

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого»  
(ФГБОУ ВПО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого»)

Кафедра Биология и технология живых систем

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на тему:

**Накопление пыли и морфологические изменения листьев  
кустарников в условиях полиметаллического загрязнения.**

Выполнена: студентом 5 курса группы БЭ  
очной формы обучения

специальности (направления) Биоэкология

факультета естественных наук

Фроловым Константином Андреевичем

Тула – 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ НА РАСТЕНИЯ.....	8
1.1Металлургические предприятия города Тулы как источники полиметаллического загрязнения.....	9
1.2Морфологические изменения растений под влиянием техногенных выбросов.....	14
ГЛАВА 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	
2.1 Объекты исследования.....	25
2.1.1 Боярышник кроваво-красный– <i>Crataegus sanguinea</i> .....	25
2.1.2 Боярышник однопестичный – <i>Crataegus monogina</i> .....	26
2.1.3 . Дерен белый – <i>Cornus alba</i> .....	28
2.1.4 Кизильник блестящий – <i>Cotoneaster lucidus</i> .....	29
2.1.5 Сирень обыкновенная – <i>Syringa vulgaris</i> .....	31
2.1.6 Снежнаягодник белый – <i>Symphoricarpos albus</i> .....	32
2.1.7 Чубушник венечный – <i>Philadelphus coronarius</i> .....	33
2.1.8 Караганадревовидная– <i>Caragana arborescens</i> .....	35
2.1.9Пузыреплодник калинолистный - <i>Physocarpus opulifolius</i> .....	36
2.2 Методы исследования.....	38
2.2.1 Пробоотбор.....	38
2.2.2 Определение жизненности.....	38
2.2.3 Определение площади листьев.....	40
2.2.4 Определение некротических изменений ткани листа при антропогенном загрязнении воздушной среды по проценту пораженной ткани.....	41
2.2.5 Определение степени антропогенной нагрузки по асимметрии листа.....	42

2.2.6 Определение адсорбции пылевых выбросов на поверхности листьев.....	44
2.3 Результаты исследования.....	45
2.3.1 Адсорбция пыли на листьях кустарников.....	45
2.3.2 Изменение площади листьев кустарников при техногенном загрязнении.....	48
2.3.3 Развитие некротических изменений ткани листа при полиметаллическом загрязнении .....	50
2.3.4 Степень антропогенной нагрузки по асимметрии листа.....	52
Выводы.....	55
Список литературы.....	57

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В НАУЧНЫХ  
И УЧЕБНЫХ ЦЕЛЯХ.**

## В В Е Д Е Н И Е

Атмосферные загрязнения оказывают многообразное воздействие на организм человека, животных, растений и микроорганизмов, вызывают глобальные изменения в биосфере, наносят ощутимый экологический ущерб.

Озеленение – один из основных путей оздоровления урбанизированной среды. Важнейшим биологическим фильтром, способным поглощать аэрозольные частицы и аккумулировать часть токсичных соединений являются зеленые растения. Одну из главных ролей в биологической очистке окружающей среды играют древесные растения, накапливающие достаточное количество биомассы в течение вегетационного периода. Являясь составляющими урбоэкосистем, они подвергаются интенсивному техногенному воздействию, которое может приводить к снижению жизнеспособности, морфологическим и физиологическим изменениям [2].

В связи с этим необходимо отслеживать состояние зеленых насаждений. Методы фитоиндикации сочетают мониторинг насаждений и выявление реакции растений на различные загрязнители с отслеживанием экологической обстановки. В отличие от точечных инструментальных методов, фитомониторинг позволяет оценивать влияние загрязнителей на сообщество, давать представление о длительном воздействии загрязнителей, и прогнозировать их дальнейшее влияние. Он необходим для объективной оценки экологической ситуации городской среды.

Черная металлургия является одним из основных загрязнителей окружающей природной среды (ОПС) во многих городах России и мира. Наибольший вред ОПС приносят техногенные выбросы от предприятий черной металлургии. Негативное воздействие на ОПС оказывает также складирование отходов производства и сброс отработанных вод. В результате длительного поступления в ОПС техногенных выбросов почвы прилегающих к предприятиям территорий накапливают тяжелые металлы (ТМ) и другие загрязняющие вещества (ЗВ). Выбрасываемая пыль содержит значительное коли-

чество кальция и магния, и её поступление в почву приводит к увеличению рН почвы до 7,2-8,3, особенно, на черноземах. Масштабы изменения ОПС в зоне действия предприятий черной металлургии зависят не только от состава и объема техногенных выбросов, но и от положения предприятия в определенной природной зоне и подзоне. По данным Росгидромета к чрезвычайно опасной категории загрязнения ТМ отнесено 0,5 % населенных пунктов России, к опасной категории – 3,7 %, к умеренно опасной – 10 %. Объекты нашего исследования Косогорский металлургический комбинат и территория ОАО «Тулачермет» относятся к умеренной зоне загрязнения. Накопление загрязнений оказывает негативное воздействие не только на состояние ОПС, но и здоровье населения.

Масштабы и характер загрязнения ОПС предприятиями металлургического комплекса связаны с уровнем применяемых технологий, их экологичностью, качеством и количеством используемого сырья, объемом и составом выбросов, сбросов и твердых отходов, географическим положением предприятий, характером рассеивания загрязнений и влиянием на ландшафты, экосистемы и их компоненты.

Необходимость улучшения состояния ОПС делает актуальным исследование и оценку техногенного воздействия черной металлургии на ландшафты природных зон и поиск путей оптимизации состояния ОПС в регионах с черной металлургией. При этом очень важна оценка влияния на ОПС внедрения новых технологий, что позволит оптимизировать стратегию и тактику природоохранной деятельности с учетом зонального и регионального положения предприятий черной металлургии.

**Цель работы:** по морфологическим признакам листьев кустарников определить степень техногенного загрязнения окружающей среды, в санитарно-защитной зоне предприятий металлургической промышленности.

В соответствии с этим были поставлены следующие **задачи:**

1. Определить способность листовой пластинки кустарников к адсорбции пылевых выбросов.
2. Определить влияние полиметаллического загрязнения на площадь листьев кустарников.
3. Определить влияние техногенного загрязнения на жизнеспособность и развитие некрозов и хлорозов у кустарников санитарно-защитной зоны.
4. Определить степень асимметрии листьев кустарников, в условиях полиметаллического загрязнения. Сделать вывод о степени антропогенной нагрузки в санитарно-защитной зоне металлургических предприятий города Тулы.
5. Определить виды - биоиндикаторы по морфологическим признакам.

Любое копирование и тиражирование запрещено

## **ГЛАВА 1 Влияние полиметаллического загрязнения среды на растения**

Роль растений в формировании экосистем особо важна при химическом загрязнении окружающей среды. Повышенное содержание в почве и воздухе химических веществ приводит к гибели растений, снижению фитомассы, прироста, продуктивности, формированию аномальных биоморф, сокращению сроков вегетации, изменениям количественного состава химических элементов растений, изменению видового состава, сокращению числа видов и др.

Техногенные эмиссии оказывают влияние на величину накопления пластидных пигментов и их соотношение. У некоторых видов наблюдается тенденция к формированию в этих условиях ксероморфной структуры листа, которая характеризуется повышенным содержанием хлорофилла в ассимиляционном аппарате, у других, наоборот, мезоморфной с пониженным содержанием хлорофилла [24].

При повышенном содержании металлов и тяжелых металлов в почве и воздушном пространстве растения начинают аккумулировать их в вегетативных и генеративных органах. Растения разных видов по-разному реагируют на увеличение концентрации токсических веществ. По данным ряда авторов, с увеличением токсической нагрузки видовые различия в накоплении химических элементов в тканях большинства видов растений закономерно уменьшаются. Однако, в других исследованиях показано, что закономерности накопления элементов в растениях носят скорее характер видовых и сортовых различий [4].

В условиях токсического действия загрязнителей в растительных орга-

низмах протекают приспособительные реакции.

Эпифитные лишайники при постепенном увеличении токсической нагрузки реагируют не постепенным изменением своих параметров, а резким сокращением численности, в то время как другие группы лишайников реагируют по принципу «доза-эффект».

Выявлены растения, поглощающие из окружающей среды сравнительно большие количества ксенобиотиков, например клен полевой, акация белая, груша кавказская дикая, орех грецкий, каштан обыкновенный, яблоня обыкновенная, сирень обыкновенная, ива, ольха бородатая, осина, ясень, сосна, туя и др. [3].

В условиях промышленного загрязнения воздуха древесным листопадным видам присуще сокращение срока жизни листьев и ускорение цикла сезонного развития [11]. Растения в большинстве случаев снижают продуктивность. У древесных растений это может выражаться в снижении прироста, уменьшении пыльцы, ухудшении ее свойств, а также в снижении плодоношения и качества семян [15]. Тормозятся ростовые процессы, значительно изменяется развитие растений: сдвигается цветение, сокращается вегетационный период, происходит преждевременный листопад, изменение других фаз. Так, загрязнение воздуха этиленом, ацетоном, метаном обуславливало у многих древесных растений смещение фаз, особенно в осенний период, и вызывало более раннее одревеснение побегов.

Нефть и продукты разложения бензина также отрицательно влияют на рост, метаболизм и развитие растений, существенно тормозят начало цветения и плодоношения.

Растения, произрастающие в условиях загрязнения  $SO_2$  атмосферы, для осуществления фотосинтеза более требовательны к водообеспечению, т.е. на единицу продукции они расходуют больше воды [5].

Постоянное присутствие в атмосфере промышленных регионов фито-



токсичных примесей приводит к необходимости формирования у растений такой структуры листа, которая позволяет сохранить относительное равновесие фотосинтетического аппарата, в процессе адаптации участвуют многие параметры, однако ведущим звеном следует считать изменение фотоактивной поверхности, регулируемой либо числом хлоропластов, либо их размерами, а следовательно, и концентрацией пигментов в фотосинтетических мембранах. Понижение содержания зеленых пигментов в основном сопровождалось торможением биосинтеза и накоплением хлорофилла b. Изменяется и соотношение хлорофилла a к b.

Под влиянием токсических газов листовая пластинка в большей или меньшей степени обезвоживается. Оводненность листьев растений, произрастающих в условиях высокой загрязненности воздуха, обычно на 10-15 % ниже по сравнению с растениями, находящимися в чистой атмосфере.

В условиях загрязнения атмосферы промышленными выбросами толерантность растений обеспечивают наряду с другими те особенности строения всех тканей листа, которые препятствуют проникновению и распространению в них газов, а именно ксероморфизм, проявляющийся в утолщении эпидермиса, усилении его кутикулой и восковым налетом, опушением, а также в плотном расположении внутренних тканей листа, ведущим к сокращению вентиляруемости [14].

На загрязненных участках диоксид серы, «давящий» на кроны растений, как бы усиливает действие света, формируя тенденцию к уменьшению листовой пластинки, т.е. к ксероморфности листа.

