

УДК 581.5:635.92.054 (470.51-21)

*И. Л. Бухарина, К. Е. Ведерников, А. А. Двоеглазова,  
О. Г. Большева, А. Н. Журавлева*

## **ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ И ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

*Проведены многолетние исследования особенностей ритмов сезонного развития, морфоструктуры побега, показателей метаболизма и биохимического состава растений, произрастающих в насаждениях специального назначения: санитарно-защитных зон промышленных предприятий и магистральных посадок. В результате были выделены общие черты адаптивных реакций и их видовые особенности у древесных и травянистых растений, доминирующих в насаждениях города.*

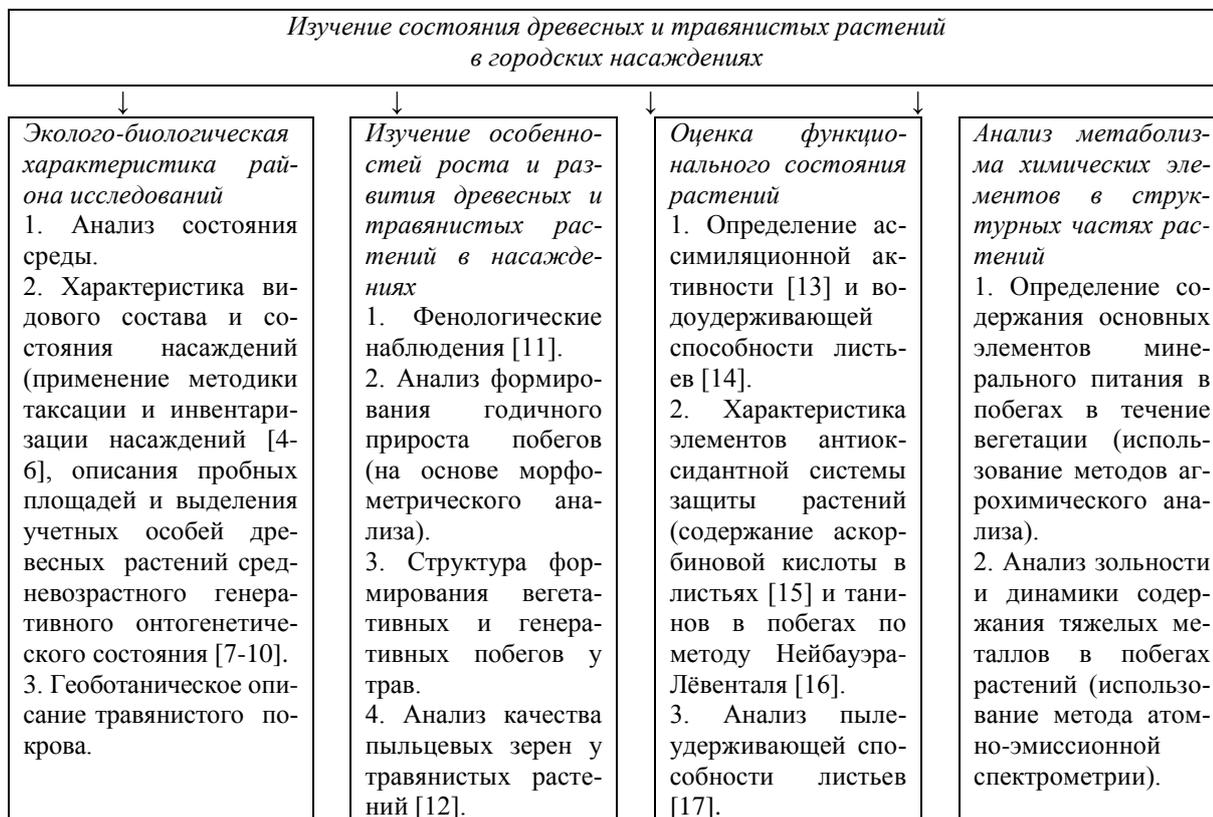
**Ключевые слова:** техногенная нагрузка, урбаносреда, адаптивные реакции растений, деревья, кустарники, травянистые.

