

На правах рукописи



**ЖУРАВЛЕВА
АНАСТАСИЯ НИКОЛАЕВНА**

**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ОСОБЕННОСТИ
СЕМЕННОГО РАЗМНОЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ**

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук



005013966

1 2 (ААР 2012

Тольятти, 2012

Диссертационная работа выполнена на кафедре инженерной защиты окружающей среды Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет»

**НАУЧНЫЙ
РУКОВОДИТЕЛЬ**

доктор биологических наук, профессор
Бухарина Ирина Леонидовна

**ОФИЦИАЛЬНЫЕ
ОППОНЕНТЫ:**

доктор биологических наук, профессор
Кавеленова Людмила Михайловна;

доктор биологических наук, профессор
Кулагин Андрей Алексеевич

**ВЕДУЩАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ:**

**Саратовский государственный
университет им. Н.Г. Чернышевского**

Защита диссертации состоится **29 марта 2012 г. в 13 часов** на заседании диссертационного совета Д 002.251.01 при Институте экологии Волжского бассейна РАН по адресу: 445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10.

Тел.(8482) 489977, тел./факс (8482) 489504. E-mail: ievbras2005@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института экологии Волжского бассейна РАН, с авторефератом – в сети Интернет на сайте ИЭВБ РАН www.ievbras.ru и на сайте ВАК Минобрнауки www.mon.gov.ru.

Автореферат разослан «25» февраля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



А.Л. Маленев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В городской среде наблюдается комплексное воздействие негативных факторов природного и антропогенного характера на рост и развитие растений, их способность к репродукции.

Репродуктивная стратегия является главным фактором реализации адаптивных возможностей вида, его эффективного воспроизводства и распространения. Выявление видов растений, обладающих высоким уровнем экологической адаптации и пластичности к условиям урбаноcреды, – важная задача современности.

Актуальными в настоящее время становятся вопросы реконструкции и возобновления городских насаждений. В связи с чем, весьма важным является изучение влияния городской среды на семенное размножение растений.

Различные аспекты процессов роста и развития древесных и травянистых растений в условиях города изучались многими исследователями (Кулагин, 1974; Николаевский, 1979; Сергейчик, 1984; Горышина, 1991; Кулагин, 1994; Чернышенко, 1996; Неверова, Колмогорова, 2003; Кавеленова, 2006; Круглова, 2006; Кулагин, 2006; Поварнищина, 2007; Ведерников, 2008; Бухарина, 2009; Двоглазова, 2009; Жуйкова, 2009), но особенности формирования генеративных структур, семенного размножения растений в условиях урбаноcреды изучены недостаточно, а без учета эколого-биологических, в том числе и репродуктивных, характеристик растений не представляется возможным создание экологически эффективных насаждений города.

Цель исследования – изучение эколого-биологического состояния древесных и травянистых растений в различных категориях городских насаждений и оценка влияния городской среды на их семенное размножение (на примере г. Ижевска).

Задачи исследования:

1. Дать экологическую характеристику условий произрастания растений.
2. Оценить состояние и видовое разнообразие древесной и травянистой растительности в различных категориях насаждений.
3. Выявить физиолого-биохимические особенности листового аппарата (содержание хлорофилла, аскорбиновой кислоты) древесных и травянистых растений исследуемых категорий насаждений.
4. Оценить влияние городской среды на качество семени и начальные этапы роста проростка древесных и травянистых растений.

Научная новизна работы. Впервые для различных категорий насаждений крупного промышленного центра Уральского региона – г. Ижевска проведена сравнительная оценка влияния урбанизированной среды на репродуктивную способность семени древесных и травянистых растений. Проанализирована лабораторная и полевая всхожесть семян древесных и травянистых растений в связи с их эколого-биологическим состоянием в насаждениях г. Ижевска. Дана оценка влиянию почвенных условий на прорастание семени и развитие проростков.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Состояние древесной и травянистой растительности насаждений г. Ижевска свидетельствует о выраженной техногенной нагрузке.
2. Листья изучаемых видов древесных растений в различных экологических категориях насаждений города имеют аналогичный характер изменения содержания фотосинтетических пигментов и аскорбиновой кислоты; для травянистых растений характерны видоспецифические реакции.
3. Урбанизированная среда оказывает влияние на формирование семени, снижая показатель всхожести семени древесных и травянистых растений. Почвы,

имеющие низкие показатели фитотоксичности, могут оказывать стимулирующее воздействие на показатель всхожести семени.

Теоретическая значимость работы. Материалы исследований расширяют существующие представления об особенностях изменения содержания хлорофилла и аскорбиновой кислоты в листьях древесных и травянистых растений в зависимости от степени техногенной нагрузки. Результаты исследования способствуют расширению знаний о влиянии урбанизированной среды на репродуктивную способность растений.

Практическая значимость работы. Результаты оценки состояния насаждений города могут являться основой для планирования работ по их созданию и реконструкции, а также организации и планирования городских ландшафтов. Особенности семенного размножения древесных и травянистых растений можно использовать при создании древесных насаждений и газонов в различных категориях городских насаждений в зависимости от уровня техногенной нагрузки. Исследования могут быть использованы для разработки системы мероприятий по содействию естественному возобновлению растений.

Личный вклад автора. Автором определены цель и задачи исследования, осуществлены сбор материала, математическая обработка и анализ полученных результатов. Текст диссертации написан по плану, согласованному с научным руководителем. В диссертации использованы работы, опубликованные в соавторстве. Доля участия автора в подготовке этих публикаций составляет 60-90%.

Апробация работы. Основные результаты работы были доложены на Российской научной конференции с международным участием «Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов» (Кемерово, 2009), Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы утилизации техногенных образований и органических отходов» (Ижевск, 2010), международной научно-практической конференции «Регионы в условиях неустойчивого развития» (Кострома – Шарья, 2010), Всероссийской научной конференции с международным участием «Принципы и способы сохранения биоразнообразия» (Йошкар-Ола, 2010), Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы биологической науки и образования в педагогических вузах» (Новосибирск, 2010), молодежной научной конференции «Актуальные проблемы экологии Волжского бассейна» (Тольятти, 2011), Всероссийском конкурсе «Инновационный потенциал молодежи 2012» (Ульяновск, 2011).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, три из которых в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 154 страницах, состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы, включающего 224 источника, из них 15 на иностранных языках. 11 приложений. Работа содержит 12 таблиц и 21 рисунок.

