

БИОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАЙОНОВ Г. ВОРОНЕЖА ПО ВЕЛИЧИНЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ

В. Н. Калаев, И. В. Игнатова, В. В. Третьякова, В. Г. Артюхов, А. Д. Савко

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 3.10.2011 г.

Аннотация. В ходе проведения биоиндикационных исследований выявлены наиболее загрязненные районы г. Воронежа по показателю флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой. Показано совпадение результатов с ранее полученными данными о загрязнении обследованных районов на основании изучения цитогенетических характеристик семенного потомства березы повислой и использованными геоинформационными технологиями. Наиболее чувствительными к воздействию поллютантов являются показатели асимметрии ширины левой и правой половинок листа, асимметрии угла между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка, наименее — асимметрия расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, морфологические показатели, береза повислая, цитогенетический мониторинг, эколого-гигиенический мониторинг.

Abstract. In the result of bioindication research with use of the parameters of fluctuating asymmetry of the birch leaf blade the most polluted districts of Voronezh were revealed. There was shown the coincidence of the results with previously obtained data about contamination of districts studied using the cytogenetic characteristics of seed posterity of weeping birch and GIS technologies. The most sensitive to the influence of pollutants were the markers of asymmetry of the width in left and right leaf halves, asymmetry of the corner between the main vein and the second vein of the second order from the basis of the leaf, and the least sensitive one was the marker of asymmetry of the distance between bases of the first and second vein of the second order.

Keywords: fluctuating asymmetry, morphological markers, weeping birch, cytogenetic monitoring, environmental-health monitoring.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время предлагается довольно широкий спектр различных подходов для биоиндикации антропогенной нагрузки. Основное требование, предъявляемое к подобного рода исследованиям — простота и быстрота выполнения при высокой степени чувствительности и достоверности. Одним из таких методов является определение интегрального показателя флуктуирующей асимметрии ассимиляционного аппарата многолетних древесных растений — как критерия стабильности их развития. Выбор многолетних древесных растений в качестве объекта исследования связан с рядом причин. Во-первых, у древесных форм растений ежегодно формируются листья, во-вторых, многие виды имеют повсеместное распространение и четко выраженные признаки, что позволяет проводить постоянный мониторинг.

Принцип исследования стабильности развития по показателю флуктуирующей асимметрии основан на нарушении симметрии листовой пластины у древесных форм растений под воздействием антропогенных факторов.

Под флуктуирующей асимметрией понимают незначительные и случайные отклонения от строгой билатеральной симметрии биообъектов [1]. По мнению А. Т. Чубинишвили [2], отсутствие абсолютно симметричных организмов является следствием несовершенства механизмов, контролирующих онтогенез, проявляющегося в их неспособности противостоять негативному воздействию факторов внешней среды. В связи с этим флуктуирующая асимметрия организмов по билатеральным признакам представляет собой макроскопическое событие, заключающееся в независимом проявлении либо на левой, либо на правой, либо на обеих сторонах тела в разной степени выраженных признаков.

Указанное свойство позволяет использовать флуктуирующую асимметрию на макроскопиче-

© Калаев В. Н., Игнатова И. В., Третьякова В. В., Артюхов В. Г., Савко А. Д., 2011

ском уровне в качестве меры в оценке стабильности развития организма [3]. Уровень морфогенетических отклонений от нормы оказывается минимальным лишь при определенных (оптимальных) условиях среды и неспецифически возрастает при любых стрессовых воздействиях. В связи с этим оценка уровня флуктуирующей асимметрии дает возможность диагностировать отклонения от условной нормы на более ранних стадиях патологического состояния дерева, когда по другим критериям оно является еще «здоровым» [4]. Таким образом, стабильность развития, оцениваемая по уровню флуктуирующей асимметрии — чувствительный индикатор состояния природных популяций [5, 6].

Актуальной задачей представляется разносторонняя оценка возможностей такого подхода для определенных модельных объектов. Одним из них является широко распространенный и обычный в Евразии вид — береза повислая (*Betula pendula* Roth) и другие близкие к нему виды. В ряде работ было показано изменение флуктуирующей асимметрии у *Betula pendula* при различных условиях произрастания [7—10]. Это позволило рекомендовать подход, основанный на оценке состояния данного вида по стабильности развития, для практики мониторинга качества среды. Однако почти во всех работах показатель флуктуирующей асимметрии рассматривается как сумма морфологических признаков, но не дается оценка самих признаков, что помогло бы выявить наиболее чувствительные характеристики к загрязнению.

