

УДК 577.1:574.4

UDC 577.1:574.4

**БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
УРБОЭКОСИСТЕМ
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**BIOGEOCHEMICAL INDICATION
OF ECOLOGICAL STATE
OF URBOECOSYSTEMS
IN MODERN CONDITIONS**

Е. Г. Тюлькова,
*кандидат биологических наук,
доцент кафедры товароведения
УО «Белорусский торгово-экономический
университет потребительской
кооперации»*

Ye. Tyulkoва,
*Candidate of Biology, Associate Professor
of the Chair of Commodity Research
of EI "Belarusian Trade and Economics
University of Consumer
Cooperatives"*

Поступила в редакцию 25.11.15.

Received on 25.11.15.

В статье приводится обзор результатов исследований и разработок в области биогеохимической индикации экологического состояния урбоэкоцистем на современном этапе и рассматриваются результаты собственных исследований характера и закономерностей изменения морфометрических параметров листовой пластинки древесных растений, произрастающих в зоне влияния промышленных предприятий города Гомеля. Отмечается, что в настоящее время важное значение придается комплексной оценке, объединяющей фитоиндикационные и геохимические методы исследований; анализируются источники поступления химических загрязнителей в окружающую среду, особенности и условия их накопления в объектах внешней среды, депонирование в растениях и водоемах. При этом в центре внимания находятся не только городские территории, но и агроландшафты. В результате собственных исследований выявлено, что среди трех промышленных зон города Гомеля наибольшая техногенная нагрузка приходится на западную промышленную зону, где проявилось наиболее выраженное влияние техногенеза на ширину и длину листовой пластинки исследуемых древесных растений в виде уменьшения данных параметров. На территории южной и северной промышленной зоны такая тенденция установлена не была.

Ключевые слова: техногенез, биоиндикация, урбоэкоцистема, химические загрязнители, древесные растения, длина листа, ширина листа.

The article provides an overview of the results in the biogeochemical indication field of the urban ecosystems, the ecological state at present and considers the results of the investigation of the nature and patterns of change in leaf morphometric parameters of woody plants growing in the area of influence of industrial enterprises in Gomel city. It is noted that at present the importance is attached to integrated assessment combining fitoindicational and geochemical research methods; analyzes the sources of chemical pollutants in the environment, characteristics and conditions of their accumulation in environment objects, deposition in reservoirs. At the same time, not only urban areas are in focus but also agro areas. As a result of the research it has been found out that among the three industrial zones of Gomel the greatest technogenic burden falls on the western industrial zone which showed the most pronounced effect on technogenesis width and length of the leaf blade study of woody plants in the form of reduction of these parameters. On the territory of the southern and northern industrial zones, this trend has not been established.

Keywords: technogenesis, bioindication, urboecosystem, chemical contaminants, woody plants, the length of the leaf, width of the leaf.

Введение. Интенсивное развитие научно-технического прогресса в настоящее время обеспечивает необходимость более тщательного мониторинга за состоянием окружающей среды на современном этапе развития человеческого общества. Республика Беларусь в этом отношении не является исключением. Экологическая ситуация на территории страны в целом оценивается как благополучная. Однако вследствие роста

количества организаций промышленности за последние годы несколько увеличился объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников [1, с. 47, 48, 181, 208]. Это является негативным фактором и требует дальнейшего изучения индикационных свойств объектов окружающей среды, постоянного исследования и контроля за тенденциями, происходящими в экосистемах в целом и на

территории города в частности с учетом степени техногенного воздействия, а также совершенствования природоохранных мероприятий промышленных предприятий.

В этой связи целью данной работы явилось установление закономерностей изменения длины и ширины листовой пластинки древесных растений в связи с произрастанием вблизи промышленных предприятий города Гомеля, для последующего использования при оценке условий ее развития на урбанизированных территориях в условиях техногенного воздействия.

Объекты и методы исследований.

Объектом исследования в работе явились древесные растения, произрастающие в зоне деятельности 13 наиболее крупных промышленных предприятий города Гомеля.

Для проведения геохимической оценки экологического состояния города Гомеля являлись источники поступления техногенных элементов; определялось количество техногенных источников, их расположение, объем выбросов загрязняющих веществ.