Глава 1. ГОРОД КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА

В первой главе рассматриваются экологические особенности городской среды, приводится характеристика экологической роли насаждений, эколого-биологические особенности растений городской среды (Кулагин, 1974; Илькун, 1978; Горышина, 1991; Кулагин, 1994; Третьякова, 2001; Неверова, Колмогорова, 2003; Кавеленова, 2006; Кулагин, 2006; Ведерников, 2008; Неверова, 2008; Бухарина, 2009; Жуйкова, 2009; Бухарина, Двоглазова, 2010).

Глава 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены по программе, представленной на схеме (рис. 1). Объект исследований – древесные и травянистые растения, произрастающие в Ижевске в составе различных экологических категорий насаждений: примагистральные посадки (крупнейшие магистральные улицы Новоажимова и Кирова); санитарно-защитные зоны промышленных предприятий – ОАО «Автозавод». ОАО «Завод Пластмасс», являющихся одними из основных загрязнителей города. Согласно методическим подходам Н.С. Краснощековой (1987) в качестве зон условного контроля (ЗУК) выбраны ветрозащитная лесополоса в 90 км от г. Ижевска и территория городского бульвара им. Н.В. Гоголя.

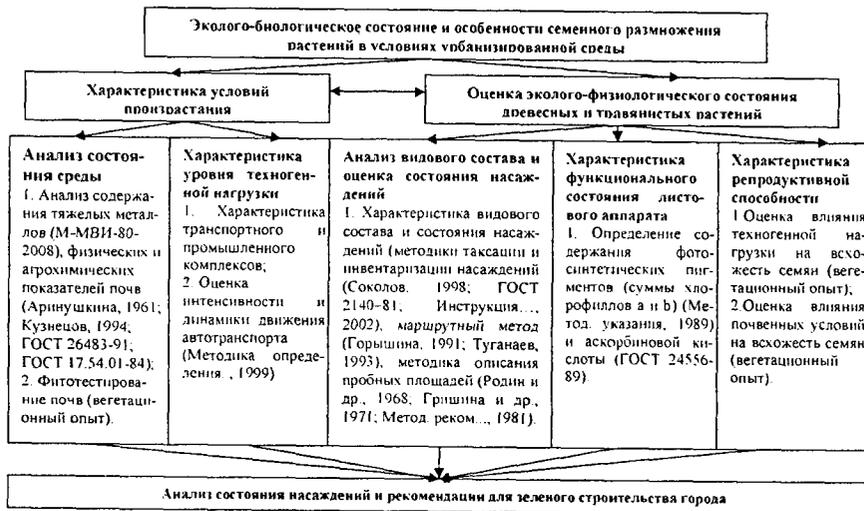


Рис. 1. Программа исследований

Математическую обработку материалов провели с применением статистического пакета «Statistica 5.5». Использованы методы описательной статистики, дисперсионный многофакторный анализ (при последующей оценке различий методом множественного сравнения LSD-тест). В процессе сравнения и анализа полученных результатов использовали достоверные различия между признаками (при $P < 0,05$).

Глава 3. ГОРОД ИЖЕВСК КАК КРУПНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЦЕНТР

Дана характеристика физико-географического положения, природно-климатических условий г. Ижевска. Проведен анализ метеорологических условий периода исследований. Город Ижевск является крупным промышленным центром Уральского региона, наибольший вклад в загрязнение атмосферы которого вносят предприятия теплоэнергетики, металлургии и машиностроения, автотранспорт (Доклад..., 2007-2010: О состоянии..., 2010). За последние годы в Ижевске объемы выбросов от стационарных источников значительно сократились в связи со спадом промышленного производства, применением новых технологий и выполнением природоохранных мероприятий. Одновременно отмечается тенденция к росту числа автотранспорта и увеличение выбросов от передвижных источников загрязнения.

В последние годы уровень загрязнения атмосферного воздуха по показателю индекса загрязнения атмосферы (ИЗА₅=6,75-5,7) оценивается как повышенный и средний.

Глава 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Динамика транспортного потока

Для характеристики условий произрастания растений примагистральных посадок мы провели оценку интенсивности и динамики движения автотранспорта по ул. Кирова и Новоажимова, а также расчет выбросов загрязняющих веществ. Исследованиями выявлено, что в транспортном потоке легковые автомобили составляют 89, грузовой автотранспорт – 7, автобусы – 4%. Суточная динамика интенсивности движения автотранспорта представлена на рис. 2.

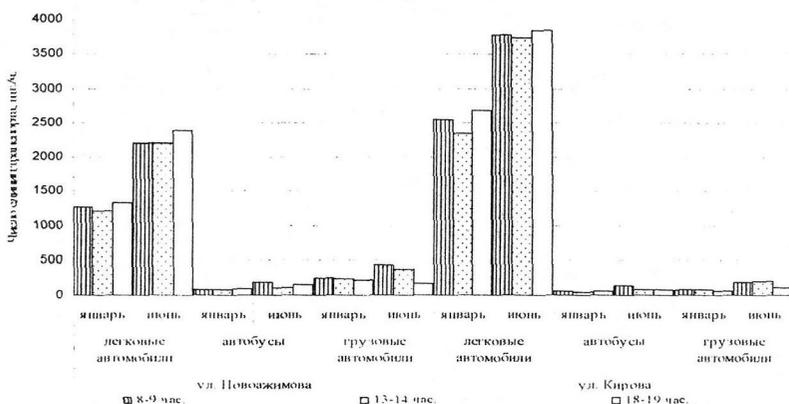


Рис. 2. Суточная динамика интенсивности движения автотранспорта на ул. Новоажимова и Кирова (г. Ижевск)

Среднесуточная интенсивность движения автотранспорта на обеих магистралях составила свыше 30 тыс. ед./сут. и характеризуется как высокая. Наибольший показатель на ул. Кирова – свыше 90 тыс. ед./сут. Нами также отслежены сезонные изменения интенсивности движения транспортного потока (рис. 3).