Негативное влияние тяжелых металлов на растительный покров можно рассматривать как в плане их фитотоксичности, так и в плане миграции этих элементов на более высокие трофические уровни экосистем [8].

### **1.1 Металлургические предприятия города Тулы как источники по-**

### **лиметаллического загрязнения.**

В городе Туле работают два крупных металлургических предприятия: Косогорский металлургический завод и комплекс предприятий ОАО «Тулачермет» и «Ванадий».

ОАО "Косогорский металлургический завод" (ОАО "КМЗ") является одним из старейших металлургических предприятий России. Заводы занимают прочные позиции среди ведущих российских производителей высокочистого доменного чугуна, ферромарганца, промышленного и художественного литья. На предприятиях также успешно освоено производство шлакового щебня и кирпича. Продукция заводов поставляется как в регионы России и страны СНГ, так и в страны Европы, Ближнего и Среднего Востока, Азии. Но кроме положительного, эти предприятия оказывают и отрицательное воздействие на окружающую среду города Тулы и области[17].



Рисунок 1. ОАО «Тулачермет»

Так, по данным Росприроднадзора и Всероссийской общественной организации «Зелёный патруль» и их исследованиям в рамках проекта «Топ-100 загрязнителей России», можно сделать выводы, что жители региона мо-

гут «гордиться»: в списке фигурируют 4 тульских предприятия, в том числе ОАО «Тулачермет» (Тула), ОАО «Косогорский металлургический завод»



Рис.2 ОАО «Косогорский металлургический завод»

Причем, ОАО «Тулачермет» возглавляет также список предприятий - основных источников образования отходов в регионе. По итогам 2010 г. тульский металлургический гигант произвел 714,558 тыс.т/год отходов. ОАО «Косогорский металлургический завод» – по 293,520 тыс.т/год отходов соответственно.

Согласно подсчетам, «Тулачермет» и КМЗ производят более 70% всех твердых промышленных отходов региона. Их промплощадки и шламонакопители расположены близ жилья и в водоохраннх зон. Неудивительно, что некоторое время назад Тульская область занимала последнее 83 место в рейтинге, экологически благополучных регионов. Причина такого «везения» Тульской области – то, что она относится к числу развитых промышленных регионов. Соответственно, здесь на относительно небольшой территории наблюдается значительная концентрация металлургических и химических предприятий [17].

При этом металлургия «обогащает» воздух тяжёлыми металлами и такими ядами как диоксид азота и диоксид серы. Как по данным «Зеленого патруля» диоксид азота - сильный яд, поражающий нервную систему - покрывал большую часть Криволучья. Причем, концен-

трация газа превышала норму в 2-5 раз. Металлическая пыль распространялась ещё дальше.

Только за прошлый год в атмосферу над областным центром было выброшено больше 170 наименований загрязняющих веществ. В общей сложности это составило 60 тысяч тонн.

Больше всего на долю детей и взрослых досталось угарного газа, диоксида серы, вызывающего насморк, кашель и першение в горле, а также оксида азота.

Оксид углерода или угарный газ также чрезвычайно ядовит. Поступая в кровь, он конкурирует с кислородом за молекулы гемоглобина. При этом нарушается способность крови доставлять кислород к тканям, что может вызывать спазмы сосудов, снизить иммунологическую активность человека. По этим причинам СО в повышенных концентрациях представляет собой смертельный яд [12].

Основными источниками выбросов в воздух стали предприятия металлургии: «Тулачермет» (более 80% выбросов) и Косогорский металлургический завод (около 10% выбросов). Эти же гиганты «снабжают» воздух такими ядами как окислы железа, соединения марганца, пятиокись ванадия. Наиболее интенсивные отрицательные последствия наблюдаются в непосредственной близости от источников загрязнения, где содержание вредных примесей в воздухе может превышать допустимые нормы в десятки раз [16].

Благодаря постоянной циркуляции химических веществ в природе многие загрязнители, попавшие в атмосферный воздух, например, соединения тяжелых металлов, оседают на почве и растительности, попадают в реки и в подземные воды. Загрязнение почв тяжелыми металлами приводит к уничтожению почвенной микрофлоры, потере плодородия, возникновению техногенных пустынь и, самое главное, развитию многих заболеваний.

Спасти город могли бы природные фильтры – зеленые насаждения, но...

В Туле на одного человека приходится всего 5 м<sup>2</sup> зелени, а по норме – 12 м<sup>2</sup>, – говорит Марина Оцелюк, руководитель МУП «Декоративные культуры». –

Год от года количество зеленых насаждений сокращается. Тула на 28-м месте в российском рейтинге озеленения городов [13].

В Туле нет муниципальной законодательной базы, координирующей единый подход к системе озеленения. Правила создания, содержания и охраны городских зеленых насаждений давно разработаны, но так и не были приняты гордумой [17].

В то же время, последние исследования атмосферного воздуха в областном центре, проводившиеся в конце минувшего года природоохранной прокуратурой и министерством природных ресурсов, показали, что результат в пределах нормы. Однако, по независимым исследованиям, проведенным группой ученых в рамках выполнения гранта РФФИ, данные результаты не соответствуют действительности. Во всех регионах РФ, расположившихся в последней десятке, внятная экологическая политика отсутствует, а бизнес несет весьма низкую ответственность. Отличающиеся сильными промышленными загрязнениями предприятия, как правило, имеют изношенные очистные сооружения и проблемы с утилизацией мусора. А это, соответственно, приводит к катастрофическому состоянию окружающей среды. Необходима нормальная экологическая ответственность бизнеса, для того, чтобы проводились природоохранные мероприятия. Экологи отметили крайне скверное состояние атмосферы и водных объектов в Тульской области, непонимание деловым сообществом меры ответственности за загрязнение окружающей среды, ужасающее состояние системы утилизации бытовых отходов, а также отсутствие публичной информации об экологической обстановке [16].

ОАО «Тулачермет» собирается заняться реконструкцией и модернизацией доменного производства. Это позволит снизить удельный расход кокса на тонну чугуна и, в свою очередь, к значительному сокращению выбросов угарного газа в атмосферу. Насколько эти планы будут воплощены в жизнь, покажет время [18].

## 1.2 Морфологические изменения растений под влиянием техногенных выбросов

К антропогенным факторам неблагоприятного воздействия на лесные и урбоэкосистемы относятся: загрязнение атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, почвы промышленными и автотранспортными выбросами; хозяйственные мероприятия, проводимые в лесных и городских насаждениях; возрастающие с каждым годом масштабы рекреации насаждений [23].

Промышленные эмиссии и выхлопные газы автотранспорта приводят к значительным стрессам, которые испытывают лесные и урбоэкосистемы. Из всех компонентов экосистем от загрязнения атмосферы и почвы наиболее сильно страдает растительность. Лесные и городские насаждения, находящиеся в зоне атмосферного загрязнения, ослабляются и усыхают.

Различные древесные породы обладают неодинаковой газоустойчивостью и газочувствительностью.

Газоустойчивость - это способность растения противостоять вредному действию газов, сохраняя свою жизнеспособность.

Газочувствительность - это скорость и степень появления у растений патологической реакции на токсическое действие газов. Например, лиственница более газочувствительна, чем сосна и ель, и тем не менее она обладает большей газоустойчивостью, чем указанные породы. Различают три вида газоустойчивости растений: физиологическую, морфологическую и биологическую [6].

Физиологическая устойчивость определяется низкой окисляемостью клеточного содержимого. Двуокись серы и другие кислые газы, проникая в клетки, связывают активное железо, без которого невозможен фотосинтез. Так как солнечная энергия продолжает поступать в листья, то хлорофилл, об-

ладающий флуоресцирующей способностью, проявляет фотодинамическое действие, которое выражается в фотоокислении. Окисленные вещества разрушаются, что приводит к отмиранию клеток. Поэтому чем меньше окисляемость протоплазмы, тем выше газоустойчивость растений. В связи с этим хвойные породы, имеющие большую окисляемость, менее устойчивы к действию газов. Лиственные породы, у которых общая окисляемость меньше, обладают более высокой газоустойчивостью [5].

Морфолого-анатомическая газоустойчивость обуславливается особенностями строения листьев, которые препятствуют поступлению газов в растение. Биологическая газоустойчивость связана со способностью растений быстро восстанавливать пораженные газами органы.

Растение может обладать одновременно различными видами газоустойчивости. При этом какой-либо один вид газоустойчивости может доминировать и определять степень газоустойчивости данного вида растения. Газоустойчивость древесных пород зависит от химического состава соединений, которые есть в промышленных отходах, от условий внешней среды и характера задымления.

Основными примесями, содержащимися в выбросах промышленных предприятий и автотранспорта, являются соединения серы, фтора, хлора, азота, магния и др. Ниже приводятся диагностические признаки поражения под действием опасных соединений [3].

Диоксид серы ( $SO_2$ ) - этот бесцветный газ выбрасывается в атмосферу коксохимическими заводами, горнорудными и целлюлозно-бумажными предприятиями. Характерные признаки поражения появляются на хвое (листьях) только при сильном действии выбросов, когда разрушаются клеточные структуры и пигмент. При действии высоких концентраций газа четкие признаки поражения проявляются через несколько дней. Хвоя приобретает рыже-бурую окраску. У сосны и пихты изменения окраски хвои часто начинают-



ся с концов. Причем у сосны оно протекает постепенно, тогда как у ели вначале идет медленно, а затем очень бурно. На листьях под влиянием сернистого газа появляются пятна красно-бурого цвета различного размера. Высокие концентрации сернистого газа вызывают образование пятен, часто охватывающее более половины площади листовой пластинки [15].

Поражение диоксидом серы приводит к преждевременному опадению листьев и хвои, а высокие концентрации газа вызывают искривление и отмирание молодых побегов. Лиственные породы более устойчивы к действию  $SO_2$ , чем хвойные. Предельно допустимая концентрация его составляет ( $mg/m^3$ ): для лиственницы 0,25, для сосны 0,40, для ели 0,70.

Ослабление деревьев сопровождается нарушением обмена веществ, падением активности окислительных ферментов, ослаблением фотосинтеза и разрушением хлорофилла. В то же время происходят деформация и разрушение клеток и тканей коры, луба, камбия, хвои и листьев [7].

Фтор и его соединения - в твердом или газообразном состоянии выбрасываются в атмосферу заводами по производству алюминия, кирпича, керамических изделий, фосфатных удобрений; выделяются при выплавке стали, попадают в атмосферу из дымовых труб и фабричных установок.

Поражение растений происходит через листья (хвою) и корни при концентрации, равной  $0,01 mg/m^3$ , поражения образуются по периферии листа узкие некротические полосы светло-желтого цвета. У хвойных пород происходит побеление, а затем потемнение концов хвои, которое распространяется к основанию игл. Действие фтора в высоких концентрациях выражается в прекращении фотосинтеза, нарушении роста и развития, отмирании завязей, загнивании плодов. Наиболее восприимчивы к соединениям фтора хвойные породы, среди них менее устойчива сосна [18].