Сбор материала проводили в течение вегетационного периода (июнь – июль) 2015 г. С каждого опытного дерева (3–5 на каждом участке) с высоты 1,5–2 м от поверхности почвы срывали по 20 неповрежденных максимально развитых листьев, у которых определяли длину и ширину листовой пластинки.

Краткий анализ разработок в области биогеохимической индикации экологического состояния урбоэкосистем на современном этапе. Как известно, геохимический метод является одним из современных методов исследования, позволяющий изучать распределение, процессы миграции и концентрации химических элементов и их соединений в различных геосферах. С геохимией ландшафтов методически очень тесно связаны исследования по оценке степени загрязнения городских территорий.

Развитие геохимии в Республике Беларусь связано с именем академика К. И. Лукашева, академика И. С. Лупиновича, профессора Н. К. Чертко (Белорусский государственный университет). В результате проведенных исследований выявлены закономерности распространения микроэлементов в почвах, водах и растениях с учетом степени окультуренности почв. При этом основное внимание уделяется изучению гео-

химической структуры и геохимическому разнообразию ландшафтов; разработаны геохимические способы оптимизации выработанных торфяных месторождений Беларуси, составлена их геохимическая карта в пределах Белорусского Полесья.

Большой и плодотворный вклад в развитие данного направления также внесли разработки сотрудников лаборатории оптимизации геосистем Института природопользования НАН Беларуси: В. С. Хомича, С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик, В. А. Рыжикова, Ю. А. Романкевича и др. В результате проведенных исследований разработана методика комплексной оценки состояния городской среды; методологические основы регионального эколого-географического анализа, позволившие выявить естественно-географические предпосылки формирования экологической ситуации в Беларуси; рекомендации по оптимизации структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационных территорий городов; выполнена комплексная оценка состояния окружающей среды на территории Минска и разработаны мероприятия по улучшению состояния среды в зонах с напряженной экологической ситуацией. Также разработаны рекомендации по обращению со складированными отходами и экологически безопасному использованию земель; по улучшению состояния объектов растительного мира, расположенных в промышленных зонах (Минский автомобильный и Минский тракторный заводы, Светлогорское производственное объединение «Химволокно» и др.); ряд технических кодексов («Порядок проведения наблюдений за химическим загрязнением земель»; «Правила и порядок определения загрязнения земель (включая почвы) химическими веществами»; «Правила и порядок определения фонового содержания химических веществ в землях (включая почвы)»), карты, прогнозные оценки уровня загрязнения городских территорий; подготовлены выпуски ежегодного экологического бюллетеня «Состояние природной среды Беларуси» и т. д.

Следует отметить, что проблемы геохимии городских ландшафтов активно исследуются не только на территории Беларуси, но и за ее пределами. При этом внимание исследователей уделяется изучению изменений городской среды под влиянием техногенеза путем биогеохимической индикации; геохимии тяжелых металлов и металлоидов в агро- и урболандшафтах, наземных

и аквальных ландшафтах в условиях техногенеза; геоэкологической оценке техногенного загрязнения вод, почв, кормов сельскохозяйственных животных.

При биогеохимической индикации экологического состояния урбозкосистем очень важное значение придается комплексной оценке, объединяющей фитоиндикационные и геохимические методы исследований. Так, при эколобиоиндикационной оценке изменений городской среды под влиянием техногенеза предлагается использовать комплексный подход, связанный с выявлением биогеохимической структуры фоновых ландшафтов-аналогов; проведением экспресс-оценки состояния зеленых насаждений по комплексу физиономических ответных реакций и уровню содержания тяжелых металлов; определением свинца и кадмия в биосубстратах детей, проживающих в исследуемом регионе [2, с. 18–19]. В результате определены наиболее устойчивые деревья и кустарники к неблагоприятным факторам городской среды (*Fraxinus excelsior*, *Acer tataricum*, *Betula pendula*, *Salix alba*, *Populus berolinensis*); выявлен основной индикаторный критерий трансформации природных геосистем – нарушение эволюционно сложившегося соотношения микроэлементов в растениях, особенно железа к марганцу, как типоморфных элементов в гумидных ландшафтах.