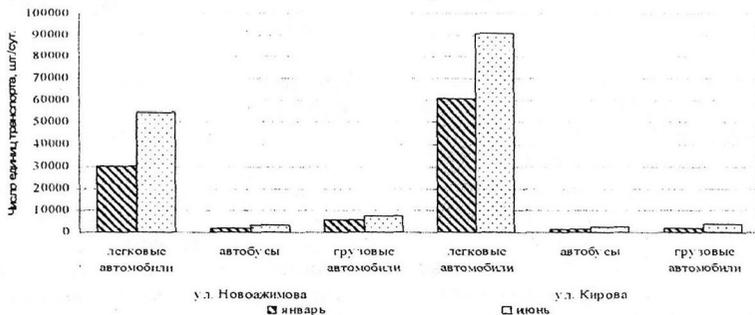


Рис. 3. Сезонная динамика среднесуточной интенсивности движения автотранспорта на ул. Новоажимова и Кирова

В летний период число единиц легкового автотранспорта увеличивается в 1,6 раза, грузового – в 1,8 раза по сравнению с зимними месяцами, что обусловлено увеличением грузо- и пассажиропотока в данное время года. Оценка выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников (Методика., 1993) проводилась с учетом интенсивности и состава транспортного потока (табл. 1).

Таблица 1.

Динамика выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта на исследуемых магистралях, т

	ул. Новоажимова				ул. Кирова			
	легковые автомобили		грузовые автомобили		легковые автомобили		грузовые автомобили	
	июнь	январь	июнь	январь	июнь	январь	июнь	январь
CO	0,223	0,125	0,091	0,065	0,386	0,257	0,047	0,022
CH	0,047	0,026	0,010	0,007	0,082	0,054	0,005	0,002
NO ₂	0,028	0,016	0,008	0,006	0,048	0,032	0,004	0,002
SO ₂	0,002	0,001	0,000	0,000	0,003	0,002	0,000	0,000

Высокая интенсивность движения автотранспорта в течение суток, увеличение транспортного потока в летний период, а с ним и объемов выбросов загрязняющих веществ повышают уровень техногенной нагрузки на насаждения вдоль магистралей, особенно в период активной вегетации растений.

4.2 Агрохимические и физические особенности почв районов исследования

В ходе оценки плотности сложения почв нами выявлено, что почвы насаждений санитарно-защитных зон промышленных предприятий ОАО «Автозавод» (1,24 г/см³) и ОАО «Завод Пластмасс» (1,26 г/см³) являются слабоуплотненными. Почвы примагистральных посадок (ул. Кирова и ул. Новоажимова), а также городского бульвара им. Н.В. Гоголя имеют нормальную плотность сложения (от 1,12 до 1,19 г/см³). При этом отмечен низкий уровень полевой влажности почв во всех категориях насаждений (13-25%). По основным агрохимическим показателям почвы исследуемых районов значительно отличаются от естественных дерново-подзолистых почв. Основные агрохимические показатели, содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2.

Агрохимические показатели почв районов исследования

Показатели почв	Районы исследования					
	ЗУК ¹		СЗЗ ² пром. предприятий		примагистральные посадки	
	ветрозащитная лесополоса	бульвар им. Н.В. Гоголя	Автозавод	завод Пластмасс	ул. Кирова	ул. Новоажимова
pH _{KCl}	4,56±0,10	7,32±0,01	6,74±0,15*	7,31±0,02	7,31±0,05	7,83±0,01*
pH _{H2O}	6,25±0,09	8,02±0,05	7,64±0,14	8,15±0,02	8,43±0,09*	8,52±0,02*
NH ₄ ⁺ , мг/кг	293,5±3,1	138,3±9,0	131,8±10,5	64,2±4,9	158,4±5,0	41,7±3,4*
NO ₃ ⁻ , мг/кг	1,18±0,06	17,99±2,37	0,00	0,34±0,08	1,72±0,17	7,14±0,84
P ₂ O ₅ , мг/кг	33,46±0,36	286,07±16,03	63,03±1,52	81,22±2,88	194,19±12,11	46,55±5,87
K ₂ O, мг/кг	109,0±5,7	241,8±4,8	148,9±7,5	161,9±3,5	237,8±14,0	308,6±10,1*
S, моль/100г почвы	24,0±0,2	38,5±1,5	13,3±0,7*	38,4±2,0	24,5±3,7	40,5±0,6

Примечание: ЗУК¹ – зоны условного контроля; СЗЗ² – санитарно-защитные зоны; * – достоверные различия (при P<0,05).

Таблица 3.

**Содержание химических элементов (валовая форма) в почвах
районов исследования, мг/кг**

Районы исследования	Содержание химических элементов						
	Zn	Cd	Cu	Ni	Cr	Mn	Pb
зоны условного контроля	60±18	<0,05	32±10	25±7	34±10	925±277	19±6
санитарно-защитные зоны пром. предприятий	118±36	<0,05	44±9	37±11	58±17	1737±521	68±14
примагистральные посадки	274±82	1,70±0,51	114±34	70±21	144±43	1822±547	169±51
ПДК	220	2	132	80	15	1000	130

Трансформация почвенного покрова исследуемых категорий насаждений г. Ижевска проявляется в изменении следующих характеристик: подщелачивании почв (максимальные значения характерны для почв примагистральных посадок, где показатель pH на 2 ед. выше зональных почв); росте содержания обменного калия и подвижного фосфора; недостатке доступных для растений форм азота. Содержание цинка и свинца на четверть превышает ПДК в почвах примагистральных посадок. Многократное превышение допустимых концентраций выявлено для хрома и марганца в почвах примагистральных посадок и санитарно-защитных зон промышленных предприятий.

4.3 Оценка фитотоксичности городских почв

Для характеристики экологического состояния почв помимо физических и агрохимических показателей большое значение имеет оценка степени их токсичности для растений.

Оценку фитотоксичности почв исследуемых категорий городских насаждений проводили по показателю полевой всхожести семян и морфометрическим параметрам проростка тест-культур (ГОСТ 20290-74).

Таблица 4.