Несмотря на популярность метода биоиндикационного загрязнения окружающей среды по данным флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой, в г. Воронеже подобные исследования не проводили. Однако территория этого населенного пункта активно районировалась по степени загрязнения с использованием цитогенетического метода [11—14], и эколого-гигиенического мониторинга [15]. Особый интерес представляет сравнительный анализ результатов этих методов с данными уровня флуктуирующей асимметрии в различных районах города. Ранее были сопоставлены результаты исследований флуктуирующей асимметрии березового щитника и цитогенетических характеристик березы повислой в Воронеже и его окрестностях [16], показавшие высокие корреляции между изученными морфологическими показателями березового щитника и процессами протекания митоза в корневой меристеме семян.

В связи с вышеизложенным представляется интересным провести биоиндикационные исследования загрязнения окружающей среды в крупном промышленном центре Центрально-Черноземного региона — г. Воронеже, по показателю флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой, выявить наиболее чувствительные к воздействию поллютантов морфологические характеристики и сравнить полученные результаты с данными цитогенетического мониторинга загрязнения среды, выполненных на семенном потомстве березы повислой и геоинформационных технологий оценки качества среды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор листьев березы повислой проводили в пяти районах г. Воронежа: Центральном (ул. Ф. Энгельса), Ленинском (ул. Кольцовская), Советском (ул. Пирогова), Коминтерновском (Московский просп.), Левобережном (Машмет) и на территории биостанции «Веневитиново» (данный район был взят в качестве контроля).

На территории города исторически сложилось несколько промышленно-производственных комплексов. Крупнейшим из них является Левобережный, вторым — Коминтерновский, на третьем месте — Советский и Железнодорожный, минимальным вкладчиком в загрязнение атмосферы является Центральный район. Низкое качество воздушной среды отмечается на Московском проспекте, наивысшее — на ул. Кольцовская. Ленинский район характеризуется по сравнению с другими исследуемыми районами повышенным содержанием оксида углерода, оксида азота, пыли, фенола и низким содержанием оксида меди и акролеина. Для Левобережного района характерны повышенные концентрации формальдегида, оксида меди и акролеина в воздухе и минимальная — оксида углерода. В Советском районе — минимальное содержание в воздухе формальдегида. Центральный район характеризуется минимальным содержанием в воздухе оксида серы, оксида азота, пыли, фенола, оксида меди. Коминтерновский район занимает промежуточное положение по загрязняющим веществам среди исследуемых районов [15].

По результатам ранее проведенного цитогенетического мониторинга загрязнения среды по показателям протекания митоза и ядрышковым характеристикам древесных растений [12,13] Коминтерновский район характеризуется минимальным значением митотического индекса, максимальным

уровнем нарушений и количеством микроядер; максимальные значения митотического индекса, уровня клеток с остаточными ядрышками и площади поверхности одиночных ядрышек; минимальное число нарушений отмечается в Ленинском районе. В Левобережном районе — минимальный уровень клеток с остаточными ядрышками и микроядрами, а также площадь поверхности одиночных ядрышек. Максимальное количество клеток с остаточными ядрышками выявлено в Советском районе. Центральный район занимает промежуточное положение между Коминтерновским и Ленинским по изменению цитогенетических показателей [12].

Материал для исследования собирали в конце июля 2009 года по 400 листьев березы повислой (по 100 шт. с дерева с 4 деревьев) в каждой точке. Всего было обследовано 24 дерева. Для исследования были выбраны особи, достигшие генеративного возраста. Листья примерно одинакового размера собирали с нижней части кроны, с максимального количества доступных веток, относительно равномерно вокруг дерева с укороченных побегов.

Проводили измерения 5 показателей с левой и правой стороны листа, как показано на рис. 1.

Асимметрию морфологических признаков и флуктуирующую асимметрию листьев рассчитывали по методике, предложенной Захаровым [17].

