

Г.Г. Соколова, А.Ю. Тиньгаева

Влияние загрязнения атмосферы на состояние хвойных деревьев в Барнауле

Парки, сады и бульвары – это своеобразные «легкие» города. Листовая поверхность задерживает, а растения в целом поглощают и трансформируют значительное количество пыли, дыма, газов и других вредных веществ, находящихся в приземном слое городского воздуха [1, с. 25]. Хвойные растения неустойчивы к воздействию воздушных поллютантов, поэтому служат биоиндикаторами состояния окружающей среды. Большинство авторов отмечают повышенную чувствительность ели к промышленным газообразным выбросам [2, с. 54].

Потенциал загрязнения атмосферы Барнаула оценивается как высокий [3, с. 14]. Главным загрязнителем городского воздуха являются дымовые газы (продукт сжигания топлива) и двуокись серы, которая образуется при сжигании низкосортного угля, содержащего примеси серы [4, с. 12]. К специфическим городским загрязнениям относятся выхлопные газы автомобилей на улицах с интенсивным движением. Среди прочих загрязнений характерны угарный газ и оксиды свинца, источником которых служит тетраэтилсвинец, добавляемый в бензин для повышения октанового числа. По исследованиям западноевропейских ученых, 50–70% свинца, содержащегося в бензине, переходит с выхлопными газами в атмосферный воздух [4, с. 27]. В результате повреждений ассимиляционного аппарата хвойных наблюдается снижение жизненного потенциала древостоев [5, с. 31].

В озеленении Барнаула хвойные растения широко используются как декоративные, особенно на центральных улицах города. Целью нашей работы являлась оценка влияния загрязнения атмосферы на жизненное состояние и морфологию ассимиляционных органов хвойных деревьев. В качестве объекта-индикатора были выбраны 2 вида хвойных, наиболее широко используемых в озеленении Барнаула, – ель обыкновенная и голубая форма ели сибирской. Нами исследовались 4 центральных магистрали Барнаула – проспекты Красноармейский, Социалистический, Ленинский и Комсомольский, а также площадь Победы. Проспекты Ленинский и Комсомольский изучали до площади Октября. На протяжении всего маршрута в местах произрастания хвойных деревьев закладывались

учетные площадки, на которых для детального исследования выбирали по 10 деревьев. Общее количество исследованных деревьев – 352, количество обследованных участков – 37.

Жизненное состояние деревьев оценивали по 7 морфологическим показателям. На каждом дереве осуществляли замеры высоты главного ствола, максимального размаха ветвей, высоты расположения самых длинных ветвей, диаметра ствола на высоте 1,5 м, процент отмерших ветвей в кроне. Всего проведено 2464 измерения, которые были обработаны статистически.

С двух деревьев каждой исследуемой точки брали образцы ветвей для дальнейшего стационарного исследования состояния хвои. Контролем служили ветви с деревьев, собранных в чистой зоне (Южно-Сибирский ботанический сад). Фиксировали следующие параметры: длина хвои, ширина хвои в центре хвоинки, количество хвоинок на 10 см двулетнего побега. Всего отобрано 70 ветвей, по 70 раз измерен вес 1000 хвоинок и их количество на 10 см длины побега, сделано по 2850 измерений длины и ширины хвои.

Одновременно в этих же точках осуществлялся мониторинг загрязнения атмосферы выхлопами автотранспорта путем подсчета плотности потока автомобилей. Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей оценивалось с использованием формулы оценки концентрации окиси углерода:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01N * K_T) * K_A * K_V * K_C * K_B * K_L,$$

где 0,5 – фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³; N – суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автомобиль/ч; K_T – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода; K_A – коэффициент, учитывающий аэрацию местности; K_V – коэффициент, учитывающий изменение концентрации загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины предельного уклона; K_C – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра; K_B – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха; K_L – коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

Коэффициент токсичности автомобилей определялся как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле

$$K_T = \sum P_i * K_{Ti},$$

где P_i – состав автотранспорта в долях от единицы; K_{Ti} определяется по таблице [6, с. 75].