**Введение.** В крупных промышленных центрах Уральского региона проблема экологической оптимизации городских зеленых насаждений весьма актуальна. Она требует в том числе подбора видов древесных и травянистых растений, не только устойчивых к условиям урбаносреды, но и способных наиболее эффективно выполнять средоулучшающие функции. Эта проблема значима и для г. Ижевска – крупного промышленного центра, имеющего развитую промышленность, транспортную сеть и социальную инфраструктуру.

**Целью проводимых исследований** являлось изучение особенностей адаптивных реакций растений в условиях техногенной нагрузки разной степени интенсивности.

**Методика и объекты.** Для реализации цели и задач была разработана программа исследований (см. рисунок). Объектами изучения стали деревья и кустарники, наиболее широко используемые в озеленении города, и травянистые растения, доминирующие в формирующемся естественным образом травянистом покрове насаждений. В течение ряда лет наблюдались ритмы сезонного развития, формирование годичного прироста, процессы побегообразования, показатели метаболизма и биохимического состава, репродуктивная способность растений, произрастающих в насаждениях специального назначения: санитарно-защитных зон промышленных предприятий («Ижсталь», «Автозавод», «Нефтемаш», «Буммаш») и магистральных посадок (крупнейшие магистральные улицы – К. Либкнехта и Удмуртская). Опираясь на методические подходы Н. С. Краснощековой [1], в качестве зон условного контроля выбраны пригородная зона и территория самого крупного парка г. Ижевска (ЦПКиО им. С. М. Кирова площадью 113 га, с компактной нерасчлененной конфигурацией). Климат города характеризуется как умеренно континентальный. Средняя годовая температура воздуха – +2,4°C. Безморозный период длится в среднем 128 дней. Продолжительность солнечного сияния – 1839 часов

в год. Годовое количество осадков неравномерно распределено по месяцам и в среднем годовом исчислении составляет 508 мм [2]. Уровень загрязнения соответствует средне-статистическим показателям городов Урала. Ведущими отраслями промышленности являются металлургия, машино- и автомобилестроение, производство пластмасс и строительных материалов. В настоящее время основным источником загрязнения среды является автотранспорт [3].



*Схема направлений исследования*

**Обсуждение результатов.** На основании анализа полученного полевого и лабораторного материалов нами были выделены общие черты адаптивных реакций у древесных и травянистых растений, а также их видоспецифические особенности (таблица), что, на наш взгляд, имеет и научную значимость, отражая биологические особенности устойчивости разных видов древесных и травянистых растений, и может быть востребовано при организации разных категорий городских насаждений. Адаптивные реакции растений мы ранжировали согласно принятым формам устойчивости растительных организмов. Значительный цифровой материал представлен в виде обобщений и тенденций изменения показателя.

**Видовые особенности адаптивных реакций древесных и травянистых растений в урбаноэкосистеме г. Ижевска**

Вид растения	Особенности ритмов сезонного развития	Морфологические особенности (на примере годичного побега)	Особенности метаболизма	Изменение биохимического состава
1	2*	3	4	5
Аборигенные виды древесных растений				
Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	Период цветения растянут. Наиболее существенное, по сравнению с другими изученными видами, увеличение сроков вегетации.	Возрастание длины годичного прироста за счет увеличения числа узлов. При этом площадь и масса ассимиляционного аппарата существенно не меняются.	В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий возрастают значения ИФ <sup>1</sup> и содержания АК <sup>2</sup> в листьях. В городских условиях возрастает ВС <sup>3</sup> листьев.	Увеличение концентрации танинов в побегах. В листьях снижается содержание азота на фоне роста концентрации калия и фосфора, в стеблях – снижение содержания азота.
Роза майская <i>Rosa majalis</i> Herzm.	Вегетационный период сокращается.	Годичный побег укорачивается, на нем возрастает число узлов, сокращаются площадь и масса листьев. Листья имеют высокий показатель склерофильности.	Снижение ИФ, при этом снижается ВС листьев и содержание АК.	Повышение концентрации азота в листьях в период листопада, содержание калия в побегах, наоборот, снижается.
Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	Наиболее существенное увеличение сроков вегетации, хотя этот вид отличается наиболее коротким вегетационным периодом по сравнению с другими изученными.	Возрастание длины годичного прироста за счет увеличения числа узлов. При этом площадь, масса склерофильность листьев также возрастают.	Снижение ИФ в условиях интенсивной техногенной нагрузки, при этом также снижается ВС листьев и возрастает содержание АК.	Снижение содержания танинов в побегах. В условиях интенсивной техногенной нагрузки в стеблях возрастает содержание азота и калия, а в листьях – калия и фосфора.
Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth.	Более позднее распускание почек, сокращение сроков цветения, увеличение периода вегетации.	Возрастание длины годичного прироста за счет увеличения числа узлов, при этом площадь и масса листьев существенно не меняются.	Фотосинтез значительно снижается лишь в условиях магистральных посадок. В городских насаждениях возрастает ВС листьев и содержание АК.	Рост концентрации танинов в побегах. Повышается содержание азота в стеблях, а калия и фосфора в листовом аппарате (хотя в листьях содержание азота весьма высокое).
Ива козья <i>Salix caprea</i> L.	Ускоряется период распускания почек, сокращаются сроки цветения и вегетационный период в целом.	Возрастание длины годичного прироста за счет увеличения числа узлов. Площадь и масса листьев также возрастают.	Снижение ИФ в условиях интенсивной техногенной нагрузки, при этом ВС и содержание АК в листьях остается на одном уровне с контрольными растениями.	Снижение содержания танинов в побегах. Возрастание концентраций азота и калия в листьях, на фоне снижения содержания фосфора, в стеблях – рост концентрации азота.