Хлор и хлористый водород применяют в производстве пластмасс и инсектицидов. Эмиссии соляной кислоты встречаются на заводах по изготовле-



нию калийных солей. Пары хлора и хлористого водорода быстро оседают на землю и поэтому повреждают растительность только вблизи источника эмиссии. Их содержание в воздухе в концентрации менее  $1 \text{ мг/м}^3$  вызывает сильное поражение листьев. Вначале листья приобретают темный цвет с хорошо заметным серебристым оттенком, затем на них появляются обесцвеченные участки разных размеров. По мере отмирания тканей они крошатся, образуя отверстия. При длительном действии низких концентраций хлора краснеют края листьев [21].

Нитрозные газы. Это смесь окисей азота, которая выбрасывается в атмосферу заводами по производству азотной, серной кислот и нитратных удобрений, а также - с отработанными газами автотранспорта. Окиси азота вызывают сильное поражение листьев (хвои) в концентрации более  $2 \text{ мг/м}^3$ . На вершинах и по краям листьев образуются буровато-черные участки. У хвойных пород происходит покраснение кончиков хвои [8].

Выхлопные газы автотранспорта. В их состав входят фумиганты окиси углерода, нитрозные газы, ненасыщенный водород, полициклические ароматические углеводороды, сажа и свинцовые соединения. Выхлопные газы вызывают образование некрозов на листьях, преждевременное усыхание и опадение листвы, ослабление и усыхание деревьев.

Пылевидные эмиссии выбрасываются топками, металлургическими и цементными заводами.

Цементная пыль представляет собой смесь минералов, содержащих калий, кальций, алюминий. Такая смесь выбрасывается печами цементных заводов, пылевидные эмиссии осаждаются вблизи источников загрязнения. Оседающая на листьях и хвое пыль снижает ассимиляцию и эффективность солнечного излучения, способствует повышению температуры. При попадании на почву пыль изменяет ее кислотность и содержание в ней микроэлементов. Все это приводит к усыханию хвои и листьев, нарушению роста кор-

невой системы и как следствие - к ослаблению и гибели деревьев.

Магнетитовая пыль образуется при обжиге магнетитовой руды. Основным компонентом магнетитовой пыли является оксид магния. Она оказывает отрицательное действие как на лиственные, так и на хвойные породы, однако последние страдают сильнее. Магнетитовая пыль повреждает только молодую хвою и листву. Поэтому в начале вегетации деревья менее устойчивы к действию магнетитовой пыли. В связи с этим хвоя, уцелевшая от токсического действия магнетитовой пыли в первые годы жизни, в дальнейшем не погибает. В результате действия магнетитовой пыли хвоя на побегах текущего года принимает светло- или желтовато-зеленую окраску. Двухлетняя хвоя краснеет, буреет и частично погибает. У лиственных пород между жилками листа образуются светло-зеленые или желтовато-зеленые пятна [16].

В результате постоянного действия магнетитовой пыли хвойные породы усыхают, особенно сосна и ель. Их гибель наступает при сильном изреживании кроны, которое происходит вследствие поражения молодой хвои магнетитовой пылью и под влиянием ее естественного старения. Отмирание пораженной сосны часто связано со стволовыми вредителями, поселяющимися на ослабленных деревьях.

Степень повреждения растений промышленными эмиссиями зависит от их концентрации в окружающей среде и длительности действия. Длительное воздействие выбросов в концентрациях ниже предельной нормы вызывает хронические поражения насаждений, проявляющиеся в постепенном изменении физиологических и биохимических функций. Аварийные выбросы, характеризующиеся высокими концентрациями и кратковременным действием, приводят к острым поражениям, которые проявляются в массовом образовании некрозов на листьях и хвое и сравнительно быстром отмирании деревьев.

Усыхание насаждений в зоне промышленных выбросов зависит от сле-

дующих факторов: возраста, состава и полноты насаждений, близости источника выбросов, направления ветра, рельефа, погодных условий, концентрации токсичных веществ [3].

В зоне промышленных выбросов процесс усыхания более интенсивен в насаждениях старшего возраста, в изреженных и высокополнотных древостоях. Это объясняется тем, что в изреженных насаждениях газы беспрепятственно проникают вглубь, а при слишком плотном смыкании крон они застаиваются под пологом длительное время, не изменяя концентрации. Значительно меньше усыхают среднеплотные насаждения, в которых воздух максимально перемешивается и концентрация токсичных веществ уменьшается. Смешанные насаждения в меньшей степени страдают от дымовых газов, чем чистые хвойные, так как лиственные породы поглощают часть газов и уменьшают их вредное влияние на хвойные породы.

Сохранность и повышение устойчивости лесных и зеленых городских насаждений в зонах воздействия промышленных выбросов достигается комплексом технических и лесохозяйственных мероприятий. Для того чтобы уменьшить влияние промышленных выбросов, необходимо прежде всего постоянно совершенствовать пыле- и газоочистительные установки, а также технологии промышленных процессов. Сокращение выбросов автотранспорта может быть достигнуто совершенствованием двигателей внутреннего сгорания, переводом их на другие малотоксичные виды топлива [6].

Большое значение имеет организация мониторинга за состоянием лесных и зеленых насаждений в зонах промышленных выбросов. Из числа лесохозяйственных мероприятий, направленных на снижение степени воздействия промышленных выбросов, можно назвать следующие: создание смешанных насаждений с опушками из стойких пород, расположение насаждений с учетом рельефа и направления господствующих ветров, определяющих распространения выбросов. Кроме того, при озеленении промышленных

центров необходимо учитывать различную степень газоустойчивости древесных пород. Г. М. Илькуном (1978) дана следующая оценка газоустойчивости деревьев и кустарников:

очень устойчивые: белая акация, боярышник, ива белая, роза, сирень, тополь бальзамический и канадский, ясень зеленый;

устойчивые: ель колючая, можжевельники казацкий, сибирский и обыкновенный, вяз, дуб, карагана древовидная, разные виды клена, липа крупнолистная и войлочная, рябина обыкновенная, сирень, тополь белый, черный, крупнолистный, яблоня, ясень американский, обыкновенный и пушистый;

относительно устойчивые: можжевельник виргинский, береза пушистая, граб, конский каштан, клен остролистный, липа мелколистная, орех, тополь китайский, лавролистный;

малоустойчивые: ель восточная, сибирская, пихта белая, сибирская, барбарис обыкновенный, береза бородавчатая;

неустойчивые: лиственница, сосна обыкновенная, Банка, веймутова [11].

Хозяйственная деятельность человека наряду с положительным влиянием (уход за лесом, создание насаждений, борьба с болезнями и вредителями) в ряде случаев отрицательно сказывается на насаждениях, вызывая их ослабление, отмирание, способствуя развитию очагов вредителей и болезней. Негативными сторонами хозяйственной деятельности, способствующими развитию болезней, являются следующие мероприятия: порослевое возобновление, монокультура, неудачные типы и конструкции посадок, выпас скота, травматизм растений, применение пестицидов и других химических веществ [8].

Систематическое возобновление насаждений порослью приводит к их вырождению. Порослевые насаждения второго и последующих поколений,

как правило, ослаблены и менее производительны, чем насаждения семенного происхождения, что объясняется резким нарушением развития корневой системы и кроны. Ослабленность порослевых насаждений является предпосылкой для поражения их болезнями. В порослевых насаждениях особенно часто возникают очаги сосудистых болезней, передающихся через зараженные пни: сосудистый микоз дуба, голландская болезнь ильмовых пород, вертициллезное усыхание клена. Приспевающие и спелые насаждения порослевого происхождения сильнее, чем семенные, поражаются гнилями. По данным А.И.Воронцова (1978), пораженность Останкинской дубравы ложным дубовым трутовиком (*Phellinus robustus*) в среднем составляла 25,3%, а на отдельных участках достигала 43 %. В Тульских засеках в средневозрастных дубравах порослевого происхождения плодовые тела ложного дубового трутовика имели 15 — 20% деревьев, а 35 — 40% модельных деревьев были с гнилью, вызванной этим трутовиком [10].

Создание монокультур является причиной развития опасных болезней, принимающих характер эпифитотий. Это объясняется тем, что однопородные насаждения характеризуются бедным видовым составом патогенов, но некоторые из них, способные поражать породу, образующую насаждение, оказываются в оптимальных условиях. Создание чистых сосновых культур, особенно на нелесных почвах, привело к развитию эпифитотий корневой губки (*Heterobasidion annosum*) в разных регионах России. В очагах корневой губки развиваются очаги стволовых вредителей. Чистые сосновые культуры сильнее страдают от снежного шютте (*Phacidium infestans*), побегового рака (*Scleroderris lagerbergii*). В чистых культурах и посадках тополя в благоприятные для возбудителей годы наблюдается массовое развитие ржавчины (*Melampsora allii—populina*), бурой пятнистости (*Mamonina populi*), парши (*Pollacciarra diosa*) [11].

Неудачно подобранные типы и конструкции посадок, особенно из по-

род, не соответствующих условиям местопроизрастания, приводят к их ослаблению и массовому распространению болезней. Важное значение при этом имеет густота посадок, оптимум которой определяется в каждом конкретном местообитании. Известно, что загущенные культуры и посадки ели в сильной степени поражаются шютте (*Lophodermium macrosporum*). В перегущенных посадках школьных отделений древесных питомников и в культурах тополя чаще возникают очаги мокрого язвенно-сосудистого рака и цитоспороза.

Лесохозяйственные мероприятия травмируют растения, что если и не приводит к их гибели, то ослабляет их и способствует заражению болезнями. При культивации посевов в питомниках нередко наблюдается повреждение корневой системы у сеянцев в крайних рядах. Поврежденные сеянцы засыхают или ослабляются, отстают в росте и становятся непригодными к посадке. Посадочный материал в питомниках, культуры и молодые посадки в городских насаждениях травмируются при уходе за ними [8].

Через нанесенные повреждения в ткани деревьев легко проникают возбудители болезней. В 1991 – 1992 гг. при обследовании Московского совхоза декоративного садоводства было обнаружено значительное поражение (43 и 57 %) нектриозом клена остролистного, предназначенного для реализации. Анализ пораженных деревьев показал, что все они имели механические повреждения в нижней части стволов, полученные при культивации.

В культурах и городских насаждениях деревья часто травмируются во время посадки и послепосадочного ухода, при небрежной обрезке сучьев, когда вместе с обрезанными ветвями сдирается кора, а иногда повреждается древесина стволов (рис. 3). В насаждениях массовые механические повреждения стволов связаны с проведением рубок, трелевками, прокладкой визиров и др. В таких насаждениях отмечается высокий уровень пораженное гнилевыми болезнями, возбудители которых проникают через повреждения



СТВОЛОВ.



Рис. 3 *Пример «кронирования» древесных растений в городе Тула*

Интенсивное развитие химической промышленности приводит к тому, что постоянно в биосферу поступает большое количество различных химических веществ, в том числе и пестицидов. Пестициды обладают различной физиологической активностью и в зависимости от физико-химических свойств, доз, способов и сроков применения могут оказывать фитотоксическое или стимулирующее действие на защищаемые растения.