В направлении исследования проблемы фитоиндикации в настоящее время рассматривается характер произрастания растений в зависимости от уровня почвенного загрязнения и техногенного воздействия, а также их способность преимущественного концентрирования тех или иных химических элементов, что позволяет разработать рекомендации по озеленению территории соответствующих промышленных производств [3, с. 17–18; 4, с. 85–92].

Кроме того, проведены исследования адаптационных механизмов растений под влиянием антропогенного воздействия [5, с. 14–15; 6, с. 15–16]; тенденций изменения морфологических параметров растений – площади листовой пластинки, ее длины, ширины, длины жилок, черешка, количества устьиц – под влиянием антропогенного воздействия [7, с. 1467–1469; 8, с. 97–99]; разрабатываются методы фитоиндикации антропогенного воздействия, основанные на выявлении асимметрии листьев и определении в листовой пластинке длины второй от основания жилки второго порядка [9], опре-

делении уровня накопления отдельных элементов в листьях растений [10]; оцениваются тенденции изменения морфологических (размеры листа, его цвет), геометрических (форма листовой пластинки) и структурных (число визуально различимых частей: зубчики, лопасти, жилки и любые другие дискретные элементы и их пространственное расположение) признаков листа растений в условиях произрастания в урбанизированной среде [11, с. 49–56; 12, с. 22–23].

Следует отметить, что в отношении адаптационных механизмов выявлено, что при повышении уровня содержания тяжелых металлов в почвах возрастает их накопление в корнях и листьях растений, повышается активность ферментной системы, у отдельных видов растений увеличивается толщина листа и размер клеток мезофилла [13, с. 17–18].

Также большое внимание уделяется роли зеленых насаждений в процессах детоксикации почв, диагностике и прогнозированию питания растений в условиях различной обеспеченности биогенными элементами, проблемам подготовки и адаптации посадочного материала к условиям загрязнения путем повышения его устойчивости и способности к очистке загрязненных почв и вод [14, с. 35–38]. При этом выявлено, что в условиях интенсивного загрязнения повышается pH почв, что способствует накоплению в листовом аппарате растений тяжелых металлов при снижении содержания биогенных элементов. На основании проведенных исследований предлагается использовать коэффициенты, выражающие отношение Fe/Mn, Pb/Ni, Mn/Pb, Mn/Cr, и коэффициент угнетенности, характеризующий зависимость интенсивности фотосинтеза от содержания металлов-загрязнителей в листовом аппарате растений для характеристики состояния здоровья растений и степень их устойчивости к неблагоприятным факторам среды.

Кроме комплексной оценки, при биогеохимической индикации экологического состояния урбозкосистем очень важное значение придается совместному изучению поведения биофильных элементов и тяжелых металлов в системе «почва – растения» [15, с. 15–16]. При этом установлено, что содержание биофильных элементов и тяжелых металлов в городских почвах выше, чем в природных, и зависит от геологического строения, промывной способности грунтов и направления транспереноса; миграционная способность тяжелых металлов и био-

фильных элементов обусловлена взаимным влиянием их содержания в почве и ограничена действием биогеохимических, сорбционных и социальных барьеров. Отмечается видовая способность к накоплению тяжелых металлов и биофильных элементов растениями (максимальные – у тополя); независимое распределение биофильных элементов по растению (корни больше накапливают фосфора, надземная часть – калия).

При изучении биогеохимии тяжелых металлов в условиях техногенеза используется подход, связанный с исследованием химического и минерального состава техногенных пылей как основного источника поступления тяжелых металлов в наземные экосистемы; качественного и количественного химического состава вегетативных органов сосны для установления зон воздействия пылегазовых эмиссий на окружающую среду; химического состава почв и донных отложений рек как основной депонирующей среды [16, с. 15–16]. При этом выявлен факт подкисления осадков при контакте с кронами сосны, что ведет к увеличению концентрации тяжелых металлов в растворимой фазе осадков; явление накопления тяжелых металлов почвенным слоем в слоях 5–12 см от поверхности и резкое снижение с глубиной; обоснована возможность использования сосновой коры хвои в качестве биоиндикаторов в отличие от древесины. Относительно водоемов установлено, что эпифитовзвесь (подводные части высших водных растений, покрытые обрастаниями микроводорослей) является более эффективным биоиндикатором техногенного воздействия, чем пробы воды и донных отложений, вследствие более интенсивного обогащения тяжелыми металлами.