Наиболее высокие коэффициенты загрязнения воздуха выхлопными газами отмечены на проспектах Красноармейском (среднее загрязнение воздуха $CO = 47,34 \text{ мг/м}^3$) и Комсомольском ($CO = 38,10 \text{ мг/м}^3$), что обусловлено высокой интенсивностью движения грузовых автомобилей по этим автомагистралям. Наименьший коэффициент загрязнения воздуха на пр. Социалистическом составил $CO = 25,4 \text{ мг/м}^3$.

Оценка жизнестойкости древостоя на улицах города производилась по формуле

$$L_n = (100 * n_1 + 70 * n_2 + 40 * n_3 + 5 * n_4) / N,$$

где L_n – жизненный потенциал; N – общее количество деревьев в древостое; n_1 – количество здоровых деревьев; n_2 – количество ослабленных деревьев; n_3 – количество сильно ослабленных деревьев; n_4 – количество усыхающих деревьев.

Обнаружена тесная корреляция значения морфологических параметров ассимиляционных органов хвойных и уровнем загрязнения воздуха выхлопами автомобилей: при увеличении концентрации загрязнителей уменьшаются длина и ширина хвои, увеличивается количество хвоинок на 10 см побега, уменьшается вес 1000 хвоинок, сокращается продолжительность жизни хвои.

Для голубой формы ели сибирской отмечены следующие достоверные изменения хвои по сравнению с контролем: сокращение длины и ширины хвоинок на 28,45 и 14,90% соответственно, увеличение количества хвоинок на 10 см побега на 67,58%, уменьшение веса 1000 хвоинок на 55,53%.

Для ели обыкновенной по сравнению с контролем произошли следующие достоверные изменения хвои: уменьшение длины и ширины хво-

инок на 24,16 и 8,69% соответственно, увеличение количество хвоинок на 10 см побега на 29,27%, увеличение веса 1000 хвоинок на 5,00%.

Единичные посадки голубой формы ели колючей (Дворец спорта) показали значительно большую ее устойчивость к загрязнению выбросами автотранспорта по сравнению с елью обыкновенной и голубой формой ели сибирской. Для данного вида хвойных отмечены большая длина и ширина хвоинок, меньшее количество хвоинок на 10 см побега и большая масса 1000 хвоинок по сравнению с двумя описанными ранее видами.

Под влиянием комплексного атмосферного загрязнения в Барнауле изменяются такие показатели жизненного состояния хвойных деревьев, как прирост дерева в высоту, диаметр ствола, размах ветвей, форма кроны, процент отмерших ветвей, продолжительность жизни хвои. Дополнительное влияние на жизненное состояние хвойных оказывают и такие абиотические факторы, как рельеф, увлажнение, уплотнение, обеднение почвы и др.

Корреляция прослеживается между интенсивностью потока автомобилей и отмиранием нижних ветвей, общим процентом отмерших ветвей в кроне и продолжительностью жизни хвои. Эти морфологические параметры в большей степени изменяются под воздействием выхлопных газов автотранспорта.

Для голубой формы ели сибирской отмечены следующие изменения по сравнению с контролем: уменьшение высоты деревьев на 4,30%, диаметра ствола на 45,90%, размаха ветвей на 20,00%, отмирание нижних ветвей до высоты 1,46 м (в контроле они сохраняются живыми на высоте 0,30 м от поверхности почвы), изменение формы кроны от правильной пирамидальной с максимальным размахом ветвей у основания кроны дерева до неправильной с максимальным размахом на высоте 2/3 или в середине кроны дерева. Высота расположения максимального размаха ветвей уменьшилась на 70% по сравнению с контролем,

Таблица 1

Динамика морфологических параметров хвои голубой формы ели сибирской, ели обыкновенной и голубой формы ели колючей в условиях Барнаула

Порода	Морфологические показатели хвои			
	длина хвои, мм	ширина хвои, мм	кол-во хвоинок на 10 см побега, шт.	вес 1000 хвоинок, г
Ель сибирская:				
город	13,16±0,3	0,96±0,1	219,5±13,6	2,26±0,7
контроль	18,45±0,2	1,13±0,1	131,0±10,1	5,09±0,4
Ель обыкновенная:				
город	13,92±0,1	0,99±0,1	173,9±14,2	2,39±0,6
контроль	18,35±0,5	1,08±0,1	134,5±15,3	2,28±0,5
Ель колючая:				
город	20,25±0,4	1,13±0,1	129,6±7,8	6,94±0,6