Способность пестицидов оказывать токсическое (отравляющее) воздействие на растение называют фитотоксичностью. Она проявляется при неправильном применении пестицидов, когда завышают допустимые концентрации или нарушают технологию обработки растений. При этом пестициды могут вызвать повреждение защищаемых древесных пород, а также соседних с ними деревьев и подлеска[10].

При быстром распространении по растению пестициды вызывают общее отравляющее действие на весь организм. Если пестицид распространяется медленно и локализуется в местах проникновения в растения, он оказывает местное действие. Оно чаще всего проявляется в виде ожогов листьев с образованием бурых и коричневых пятен.

В городских насаждениях негативное влияние на древесные растения оказывают хлористые соли, в том числе поваренная соль, применяемые для борьбы с наледями и снегом на автомагистралях, на улицах и во дворах.

Длительное применение противоледных препаратов приводит к постепенному засолению почв. Отрицательное действие хлоридов на древесные растения проявляется в более позднем и неравномерном распускании листьев, сухокронности и снижении интенсивности роста, образовании на листьях некрозов, преждевременном их усыхании и опадении. Особенно страдают от комплексного воздействия засоления, промышленных и автотранспортных выбросов деревья на автомагистралях крупных городов и насаждения вблизи промышленных предприятий.

Рекреационная нагрузка. Увеличивающиеся с каждым годом масштабы городского строительства и рост городского населения приводят к возникновению больших рекреационных нагрузок в зеленых зонах. Особенно высокий рекреационный пресс создается в наиболее посещаемых населением пригородных лесах и лесопарках. Избыточное рекреационное воздействие на пригородные лесные насаждения сопровождается уплотнением почвы, нарушением естественного живого покрова, уничтожением и повреждением подроста и подлеска, изреживанием древостоя, обнажением корневых лап, нанесением многочисленных механических повреждений стволов и корней [14].



## ГЛАВА II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Объекты исследования

#### 2.1.1 . Боярышник кроваво-красный—*Crataegus sanguinea* Pall.

Семейство Розоцветные. Подсемейство Яблоневые.

Дерево 1-4 м высоты, часто растущее кустообразно, со стволом до 10 м в диаметре, покрытым темно-бурой или буро-серой корой. Ветки пурпурно-коричневые, блестящие. Молодые побеги покрыты волосками, затем голые. Колючки прямые, 1,5-4 см длины и около 2 мм толщины, немногочисленные или совершенно отсутствуют. Почки продолговато-яйцевидные, тупые, 9 мм длины. Листья яйцевидные или широкоромбические, с острой вершиной и клиновидным цельнокрайним основанием, неглубоко 3-7-лопастные, на коротких побегах - 3-6 см длины и 2,5-5 см ширины, на длинных – иногда до 10 см длины, с обеих сторон слабоволосистые, сверху темно-зеленые, снизу значительно светлее. Черешки 0,5-2 см длины. Прилистники серповидные, крупно-железисто-зубчатые, долго остающиеся на побегах.

Соцветия щитковидные, довольно густые, 3-4 см длины 4-5 см в диаметре, голые или со слегка волосистыми цветоножками и наружной стороной гипантия. Цветки 1,2-1,5 в диаметре, с белыми лепестками; чашелистики продолговато-треугольные, голые, после цветения отогнутые. Тычинок 20 с пурпурными пыльниками; столбиков обычно 3-4. плоды почти шаровидные, 8-10 мм в диаметре, кроваво-красные, лоснящиеся; зрелые – прозрачные, с мучнистой мякотью. Косточки в числе 2-5, длиной 5-7 мм и шириной 3-5 мм. Масса 1000 косточек 17-26 г



Рис. 4 Боярышник кроваво-красный—*Crataegus sanguinea* Pall.

Растет на почвах среднего увлажнения одиночно или небольшими группами в разреженных лесах, чаще на лесных опушках и луговинах, а также в лесной, лесостепной зонах и изредка по окраине степной зоны.

Один из наиболее распространенных в культуре видов боярышника. Успешно растет и плодоносит на всей территории европейской части России за исключением Крайнего Севера и юга (страдает от жары), в Сибири – в пределах естественного ареала; на Дальнем Востоке в Приморском крае: зимостоек (Горно-таежная станция).

Широко используется для создания живых изгородей. В садах и парках под названием *C. Altaica*, *C. Almaatensis* и др.

**Ареал:** преимущественно восточнее Волги, на юг до Уральска, Западная Сибирь, Восточная Сибирь (западная и юго-западная части); северная часть; северная часть Монголии[1].

#### 2.1.2 Боярышник однопестичный—*Crataegus monogina* Jacq.

Семейство Розоцветные. Подсемейство Яблоневые

Дерево от 3-6 до 12 м высоты с округло-шатровидной или широкопирамидальной, довольно симметричной кроной, нередко растущее кустообразно, особенно на пастбищах, а также в садах и парках. Ветви буровато-

серые; ветки красновато-коричневые или вишневого цвета; побеги голые или вначале густоволосистые. Колючки немногочисленные, около 1 см длины. Почки широкояйцевидно-конические, 3-4 мм длины. Листья чаще яйцевидные, с клиновидным или несколько усеченным основанием, трех-пятираздельные или на вершине лопастные, с заостренными лопастями 1,5-6,5 см длины и до 5,5 см ширины; на длинных побегах листья крупнее, пяти-, семиглубокоразделенные или почти рассеченные, с широко расставленными, надрезанно-зубчатыми лопастями, сверху лоснящиеся, темно-зеленые, голые, с восковым налетом и незначительным опушением в углах жилок; осенью почти не изменяют окраски и опадают зелеными. Черешки 1-2 см длины, желобчатые; прилистники серповидно изогнутые; полусердцевидные, железисто-пильчатые.



Рис. 5 **Боярышник однопестичный**—*Crataegus monogyna* Jacq.

Соцветия прямостоящие, до 5 см в диаметре, довольно компактные, 10-18-ти цветковые, с голыми рассеяннo-волосистыми осями, цветоножками и гипантиями. Цветки 1,5 см в диаметре, с белыми лепестками; чашелистики продолговато-треугольные или широкояйцевидные с притупленным кончиком, отогнутые при плодах. Тычинок 20 с красными пыльниками; столбик 1. Плоды широкояйцевидные, 7-10 см длины, красные, редко желтые. Косточка одна до 7 мм длины и 5 мм ширины с 2-3 неглубокими бороздками на спин-

ной стороне. Цветет в мае – июне; плодоносит в сентябре.

Зимостоек. С давних пор используют в садах и парках, в аллеиных посадках (высокоствольные формы) и особенно для живых изгородей. Прекрасно поддается стрижке; обладает большой побегообразующей способностью.

Известны отдельные экземпляры этого вида в возрасте 200 – 300 лет, 17 – 18 м высоты, при диаметре кроны до 20 м и обхвате ствола до 2,5 – 3 м.

**Ареал:** запад Белоруссии и Украины, Молдавия, на север до Черниговской и Орловской областей и на восток до бассейна среднего и нижнего Дона, Крым (горный), западный Кавказ на юг до Туапсе; большая часть Западной Европы[1].

### 2.1.3 Дерен белый – *Cornus alba* L.

Семейство Кизилковые.

Кустарник до 3 м высоты с тонкими гибкими большей частью прямыми или склоненными к земле, но не укореняющимися ветвями. Побеги обычно ярко-кораллово-красные, иногда черно-красные; сердцевина широкая, белая. Листорасположение супротивное. Листья от широкояйцевидных до эллиптических, 3 – 10 см длины, 2 – 7 см ширины, на верхушке острые, с округлым или клиновидным основанием, сверху морщинистые, темно-зеленые с редкими прижатыми волосками, снизу сизые с более густыми волосками, с 4-6 парами боковых жилок. Черешки 5-30 мм длины.

Соцветия щитковидные, 3,5 – 5 см в диаметре, густые, на ножках, 2-4 см длины. Зубцы чашечки очень короткие; лепестки яйцевидно-ланцетные, 4 – 5 мм длины, 1,6 – 2 мм ширины. Тычинки почти равны лепесткам; завязь прижато-волосистая. Костянка почти шаровидная, 7-8 мм длины и 6,5 – 7,5 мм ширины, голубовато-белая косточка эллипсоидная, суживающаяся к концам, до 5,5 мм длины, с продольными бороздами 4 мм ширины и 2,5 мм ширины. Масса 1000 косточек – 28 г. Цветет в мае – июне, часто почти все ле-



то, нередко вторично осенью; плодоносит в августе – октябре.



Рис. 6 **Дерен белый** – *Cornus alba* L.

Один из наиболее распространенных в культуре декоративных видов рода. Культивируется широко по всей территории России и за рубежом.

Хорошо растет на различных почвах. Довольно теневынослив. В условиях города устойчив к газам и пыли. Отличается высокой морозостойкостью. Жаростоек. Повсюду плодоносит.

Пригоден для создания в парках и лесопарках подлеска, опушек, зарослей кустарников, а так же для закрепления крутых склонов, берегов рек и водоемов.

**Ареал:** бассейны Верхней Волги, Камы, Северной Двины и Печоры, Сибирь, Дальний Восток, Монголия, северная часть Кореи, северо-восток Китая, Япония. Растет в поймах рек, в заливных лесах и зарослях вместе с другими кустарниками[1].

#### 2.1.4 Кизильник блестящий – *Cotoneaster lucidus* Schlecht.

Семейство Розоцветные. Подсемейство Яблоневые. Род Кизильник.

Прямостоящий листопадный кустарник до 3 м высотой. Побеги в молодости густоприжато-опушенные, на второй год значительно оголяются. Листья эллиптические до яйцевидных, 2-5 см длины и 1 – 3,5 см ширины, на вершине острые, с широко клиновидным, редко закругленным основанием, сверху темно-зеленые, блестящие, голые или с волосками по главной жилке, снизу в молодости желтовато-войлочные, позже с негустым прижатым опушением, светлые, желтоватые. Черешки 2 – 6 см длины, волосистые. Цветки розовые, в рыхлых щитках по 5 – 12 на прижато-опушенных цветоносах и цветоножках; трубка чашечки голая или слегка опушенная; чашелистики широко треугольные, по краю мохнато-войлочные. Плоды почти шаровидные, 9 – 10 мм длины, черные, блестящие, мучнистые, с 2 – 4 косточками размером 5x4x2,3 мм; косточки обратнояйцевидные. Масса 1000 косточек 23 – 28 г; всхожесть – 28 %. Цветет в мае – июне, плодоносит в сентябре – октябре.



Рис. 7 Кизильник блестящий – *Cotoneaster lucidus* Schlecht.

В культуре распространен очень широко. В западных районах иногда слегка страдает от весенних заморозков. Неприхотлив к почвенным условиям и относительно засухоустойчив.

Прекрасно переносит стрижку, образуя густолиственные кусты. Лучший из кустарников для создания невысоких декоративных стриженных живых изгородей в садах и парках. Кроме того, может быть применен для одиночных и групповых посадок на газонах, для создания опушек.

