроспорофиллы из средней части микростробила, материал окрашивали в 1%-ом растворе ацетокармина по методике З.П. Паушевой [5]. Препараты изучали при помощи микроскопа БИМАМ Р13 при 200-400 – кратном увеличении. Фотографировали препараты, используя цифровую фотокамеру Canon Power Shot A 95. Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами [2, 11], достоверность различий между исследуемыми пробными площадями определяли по критерию  $\chi^2$ .

Исследовалось более 2000 пыльцевых зерен с каждой пробной площади с учетом представительства 3-10 деревьев. При исследовании выявлялись следующие типы аномалий: стерильные пыльцевые зерна (с признаками полной или частичной дегенерации ядра и цитоплазмы, т.е. неокрашенные, неравномерно окрашенные, со «съжившимся» и отошедшим от стенок содержимым); мелкие пыльцевые зерна (нормальные или с признаками дегенерации); гипертрофированные (крупные пыльцевые зерна); пыльцевые зерна с аномалиями воздушных мешков – с одним воздушным мешком, с тремя воздушными мешками, без воздушных мешков (рис. 1).

### Результаты и их обсуждение

Результаты исследования пыльцевых зерен у ели сибирской описанных пробных площадей показали, что в условиях загрязнения увеличивается процент аномалий пыльцевых зерен и наблюдается более широкий их спектр. Так, потенциальная фертильность пыльцы, выявленная нами, в условиях техногенного загрязнения составила 64,33% (ул. Комарова), 74,92% (ДК Нефтехимиков) и 75,93% (ст. Тавтиманово); в условиях фонового загрязнения 83,42% (Ботанический сад); в экологически чистых, контрольных условиях 90,55% (пос. Павловка). В условиях загрязнения было выявлено 6 типов аномалий. Наиболее часто встречаются стерильные, гипертрофированные и мелкие пыльцевые зерна, а также пыльцевые зерна с одним и без воздушных мешков. В контрольных и фоновых условиях наблюдается 4 – 5 типов аномалий (табл. 1, рис. 2).

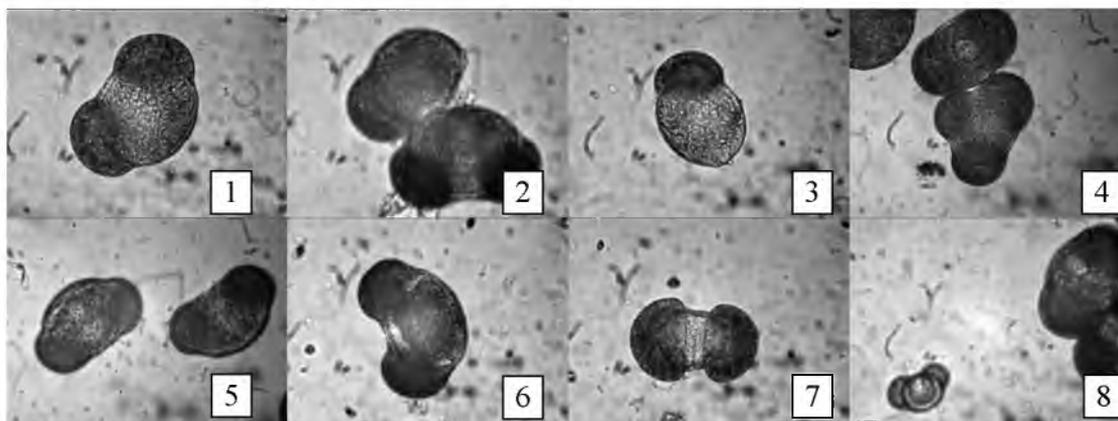


Рис. 1. Микрофотографии пыльцевых зерен ели сибирской:

- 1 – нормальное; 2, 3 – с одним воздушным мешком; 4 – с тремя воздушными мешками;  
5, 6 – с неравномерно окрашенным и «съжившимся» содержимым;  
7 – с признаками редукции; 8 – мелкое, с неравномерно окрашенным содержимым