Статистическую обработку полученных данных проводили на ПЭВМ с использованием пакета

статистических программ Stadia. Процедура группировки данных и их обработка изложены в работе Кулаичева [18]. Проводили сравнение величины флуктуирующей асимметрии и асимметрии каждого признака по t-критерию Стьюдента. Для выявления влияния района и индивидуальных особенностей деревьев на морфологические показатели листовой пластинки использовали двухфакторный дисперсионный анализ с фиксированными эффектами. Силу влияния фактора определяли по Снедекору (в %).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенных исследований установлены показатели асимметрии морфологических признаков листовой пластинки деревьев березы повислой, произрастающих в районах г. Воронежа (табл. 1). Выявлено влияние фактора района произрастания деревьев, генотипа дерева и совместное их действие на некоторые изученные показатели (табл. 2). Однако сила влияния этих факторов была незначительной (0,9—1,0 %). Особо стоит отметить влияние генотипа дерева почти на все исследуемые показатели, что указывает на значительную индивидуальную вариабельность признаков, которую необходимо учитывать при проведении подобных исследований.

Установлены различия по величине флуктуирующей асимметрии, являющейся совокупным отражением нарушения гомеостаза развития, листовой пластинки березы повислой в Воронеже ($0,047 \pm 0,0004$) и контроле («Веневитиново») ($0,044 \pm 0,0008$) ($P < 0,01$). Указанные различия между опытом и контролем свидетельствуют об ухудшении экологической ситуации в городе.

Величина флуктуирующей асимметрии листовой пластинки для березы повислой г. Воронежа находится в пределах, определенных для березы плосколистной в городских условиях. Так, в г. Нижний Новгород значение данного показателя у здоровых деревьев колебалось от 0,053 до 0,054, у больных — от 0,058 до 0,061 [19], в г. Ханты-Мансийске — 0,053—0,057 [20], в природных биотопах Якутии — 0,042, на экологической периферии ареала — 0,052, в городской среде — 0,042—0,056 [6].

Анализ уровня флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* в районах г. Воронежа и в контроле позволяет говорить о разной степени их загрязнения (рис. 2). Таким образом, на основании изучения величины флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой и разработанной В.М. Захаровым балльной шкалы

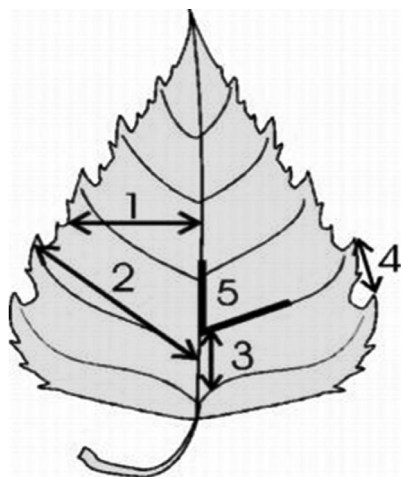


Рис. 1. Схема измерения листовой пластины для определения флуктуирующей асимметрии (по Захарову, 2000). Обозначения: 1 — ширина левой и правой половинок листа, 2 — длина жилки второго порядка, второй от основания листа, 3 — расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка, 4 — расстояние между концами этих же жилок, 5 — угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка

Таблица 1

Величина асимметрии морфологических признаков листовой пластинки березы повислой в различных районах города Воронежа

Район исследований / Признак	Ширина левой и правой половинок листа	Длина жилки второго порядка, второй от основания листа	Расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка	Расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка	Угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка
Советский	0,038 ³ ---***	0,028 ^{аβ3} ---***	0,1	0,056 ^{аγ1}	0,024 ^{аγ3} ---***
Центральный	0,038 ² ---***	0,024 ^β ---**	0,102	0,065 [·]	0,013 ^{α1} ---***
Левобережный	0,037 ² ---***	0,026 ⁻⁻⁻ ***	0,107	0,065 [*]	0,014 ⁻⁻⁻ ***
Коминтерновский	0,03 ^{***}	0,024 ⁻⁻⁻ ***	0,109	0,061	0,14 ⁻⁻⁻ ***
Ленинский	0,03	0,021	0,1	0,06	0,012
Контроль	0,03	0,021	0,1	0,061	0,12

Обозначения: ^а — различие с Центральным районом достоверно ($P < 0,001$), ^α — различие с Левобережным районом достоверно ($P < 0,05$); ^β — различие с Левобережным районом достоверно ($P < 0,01$), ^γ — различие с Левобережным районом достоверно ($P < 0,001$), ¹ — различие с Коминтерновским районом достоверно ($P < 0,05$); ² — различие с Коминтерновским районом достоверно ($P < 0,01$); ³ — различие с Коминтерновским районом достоверно ($P < 0,001$), [·] — различие с Ленинским районом достоверно ($P < 0,05$); [—] — различие с Ленинским районом достоверно ($P < 0,01$), ⁻⁻⁻ — различие с Ленинским районом достоверно ($P < 0,001$), * — различие с контролем достоверно ($P < 0,05$); ** — различие с контролем достоверно ($P < 0,01$), *** - различие с контролем достоверно ($P < 0,001$).