**Ареал:** Россия – Восточная Сибирь около Байкала. Встречается по скалистым склонам в зарослях кустарника, в светлых лиственнично – смешанных лесах и по речным галечникам [1].

### 2.1.5 Сирень обыкновенная – *Syringa vulgaris* L.

Семейство Маслиновые. Род Сирень.

Кустарник или небольшое дерево 5 – 7 м высоты и до 10 – 15 см в диаметре. Однолетние побеги голые или покрыты вскоре исчезающим железистым опушением, цилиндрические, реже неясно четырехгранные со слабо заметными чечевичками, желтовато-серые или оливково-зеленые. Ветви покрыты серой гладкой корой с рассеянными чечевичками. На стволиках кора серая или темно-серая, отслаивающаяся вдоль длинными узкими полосками. Листья простые, 5 – 12 см длины и 4 – 9 см ширины, яйцевидные, с сердцевидным или ширококлиновидным основанием. На верхушке постепенно заостренные, осенью не краснеющие. Черешки 2 – 3,5 см длины, сверху желобчатые, голые.

Цветки в пирамидальных метельчатых соцветиях, выходящих из самых верхних, а иногда из нижележащих боковых почек, достигающие 10 – 12 см длины. Цветки располагаются в метелках парными пучками по 3 – 5 пар в каждом; в метелке от 100 до 400 цветков. Чашечка широко колокольчатая, около 2 мм длины, четырехзубчатая, с широкодуговидными выемками между зубцами, зубцы коротко заостренные. Венчик лилово-голубой (у сортов от белого до розового и темно – фиолетового), с узкоцилиндрической трубкой 10 – 15 мм длины и 1,5 – 2 мм в диаметре с колесовидным отгибом из приос-



тренно-яйцевидных или эллиптических 4 лепестков, 7 – 8 мм длины и 5 – 6 мм ширины, вначале с завороченными внутрь краями. Коробочка 1 – 1,5 см длины и 0,5 см в диаметре, с коротким острием, двугнездная, голая, бурая, блестящая, с двумя семенами в каждом гнезде. Семя плоское, трехгранное, с узким крылом на одной из сторон, эллипсоидальное, с крылом, охватывающим семя кругом, красноватое или желтовато-бурое. Масса 1000 семян от 5 до 9 г. цветет в конце апреля – мае (в первой половине июня); плодоносит в сентябре – октябре, плоды держатся на растении до весны.



Рис. 8 Сирень обыкновенная – *Syringa vulgaris* L.

Зимостойка, выдерживает без повреждений длительные морозы до 41 °С; засухоустойчива. Лучше всего растет при полном освещении на глубоких плодородных достаточно влажных почвах; быстро отзывается на удобрение, особенно органическое. Плохо переносит кислые почвы и избыток влажности

Легко переносит стрижку. Дает обильные отпрыски от столонов.

**Ареал:** Западная Украина – Карпаты (до высоты 1200 м); горные области Балканского полуострова, Трасильванские Альпы на севере, на запад до Герцеговины, на юг до Олимпа и на восток до Родопских гор. Растет на известняковых горных склонах и скалистых обрывах вместе с кустарниками и на открытых местах [1].



### 2.1.6 Снежноягодник белый – *Symphoricarpos albus* Blake.

Семейство Жимолостные. Род Снежноягодник.

Кустарник высотой до 1,5 м высоты, прямостоящий, с тонкими ветвями. Листья яйцевидные с ширококлиновидным основанием, 2-6 см длины, 1,8–5 м высоты, цельнокрайние, на стерильных побегах, часто выемчато-лопастные, сверху голые, снизу обычно коротковолосистые. Черешки редко-волосистые, 2 – 3 мм.

Соцветия конечные, колосовидные, или кистевидные. Цветки на коротких цветоножках, по 1-5 в пазухах верхних листьев. Чашечка 5-зубчатая; венчик короткоколючатый, розовый, 5 – 7 мм длины. Плоды шаровидные, белые, 6 -10 мм в диаметре. Косточек в плоде 2, яйцевидных, гладких, белых. Цветет в апреле – сентябре; плодоносит в сентябре - ноябре. Масса 1000 семян – 6,8 – 9,0 г.

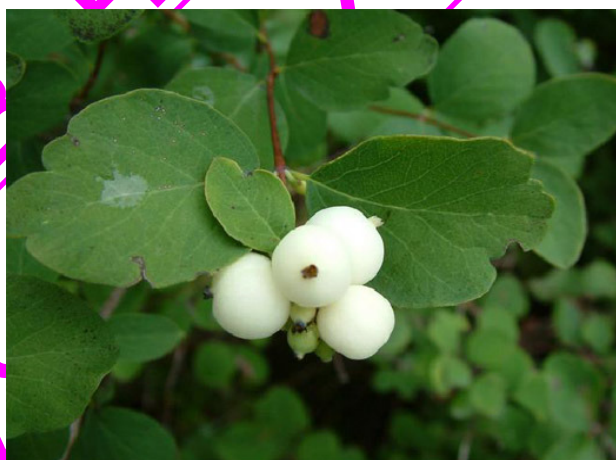


Рис. 9 Снежноягодник белый – *Symphoricarpos albus* Blake.

Разводится в садах и парках европейской части в качестве декоративного кустарника.

Очень неприхотливый быстрорастущий кустарник, устойчивый к задымлению.

**Ареал:** северная Америка от Новой Шотландии до Аляски, на юг до Пенсильвании и калифорнии. Растет на открытых склонах, в светлых горных лесах и

по берегам рек, обычно на сухих и каменистых почвах. Доживает до 50 – 60 лет [1].

### 2.1.7 Чубушник венечный—*Philadelphus coronarius* L.

Семейство Гортензиевые.

Кустарник до 2 - 2,5 м высоты. Побеги голые или в молодости слегка волосистые, с коричневой коркой. Кора старых ветвей бурая или серовато-бурая, растрескивающаяся и отслаивающаяся. Листья яйцевидные или продолговато-яйцевидные, 4 - 8 см длины (на не цветущих побегах до 12 см), тонкие в тени и плотные на свету, на вершине заостренные, с закругленным или широко клиновидным основанием, цельнокрайние или зубчатые, с каждой стороны с 8 - 10 зубцами, сверху голые, на нижней поверхности с бороздками волосков в углах жилок. Цветки белые, слабо ароматные, 2 – 3 см в диаметре, по 3 – 7 в кистевидных соцветиях, иногда до 11, ось соцветия и цветоножки голые или опушенные; чашечка голая; лепестки продолговато- или широкоовальные; столбики голые, сросшиеся почти до половины. Цветет в июне; плодоносит в августе.



Рис. 10 Чубушник венечный—*Philadelphus coronarius* L.

Успешно растет и обильно цветет и плодоносит при полном солнечном освещении и в полутени, в то же время очень теневынослив, однако при значительном затенении цветет слабо и плодоносит мало. Хорошо растет на почвах достаточного увлажнения и даже при подтоке грунтовых вод, но застойного увлажнения не переносит. Временную засуху переносит в большинстве случаев хорошо; при длительной засухе листья теряют тургор, но легко восстанавливают его после первого дождя или полива. Успешно растет на богатых почвах независимо от их механического состава; засоленных почв не переносит, удовлетворительно переносит задымление воздуха в городах и около промышленных предприятий. Широко применяется для посадок одиночными экземплярами и группами для создания опушек и подлеска, живых изгородей.

**Ареал:** Россия - бассейн Амура, Китай (Манчжурия), Корея.

В европейской части в культуре распространен от Архангельска, где плодоносит, но обмерзает, и С.-Петербурга до Южного берега Крыма. Зимостоек[1].

#### **2.1.8. Карагана древовидная** – *Caragana arborescens* Lam.

Семейство Бобовые. Род Карагана.

Высокий кустарник или деревцо до 4-6 м высотой. Кора ствола и старых ветвей гладкая блестящая зеленовато-бурая. Молодые побеги зелёные или желтовато-зелёные, гранистые. Почки яйцевидно-конические, длиной 5-10 мм, сухоперепончатые, со светло-красноватой или серовато-бурыми чешуями, глубоко сидят в пазухах листовых подушек. Листовой рубец большой, по бокам находятся 2 ломкие, часто опадающие колючки. Сердцевина округлая или немного угловатая. Древесина зеленовато-жёлтая с бурым ядром. Бобы узкоцилиндрические, длиной 30-50 мм, бурые или коричневые, с коричневыми лоснящимися семенами. Раскрывшиеся и

скрутившиеся створки бобов долго удерживаются в кроне[1].



Рис. 11. Карагана древовидная – *Caragana arborescens* Lam.

Листья крупные из 4-7 пар цельнокрайних обратнояйцевидных или продолговато-эллиптических листочков. Прилистники шиловидные, острые, опадающие или часть из них твердеет и превращается в колючку до 1 см длиной. Листочки светло-зеленые и в молодости опушенные, на верхушке закругленные и иногда увенчаны шипиком, целиком опадающие. Цветки желтые одиночные или собраны в пучки по 2-5. Цветет с мая по июнь.

Плод — бобы линейно-цилиндрические, голые, длиной до 7 см. Плоды созревают в июле.

Выращивается как декоративный и неприхотливый кустарник, который часто встречается в озеленении городов и поселков далеко за пределами своего ареала естественного произрастания. Используется и в лесозащитных полосах и для закрепления подвижных почв. Культура этого кустарника известна еще со времен Петра I. По его приказу караганой были обсажены дорожки в столичном Летнем саду [14].

**Ареал:** распространена в лесной области и прилегающих к ней степных районах Сибири, а также в Казахстане и Монголии. Предпочитает разреженные лиственничники и сосняки, пески и галечники по берегам рек, каменистые склоны, лесные опушки и овраги. В горах может подниматься до 1650 м



над уровнем моря [1].

### 2.1.9 Пузыреплодник калинолистный—*Opulaster opulifolius* L.

Кустарник высотой до 1,5—3 м. Ветви поникающие.

Коракоричневая или буроватая с возрастом отслаивающаяся. От почек вниз по побегу идут хорошо заметные рёбра. Почки продолговатояйцевидные, бурые, длиной 4—6 мм.

Сердцевина широкая, бурая; древесина белая.



Рис 12. Пузыреплодник калинолистный- *Opulaster opulifolius* L.

Листья округло-яйцевидные или округло-эллиптические, длиной до 4 см, с 3—5 тупыми лопастями, из которых средняя — более крупная. Край листа пильчато-зубчатый. Листовые пластинки сверху — зелёные, снизу — более светлые. Осенью золотистые.

Цветки белые или розовые собраны в выпуклые щитковидные соцветия.

Цветёт в июне-июле.

Плоды из 3-4 вздутых листовок созревают в начале осени. Соплодия — многолистовки, собранные из 3-5 кожистых вздутых листовок, с вверх стоящими долями чашечки.