Всхожесть семян тест-культур при тестировании почв районов исследований. % (8 суток после посева)

Тест-культура	Районы исследований					
	ЗУК ¹		СЗЗ ² пром. предприятий		примагистральные посадки	
	ветроза- щитная лесополоса	бульвар им. Н.В. Гоголя	Автозавод	завод Пластмасс	ул. Киро- ва	ул. Ново- ажимова
Пшеница сорт «Анюта»	88±3 ³ 80..96 ⁴	96±2 90..100	90±2 85..95	88±4 80..95	87±3 80..92	87±5 75..99
Тимофеевка луговая	67±5 54..79	60±9 38..82	67±8 48..85	24±8* 7..42	40±10 17..63	24±10* 3..46

Примечание: ЗУК¹ – зоны условного контроля; СЗЗ² – санитарно-защитные зоны; ³ – среднее значение ± ошибка среднего; ⁴ – доверительный интервал для среднего значения; * – достоверные различия (при P<0,05).

Существенное снижение полевой всхожести семян наблюдалось только у тимфеевки луговой (*Phleum pratense* L.) в почвах насаждений СЗЗ завода Пластмасс и в примагистральных посадках ул. Новоажимова.

Достоверно низкие показатели полевой всхожести семян тимофеевки луговой в почвах насаждений санзон промышленных предприятий и примагистральных посадок по сравнению с почвами условно чистых районов, на наш взгляд, свидетельствуют о более высокой чувствительности семян данной тест-культуры к токсическому воздействию городских почв. Отсутствие достоверных различий по данному параметру у пшеницы сорта «Анжута» (*Triticum aestivum* L.) можно объяснить большим запасом питательных веществ, содержащихся в семенях пшеницы, обеспечивающих проросток на начальных стадиях развития семени.

Значимым показателем токсичности почв для растений является изменение морфометрических параметров проростков тест-культур (табл. 5).

Таблица 5.

Морфометрические показатели проростков тест-культур при тестировании почв районов исследования (на 18 сутки после посева)

Морфометрические параметры	Районы исследований					
	ЗУК ¹		СЗЗ ² пром. предприятий		примагистральные посадки	
	ветрозащитная лесополоса	бульвар им. Н.В. Гоголя	Автозавод	завод Пласт-масс	ул. Кирова	ул. Новоажимова
Пшеница сорт «Анжута»						
число корней, шт.	4,8±0,1 ³ 4,6..5,0 ⁴	4,8±0,1 4,6..5,0	4,9±0,1 4,8..5,0	4,9±0,1 4,7..5,0	5,0±0,1 4,9..5,1	4,9±0,1 4,8..5,0
длина корней, мм	159±3 152..165	171±3 165..179	180±4 172..188*	191±3 184..197*	177±3 171..182*	92±3 87..97*
высота надземной части побега, мм	149±5 138..160	127±6 116..139	160±5 150..170	196±5 185..207*	208±5 199..219*	196±5 185..206*
Тимофеевка луговая						
число корней, шт.	1,2±0,1 1,0..1,4	1,1±0,1 1,0..1,2	1,0±0,0	1,2±0,1 1,0..1,3	1,2±0,1 1,0..1,3	1,2±0,1 1,0..1,4
длина корней, мм	25±1 22..27	28±1 26..30	24±1 21..26	25±2 21..28	25±1 23..28	30±1 27..32*
высота надземной части побега, мм	45±3 39..51	38±2 34..43	36±2 32..40	34±2 30..38*	39±2 35..43	30±2 26..34*

Примечание: ЗУК¹ – зоны условного контроля; СЗЗ² – санитарно-защитные зоны; 3 – среднее значение ± ошибка среднего; 4 – доверительный интервал для среднего значения; * – достоверные различия (при P<0,05).

В ходе фитотестирования почв СЗЗ промышленных предприятий нами отмечено увеличение высоты надземной части побега и длины корней у проростков пшеницы, а значительно меньшие размеры надземной части побега, по сравнению с ЗУК, имели проростки тимофеевки луговой. В почвах примагистральных посадок (ул. Новоажимова и Кирова) у проростков пшеницы отмечается увеличение размеров надземной части побега и уменьшение длины корней (ул. Новоажимова), а у проростков тимофеевки луговой – достоверное увеличение длины корней и уменьшение высоты надземной части побега.

У проростков обеих тест-культур под влиянием почвенных условий наблюдается изменение основных морфометрических параметров (меняется соотношение длины корней и высоты надземной части побега), что свидетельствует о токсическом действии почв на ранних этапах роста проростков.

Уровень фитотоксичности почв (фитотоксический эффект) оценили по изменению длины корней тест-культур по отношению к показателям ЗУК (Лозановская, Орлов, Садовникова, 1998): разница до 10% – экологически чистые почвы, 10-30% – слабая фитотоксичность почв, 30-50% – средняя и свыше 50% – высокая или недопустимая степень фитотоксичности почв.

Уменьшение длины корней проростков тимopheевки луговой на 11% в почвах насаждений санзоны предприятия Автозавод свидетельствует о слабой степени фитотоксичности почв. Наибольший фитотоксический эффект отмечен в почвах примагистральных посадок ул. Новоажимова – 44%.

Анализ агрохимических и физических показателей, оценка фитотоксичности почв исследуемых районов показали, что степень техногенной трансформации почв в насаждениях возрастает в ряду ЗУК – СЗЗ промышленных предприятий – примагистральные посадки.

Глава 5. ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНЫХ И ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА

Анализ видового состава и состояния древесной и травянистой растительности был проведен ранее в девяти функциональных зонах города Ижевска (Бухарина, Поварнищина, Ведерников, 2007; Бухарина, Двоглазова, 2010). Аналогичная схема исследований была использована в изучаемых нами категориях насаждений города.

5.1 Видовой состав и состояние исследуемых категорий насаждений

В исследуемых категориях насаждений произрастает 32 вида древесных растений, из которых 14 – интродуценты. 2 вида встречаются только в культуре. Видовой состав в основном представлен березой повислой (*Betula pendula* Roth.), липой мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), кленом ясенелистным (*Acer negundo* L.), тополем бальзамическим (*Populus balsamifera* L.). Наибольшее видовое разнообразие древесной растительности отмечено в примагистральных посадках (25 видов) и на территории бульвара им. Н.В. Гоголя (16 видов). Характеризуя состояние древесных растений, необходимо отметить, что в насаждениях в ряду ЗУК – СЗЗ промпредприятий – примагистральные посадки удовлетворительное и неудовлетворительное состояние имеют соответственно 78, 82, 80% особей деревьев и кустарников. Наибольший процент особей неудовлетворительного состояния отмечен в насаждениях промзоны Автозавода (15%) и в магистральных посадках ул. Новоажимова (8%). Основные патологии древесных растений в примагистральных посадках – механические повреждения, краевой некроз листьев, морозные трещины, закрытые и открытые прорости. У деревьев и кустарников в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий распространены сухобокость, морозные трещины, механические повреждения и суховершинность.