Жизненное состояние хвойных в условиях Барнаула

Порода	Показатели						
	Высота, м	Диаметр ствола, мм	Размах ветвей, м	Высота расположения живых ветвей, м	Высота расположения максимального размаха ветвей, м	Отмершие ветви в кроне, %	Продолжительность жизни хвои, лет
Ель сибирская, город	7,1	131,0	4,5	1,6	2,1	24,2	5,2
Ель сибирская, контроль	7,4	242,0	5,6	0,2	1,2	3,0	10,0
Ель обыкновенная, город	8,4	141,7	4,4	1,8	2,4	32,1	4,8
Ель обыкновенная, контроль	4,9	126,0	4,8	0,3	1,0	4,0	9,0
Ель колючая, город	7,4	128,0	3,3	2,1	2,2	14,0	7,0

наблюдается отмирание 24,16% всех ветвей кроны (в контроле – 3,00%); продолжительность жизни хвои уменьшается на 47,73%, а возраст хвоинок составляет 5,23 года (10 лет на контроле).

Для ели обыкновенной в городе по сравнению с контролем отмечены меньшая высота деревьев (на 71%), больший диаметр ствола (на 12%), меньший размах ветвей (на 9,48%) и более высокое расположение живых ветвей (на 1,44 м), высокий процент отмирания ветвей кроны (31,34 при 4% на контроле), уменьшение продолжительности жизни хвоинок до 4,8 лет (на 46,8%). В расположении максимального размаха ветвей у ели обыкновенной прослеживается та же закономерность, что и у голубой формы ели сибирской, что приводит к изменению формы кроны.

При сравнении морфологии и жизненного состояния двух видов ели обнаружены следующие закономерности при их выращивании в условиях Барнаула: голубая форма ели сибирской по сравнению с елью обыкновенной в городских посадках характеризуется меньшей устойчивостью хвои, но лучшими показателями жизненного состояния. Это не противоречит литературным данным [7, с. 15]. Единичные посадки голубой формы ели колючей характеризовались лучшими значениями морфологических показателей ассимиляционных органов и лучшим состоянием деревьев, чем у ели сибирской и обыкновенной, что свидетельствует о ее большей устойчивости к задымлению.

Помимо интенсивности потока автотранспорта большое влияние на состояние деревьев оказывают условия места произрастания: особенности рельефа, удаленность от источника загрязнения, направление ветра, размер массива зеленых насаждений и тип посадки.

Нами проведено экологическое картирование исследуемой территории по характеру жизненного состояния древостоя и выделены районы с неблагоприятными для хвойных деревьев условиями, в которых рекомендуется посадка видов растений, отличающихся повышенной газоустойчивостью. Наиболее ослабленными оказались насаждения ели в нижних частях проспектов Красноармейского и Комсомольского, что объясняется их загруженностью грузовым автотранспортом, а также уклоном рельефа улиц в сторону Барнаулки.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы: 1. Не рекомендуется использование ели обыкновенной и ели сибирской в насаждениях около автодорог и в районах города, характеризующихся высоким уровнем загазованности атмосферы.

2. Ель колючая, обладающая большей устойчивостью к загрязнению, может иметь ограниченное использование в декоративных целях.

3. Более уместно ограниченное использование ели для внутриквартального озеленения или в парковых массивах.

Литература

1. Ходаков Ю.И. О влиянии отрицательных факторов городской среды Ленинграда на зеленые насаждения // Растения и химические канцерогены. – Л., 1979.
2. Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. – Минск, 1979.
3. Состояние окружающей природной среды в Алтайском крае. – Барнаул, 1996.
4. Горышина Т.К. Растения в городе. – Л., 1991.
5. Чуваев А.П. Вопросы индустриальной экологии и физиологии растений / А.П. Чуваев, Ю.З. Кулагин, Н.В. Гетко. – Минск, 1973.
6. Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М., 2003.
7. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – №4.