Для оценки степени воздействия промышленных эмиссий поллютантов исследуются не только территории больших мегаполисов, но и аграрные регионы [17, с. 29–32]. В этом направлении на основании проведенных наблюдений предлагаются математические модели для прогнозирования уровня загрязнения тяжелыми металлами овощной продукции и картофеля и рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в частном секторе в условиях усиленного антропогенного воздействия на окружающую среду, а также сбора лекарственных растений. Кроме того, выявлено, что важным фактором, определяющим элементный химический состав фитомассы растений, является их систематическая принадлежность.

При этом отмечается, что древесные породы накапливают Mn, Zn, Cu, мхи концентрируют Mn, Zn и Pb, а среди лишайников максимум тяжелых металлов содержит *Cladonia sylvatica* L.; дикорастущие представители семейства *Poaceae* концентрируют Cd и Zn, семейства *Fabaceae* – Zn, представители семейств *Cyperaceae* и *Juncaceae* – Zn и Cd, *Asteraceae* и *Brassicaceae* – Cu, *Ranunculaceae*, *Rosaceae* и *Convallariaceae* – Zn. Результаты эколого-геохимической оценки свидетельствуют о том, что приоритетным загрязнителем урбаноземов парково-рекреационных ландшафтов является Pb, агро-селитебных ландшафтов – Cu, Pb и Zn.

Таким образом, при индикации экологического состояния урбоэкосистем анализируются направления изменений городской среды под влиянием техногенеза путем биогеохимической индикации, а также геохимии отдельных тяжелых металлов в агро- и урбандиафтах, наземных и аквальных ландшафтах в условиях техногенеза. Однако важной научной проблемой является выяснение не только изменений в условиях техногенного воздействия вообще, а зависимости интенсивности изменения индикационных параметров от состава и концентрации в среде химических загрязнителей, что принято в данной работе.

Результаты исследования и их обсуждение. Собственные исследования индикации экологического состояния урбоэкосистем проводились на территории трех промышленных зон города Гомеля.

Промышленные предприятия каждой из зон осуществляют различные виды деятельности и в целом обеспечивают определенный уровень атмосферного загрязнения. Однако при этом каждое из них вносит различный вклад в общее атмосферное загрязнение и обеспечивает специфическую ситуацию как по составу загрязнителей, так и по их концентрации.

В таблицах 1–3 представлены данные по длине и ширине листовой пластинки древесных растений и объемам выбросов промышленных предприятий северной, западной и южной промышленных зон.

Из данных таблицы 1 видно, что среди предприятий северной промышленной зоны наибольший вклад в атмосферное загрязнение города вносит ОАО «Гомельский завод литья и нормалей». При этом ширина листовой пластинки исследуемых древесных рас-

тений в среднем на этой территории меньше по сравнению с территорией северной котельной, где объемы выбросов загрязнителей значительно ниже. Таким образом, ширина листа в целом среагировала увеличением величины в ответ на техногенное воздействие в направлении к северной котельной, что согласуется с отдельными данными других авторов [7, с. 1467–1469; 8, с. 97–99]. Что касается длины листа, то по этому параметру прослеживается аналогичная закономерность, хотя менее резкая.

Западная промышленная зона отличается более мощным техногенным влиянием на территорию города Гомеля, что связано с более интенсивным процессом производства и более значительными объемами выбросов загрязнителей в атмосферу (таблица 2).

Возможно, вследствие более интенсивного промышленного влияния длина и шири-

на листовой пластинки характеризуется достаточно четкой тенденцией роста средних величин в направлении от образцов с территории ОАО «Гомельский химический завод» к древесным растениям на территории ОАО «Гомельский радиозавод» и ОАО «Гомельский завод пусковых двигателей имени П. К. Пономаренко» (последнее характеризуется незначительным влиянием на состояние атмосферы, поскольку выбросы веществ 1-го класса опасности <1,0 кг/год).