Описание формирующегося естественным образом травостоя в исследуемых категориях насаждений выявило 45 видов травянистых растений. Максимальное видовое разнообразие травянистой растительности (от 16 до 18 видов) отмечено в насаждениях СЗЗ промпредприятий и ЗУК. Площадь проективного покрытия травянистого покрова в ряду ЗУК – санзоны промпредприятий – примагистральные посадки составила соответственно 85, 75-80, 70-73%. На основе оценки проективного покрытия выделены виды, преобладающие в травостое: ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) и кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub.). Ежа сборная произрастала на всех пробных площадях. Проективное покрытие составило 20-40% в насаждениях

ЗУК, 25-50% – в санзонах промышленных предприятий и 15-70% – в примагистральных посадках. Проектное покрытие костреца безостого в этих районах составило 23-55, 20-70 и 30-50% соответственно.

Несмотря на довольно широкий видовой состав насаждений, наибольший удельный вес составляют 5 видов деревьев и 2 вида трав. Площадь проективного покрытия травянистого покрова ни в одной из категорий изучаемых насаждений не достигает максимальных значений. Состояние лишь 1/3 особей древесных растений характеризуется как хорошее.

5.2 Содержание хлорофилла и аскорбиновой кислоты в листьях растений

В условиях городской среды в результате влияния целого комплекса аэротехногенных выбросов фотосинтезирующая деятельность растений значительно меняется. Существуют различные методы изучения фотосинтеза (по поглощению углекислоты, определению изменения сухой биомассы, содержанию органического вещества или углерода в листьях, газометрические методы), но решающее значение для оценки возможной активности фотосинтеза листа и растения в целом имеет концентрация фотосинтетических пигментов.

Дисперсионный анализ результатов исследования показал, что на содержание в листьях древесных растений суммы хлорофиллов а и в достоверное влияние оказали видовые особенности ($P < 10^{-5}$), условия места произрастания ($P < 10^{-5}$), а также их взаимодействие ($P = 7,18 \cdot 10^{-4}$).

Анализ результатов показал, что у обоих изучаемых видов древесных растений (рис. 4А) содержание хлорофилла в листьях увеличивается в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, а в магистральных посадках – снижается по сравнению с ЗУК.

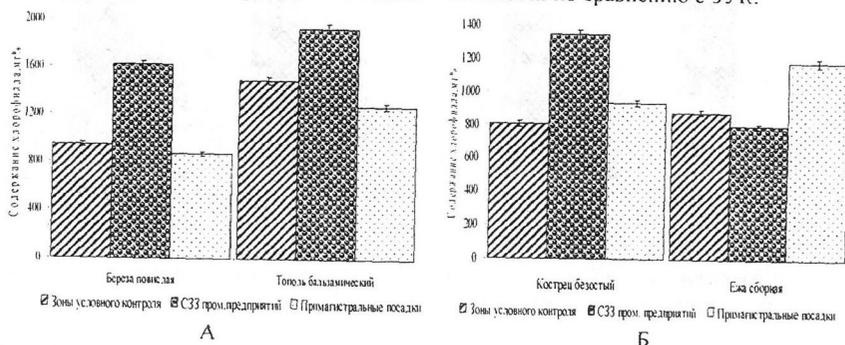


Рис. 4. Содержание хлорофилла в листьях древесных и травянистых растений, произрастающих в различных категориях насаждений г. Ижевска

На содержание хлорофилла в листьях ежи сборной и костреца безостого (рис. 4Б) также достоверно влияют видовые особенности ($P = 2,51 \cdot 10^{-5}$), условия места произрастания ($P < 10^{-5}$) и взаимодействие этих факторов ($P < 10^{-5}$). В листьях костреца безостого, произрастающего в примагистральных посадках и насаждениях СЗЗ промышленных предприятий, содержание хлорофилла увеличивается по сравнению с ЗУК, а в листьях ежи сборной существенное увеличение данного пигмента отмечается только в примагистральных насаждениях.

По обобщенным данным самое высокое содержание хлорофилла в листьях древесных и травянистых растений (за исключением ежи сборной) наблюдалось в насажде-

ниях СЗЗ промышленных предприятий. Мы полагаем, что в зоне влияния промышленных предприятий на растения действует невысокий уровень загрязнения. Большинство тяжелых металлов, содержащихся в аэротехногенных выбросах и почвах, являются биогенными элементами, что ведет к некоторому росту содержания хлорофилла, что также отмечалось в исследованиях ряда авторов (Илькун, 1978; Веретенников, 1980; Тарабрин, Кондратьев, Башкатов, 1986; Голубева, 1999; Бухарина, Поварнишина, Ведерников, 2007; Поварнишина, 2007).

Аскорбиновая кислота в растительной клетке участвует в регуляции окислительно-восстановительного потенциала, с которым связана активность многих ферментов и физиолого-биохимических реакций, в том числе таких жизненно важных, как фотосинтез и дыхание (Овчаров, 1964; Кретович, 1971; Чупахина, 1997). Содержание аскорбиновой кислоты тесно связано с условиями произрастания и физиологическим состоянием растительного организма.

Анализ полученных результатов выявил существенное влияние видовых особенностей ($P=3 \cdot 10^{-5}$), условий места произрастания ($P < 10^{-5}$), а также их взаимодействия ($P=0,0197$) на содержание аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений. При возрастании техногенной нагрузки отмечается достоверный рост содержания аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий (рис. 5А), а в примагистральных посадках содержание данного метаболита в листьях достоверно снижается.