**Ареал:** Северная Америка (юго-восток и север США, восточная Канада).

Смешанные леса, долины и берега рек [1].

Любое копирование  
тиражирование запрещено

## 2.2 Методы исследования

### 2.2.1. Пробоотбор

Пробоотбор осуществляли в опытных точках в санитарно-защитной зоне предприятий металлургической промышленности г. Тулы: Косогорский металлургический завод (КМЗ) и ОАО Тулачермет (ТЧ)

Удаленность санитарно-защитных насаждений от источников выбросов составляла от 300 до 500 м в зависимости от расположения вида в санитарно-защитных насаждениях. Контрольные образцы были собраны на территории Центрального парка культуры и отдыха им. П.П. Белоусова.

Пробоотбор осуществляли в верхней и средней частях крон на высоте 1 – 1,5 м по периметру кроны кустарников.

### 2.2.2. Определение жизненности

Проводилась по комплексу признаков: суховершинность, развитие хлоротических и некротических изменений, наступлению фенологических фаз, облиственности, вступлению в генеративный период развития. При оценке использовалась шкала жизненности предложенная Черненковой, представленной в таблице 3.

Таблица 1

*Сводные данные значений баллов жизненного состояния древостоя, [Черненкова, с. 122 - 123]*

Балл	Оценка жизненности	Г.И. Галутвин и др. [1980]	В.В. Тарчевский [1964]	Т.В. Черненкова [1986]
1	Здоровые	Без внешних признаков повреждений	Повреждения незначительные (до 10 %) или отсутствуют. Растения цветут и плодоносят.	Внешние признаки повреждений отсутствуют.

2	Ослабленные	Деревья со слабой ажурностью кроны, укороченным приростом или повреждением до 1/3 кроны	Повреждения небольшие (до 30 %). Имеется разнолиственность. Растения цветут.	Появление отдельных сухих ветвей в кроне (не более 20 %), слабая ажурность кроны, некроз хвои или листьев 3 – 10 %, незначительное уменьшение прироста побегов.
3	Сильно ослабленные	Деревья с ажурной кроной, желтеющей хвоей, сильно укороченным приростом с повреждением до 2/3 хвои или ветвей	Часть ветвей или верхушка лишены листьев. На листьях имеются следы повреждений. Наблюдается разнолиственность.	Суховершинность кроны, ажурность увеличивается, число сухих ветвей варьирует от 20 до 50 %, некроз хвои и листьев от 10 до 50 %, периферийное расположение хвои, укорачивание длительности жизни хвои, ее желтый цвет, небольшой прирост побегов.
4	Отмирающие	Деревья с сильно ажурной кроной, с частично осыпавшейся хвоей и повреждением более 2/3 хвои	Много голых ветвей вершина сухая, листья со следами значительных повреждений, с наличием попыток поселения стволовых вредителей.	Вегетирует незначительная часть побегов, сухих ветвей от 50 до 90 %, прироста практически нет, хвоя желто-бурая, частично осыпавшаяся, некротизированной хвои или листьев 50 – 100 %. Начало поселения стволовых вредителей.
5	Свежий сухостой	Деревья, усохшие в прошлом или текущем году,	Листья только с нижней части ствола, сильно повреждены	Сухостой. Деревья обработаны стволовыми вредителями.



		с желтой или бурой хвоей или без нее, с поселением стволовых вредителей	верхние ветви, верхушка поникла.	
6	Старый сухостой	Деревья, усохшие в прошлые годы, без хвои, обработанные стволовыми вредителями	Полная гибель растений.	-

### 2.2.3. Определение площади листьев

Берется по 25 листьев древесных пород, готовится гербарий.

Установление переводного коэффициента основано на сравнении массы квадрата бумаги с массой листа, имеющего такую же длину и ширину [59]. Для этого берут бумагу (лучше в клеточку) и очерчивают квадрат, равный длине и ширине листа, а затем аккуратно обрисовывают его контур. Вычисляют площадь квадрата бумаги, вырезают и взвешивают его, затем вырезают контур листа и так же взвешивают.

Из полученных данных вычисляют переводной коэффициент по формулам 1 и 2:

$$K = S_{\text{л}} / S_{\text{кв}} \quad (\text{формула 1})$$

$$S_{\text{л}} = P_{\text{л}} * S_{\text{кв}} / P_{\text{кв}} \quad (\text{формула 2}),$$

Где:

K – переводной коэффициент,

S – площадь листа (л) или квадрата бумаги (кв)

P – масса квадрата бумаги или листа.

Вычисление коэффициента производится на основании измерения 7-8 листьев. Таким же расчетом он устанавливается отдельно для каждого вида растений. Затем измеряют длину (А) и ширину (В) каждого листа и умножают на переводной коэффициент (К):

$$S = A * B * K \quad (\text{формула 3})$$

Получаем ряд значений изменчивости площади листьев для каждой древесной породы в разных экологических условиях. Для каждого ряда вычисляют среднеарифметические величины и сравнивают между собой. В случае большой выборки строят вариационные кривые встречаемости листьев определенной площади в разных условиях среды.

При этом все ряды по площади листьев разбивают на классы от самого маленького листа до самого большого с одинаковым шагом между классами. Соответственно каждому классу производят определение встречаемости. Кривые сравнивают, делают выводы относительно различий в изменчивости площади листьев в зависимости от экологических условий. Устанавливают разницу в диапазоне изменчивости для маленьких и больших листьев.

#### **2.2.4. Определение некротических изменений тканей листа при антропогенном загрязнении воздушной среды**

Собранные листья расправляли на квадрате кальки, у которого длина и ширина соответствуют размерам листа. Кальку взвешивали ( $P_{кв}$ ), лист очерчивали, по контурам на кальке вырезали его силуэт. Эту часть кальки также взвешивали ( $P_{л}$ ). Определяли площадь листа:

$$S_{л} = P_{л} * S_{кв} / P_{кв} \quad (\text{формула 4})$$

$$S_{повр} = (S_{л} * P_{повр} / P_{листа}) * 100 \quad (\text{формула 5})$$

Применение кальки обусловлено ее прозрачностью, что необходимо для дальнейшей работы.

Контур листа на кальке совмещают с листом и очерчивают все поврежденные участки, вырезают, взвешивают. Вычисляют процент поврежденной ткани:

$$S_{повр} = (S_{л} * P_{повр} / P_{листа}) * 100 \quad (\text{формула 6})$$

#### **2.2.5. Определение степени антропогенной нагрузки по асимметрии листа**

Ряд растений является классическим объектом для биоиндикации: тополь черный (*Populus nigra*), Клен остролистный (*Acer platanoides*), клен ясенелистный (*Acer negundo*), береза бородавчатая (*Betula pendula*). Все они имеют четко выраженную двустороннюю симметрию. При воздействии негативных факторов симметрия листовой пластинки нарушается, что позволяет провести интегральную экспресс – оценку качества среды. Листья. Для этого после завершения роста листьев (с июня) производят выборку листьев с 5-10 экземпляров по 5-10 листьев. Используют только средневозрастные растения. Средняя выборка не должна быть меньше 25 листьев. Листья у деревьев собирают с нижней части кроны, у кустарников – с верхнего яруса по периферии кроны. Весь собранный материал маркируют. Указывая дату и место отбора проб. Наличие вблизи источника загрязнения (расстояние в м). Собранный материал гербаризируют или хранят на нижней полке холодильника (не более недели).

При определении флуктуирующей асимметрии измеряют длину жилок слева и справа у растений с симметричными листьями – первой жилки от основания листа, у клена ясенелистного – средней жилки боковых пластин справа и слева. Коэффициент флуктуирующей асимметрии определяют по формуле, предложенной В.М. Захаровым:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (d_{l-r} - M)^2}{n-1}, \text{ где}$$

$$M_d = \frac{\sum d_{l-r}}{n} - \text{среднее различие между сторонами};$$

$$d_{l-r} = \frac{2(d_{l-r})}{d_l + d_r} - \text{различие значений признаков между левой (l) и правой}$$

(r) сторонами, n – число выборок.

Качественные признаки считают по проценту суммы асимметричных листьев

$$M = \frac{n_a}{n_a + n_c}, \text{ где } n_a - \text{ число асимметричных особей, } n_c - \text{ число симметричных листьев.}$$

ричных листьев.

Показатель асимметрии указывает на наличие в среде обитания негативного фактора. Причем он стабилен при адаптации растений к негативному воздействию и откликается повышением на неблагоприятное изменение воздействия фактора. При балльной оценке используют таблицу соответствия баллов качества среды значениям коэффициентов асимметрии (табл. 2).

**Таблица 2**

**Балльная система качества среды обитания по показателям флуктуирующей асимметрии высших растений  
(по А.Б. Стрельцову, 2003)**

Виды	Балл				
	1	2	3	4	5
Береза бородавчатая	< 0,055	0,056-0,060	0,061-0,065	0,065-0,070	>0,070
Остальные виды	<0,0018	0,0019-0,0089	0,009-0,022	0,022-0,04	>0,04

### 2.2.6. Определение адсорбции пылевых выбросов на поверхности листьев

Для определения адсорбции пылевых выбросов на листьях кустарников брали 3 пробы по 10 листьев из средней выборки (листья кустарников верхнего и среднего ярусов, отобранные по периферии кроны не менее чем с 5 особей). Предварительно взвешенной доведенной до постоянной массы ватой тщательно собирали пылевые выпадения с обеих сторон каждого листа. После сбора пыли производили повторное взвешивание ватных дисков. На аналитических весах с точностью до 0,0001 г определяли разницу начальной и конечной массы ваты. Рассчитывали среднее содержание пыли на 1 листе из трех проб. Определив среднюю площадь листа, проводили пересчет количества пыли на 1 дм<sup>2</sup>.

Определение адсорбции пылевых выбросов влажным методом проводили смывом пыли с поверхности листа дистиллированной водой. Для этого в предварительно взвешенные стаканчики наливали 100 мл дистиллированной воды. В каждый стаканчик помещали пробы (3 каждого вида) из средней выборки (по 10 листьев), тщательно прополаскивали листья в воде, затем производили выпаривание. Снова производили взвешивание стаканчиков на аналитических весах. Рассчитывали разницу конечной и начальной массы. Определяли количество пыли, адсорбированной на 1 листе, затем с учетом площади листьев производили пересчет адсорбированной пыли на 1 дм<sup>2</sup> листовой поверхности.

## 2.3 Результаты исследования

### 2.3.1 Адсорбция пыли на листьях кустарников

Древесные растения санитарно-защитных насаждений выполняют важную функцию в городских экосистемах: они адсорбируют часть аэрозольных выпадений и почвенного выветривания на поверхности листа, являясь биологическими фильтрами. При этом часть пылевых выбросов может проникать через покровную ткань листа, аккумулируясь в листьях. Так растения выполняют свою роль в биогеохимических циклах элементов. Известно, что аккумуляция пылевых выбросов у видов будет отличаться в зависимости от структуры листа, наличия трихом, выделений (Черненкова, 2002).