Таблица 2

Сила влияния факторов района произрастания деревьев, генотипа дерева на изученные показатели листовой пластинки березы повислой, произрастающей в различной экологической ситуации

Асимметрия морфологических признаков листовой пластинки	Сила влияния (по Снедекору, %)		
	Район	Дерево	Район + дерево
Ширина левой и правой половинок листа	—	1**	1**
Длина жилки второго порядка	1*	1**	1**
Расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка	—	—	—
Расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка	—	1*	—
Угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка	1**	0,9**	1**
Величина флуктуирующей асимметрии	—	1**	—

Обозначения: * — влияние фактора достоверно ($P < 0,01$); ** — влияние фактора достоверно ($P < 0,001$).

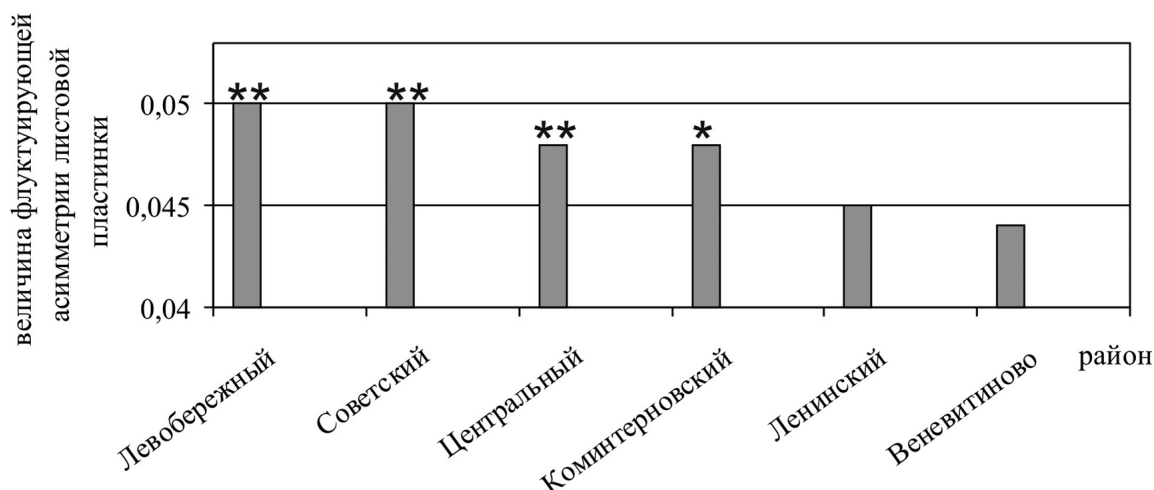


Рис. 2. Величина флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой в различных районах г. Воронежа. Обозначения: * — влияние фактора достоверно ($P < 0,01$); ** — влияние фактора достоверно ($P < 0,001$).

оценки качества среды по данному показателю (табл. 3) можно расположить районы по степени загрязнения следующим образом: наиболее загрязненные районы города Воронежа — Советский, Левобережный (4 балла качества среды); среднезагрязненные районы — Коминтерновский, Центральный (3 балла качества среды); наименее — Ленинский (3 балла качества среды). Отсутствуют достоверно значимые различия между контролем и Ленинским районом, который можно считать относительно благополучным с экологической точки зрения. В целом в г. Воронеже состояние среды можно оценить как среднезагрязненное.

Результаты наших исследований совпадают как с данными цитогенетического мониторинга, который показал, что наиболее загрязненным районом является Коминтерновский (низкая митотическая активность, высокий уровень патологий митоза,

низкая частота встречаемости двуядрышковых клеток), а наименее — Ленинский (наблюдаются обратные процессы) [12], так и с результатами эколого-гигиенического мониторинга, согласно которому в Коминтерновском районе наблюдается низкая детская заболеваемость и низкий удельный вес загрязняющих веществ, превышающих ПДК, а в Ленинском районе наблюдается противоположная тенденция [21].