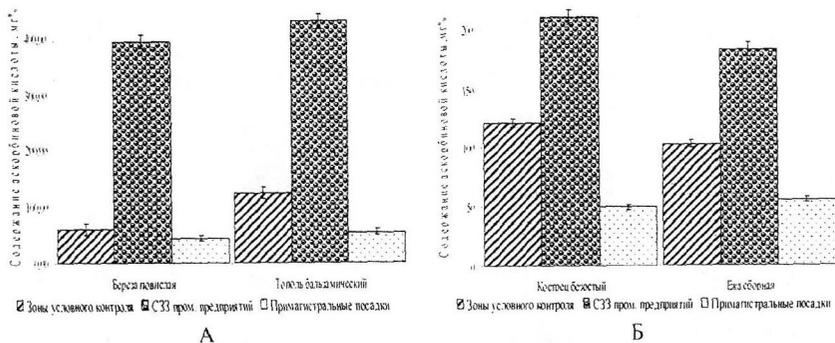


Рис. 5. Содержание аскорбиновой кислоты в листьях древесных и травянистых растений, произрастающих в различных категориях насаждений г. Ижевска

Анализ результатов содержания аскорбиновой кислоты в листьях травянистых растений также выявил достоверное влияние видовых особенностей ($P=0,0005$), условий места произрастания ($P < 10^{-5}$) и их взаимодействия ($P=0,012$) на данный показатель. Реакция травянистых растений на увеличение техногенной нагрузки была аналогична реакции древесных растений (рис. 5Б), а именно с увеличением нагрузки в ряду ЗУК – СЗЗ промпредприятий содержание аскорбиновой кислоты в листьях травянистых растений возрастает, а в условиях наиболее высокой техногенной нагрузки снижается почти в два раза по сравнению с условно чистыми местообитаниями.

5.3 Влияние техногенной нагрузки на репродуктивную способность древесных и травянистых растений

В урбанизированной среде отмечаются изменения в строении и развитии репродуктивных органов растений (дефектная пыльца, малое количество пыльцевых зе-

рен в гнездах пыльника, аномальные изменения зародышевого мешка и др.). Значимым показателем репродуктивной способности растений является качество семени.

Формирование жизнеспособного семени является одной из важных адаптивных реакций растений в условиях урбанизированной среды. Успешность семенного размножения зависит как от количества и качества семян, так и от условий прорастания семени и дальнейшего развития проростков.

Наиболее важным и общепотребимым параметром для характеристики качества семени является показатель всхожести, оцениваемый в лабораторных и полевых условиях. Лабораторную всхожесть оценивали в соответствии с ГОСТ 13056-97, ГОСТ 12038-84. Для проверки полевой всхожести семян растений был заложен вегетационный опыт, в котором посев семян проводили в почвенные образцы районов исследования (табл. 6).

Таблица 6.

Всхожесть семян растений, собранных в районах проведения исследований, %

	Всхожесть	Районы исследований					
		ЗУК ¹		СЗЗ ² пром. предприятий		примагистральные посадки	
		ветрозащитная лесополоса	бульвар им. Н.В. Гоголя	Автозавод	завод Пластмасс	ул. Кирова	ул. Новоажимова
Тополь-бальзамический	лабораторная	9,3±2,4 ³ -1,3...19,7 ⁴	—*	—	—	27,3±2,9 14,6...40,1	8,3±1,8 0,7...15,9
	полевая	0	—	—	—	0	0
	полевая (почвы ЗУК)	0	—	—	—	0	0
Береза повислая	лабораторная	46,3±1,3 42,3...50,2	5,3±1,5 -0,9...11,6	0	0	3,3±0,7 0,5...6,2	0
	полевая		18,7±6,7 -10,0...47,4	56,7±12,1 4,4...108,9	57,0±9,4 16,3...97,6	93,7±3,0 80,9...106,4	26,0±2,5 15,2...36,8
	полевая (почвы ЗУК)	71,0±3,8 54,7...87,3	26,7±3,5 11,5...41,8	76,7±2,4 66,3...87,0	41,7±12,5 -12,3...95,7	62,0±3,8 45,7...78,3	3,3±0,6 1,3...5,3
Ежа сборная	лабораторная	13,3±2,9 3,8...22,7	12,4±2,1 5,6...18,3	7,0±1,1 3,6...10,4	15,3±2,1 8,6...21,9	60,3±2,6 52,1...68,1	14,7±1,2 9,5...19,8
	полевая		33,3±0,6 30,5...35,5	18,3±4,7 -1,9...38,6	7,7±4,6 -12,3...27,6	36,3±5,5 12,9...59,8	2,7±0,7 -0,2...5,5
	полевая (почвы ЗУК)	5,3±0,7 2,5...8,2	16,7±2,7 4,9...28,4	10,3±0,7 7,5...13,2	3,0±0,7 -1,7...8,0	27,7±2,7 15,9...39,4	1,3±0,7 -1,5...4,2
Кострец безостый	лабораторная	2,0±0,7 -0,3...4,3	28,0±2,7 19,5...36,5	14,0±0,9 11,1...16,9	58,0±1,3 53,9...62,1	50,0±1,2 46,1...53,9	46,0±1,3 41,9...50,1
	полевая		13,3±5,6 -3,2...42,7	22,2±2,0 13,4...30,6	70,7±5,8 45,6...95,7	66,7±13,3 9,3...124,0	23,3±5,2 -9,3...54,7
	полевая (почвы ЗУК)	1,3±0,3 -0,1...2,8	22,7±6,3 -9,3...59,7	18,7±4,8 -2,0...39,4	74,7±7,4 42,7...106,6	49,3±8,4 13,1...85,5	60,0±12,0 8,4...111,6

Примечание: ЗУК¹ – зоны условного контроля; СЗЗ² – санитарно-защитные зоны; ³ – среднее значение ± ошибка среднего значения; ⁴ – доверительный интервал для среднего значения (при P<0,05), —* – отсутствие плодоносящих деревьев в составе насаждений.

У тополя бальзамического показатели лабораторной всхожести были низкими, а полевой всхожести – равными нулю. У березы повислой всхожесть семян (лабораторная и полевая) в примагистральных посадках (ул. Новоажимова) существенно снижается по сравнению с ЗУК. При этом установлено, что показатели полевой всхожести семян выше, чем лабораторной. Через 17-19 дней после посева семян у древесных растений наблюдалась 100% гибель проростков.

У травянистых растений жизнеспособными являются семена растений всех категорий насаждений, но наибольшие показатели всхожести (лабораторной и полевой) наблюдались у семян растений примагистральных посадок (ул. Кирова), а у костреца безостого и в насаждениях СЗЗ промышленных предприятий. Морфометрический анализ надземной части проростков травянистых растений не выявил достоверных различий по районам исследования.