Южная промышленная зона, связанная с производством мебели, ювелирных и резино-технических изделий, отличается небольшим количеством промышленных предприятий, однако по общему объему выбросов загрязняющих веществ она занимает второе место после западной промышленной зоны (таблица 3).

Таблица 1 – Морфометрические параметры листовой пластинки древесных растений северной промышленной зоны

Древесные растения	Морфометрические параметры, см	
	длина	ширина
ОАО «Гомельский завод литья и нормалей», 230,26 т/год		
тополь <i>Populus deltoides</i>	8,66±0,020	8,99±0,015
береза <i>Betula pendula</i>	5,82±0,008	4,41±0,006
среднее значение	7,24	6,70
РУП «Гомсельмаш», 87,81 т/год		
береза <i>Betula pendula</i>	6,78±0,019	5,44±0,006
липа <i>Tilia cordata</i>	5,74±0,008	5,80±0,006
среднее значение	6,26	5,62
СОАО «Гомелькабель», 73,64 т/год		
тополь <i>Populus deltoides</i>	7,03±0,012	7,03±0,014
береза <i>Betula pendula</i>	6,27±0,009	4,25±0,005
среднее значение	6,65	5,64
ОАО «Ратон», 6,27 т/год		
тополь <i>Populus deltoides</i>	7,79±0,013	6,68±0,011
береза <i>Betula pendula</i>	5,39±0,008	4,67±0,005
липа <i>Tilia cordata</i>	7,40±0,016	6,25±0,017
среднее значение	6,86	5,87
северная котельная, 4,62 т/год		
тополь <i>Populus deltoides</i>	8,06±0,012	8,92±0,023
среднее значение	8,06	8,92

Таблица 2 – Морфометрические параметры листовой пластинки древесных растений западной промышленной зоны

Древесные растения	Морфометрические параметры, см	
	длина	ширина
ОАО «Гомельский химический завод», 1252,61 т/год		
береза <i>Betula pendula</i>	4,02±0,007	3,50±0,006
среднее значение	4,02	3,50
ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит», 179,59 т/год		
тополь <i>Populus deltoides</i>	5,73±0,008	5,90±0,010
береза <i>Betula pendula</i>	4,51±0,009	3,83±0,007
липа <i>Tilia cordata</i>	5,56±0,015	5,92±0,012
среднее значение	5,27	5,22
ОАО «Гомельский домостроительный комбинат», 33,52 т/год		
тополь <i>Populus deltoides</i>	6,37±0,011	6,59±0,011
липа <i>Tilia cordata</i>	6,32±0,009	6,11±0,010
среднее значение	6,35	6,35
западная котельная, 11,79 т/год		
тополь <i>Populus deltoides</i>	8,40±0,018	5,79±0,014
среднее значение	8,40	5,79
ОАО «Гомельский радиозавод», 9,41 т/год		
тополь <i>Populus deltoides</i>	4,89±0,012	5,31±0,016
липа <i>Tilia cordata</i>	7,47±0,014	4,74±0,006
среднее значение	6,18	5,03
ОАО «Гомельский завод пусковых двигателей имени П.К. Пономаренко», вещества 1 класса опасности <1,0 кг/год		
тополь <i>Populus deltoides</i>	5,39±0,013	6,85±0,019
береза <i>Betula pendula</i>	5,0±0,007	4,0±0,007
липа <i>Tilia cordata</i>	7,28±0,014	6,63±0,009
среднее значение	5,89	5,83

Таблица 3 – Морфометрические параметры листовой пластинки древесных растений южной промышленной зоны

Древесные растения	Морфометрические параметры, см	
	длина	ширина
ОАО «Гомельдрев», 462,05 т/год		
тополь <i>Populus deltoides</i>	9,60±0,012	7,78±0,008
среднее значение	9,60	7,78
ОАО «Завод химических изделий», 44,63 т/год		
береза <i>Betula pendula</i>	3,97±0,007	3,09±0,006
липа <i>Tilia cordata</i>	7,34±0,012	6,57±0,011
среднее значение	5,66	4,83
ОАО «Гомельское ПО «Кристалл», вещества 1 класса опасности <1,0 кг/год		
береза <i>Betula pendula</i>	3,65±0,006	3,24±0,003
липа <i>Tilia cordata</i>	5,61±0,011	6,29±0,013
среднее значение	4,63	4,77