Продолжение таблицы

Вид растения	Особенности ритмов сезонного развития	Морфологические особенности (на примере годичного побега)	Особенности метаболизма	Изменение биохимического состава
1	2*	3	4	5
Интродуцированные виды				
Яблоня ягодная <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh	Увеличение периода вегетации.	Возрастание длины годичного прироста за счет увеличения числа узлов. При этом площадь и масса ассимиляционного аппарата не меняются.	В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий ИФ возрастает, а в магистральных посадках несколько снижается, несмотря на рост ВС и содержания АК в листьях, характерный для особей этих типов насаждений.	Рост концентрации танинов в побегах. Возрастание концентрации калия и фосфора в листьях, а в стеблях – калия и азота.
Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	Сокращение сроков цветения. Увеличение периода вегетации.	Увеличение длины годичного прироста, площади и массы листьев на нем. Листья имеют высокий показатель склерофильности.	В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий снижается ИФ, что сопровождается ростом ВС листьев. В магистральных посадках ИФ возрастает при значительном росте содержания АК.	Рост содержания танинов в побегах. Снижается концентрация азота в побегах. В условиях насаждений промзон в листьях повышается содержание калия и фосфора.
Карагана древовидная <i>Caragana arborescens</i> Lam.	Увеличение периода вегетации.	Побег укорачивается, на нем возрастает число узлов, сокращаются площадь и масса листьев.	Низкой ВС листьев. Рост содержания АК, благодаря чему ИФ не снижается и даже несколько возрастает в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий.	Рост концентрации танинов в побегах. В последних возрастает содержание азота и калия, а концентрация фосфора, наоборот, снижается.
Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i> L.	Сокращение сроков цветения. Увеличение периода вегетации.	Годичный прирост укорачивается, а в условиях наиболее интенсивной техногенной нагрузки уменьшаются масса и площадь листового аппарата.	Снижение ИФ в условиях интенсивной техногенной нагрузки, которое сопровождается ростом ВС листьев и снижением содержания АК.	Рост содержания танинов в побегах в условиях интенсивной техногенной нагрузки. В листьях происходит снижение концентрации азота и калия, а в побегах – фосфора.
Ель колючая <i>Picea pungens</i> Engelm. f. <i>glauca</i> Regel.	Нет данных	Удлинение годичного прироста.	Некоторое усиление ИФ при значительном снижении АК в хвое в насаждениях, имеющих невысокий уровень техногенной нагрузки.	Содержание танинов возрастает в хвое прошлых лет и стеблевой части побега текущего года.