В результате попарного сравнения показателей аномальности/фертильности пыльцевых зерен ели сибирской из условий техногенного загрязнения и условий контроля с использованием критерия  $\chi^2$  установлена достоверность различий этих показателей при высоких уровнях значимости (табл.2). Так, при сравнении пробных площадей ели сибирской из условий техногенного (ул. Комарова, ДК Нефтехимиков, ст. Тавтиманово) и фонового загрязнения (Ботанический сад) с пробной площадью, принятой за контрольную (пос. Павловка),  $\chi^2$  составил 450,33; 165,17; 174,86 и 51,19



соответственно названным пробным площадям, т.е. установленные различия достоверны ( $\chi^2_{st}=10.83$ , при  $\nu =1$ ,  $\rho > 0.001$ ).

Таблица 1

**Аномальность и фертильность пыльцевых зерен у ели сибирской в различных экологических условиях**

Местонахождение пробной площади	Аномальные пыльцевые зерна, %						Фертильные пыльцевые зерна, %	
	стерильные	мелкие	гипертрофированные	с одним воздушным мешком	с тремя воздушными мешками без воздушных мешков	всего		
г. Уфа								
ул. Комарова***	5,19	10,91	17,71	0,17	0,09	1,60	35,67	64,33
ДК Нефтехимиков***	1,32	5,61	16,80	0,09	0,09	1,18	25,09	74,92
Ботанический сад**	0,92	8,99	6,49	0,13	0,04	-	16,58	83,42
Иглинский район РБ								
ст. Тавтиманово***	2,94	8,38	11,75	0,48	0,04	0,48	24,08	75,93
Нуримановский район РБ								
пос. Павловка*	2,51	2,32	4,41	0,21	-	-	9,45	90,55

Примечание:

- \* Условия контроля.
- \*\* Условия умеренного загрязнения.
- \*\*\* Условия сильного загрязнения.

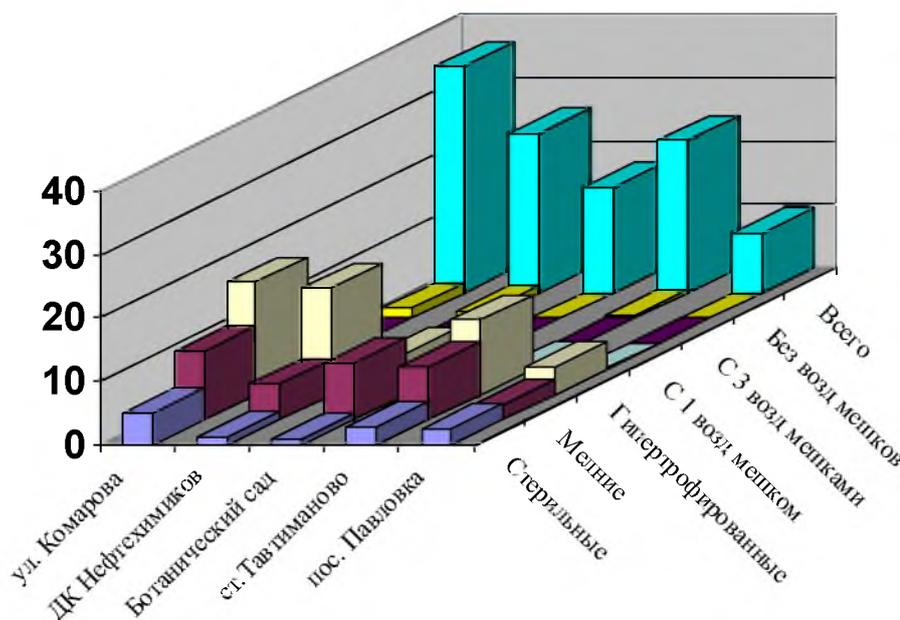


Рис. 2. Аномальность пыльцевых зерен у ели сибирской

При сравнении пробных площадей ели сибирской, расположенных на терри-



тории г. Уфы в условиях техногенного загрязнения (ул. Комарова, ДК Нефтехимиков) с пробной площадью из фоновых условий (Ботанический сад),  $\chi^2$  составил 216,33 и 50,05 соответственно названным пробным площадям, т.е. установленные различия также достоверны при высоких уровнях значимости.