Параллельно была оценена полевая всхожесть семян растений исследуемых категорий насаждений в условно чистых почвах (вегетационный опыт с посевом семян в почву, отобранные в насаждениях ЗУК (ветрозащитная лесополоса). Результаты этого опыта оказались аналогичными оценке полевой всхожести семян в вегетационном опыте с посевом семян в почвы районов исследования.

Таким образом, у березы повислой во всех проведенных вегетационных опытах полевая всхожесть семян превосходила показатель лабораторной всхожести. У изучаемых видов травянистых растений полевая всхожесть либо не имела достоверных различий, либо была ниже лабораторной.

С целью выявления фитотоксичного эффекта почв на всхожесть семян растений был заложен вегетационный опыт: семена, собранные у древесных и травянистых растений, произрастающих в условно чистых местообитаниях (ветрозащитная лесополоса), были посеяны в почвенные пробы, отобранные в исследуемых категориях насаждений г. Ижевска.

Результаты показали, что почвенные условия оказали существенное влияние на всхожесть семян древесных растений (рис. 6).

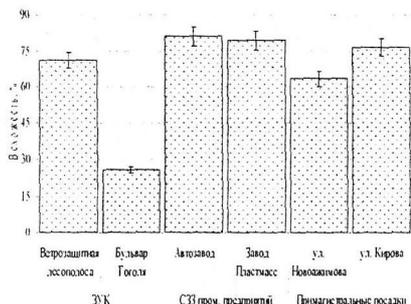


Рис. 6. Влияние почвенных условий различных категорий насаждений г. Ижевска на всхожесть семян березы повислой

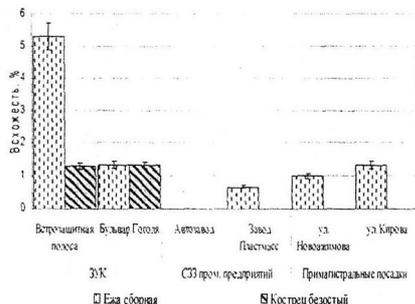


Рис. 7. Влияние почвенных условий различных категорий насаждений г. Ижевска на всхожесть семян травянистых растений

У тополя бальзамического проросшие семена погибли на 4-5 сутки. У березы повислой на почвах из насаждений санитарно-защитных зон промышленных предприятий мы наблюдали стимулирующее воздействие на процессы прорастания семян, у которой отмечено возрастание всхожести по сравнению с контрольным вариантом. У этого вида в почвенных пробах санитарно-защитной зоны Автозавода наблю-

дали самый высокий процент проросших семян (81%). Стимулирующий эффект почв насаждений санитарно-защитных зон на всхожесть семян березы повислой, на наш взгляд, обусловлен невысоким содержанием в почвах тяжелых металлов, которые являются для растений биогенными элементами и влияют на семена растений как слабый раствор микроэлементов (прием, который используется в лесохозяйственной практике). Негативное влияние на всхожесть семян установлено на почвах магистральных посадок ул. Новоажимова.

У травянистых растений (рис. 7) наблюдался противоположный эффект: у ежи сборной всхожесть семян существенно снизилась по сравнению с ЗУК; у костреча безостого во всех почвенных образцах за исключением бульвара им. Н.В. Гоголя семена не проросли. По морфометрическим параметрам проростки ежи сборной во всех вариантах опыта значимых различий не имели.

5.4. Общая характеристика среды и состояния насаждений исследуемых районов

Результаты проведенных исследований позволили оценить состояние насаждений, условий произрастания растений и определить основные направления зеленого строительства города (табл. 7). Необходимыми мероприятиями в озеленении города являются: снижение уровня фитотоксичности почв; восстановление травянистого покрова и реконструкция газонов, особенно в примагистральных насаждениях; реконструкция и компенсационное озеленение существующих насаждений; увеличение площади насаждений общего пользования.

Таблица 7.

Характеристика условий произрастания и состояния растений в районах исследования

Районы исследования	Состояние окружающей среды	Состояние насаждений
Зоны условного контроля	Почвы характеризуются низким уровнем полевой влажности, нормальной плотностью сложения, слабокислые и нейтральные, наблюдается превышение ПДК по содержанию хрома.	Состояние древесной растительности хорошее и удовлетворительное. основные пороки – сухобокость. прорости. Проектное покрытие травянистого покрова 85%. Содержание: хлорофилла в листьях древесных растений 947-1491, травянистых растений – 804-879 мг%; аскорбиновой кислоты – 60-122 и 102-121 мг% соответственно. Низкая лабораторная и полевая всхожесть семян у тополя бальзамического.
Санитарно-защитные зоны	Почвы характеризуются низким уровнем полевой влажности, как слабоуплотненные, нейтральные. Превышение ПДК по содержанию хрома, марганца. Фитотоксичность почв низкая.	Состояние древесной растительности удовлетворительное и неудовлетворительное, пороки – морозные трещины, сухобокость. Проектное покрытие травянистого покрова 75-80%. Содержание хлорофилла и аскорбиновой кислоты в листьях древесных и травянистых растений превышает ЗУК. Низкая полевая и ла-

		<p>лабораторная всхожесть семян у тополя бальзамического и ежи сборной, высокая полевая всхожесть семян у березы повислой и костреца безостого.</p>
<p>Примагистральные посадки</p>	<p>Почвы характеризуются низким уровнем полевой влажности, нормальной плотностью сложения, нейтральной и слабощелочной реакцией. Превышение ПДК по содержанию хрома, марганца, цинка и свинца. Фитотоксичность почв средняя. Интенсивность движения автотранспорта высокая.</p>	<p>Состояние древесной растительности удовлетворительное и неудовлетворительное, пороки – механические повреждения, краевой некроз листьев. Проективное покрытие травянистого покрова 70%. Содержание аскорбиновой кислоты в листьях древесных и травянистых растений ниже, чем в насаждениях ЗУК и СЗЗ промпредприятий. У древесных растений содержание хлорофилла в листьях ниже, чем в ЗУК и СЗЗ промпредприятий. Низкая лабораторная всхожесть семян у древесных растений и высокая – у травянистых растений.</p>