Все исследованные морфологические признаки листовой пластинки, кроме расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка, достоверно отличались от контроля, также выявлены различия изучаемых показателей у листьев, собранных в разных районах, что свидетельствует об изменении гомеостаза развития в результате загрязнения окружающей среды в городе Воронеже.

Таблица 3

Балльная шкала оценки качества среды по величине флуктуирующей асимметрии листа березы повислой (по [17])

Балл	Величина флуктуирующей асимметрии	Качество среды
I	<0,040	Условно нормальное
II	0,040 – 0,044	Начальные (незначительные) отклонения от нормы
III	0,045 – 0,049	Средний уровень отклонений от нормы
IV	0,050 – 0,054	Существенные (значительные) отклонения от нормы
V	>0,054	Критическое состояние



Рис. 3. Шкала чувствительности асимметрии морфологических признаков листовой пластинки березы повислой к стрессовому воздействию

Опираясь на полученные результаты (величину процентного отклонения от контрольных («Веневитиново») значений асимметрии морфологических признаков листа и количество районов г. Воронежа, где такие отклонения были зафиксированы), мы можем построить ряд чувствительности морфологических признаков листовой пластинки *Betula pendula* к стрессовому воздействию (рис. 3).

Как следует из рис. 3, наиболее чувствительным к неблагоприятным воздействиям является показатель асимметрии угла между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка, а асимметрия расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка листовой пластинки березы повислой является высококанализованным признаком.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенных биоиндикационных исследований выявлены наиболее загрязненные районы г. Воронежа по показателю флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой. Показано совпадение результатов с ранее полученными данными о загрязнении обследованных районов на основании изучения цитогенетических характеристик семенного потом-

ства березы повислой и использованными геоинформационными технологиями. Наиболее чувствительными к воздействию поллютантов являются показатели асимметрии ширины левой и правой половинок листа; длины жилки второго порядка, второй от основания листа; расстояния между концами этих же жилок; угла между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка; наименее — асимметрия расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка.

Работа выполнена в рамках и при поддержке государственных контрактов на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007—2013 годы» №16.518.11.7099 и № 16.515.11.5018.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров В. М. Асимметрия животных: популяционно-феногенетический подход / В.М. Захаров. — М.: Наука, 1987. — 216 с.
2. Чубиншвили А. Т. Морфогенетическая и цитогенетическая характеристика природных популяций зеленых лягушек гибридогенного комплекса *Rana esculenta* в естественных условиях и подверженных

антропогенному воздействию: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.Т. Чубинишвили — М., 1997. — 20 с.

3. Захаров В. М. Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость) / В.М. Захаров // Экология. — 2001. — № 3. — С. 177—191.

4. Влияние лесопатологического состояния березы повислой на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки / Д.Б. Гелашвили [и др.] // Поволжский экологический журнал. — 2007. — № 2. — С. 106—115.

5. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур) / МПР РФ; Введ. 16.10.03. — №460-Р. — М., 2003. — 24 с.

6. Солдатова В. Ю. Флуктуирующая асимметрия березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) как критерий качества городской среды и территорий, подверженных антропогенному воздействию (на примере Якутии): Автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. Ю. Солдатова — Якутия, 2006. — 18 с.

7. Кряжева Н. Г. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения / Н. Г. Кряжева, Е. К. Чистякова, В. М. Захаров // Экология. — 1996. — № 6. — С. 441—444.

8. Чистякова Е. К. Оценка здоровья среды с разным уровнем радиационного загрязнения. Растения. Стабильность развития. Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье Среды / Е. К. Чистякова, Н. Г. Кряжева, В. М. Захаров. — М., 1996. — С. 34—37.

9. Чистякова Е. К. Возможность использования показателя стабильности развития и фотосинтетической активности для исследования состояния природных популяций растений на примере березы повислой / Е. К. Чистякова, Н. Г. Кряжева // Онтогенез. — 2001. — Т. 32, № 6. — С. 422—427.