Полученные результаты свидетельствуют о негативном влиянии техногенного загрязнения среды на качество пыльцевых зерен у ели сибирской, что подтверждает исследования, проведенные на хвойных видах ранее [3,4, 6 – 10].

Таблица 2

**Показатели критерия  $\chi^2$  по уровню аномальности/фертильности пыльцевых зерен у ели сибирской исследуемых пробных площадей**

Сравниваемые пробные площади	$\chi^2$
ул. Комарова – пос. Павловка	450,33
ДК Нефтехимиков – пос. Павловка	165,17
Ботанический сад – пос. Павловка	51,19
ст. Тавтиманово – пос. Павловка	174,86
ул. Комарова – Ботанический сад	216,33
ДК Нефтехимиков – Ботанический сад	50,05

Примечание:  $\chi^2 > \chi^2_{st}$  при  $\rho=0,001$

**Выводы**

1. В условиях техногенного загрязнения у ели сибирской выявлен более высокий уровень аномальности пыльцевых зерен, чем в относительно чистых, контрольных условиях, а также наблюдается более широкий их спектр (стерильные, гипертрофированные и мелкие пыльцевые зерна, пыльцевые зерна без воздушных мешков, с одним и тремя воздушными мешками).

2. Парное сравнение показателей аномальности/фертильности пыльцевых зерен ели сибирской из условий техногенного загрязнения и условий контроля с использованием критерия  $\chi^2$  показало достоверность различия этих показателей при высоких уровнях значимости, что свидетельствует о высокой чувствительности использованного метода в оценке степени влияния неблагоприятных факторов на экосистемы данного вида и окружающую среду в целом.

**Список литературы**

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.
2. Животовский. Л.А. Популяционная биометрия. – М.: Наука, 1991. – 271 с.
3. Калашник Н.А., Ясowieва С.М., Преснуха Л.П. Аномалии пыльцы хвойных видов деревьев при промышленном загрязнении на Южном Урале // Лесоведение. 2008. – № 2. – С. 33–40.
4. Махнева С.Г. Состояние мужской генеративной системы сосны обыкновенной при техногенном загрязнении среды: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. – Екатеринбург, 2005. – 24 с.
5. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
6. Романова Л.И., Третьякова И.Н. Особенности микроспорогенеза у лиственницы сибирской, растущей в условиях техногенного стресса // Онтогенез. – 2005. – Т.36, №2. – С.128–133.
7. Третьякова И.Н., Зубарева О.Н., Бажина Е.В.. Влияние загрязнения среды окислами серы на морфоструктуру кроны, генеративную сферу и жизнеспособность пыльцы у пихты сибирской в Байкальском регионе // Экология. – 1996. – №1. – С. 17–23.
8. Третьякова И.Н., Носкова Н.Е. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса // Экология. – 2004. – №1. – С.26–33.
9. Федорков А.Л. Половая репродукция сосны обыкновенной при агротехническом загрязнении в условиях Субарктики // Лесн. журн. – 1992. – №4. – С. 60–64.



10. Федорков А.Л. Микроспорогенез сосны при загрязнении среды в Российской Ландии // Лесн. журн. – 1995. – №1. – С. 48-50.

11. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. – 288 с.

## **POLLEN ANOMALIES IN *PICEA OBOVATA* UNDER DIFFERENT ECOLOGICAL CONDITIONS**

**N.A.Kalashnik**

*Botanical Garden-Institute, Ufa  
Research Center Russian Academy of Sciences, Mendeleev St.  
195, bldg 3, Ufa, 450080, Russia*

*e-mail: kalash.ufa@mail.ru*

Pollen anomalies in *Picea obovata* were studied under different ecological conditions. The results obtained testified to an adverse effect of technogenic pollution on the grain quality in the species investigated. The comparison of anomaly/fertility values using  $\chi^2$ -criterion revealed the significant differences between the test plots located under contrasting ecological conditions. The cytological method applied is considered as a very sensitive one for the assessment to the influence of unfavorable factor on ecosystems of *Picea obovata*.

Key words: *Picea obovata*, pollen anomalies, ecological conditions, technogenic pollution