Нами была исследована способность листовых пластинок 9 видов кустарников адсорбировать аэротехногенные выбросы, очищая воздух от пылевых выпадений. Результаты исследования представлены в таблице 3.

Таблица 3

#### Накопление пыли на поверхности листьев кустарников в условия промышленных выбросов металлургических производств

Вид	Точка пробы	Кол-во пыли на листе, г	Кол-во пыли, г/дм <sup>2</sup> листьев
Боярышник кроваво-красный	КМЗ	0,0041±0,0002	0,026
	Тулачермет	0,0033±0,0003	0,010
	ЦПКиО(контроль)	0,0025±0,0001	0,007
Боярышник однопестичный	КМЗ	0,0032±0,0002	0,042
	Тулачермет	0,0051±0,0003	0,071
	ЦПКиО	0,0012±0,0001	0,020
Сирень обыкновенная	КМЗ	0,0031±0,0002	0,014
	Тулачермет	0,0043±0,0004	0,020
	ЦПКиО	0,0024±0,0002	0,026
Дёрен белый	КМЗ	0,0019±0,0001	0,016
	Тулачермет	0,0017±0,0001	0,014



	ЦПКиО	0,0011±0,0001	0,004
Пузыреплодник калинолистный	КМЗ	0,0018±0,0002	0,008
	ЦПКиО	0,0010±0,0001	0,003
Карагана древовидная	КМЗ	0,0037±0,0003	0,028
	ЦПКиО	0,0025±0,0002	0,016
Кизильник блестящий	КМЗ	0,0053±0,0004	0,096
	ЦПКиО	0,0017±0,0001	0,036
Чубушник венечный	КМЗ	0,0032±0,0002	0,015
	ЦПКиО	0,0015±0,0001	0,006
Снежноягодник белый	КМЗ	0,0035±0,0003	0,042
	Тулачермет	0,0055±0,0002	0,056
	ЦПКиО	0,0013±0,0001	0,025

В ходе исследований установлено, что наибольшее количество пыли на листьях кустарников концентрируется вдоль жилок и по периферии листа кустарников (рис. 13).

Согласно полученным нами данным, наибольшее количество пыли в условиях санитарно-защитных зон предприятий металлургической промышленности аккумулируют такие виды как снежноягодник белый, кизильник блестящий, боярышник однопестичный. (0,042-0,096 г/ дм<sup>2</sup>листа). При этом минимальными характеристиками отличался пузыреплодник калинолистный (0,004 г/ дм<sup>2</sup>). В остальных видах способность к адсорбции пыли на листовой пластинке колеблется в пределах 0,014-0,026 г/дм<sup>2</sup>.

Сравнительная характеристика определения адсорбции плевых выпадений сухим (ватные диски) и методом выпаривания (смывы дистиллированной водой) показала, что применение метода сухого сбора пыли более эффективно для таких видов, как: карагана древовидная, снежноягодник белый, сирень обыкновенная, чубушник венечный (табл. 4). Большинство из эти видов отличается гладкой поверхностью листьев. Напротив, для таких видов как боярышник кроваво-красный, однопестичный, кизильник блестящий, дерен белый, листья которых покрыты трихомами, наиболее эффективно применение такого метода, как выпаривание, т.к. этот метод позволяет более полно смыть с защищенных волосками листьев мелкие частицы пыли.

**Сравнительная характеристика методов сухого сбора  
и выпаривания при определении содержания пылевых выбросов  
на листьях кустарников**

Вид	Кол-во пыли на 1 листе, г		Кол-во пыли на 1 дм <sup>2</sup> /г	
	сухой сбор	выпаривание	сухой сбор	выпаривание
боярышник крово-красный	0,004	0,026	0,017	0,068
боярышник однопестичный	0,009	0,012	0,053	0,073
карагана древовидная	0,021	0,002	0,053	0,006
Пузыреплодник калинолистный	0,003	0,003	0,010	0,008
Кизильник блестящий	0,016	0,073	0,097	0,439
Дерен белый	0,009	0,015	0,028	0,044
Чубушник венечный	0,036	0,012	0,107	0,035
Снежноягодник белый	0,008	0,004	0,046	0,025
Сирень обыкновенная	0,004	0,002	0,012	0,006



Рисунок 13. **Накопление пылевых выбросов на поверхности листа боярышника крово-красного в условиях СЗЗ КМЗ**

### 2.3.2 Площадь листьев кустарников в условиях полиметаллического загрязнения

Согласно литературным данным, в условиях техногенного загрязнения может наблюдаться либо появление мезофильного листа, либо ксероморфных листьев. Нами изучено изменение площади листа в зонах полиметаллического загрязнения почв (металлургические производства). Результаты исследований представлены в таблице 5.

В результате исследования листьев трёх точек пробоотбора: ЦПКиО (контроль), КМЗ и Тулачермет установлено, что площадь листьев разных видов кустарников меняется в связи с близостью к металлургическим предприятиям по сравнению с условно чистой зоной. При этом изменения параметров листа происходят в двух направлениях.

Листовая пластинка снежногодника белого в условиях СЗЗ предприятий металлургической промышленности отличается появлением разных морфологических форм листа, появлением рассечения листовая пластинки (лопастные листья) (рис. 14)



Рисунок 14. *Изменение морфологии листа снежногодника белого в условиях полиметаллического загрязнения*

Таблица 5

*Площадь листьев кустарников в зоне полиметаллического загрязнения*

Вид	Точка пробоотбора		
	ЦПКиО(контроль)	КМЗ	Тулачермет
Боярышник кроваво-красный	0,074±0,011	0,141±0,014	0,267±0,026
Боярышник однопестичный	0,058±0,007	0,238±0,010	0,069±0,008
Дёрен белый	0,246±0,093	0,223±0,084	0,114±0,004
Карагана древовидная	0,154±0,013	0,260±0,012	-
Кизильник блестящий	0,047±0,006	0,050±0,003	-
Пузыреплодник калинолистный	0,074±0,007	0,242±0,012	-
Сирень обыкновенная	0,215±0,013	0,337±0,017	0,202±0,009
Чубушник венечный	0,242±0,077	0,206±0,010	-
Снежноягодник белый	0,052±0,006	0,143±0,013	0,098±0,008

У чубушника венечного на территории КМЗ и дерна белого на территории предприятия Тулачерметнаблюдается выраженный ксероморфизм: уменьшается площадь листовой пластинки на 15-51% соответственно (табл.5). Это связано с реакцией видов на аэрозольные выбросы, осаждаемые на поверхности листа. Остальные виды кустарников по сравнению с условно чистой зоной (УЧЗ) отличаются увеличением площади листа, что можно рассматривать как компенсацию при уменьшении проникающей в лист фотосинтетически активной радиации – приспособление к фотосинтезу в экстремальных условиях среды. Особенно выражено оно у боярышника однопестичного, пузыреплодника, сирени обыкновенной. Как показывают результаты исследований площади листьев, различные виды неоднозначно реагируют на выбросы промышленных предприятий. Более чувствительны к выбросам ОАО «Тулачермет» «Ванадий», КМЗ: боярышник однопестичный, пузыреплодник, сирень обыкновенная и дёрен белый.

### 2.3.3 Некротические изменения тканей листа при антропогенном загрязнении воздушной среды по проценту поражения ткани

Глубокие физиологические изменения и окислительный стресс в условиях полиметаллического загрязнения приводят к развитию некротических и хлоротических изменений листьев кустарников (Горелова и др., 2013). Это резко снижает их жизненность.

Нами исследована жизненность, развитие некрозов и хлорозов листьев 9 видов кустарников СЗЗ предприятий металлургической промышленности г. Тулы (табл. 6).

Таблица 6

*Определение поражения и омертвления ткани листа при антропогенном загрязнении воздушной среды по проценту поражения ткани*

№п./п.	Вид	Точка Пробоотбора	Жизненность вида в СЗЗ	Характер некротических изменений, расположение	% некротических и хлоротических изменений
1	Боярышник кроваво-красный	точка 1	2	краевые, точечные, межжилковые некрозы и хлорозы	28,3
		точка 2	2	точечные, краевые некрозы	25,1
2	Боярышник однопестичный	точка 1	2	краевые, межжилковые, точечные некрозы и хлорозы	37,1
		точка 2	2		10,6
3	Кизильник блестящий	точка 1	1	точечные, краевые некрозы и хлорозы	9,7
4	Сирень обыкновенная	точка 1	1	Верхушечный и краевые некрозы	5,0
		точка 2	1	краевые, точечные некрозы, скручивание листовой пластинки	4,4

5	Дерен белый	точка 1	2	краевые, точечные, межжилковые некрозы и хлорозы, энтомоповреждения краевые, точечные, межжилковые некрозы и хлорозы	24,3
		точка 2	2		28,5
6	Снежноягодник белый	точка 1	1	межжилковые, точечные, краевые некрозы	5,0
		точка 2	2		15,8
7	Чубушник венечный	точка 1	1	Краевые некрозы, межжилковые хлорозы	6,9
8	Пузыреплодник калинолистный	Точка 1	1	Краевые некрозы, межжилковые хлорозы	5,6
9	Караганадревовидная	точка 1	1	точечные некрозы, межжилковые и точечные хлорозы	6,9

На основании полученных в исследованиях данных (табл. 6), можно сделать вывод о том, что наибольшему развитию некротических и хлоротических повреждений в условиях загрязнения промышленных предприятий подвержены боярышник кроваво-красный и дерен белый (28 %), боярышник однопестичный (37 %) (рис. 15).





Рисунок 15. **Развитие некрозов и хлорозов на листьях боярышника  
однопестичного и снежноягодника белого в условиях полиметаллического  
загрязнения**

Наименьшая площадь некротических и хлоротических изменений в опытных образцах отмечена у сирени обыкновенной (4,3 %), сирени обыкновенной, пузыреплодника калинолистного, караганы древовидной (5-7 %).

Увеличение площади некрозов и хлорозов в опытных точках объясняется как объективным воздействием компонентов выбросов металлургических предприятий, так и влиянием аэрозольной эмиссии от автотранспорта, изменение реакции среды почвы в связи с увеличением содержания в почвах ТМ. Кроме того, ряд хлоротических и некротических изменений листовых пластинок кустарников обусловлен влиянием загрязнения на ослабление иммунитета растений по отношению к возбудителям болезней и фитофагам.

Таким образом, следующие виды могут использоваться для биоиндикации токсичности выбросов в зоне металлургических предприятий по признакам: появление некротических и хлоротических изменений листа – боярышник кроваво-красный, боярышник однопестичный, дерен белый. Данные виды не подходят для создания санитарно-защитных насаждений вдоль крупных металлургических предприятий.

Наиболее устойчивыми по морфометрическим параметрам в условиях выбросов промышленных предприятий видами являются: карагана древовидная, сирень обыкновенная, пузыреплодник калинолистный.

#### **2.3.4 Определение степени антропогенной нагрузки по асимметрии листа**

Для биоиндикации состояния окружающей среды часто используются признаки асимметрии живых организмов: беспозвоночных, позвоночных, листьев растений. Поэтому нами для характеристики условий среды в зоне

воздействия металлургических производств выбрана методика определения асимметрии листа с целью выявления видов – фитоиндикаторов и состояния окружающей среды.