Как видно из данных, представленных в таблице 3, уровень техногенного воздействия ОАО «Гомельдрев» не оказал сдерживающего влияния на формирование морфологических параметров листа древесных растений по сравнению с ОАО «Гомельское ПО «Кристалл»». Это, возможно, свидетельствует о том, что только мощное влияние техногенеза является негативным фактором для развития листовой пластинки зеленых насаждений.

Заключение. Город Гомель является важным транспортным и промышленным узлом Республики Беларусь. Наиболее сильное техногенное воздействие промышленных предприятий проявляется на территории западной промышленной зоны, что явилось причиной наличия тенденции увеличения величин длины и ширины листовой пластин-

ки древесных растений в направлении снижения техногенного воздействия. Кроме того, на территории западной промышленной зоны, характеризующейся достаточно мощным влиянием на состояние атмосферного воздуха города Гомеля, на формирование длины и ширины листовой пластинки в большей степени действует уровень техногенного воздействия химического завода по сравнению с остальными предприятиями и промышленными зонами, что следует учитывать при дальнейшем совершенствовании природоохранных мероприятий. Полученные величины морфологических параметров листовой пластинки, а также значения выбросов загрязняющих веществ промышленных предприятий могут быть использованы для получения количественной зависимости между ними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический ежегодник. Республика Беларусь 2015. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2015. – 524 с.
2. Банарь, С. А. Экобиоиндикационная оценка изменений городской среды под влиянием техногенеза : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.36 / С. А. Банарь; Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург, 2005. – 20 с.
3. Есенжолова, А. Ж. Листья древесных и кустарниковых растений как биоиндикаторы состояния окружающей среды городов Восточного, Северного и Центрального Казахстана : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / А. Ж. Есенжолова ; Государственный университет им. Шакарима. – Новосибирск, 2013. – 19 с.
4. Неверова, О. А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды / О. А. Неверова // Биосфера. – 2009. – № 1. – С. 82–92.
5. Рамазанова, З. Р. Адаптивные структурно-функциональные особенности побегов древесных растений в условиях г. Махачкалы : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / З. Р. Рамазанова ; Горный ботанический сад Дагестанского научного центра РАН. – Махачкала, 2012. – 23 с.
6. Шидиков, И. И. Эколого-морфологические особенности листьев альпийских растений Тебердинского заповедника : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / И. И. Шидиков ; Карачаево-Черкесский государственный университет, Тебердинский государственный природный биосферный заповедник. – Уфа, 2009. – 16 с.
7. Зиятдинова, К. З. Морфология листьев и побегов дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях загрязнения окружающей среды (на примере Уфимского промышленного центра) / К. З. Зиятдинова, Р. В. Уразгильдин, А. В. Денисова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1 (6). – С. 1466–1469.