10. Аралбаева Л. С. Оценка относительного жизненного состояния и стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.) города Салават / Л. С. Аралбаева, Р. В. Уразгильдин, А. Ю. Кулагин // Вестник ОГУ. — 2009. — № 6. — С. 39—42.

11. Вострикова Т. В. Цитозология берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.): Дис. ... канд. биол. наук / Т. В. Вострикова. — Воронеж, 2002. — 186 с.

12. Калаев В. Н. Цитогенетические реакции лиственных древесных растений на стрессовые условия и перспективы их использования для оценки генотоксичности окружающей среды: Дис. ... докт. биол. наук / В. Н. Калаев. — Воронеж, 2009. — 414 с.

13. Карпова С. С. Влияние антропогенного загрязнения на цитогенетический полиморфизм семенного потомства березы повислой (*Betula pendula* Roth) в естественных и искусственных древостоях: Дис. ... канд. биол. наук / С.С. Карпова. — Воронеж, 2011. — 149 с.

14. Мазурова И. Э. Цитогенетика лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) в условиях интродукции и антропогенного стресса: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / И. Э. Мазурова. — Воронеж, 2008. — 23 с.

15. Воронеж: среда обитания и зоны экологического риска / С. А. Куролап [и др.] — Воронеж: Истоки, 2010. — 207 с.

16. Семенова В. А. Комплексный мониторинг состояния среды г. Воронежа и его окрестностей методами морфологического и цитогенетического анализа животных и растительных тест-объектов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. А. Семенова — Воронеж, 2009. — 24 с.

17. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров [и др.] — М.: Центр экологической политики России, 2000. — 68 с.

18. Кулаичев А. П. Методы и средства комплексного анализа данных / А. П. Кулаичев — М.: ФОРУМ, ИНФА-М, 2006. — 512 с.

19. Влияние лесопатологического состояния березы повислой на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки / Д. Б. Гелашвили [и др.] // Поволжский экологический журнал. — 2007. — № 2. — С. 106—115.

20. Гуртяк А. А. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора / А. А. Гуртяк, В. В. Углев // Известия Томского политехнического университета. — 2010. — Т. 317, № 1. — С. 200—204.

21. Куролап С. А. Оценка риска для здоровья населения при техногенном загрязнении городской среды / С. А. Куролап, Н. П. Мамчик, О. В. Клепикова — Воронеж: ВГУ, 2006. — 220 с.

Калаев Владислав Николаевич — профессор, д.б.н., кафедра генетики, цитологии и биоинженерии, биолого-почвенный факультет, Воронежский государственный университет; тел.: (473) 2208876, e-mail: Dr_Huixs@mail.ru

Игнатова Ирина Викторовна — аспирант, кафедра генетики, цитологии и биоинженерии, биолого-почвенный факультет, Воронежский государственный университет; тел.: (473) 2208876

Kalaev Vladislav N. — Prof., Dr. of Biology, Department of Genetics, cytology, and bioengineering, Biology and Soil Science Faculty, VSU; tel.: (473) 2208278, e-mail: Dr_Huixs@mail.ru

Ignatova Irina V. — the Post-graduate Student, Department of Genetics, cytology, and bioengineering, Biology and Soil Science Faculty, VSU; tel.: (473) 2208278

Третьякова Валентина Викторовна — студент, кафедра генетики, цитологии и биоинженерии, биолого-почвенный факультет, Воронежский государственный университет; тел.: (473) 2208876

Артюхов Валерий Григорьевич — зав. каф., д.б.н., проф., кафедра биофизики и биотехнологии, биолого-почвенный факультет, Воронежский государственный университет; тел.: (473)2208876

Савко Аркадий Дмитриевич — зав. каф., проф., д.г.-м.н., кафедра генетики, цитологии и биоинженерии, геологический факультет, Воронежский государственный университет; тел.: (473) 2208876

Tretiyakova Valentina V. — student, Department of Genetics, cytology, and bioengineering, Biology and Soil Science Faculty, VSU; tel.: (473) 2208278

Artyukhov Valerij G. — the Head of the Department, Prof., Dr. of Biology, Department of Biophysics and Biotechnology, Biology and Soil Science Faculty, VSU; tel.: (473) 2208278

Savko Arkadii D. — the Head of the Department, Prof., Doctor of geological-mineralogical sciences, Department of Historical Geology and Paleontology, Faculty of Geology, VSU; tel.: (473) 2208278