В результате исследования признаков асимметрии листа выявлены следующие показатели (табл. 7): у большинства видов наблюдается 100 % асимметрия листа по комплексу признаков. Наиболее подвержены изменению признаки: ширина половинок, длина второй жилки, расстояние между основанием и первой жилкой, расстояние между второй и третьей жилками.

**Таблица 7**

***Величина асимметрии у листьев кустарников под влиянием техногенных выбросов***

Вид	Точка пробоотбора	М	$\sigma$	Балл
Боярышник кроваво-красный	КМЗ	100	0,025	4
	Тулачермет	100	0,061	4
	ЦПКиО	100	0,01	4
Боярышник однопестичный	КМЗ	100	0,0006	1
	Тулачермет	100	0,0028	3
	ЦПКиО	100	0,0015	1
Дёрен белый	КМЗ	100	0,006	2
	Тулачермет	100	0,052	5
	ЦПКиО	100	0,014	2
Сирень обыкновенная	КМЗ	100	0,0008	1
	Тулачермет	100	0,0006	1
	ЦПКиО	100	0,0001	1
Кизильник блестящий	КМЗ	100	0,0007	1
	Тулачермет	100	0,002	2
	ЦПКиО	100	0,0018	1
Снежноягодник белый-	КМЗ	100	0,011	3
	Тулачермет	100	0,024	4
	ЦПКиО	100	0,0002	1
Карагана древовидная	КМЗ	100	0,0006	1
	Тулачермет	100	0,0019	2
	ЦПКиО	100	0,0001	1
Пузыреплодник калинолистный	КМЗ	20	0,0017	1
	ЦПКиО	10	0,0001	1

Чубушник венечный	КМЗ	20	0,0024	2
	ЦПКиО	10	0,0014	1

Коэффициент флуктуирующей асимметрии у листьев кустарников в условиях СЗЗ Косогорского металлургического завода составляет от 0,0006 (боярышник однопестичный, карагана древовидная) до 0,025 (боярышник кроваво-красный); в условиях СЗЗ ОАО «Тулачермет» - от 0,0006 (сирень обыкновенная) до 0,061 (боярышник кроваво-красный). По признакам асимметрии к промышленному загрязнению наиболее чувствительна морфология листа таких видов, как: боярышник кроваво-красный, дерен белый, снежноягодник белый. Эти виды могут являться видами – биоиндикаторами состояния окружающей среды по признакам асимметрии листовой пластинки. По показателю коэффициент флуктуирующей асимметрии не реагируют на полиметаллическое загрязнение такие виды, как: сирень обыкновенная, пузыреплодник калинолистный – их использовать для фитоиндикации по морфологическим параметрам не рекомендуем. Как показывают результаты исследований, виды неоднозначно реагируют на разные виды загрязнителей. Так, наиболее чувствительны к выбросам комплекса предприятий ОАО «Тулачермет» и «Ванадий» такие виды, как: дерен белый, боярышник однопестичный, кизильник блестящий, снежноягодник белый. Т.е. выбросы этого предприятия, по всей видимости, являются наиболее токсичными для большинства изученных растений.

Любое копирование и  
тиражирование запрещено

## ВЫВОДЫ

1. Кустарники в условиях аэротехногенного загрязнения окружающей сред способны адсорбировать на поверхности листа от 8 до 96 мг/дм<sup>2</sup> пыли. Наибольшее количество пыли в условиях санитарно-защитных зон предприятий металлургической промышленности аккумулируют такие виды как снежногодник белый, кизильник блестящий, боярышник однопестичный. (0,042-0,096 г/дм<sup>2</sup>). Минимальными характеристиками отличается пузыреплодник калинолистный (0,008 г/дм<sup>2</sup>).
2. У чубушника венечного и дерна белого в санитарно-защитных зонах предприятий металлургической промышленности наблюдаются признаки ксероморфизма листа: уменьшается площадь листовой пластинки на 15-51% соответственно. Остальные виды кустарников по сравнению с условно чистой зоной (УЧЗ) отличаются увеличением площади листа: боярышник однопестичный, пузыреплодник калинолистный, сирень обыкновенная. Наиболее чувствительна морфология листа кустарников к выбросам ОАО «Тулачермет».
3. Жизненность кустарников в условиях полиметаллического загрязнения почв в санитарно-защитных зонах предприятий металлургической промышленности колеблется от 1 до 2 баллов. Худшей жизненностью отличаются: боярышники кроваво-красный и однопестичный, дерен белый. На листьях кустарников СЗЗ наблюдается развитие краевых и точечных некрозов, межжилковых и точечных хлорозов, площадь которых составляет от 5-7 % (сирень обыкновенная, чубушник венечный) до 24-37 % (боярышники, дерен). В условиях полиметаллического загрязнения наблюдается поражение листьев кустарников микромицетами и фитофагами.
4. У большинства изученных видов в условиях полиметаллического загрязнения наблюдается 100 % проявление асимметрии листовой пла-

стинки по комплексу признаков. Коэффициент флуктуирующей асимметрии листа кустарников в условиях полиметаллического загрязнения колеблется от 0,0006 до 0,061. По признакам асимметрии к промышленному загрязнению наиболее чувствительна морфология листа таких видов, как: боярышник кроваво-красный, дерен белый, снежноточка белый. По показателю коэффициента флуктуирующей асимметрии не реагируют на полиметаллическое загрязнение такие виды, как: сирень обыкновенная, пузыреплодник калинолистный.

5. Для биоиндикации состояния окружающей среды по комплексу морфологических параметров листа могут использоваться такие виды, как: боярышник кроваво-красный, дерен белый, снежноточка белый. Для фитоиндикации состояния окружающей среды по комплексу морфологических признаков листа не подходят такие виды как: пузыреплодник калинолистный, сирень обыкновенная.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Громадин, А.В. Дендрология: учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования/ А.В.Громадин, Д.Л.Матюхин. – М.: Издательский центр «Аркадия», 2006. – 360с. – С.
2. Горелова, С.В. Биоаккумуляция тяжелых металлов древесными растениями и оценка возможности их использования для биоиндикации воздействия компонентов выбросов предприятий металлургической промышленности./ Горелова С.В., Гарифзянов А.Р., Ляпунов С.М., Горбунов А.В., Окина О.И., Фронтасьева М.В. // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии, 2010 № 1 (12). – С. 155-163.
3. Горелова С.В., Меньшикова Е.В., Харихонов А.Ю. Флористический состав и устойчивость древесных интродуцентов урбоэкосистем с интенсивным техногенным загрязнением (на примере г. Тулы) // Рослини та урбанізація: Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції „Рослини та урбанізація” (Дніпропетровськ, 19–20 березня 2013 р.). – Дніпропетровськ: ТОВ ТВГ «Куніца», 2013. – С. 160-163
4. Горелова С.В., Козлов С.А., Толкунова Е.Ю., Горбунов А.В., Ляпунов С.М. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ГОРОДА ТУЛЫ // БИОЛОГИЯ – НАУКА XXI ВЕКА: 18-я Международная Пущинская школа- конференция молодых ученых (Пущино, 21 - 25 апреля 2014 г.). Сборник тезисов.- Пущино, 2014. – С. 410
5. Gorelova S.V., Frontasyeva M.V., Gorbunov A.V., Lyapunov S.M., Okina O.I. BIOINDICATION AND MONITORING OF ATMOSPHERIC DEPOSITION USING TREES AND SHRUBS // Materials of 27th Task Force Meeting of the UNECE ICP Vegetation. France, Paris, January 28-29, 2014. P.63
6. Gorelova S.V., Frontasyeva M.V., Gorbunov A.V., Lyapunov S.M., Okina O.I. EXOTIC WOODY SHRUBS USED FOR BIOACCUMULATION OF TECHNOGENIC POLLUTION IN URBAN ECOSYSTEMS OF NON-

7. Кулагин, А.А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей / А.А. Кулагин, Ю.А. Шагиева; отв. ред. Г.С. Розенберг. – М.: Наука, 2005. – 2005. – С.145-146.

8. Магомадова, Р.С. Влияние промышленных выбросов на состояние насаждений *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle в условиях города Грозного. – автореферат Магомадовой Р.С. - Грозный, 1998.

9. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М.: Гуманит. Изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 288с.,ил. – С. 123 – 126, 129 – 130

10. Харихонов, А.Ю., Горелова С.В., Муравьева Ю.А., Тимакова Е.В., Толкунова Е.Ю. Активность каталазы в листьях кустарников-интродуцентов в условиях полиметаллического загрязнения промышленно развитых урбозкосистем // Биология – наука XXI века: 18-я Международная Пущинская школа-конференция молодых ученых (Пушино, 21 - 25 апреля 2014 г.). Сборник тезисов.- Пушино, 2014. – С. 399

11. Черненкова, Т.В. Реакция лесной растительности на промышленные загрязнения / Т.В. Черненкова. – М.:Наука, 2002. – 191 с.,ил.

12. Чиркова, Т.В. Физиологические основы устойчивости растений: Учеб. Пособие / Т.В. Чиркова.- СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002.-244 с.

13. Якушина, Н.И. Физиология растений : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности 032400 «Биология»/ Якушина Н.И., Бахтенко Е.Ю. – М.: Гуманитар. издат. центр ВЛАДОС,2005. – 463с.

14. <http://www.flower.onego.ru>

15. <http://www.metal-profi.ru/>

16. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. Пособие для студентов высш. Учебн. Заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Сарapultцева, Т.И. Евсеева и др.; под ред. О.П. Мелеховой и

Е.И. Сарапульцевой. – 2-е изд., испр. – М.: Изд. Центр «Академия», 2008. – С. 74-80.

17. Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды/ под ред. В.М. Захарова, Е.Ю. Крысанова. – М.: Московское отделение Международного фонда «Биотест», 1996.

18. Стрельцов, А.Б. Региональная система биологического мониторинга. – Калуга: изд-во Калужского ЦНТИ, 2003.

19. Кузнецов, В.В. Физиология растений: Учеб. для вузов / В. В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева: - М.: Высш. шк., 2005. – С. 361-377.

20. Кулагин, А.А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей / А.А. Кулагин, Ю.А. Шагиева; отв. ред. Г.С. Розенберг. – М.: Наука, 2005. – 2005. – С.145-146.

21. Кулагин, Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974.- 125 с.

22. Кулагин, А.А. Реализация адаптивного потенциала древесных растений в экстремальных лесорастительных условиях: Автореф. дис. . докт. биол. наук.- Тольятти, 2006. 36 с.

23. Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды/ под ред. В.М. Захарова, Е.Ю. Крысанова. – М.: Московское отделение Международного фонда «Биотест», 1996.

24. Выпускаемая продукция <http://ibprom.ru/tulachernet>

25. Косогорский металлургический завод - более века в металлургии <http://www.kmz-tula.ru/about.html>