ВЫВОДЫ

- Для почв исследуемых категорий насаждений г. Ижевска характерно смещение значений pH в щелочную сторону (pH_{H2O} 7,6 – 8,5), повышенное содержание обменного калия (149 – 309 мг/кг) и подвижного фосфора (47 – 194 мг/кг), а также снижение содержания аммонийного азота (42 – 158 мг/кг) по сравнению с зонами условного контроля. По основным агрохимическим показателям наиболее трансформированными являются почвы примагистральных посадок. Фитотестирование почв выявило среднюю степень токсичности почв примагистральных посадок и низкую степень токсичности почв санитарно-защитных зон промышленных предприятий. Интенсивность движения автотранспорта на исследуемых магистралях характеризуется как высокая.
- В составе насаждений преобладают древесные растения, имеющие удовлетворительное состояние. Наибольший процент особей неудовлетворительного состояния отмечается в примагистральных посадках и насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий. Видовой состав исследуемых категорий насаждений включает 32 вида древесных растений, преобладающими из которых являются береза повислая (*Betula pendula* Roth.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.). Травянистый покров представлен 45 видами растений, доминирующими являются ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) и кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub.). Площадь проективного покрытия травянистого покрова насаждений уменьшается в ряду зоны условного контроля – санитарно-защитные зоны промышленных предприятий – примагистральные посадки.
- Содержание хлорофилла в листьях изученных древесных и травянистых растений зависит от их видовых особенностей, уровня техногенного воздействия и взаимодействия этих факторов. У древесных растений содержание хлорофилла возрастает в насаждениях санитарно-защитных зон и снижается в примагистральных по-

садках. Аналогичные изменения характерны и для содержания аскорбиновой кислоты в листьях. У травянистых растений проявляется видоспецифическая реакция. У кострца безостого содержание хлорофилла и аскорбиновой кислоты в листьях возрастает в насаждениях санитарно-защитных зон. В магистральных посадках, в условиях наибольшей техногенной нагрузки, содержание фотосинтетических пигментов также выше, чем в зонах условного контроля, при этом содержание аскорбиновой кислоты существенно снижается. У ежи сборной в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий содержание хлорофилла в листьях снижается при увеличении концентрации аскорбиновой кислоты. В магистральных посадках наблюдается обратная реакция.

4. У древесных растений всхожесть семени снижается при возрастании техногенной нагрузки. Семена тополя бальзамического не жизнеспособны. У березы повислой показатели полевой всхожести семени превосходят значения лабораторной. У травянистых растений, произрастающих в травянистом покрове изучаемых категорий насаждений, семена являются жизнеспособными. Показатели всхожести семян трав, произрастающих в насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий и приагистральных посадок, не имеют достоверных различий с зонами условного контроля либо превышают их.

Эффект токсического влияния почв разных категорий насаждений на всхожесть семени проявляется на травянистых растениях, снижая их всхожесть либо полностью подавляя прорастание семени. У березы повислой токсический эффект почв на прорастание семени не проявляется, либо почвы с невысоким уровнем содержания тяжелых металлов (биогенных элементов) оказывают стимулирующее воздействие на всхожесть семени.

5. При планировании и реконструкции городских насаждений необходимо учитывать эколого-биохимические особенности растений, включая репродуктивную способность, которые обуславливают устойчивость и возобновление растений в условиях урбаносреды.

Список работ, опубликованных в рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК

1. Бухарина И.Л., Ведерников К.Е., Двоглазова А.А., Большешева О.Г., Журавлева А.Н. Эколого-биологические особенности адаптации древесных и травянистых растений в условиях интенсивной техногенной нагрузки // Вестник МарГТУ сер. Лес. Экология. Природопользование. – 2009. – №3. – С. 84-91.
2. Журавлева А.Н., Бухарина И.Л., Двоглазова А.А. Экологическое состояние почв и динамика антиоксидантов в побегах древесных растений в насаждениях г. Ижевска // В мире научных открытий. – 2011. – №5. – С. 297-306.
3. Журавлева А.Н. Оценка экологического состояния почв и зольности растений в насаждениях г. Ижевска // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2012. – №2. – С. 25-29.

Список работ, опубликованных в региональных журналах и сборниках

1. Журавлева А.Н. Использование тимофеевки луговой (*Phleum pratense L.*) в качестве тест-объекта при фитоиндикации загрязненности городских почв // Рекультивация нарушенных земель в Сибири: Сб. научн. трудов – Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2009. – Вып. 4. – С. 28-30.
2. Журавлева А.Н. Изучение состояния озелененных территорий города как пример организации самостоятельной работы по дисциплине «Экологические основы природопользования» // Научное обеспечение инновационного развития

- АПК: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Т.2. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2010. – С. 264-266.
3. Журавлева А.Н. Изучение влияния урбанизации на состояние городских экосистем, как пример организации самостоятельной работы в рамках реализации дисциплины «Экологические основы природопользования» // Проблемы биологической науки и образования в педагогических вузах.: мат. Всерос. науч.-практ. конф. Вып. 6. – Новосибирск, 2010. – С. 148-151.
 4. Бухарина И.Л., Журавлева А.Н. Использование семян древесных и травянистых растений в качестве тест-объектов при фитоиндикации загрязненности городских почв // Безопасность в техносфере: Сб. статей. Вып. 6. – Ижевск, 2010. – С. 137-141.
 5. Журавлева А.Н. Оценка фитотоксичности почв с использованием семян пшеницы // Регионы в условиях неустойчивого развития: матер. науч.-практ. конф. Т. 2. – Кострома, 2010. – С. 108-111.
 6. Журавлева А.Н., Главатских А.М. Изучение состояния озелененной территории общего пользования в г. Ижевске (на примере Бульвара им. Н.В. Гоголя) // матер. Респуб. экол. конф. – Ижевск, 2010. – С.32-35.
 7. Журавлева А.Н., Борисова К.И. Влияние активированных водных растворов на рост и развитие растений // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2010. – С. 255-257.
 8. Журавлева А.Н. Оценка репродуктивного потенциала древесных растений в условиях техногенного загрязнения // Труды молодых ученых Поволжья: экол. сб. 3. – Тольятти, 2011. – С. 297-306.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать 21.02.2012. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Тираж 100 экз. Заказ № 341.

Типография ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 4.