REFERENCES

1. Statisticheskiy yezhegodnik. Respublika Belarus 2015. – Minsk: Natsionalnyy statisticheskiy komitet Respubliki Belarus, 2015. – 524 s.
2. Banar, S. A. Ekobioindikatsionnaya otsenka izmeneniy gorodskoy sredy pod vliyaniem tekhnogeneza : avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk : 25.00.36 / S. A. Banar; Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet. – Sankt-Peterburg, 2005. – 20 s.
3. Yesenzholova, A. Zh. Listya drevesnykh i kustarnikovykh rasteniy kak bioindikatory sostoyaniya okruzhayushchey sredy gorodov Vostochnogo, Severnogo i Tsentralnogo Kazakhstana : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.02.08 / A. Zh. Yesenzholova ; Gosudarstvennyy universitet im. Shakarima. – Novosibirsk, 2013. – 19 s.
4. Neverova, O. A. Primeneniye fitoindikatsii v otsenke zagryazneniya okruzhayushchey sredy / O. A. Neverova // Biosfera. – 2009. – № 1. – S. 82–92.
5. Ramazanova, Z. R. Adaptivnyye strukturno-funktsionalnyye osobennosti pobegov drevesnykh rasteniy v usloviyakh g. Makhachkaly : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.02.08 / Z. R. Ramazanova ; Gornyy botanicheskiy sad Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN. – Makhachkala, 2012. – 23 s.
6. Shidakov, I. I. Ekologo-morfologicheskiye osobennosti listyev alpiyskikh rasteniy Teberdinskogo zapovednika : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.05 / I. I. Shidakov ; Karachayevo-Cherkesskiy gosudarstvennyy universitet, Teberdinskiy gosudarstvennyy prirodnyy biosfernyy zapovednik. – Ufa, 2009. – 16 s.
7. Ziyatdinova, K. Z. Morfologiya listyev i pobegov duba chereschatogo (*Quercus robur* L.) v usloviyakh zagryazneniya okruzhayushchey sredy (na primere Ufimskogo promyshlennogo tsentra) / K. Z. Ziyatdinova, R. V. Urazgildin, A. V. Denisova // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. – 2012. – T. 14, № 1 (6). – S. 1466–1469.