Окончание таблицы

Вид растения	Особенности развития	Морфологические особенности	Особенности метаболизма	Изменение биохимического состава
1	2*	3	4	5
Представители травянистого покрова				
Ежа сборная <i>Dactylis glomerata</i> L.	Снижение фертильности пыльцевых зерен	Происходит укорачивание генеративных побегов и возрастание их плотности произрастания.	Листья в большей степени осаждают нерастворимую фракцию пыли. Высокая ИФ в начале вегетации, ослабевающая к июлю. ВС листьев снижается к концу вегетации.	Возрастание зольности надземных побегов, концентрации азота и фосфора в корневой системе по мере усиления техногенной нагрузки.
Кострец безостый <i>Bromopsis inermis</i> (Leys) Holub	Высокая устойчивость качества пыльцевых зерен.	Не наблюдается достоверных изменений размеров и плотности произрастания генеративных побегов.	Высокая пылеудерживающая способность листьев (растворимой фракции пыли). Высокая ИФ в начале вегетации, ослабевающая к июлю, наиболее значительно в условиях интенсивной техногенной нагрузки.	Возрастание зольности надземных побегов, концентрации азота и фосфора в корневой системе по мере усиления техногенной нагрузки.

*Примечания:* \* особенности адаптивных реакций, отмеченные в столбцах 2-5 таблицы, соответствуют феноритмической, габитуальной, физиологической и биохимической формам устойчивости растений (по Ю. З. Кулагину [18, 19]); ИФ<sup>1</sup> – интенсивность фотосинтеза; АК<sup>2</sup> – аскорбиновая кислота; ВС<sup>3</sup> – водоудерживающая способность листьев.

**Выводы.** Общими чертами адаптивных реакций древесных и травянистых растений в урбаносреде являются: сокращение критических периодов развития; перераспределение роста и формирования морфологических структур годичного вегетативного побега; повышение содержания аскорбиновой кислоты в листьях и ее положительная корреляция с ассимиляционной активностью; возрастание водоудерживающей способности листьев у низкорослых деревьев и кустарников и ее снижение у травянистых растений; повышение концентрации танинов в побегах; изменение баланса основных элементов минерального питания. В то же время для каждого из изученных видов установлена специфичность реализации адаптивных реакций.

В травянистом покрове насаждений к концу вегетации происходит накопление зольных элементов. У ежи сборной понижение качества пыльцы компенсируется увеличением плотности произрастания генеративных побегов, чего не наблюдается у костреца безостого. Причем листья ежи сборной в большей степени осаждают нерастворимую фракцию пыли, а костреца безостого – растворимую.

Ряд видов имеет уникальные черты адаптивных реакций – снижение уровня танинов (побеги ивы козьей и рябины обыкновенной при усилении техногенной нагрузки), десятикратное повышение концентрации данного метаболита (побеги яблони ягодной), перестройка структуры годичного прироста (клен ясенелистный и рябина обыкновенная), повышенные концентрации общего азота (побеги караганы древовидной), снижение фертильности пыльцы (у ежи сборной) – которые могут быть применены в оперативном мониторинге.

В настоящее время активно изучается состояние насаждений в крупных промышленных центрах, недостаточно освещенными остаются проблемы озеленения малых городов. В связи с этим нами совместно с Липецким филиалом Всероссийского общества охраны природы разработана программа изучения состояния насаждений (древесных посадок, газонов, элементов цветочного оформления) малых городов Липецкой области с целью разработки основных направлений развития зеленого строительства с учетом социально-экономической специфики городов.