8. *Хлебова, Л. П.* Сравнение морфологических признаков листа выюнка полевого (*Convolvulus arvensis* L.) в условиях городской среды / Л. П. Хлебова, О. В. Ерещенко, Л. А. Кузнецова // Известия Алтайского государственного университета. – Т. 2. – № 3. – С. 96–99.
9. Способ сравнительной индикации по флуктуирующей асимметрии листьев березы: патент РФ 2556985 / П. М. Мазуркин, Д. В. Семенова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Поволжский государственный технологический университет» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.freepatent.ru>. – Дата доступа : 11.10.2015.
10. Способ определения степени загрязнения атмосферы серосодержащими соединениями городских и прилегающих к ним территорий методом фитоиндикации: патент РФ 2213361 / О. А. Неверова, А. А. Быков; заявитель Кемеровский научный центр СО РАН [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.freepatent.ru>. – Дата доступа : 11.10.2015.
11. *Хикматуллина, Г. Р.* Сравнение морфологических признаков листа *Betula Pendula* в условиях урбано-среды / Г. Р. Хикматуллина // Вестник Удмуртского университета. – 2013. – Вып. 2. – С. 48–56.
12. *Хикматуллина, Г. Р.* Сравнительный анализ морфологических параметров листьев древесных растений в условиях урбанизированной среды : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Г. Р. Хикматуллина ; ФГОУ ВПО «Казанский (Приволжский) Федеральный университет». – Казань, 2013. – 22 с.
13. *Зиннатова, Э. Р.* Морфофизиологические и биохимические адаптации дикорастущих видов растений к техногенному загрязнению в условиях Среднего Урала : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.01.05, 03.02.08 / Э. Р. Зиннатова ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия. – Уфа, 2014. – 21 с.
14. *Автухович, И. Е.* Металлы и древесные растения: экологические аспекты взаимовлияния : автореф. дис. ... докт. с.-х. наук : 03.00.16 / И. Е. Автухович ; Брянская сельскохозяйственная академия. – М., 2006. – 41 с.
15. *Корельская, Т. А.* Биогеохимическая индикация экологического состояния урбоэкосистем Севера: (на примере Архангельска) : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 03.00.16 / Т. А. Корельская; ГОУ ВПО «Поморский государственный университет им. М. В. Ломоносова». – Иваново, 2008. – 17 с.
16. *Аминов, П. Г.* Биогеохимия тяжелых металлов при горнопромышленном техногенезе: (на примере Карабашской геотехнической системы, Южный Урал) : автореф. дис. ... канд. геолого-минерал. наук : 25.00.09 / П. Г. Аминов; Институт минералогии Уральского отделения РАН. – Новосибирск, 2010. – 17 с.
17. *Мыслыва, Т. Н.* Тяжелые металлы в агро- и урбандшафтах Житомирского Полесья : автореф. дис. ... докт. с.-х. : 03.02.08 / Т. Н. Мыслыва; Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Житомирский национальный агроэкологический университет. – Горки, 2015. – 40 с.
8. *Khlebova, L. P.* Sravneniye morfologicheskikh priznakov lista vyunka polevogo (*Convolvulus arvensis* L.) v usloviyakh gorodskoy sredy / L. P. Khlebova, O. V. Yereshchenko, L. A. Kuznetsova // Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta. – T. 2. – № 3. – S. 96–99.
9. Sposob sravnitel'noy indikatsii po fluktuiruyushchey asimetrii listyev beryozy: patent RF 2556985 / P. M. Mazurkin, D. V. Semyonova; zayavitel' Federalnoye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshogo professional'nogo obrazovaniya "Povolzhskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet" [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa : <http://www.freepatent.ru>. – Data dostupa : 11.10.2015.
10. Sposob opredeleniya stepeni zagryazneniya atmosfery serosoderzhashchimi soyedineniyami gorodskikh i prilgayushchikh k nim territoriy metodom fitoindikatsii: patent RF 2213361 / O. A. Neverova, A. A. Bykov; zayavitel' Kemerovskiy nauchnyy tsentr SO RAN [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa : <http://www.freepatent.ru>. – Data dostupa : 11.10.2015.
11. *Khikmatullina, G. R.* Sravneniye morfologicheskikh priznakov lista *Betula Pendula* v usloviyakh urbanosredy / G. R. Khikmatullina // Vestnik Udmurtskogo universiteta. – 2013. – Vyp. 2. – S. 48–56.
12. *Khikmatullina, G. R.* Sravnitel'nyy analiz morfologicheskikh parametrov listyev drevesnykh rasteniy v usloviyakh urbanizirovannoy sredy : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.02.08 / G. R. Khikmatullina ; FGOU VPO "Kazanskiy (Privolzhskiy) Federalnyy universitet". – Kazan, 2013. – 22 s.
13. *Zinnatova, E. R.* Morfofiziologicheskiye i biokhimicheskiye adaptatsii dikorastushchikh vidov rasteniy k tekhnogennomu zagryazneniyu v usloviyakh Srednego Urala : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.01.05, 03.02.08 / E. R. Zinnatova ; Uralskiy federalnyy universitet im. pervogo Prezidenta Rossii B. N. Yeltsina, Nizhnetagil'skaya gosudarstvennaya sotsialno-pedagogicheskaya akademiya. – Ufa, 2014. – 21 s.
14. *Avtukhovich, I. Ye.* Metally i drevesnyye rasteniya: ekologicheskiye aspekty vzaimovliyaniya : avtoref. dis. ... dokt. s.-kh. nauk : 03.00.16 / I. Ye. Avtukhovich ; Bryanskaya selskokhozyaystvennaya akademiya. – M., 2006. – 41 s.
15. *Korelskaya, T. A.* Biogeokhimicheskaya indikatsiya ekologicheskogo sostoyaniya urboekosistem Severa: (na primere Arkhangel'ska) : avtoref. dis. ... kand. khim. nauk : 03.00.16 / T. A. Korelskaya; GOU VPO "Pomorskiy gosudarstvennyy universitet im. M. V. Lomonosova". – Ivanovo, 2008. – 17 s.
16. *Aminov, P. G.* Biogeokhimiya tyazholykh metallov pri gornopromyshlennom tekhnogeneze: (na primere Karabashskoy geotekhnicheskoy sistemy, Yuzhnyy Ural) : avtoref. dis. ... kand. geologo-mineral. nauk : 25.00.09 / P. G. Aminov; Institut mineralogii Uralskogo otdeleniya RAN. – Novosibirsk, 2010. – 17 s.
17. *Myslyva, T. N.* Tyazholye metally v agro- i urbolandshaftakh Zhitomirskogo Polesya : avtoref. dis. ... dokt. s.-kh. nauk : 03.02.08 / T. N. Myslyva; Uchrezhdeniye obrazovaniya "Belorusskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya", Zhitomirskiy natsionalnyy agroekologicheskiy universitet. – Gorki, 2015. – 40 s.