### Список литературы

1. Краснощекова, Н. С. Оздоровление внешней среды Москвы средствами озеленения / Н. С. Краснощекова // Оздоровление окружающей среды. – М., 1973. – С. 60–70.
2. Макальская, В. Н. Климат / В. Н. Макальская // Природа Ижевска и его окрестностей: сб. ст.; Сост. В. М. Подсизерцев. – Ижевск: Удмуртия, 1998. – С. 17–38.
3. Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2007 г. – Ижевск: ООО РПК «Бизнес Сервис», 2008. – 63 с.
4. ГОСТ 2140–81. Пороки древесины. Классификация, термины и определения. Способы измерения. – М.: Издательство стандартов, 1982.
5. Соколов, П. А. Таксация леса. Ч.1. Таксация отдельных деревьев: учебное пособие / П. А. Соколов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. – 85 с.
6. Инструкция по проведению инвентаризации и паспортизации городских озелененных территорий // Сост.: Г. П. Жеребцова, В. С. Теодоронский, О. В. Дмитриева, и др. – М.: Прима-М, 2002. – 21 с.
7. Родин, Л. Е. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л. Е. Родин, Н. П. Релизов, Н. И. Базилевич. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.
8. Гришина, Л. А. Учет биомассы и химический анализ растений / Л. А. Гришина, Е. М. Самойлова. – М.: МГУ, 1971. – 99 с.
9. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – 109 с.
10. Смирнова, О. В. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов Европейской части России) / О. В. Смирнова, А. А. Чистякова, Р. В. Попатюк и др. – Пушкино, 1990. – 92 с.
11. Булыгин, Н. Е. Дендрология / Н. Е. Булыгин, В. Т. Ярмишко. – М.: МГУЛ, 2001. – 528 с.
12. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М.: Колос, 1970. – 225 с.
13. Быков, О. Д. Бескамерный способ изучения фотосинтеза: методические указания / О. Д. Быков. – Л.: ВНИИР им. Н. И. Вавилова, 1974. – 17 с.
14. Николаевский, В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации / В. С. Николаевский. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. – 220 с.
15. ГОСТ 24556–89. Методы определения витамина С. – М.: Издательств стандартов, 1989.
16. Методы биохимического исследования растений. – М.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
17. Кавеленова, Л. М. Методы контроля за состоянием окружающей среды / Л. М. Кавеленова, Л. В. Кведер. – Самара: Самарский университет, 2006. – 100 с.
18. Кулагин, Ю. З. Древесные растения и промышленная среда / Ю. З. Кулагин. – М.: Наука, 1974. – 124 с.
19. Кулагин, Ю. З. Индустриальная дендрэкология и прогнозирование / Ю. З. Кулагин. – М.: Наука, 1985. – 117 с.

Статья поступила в редакцию 01.07.09.

*I. L. Bukharina, K. E. Vedernikov, A. A. Dvoeglasova,  
O. G. Bolysheva, A. N. Guravleva*

### ECOLOGO-BIOLOGICAL PARTICULARITIES OF WOOD AND GRASS PLANTS ADAPTATION IN CONDITIONS OF INTENSE ANTHROPOGENIC BURDEN.

*Long-term researchings of season development rhythms peculiarities, of morphostructure of burgeon, index of metastasis and bio-organic composition of plants, which grow in special purpose plantations: sanitary-protective areas of industrial plant and main plantings, were presented.*

*As a result of this experiment, common features of adaptive reactions and specific peculiarities of wood and grass plants which prevail in plantation of the city were found.*

**Key words:** *technogenetics burden, urban environment, adaptive reactions, trees, bushes, grassies.*

---

*БУХАРИНА Ирина Леонидовна* – доктор биологических наук, профессор Ижевской государственной сельскохозяйственной академии (г. Ижевск). Научные интересы – особенности адаптивных реакций растений в условиях техногенной среды. Автор 110 публикаций.

E-mail: buharin@udmlink.ru

*ВЕДЕРНИКОВ Константин Евгеньевич* – кандидат биологических наук, доцент Ижевской государственной сельскохозяйственной академии (г. Ижевск). Научные интересы – особенности морфогенеза и адаптивных реакций древесных растений в условиях техногенной среды. Автор 17 публикаций. E-mail: wke-les@rambler.ru

*ДВОЕГЛАЗОВА Анна Алексеевна* – старший преподаватель Ижевской государственной сельскохозяйственной академии (г. Ижевск). Научные интересы – особенности морфогенеза и адаптивных реакций травянистых и цветочно-декоративных растений в условиях техногенной среды. Автор 15 публикаций. E-mail: aNNa\_379@bk.ru

*БОЛЬШЕВА Олеся Геннадьевна* – научный сотрудник Липецкого филиала Всероссийского общества охраны природы (г. Липецк). Научные интересы – проблемы озеленения малых городов. Автор 15 публикаций. E-mail: Destiny2011@yandex.ru

*ЖУРАВЛЕВА Анастасия Николаевна* – инженер Удмуртского государственного университета (г. Ижевск). Научные интересы – изучение репродуктивного потенциала растений и фитомелиорация почв на техногенных территориях. Автор 6 публикаций.

E-mail: shan-81@mail.ru