

УДК 502.1: 504

Блащинская Оксана Николаевна,

старший преподаватель кафедры «Автоматизация технологических процессов»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: Lin_oks@mail.ru

Зайцева Надежда Валерьевна,

студентка кафедры «Автоматизация технологических процессов»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: nadezdazajceva29262@gmail.com

Колмогоров Алексей Геннадьевич,

к.т.н., доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: alexey-kol@ya.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АТМОСФЕРЫ АНГАРСКА ПО ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ

Blaschinskaj O.N., Zajceva N.V., Kolmogorov A.G.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE ANGARSK ATMOSPHERE BASED ON THE CHANGING ASYMMETRY OF BIRCH LEAVES

Аннотация. На территории г. Ангарска проводились исследования стабильности развития древесных растений (берёза). На основе измерения системы морфологических признаков и расчета интегрированного показателя флуктуирующей асимметрии (ИПФА) сделана оценка экологического состояния атмосферы городской среды.

Ключевые слова: экологическое состояние окружающей среды, природный каркас города Ангарска, перенос загрязняющих веществ.

Abstract. Studies on the stability of the development of woody plants (birch) were conducted on the territory of Angarsk. Based on the measurement of the system of morphological features and the calculation of the integrated indicator of fluctuating asymmetry (IPFA), an assessment of the ecological state of the atmosphere of the urban environment is made.

Keywords: the ecological state of the environment, the natural framework of the city of Angarsk, the transfer of pollutants.

Определение флуктуирующей асимметрии (ФА) относится к оценке состояния среды, которая, как и опирающийся на санитарно-гигиеническое нормирование традиционный подход [2, 3], может использоваться для оценки экологического состояния окружающей среды. Наша задача – оценить экологическое состояние воздушной среды г. Ангарска и сравнить полученные результаты с аналогичными оценками на основе санитарно-гигиенического подхода.

Исследование ФА листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.) проводили в 2002 г. в 13 точках, 2011-12 гг. в 22 точках на территории жилой застройки г. Ангарска, расположенного между рекой Ангара и ее притока р. Китой. Природно-рекреационный каркас города включает в себя отдельные массивы сосновых лесов с примесью листовых пород (береза и осина), которые относятся к коренным, с преимуществом в основном ярусе лесостоя сосны. За время су-

ществования города природный каркас территории претерпел значительные структурные и пространственные изменения, что привело к преобладанию в основном одноярусного древостоя со слабой выраженностью подлеска и обеднением видового состава травостоя.

Для определения флуктуирующей асимметрии измеряли морфологические признаки листьев березы согласно существующей методике [2] (рисунок 1).

На основе отдельных структурных признаков провели расчёт интегрированного показателя флуктуирующей асимметрии (ИПФА) по приведённой разности согласно формуле 1:

$$\text{ИПФА} = \frac{1}{m \cdot n} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(L_{ij} - R_{ij})}{(L_{ij} + R_{ij})}, \quad (1)$$

где i -й – лист; j -й – признак; n , m – количество признаков и листьев; L , R – величина признаков левой и правой половины листа.

При определении асимметрии руководствовались методическими рекомендациями [4].

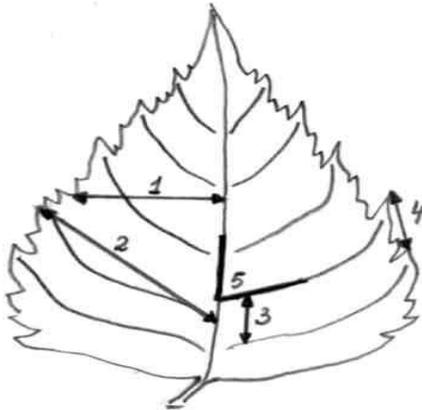


Рисунок 1 – Морфологические признаки флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой

Все промеры были проведены по фотографиям с применением измерительных инструментов (штангенциркуль, транспортир, курвиметр). Все измерения проводились с точностью до 0,5 мм, углы измеряли с точностью до 1 градуса. Полученные показатели вносились в таблицы, составленные в программе Excel. Всего было проведено измерений по морфологическим признакам: в 2002 г. – 1108 штук (5540 измерений), а в 2011-12 гг. – 1012 штук (5060 измерений). Статистическая обработка материалов выполнялась с использованием программы Statistica v5.5.

Степень загрязнения атмосферы населённых пунктов в значительной степени определяется также ветровой активностью и формируемой ею скоростью переноса загрязняющих веществ, и устойчивостью атмосферы. На территории г. Ангарска в основном преобладают воздушные потоки северо-западного и юго-восточного направлений ветров. Наряду с этим ветры северо-западного, северо-северо-западного и северного направления типичны для циклонического типа погоды. Повторяемость данных ветров с высокими величинами таких видов скоростей, как средняя годовая (5–6 м/с), максимальная средняя (17–19 м/с) и мгновенная (24–26 м/с) составляет более 40% годового цикла [1]. Преобладающие юго-восточные, восточно-юго-восточные и восточные ветры обладают минимальными (до 1 м/с) по сравнению с северо-западными ветрами величинами различных видов скоростей. При северо-западных ветрах загрязнен-

ный воздух выносится за пределы промышленной площадки основного градообразующего предприятия г. Ангарска – АО «АНХК» – на расстояния более одного километра [1]. Юго-восточные ветры в свою очередь выносят загрязненный воздух на территорию северной части жилой застройки г. Ангарска. При этом юго-восточные и южные ветры имеют закономерные колебания скорости со снижением ее в дневные часы суток. Одновременно со снижением скорости ветра его направление меняется на восточное. Как мы видим, ветры несут ответственность за распространение загрязненного воздуха в жилых районах города, особенно в вечернее и ночное время (от 1 до 4–5 часов), загрязняют атмосферу и различные районы города. Юго-восточный ветер «тянет» загрязненный воздух не только от промышленного предприятия АО «АНХК», но и от ТЭЦ-10 «Иркутск-энерго» на юго-восточную часть жилых массивов города Ангарска. Обзор официальных документов [2], оценивающих экологическое состояние атмосферы г. Ангарска, подтвердил о загрязнении воздушной среды в годы измерения ФА. Также по девяти веществам отмечалось превышение ПДК_{мр}, особенно существенное по бенз(а)пирену, формальдегиду, диоксиду азота и оксиду углерода.

На рисунке 2 показаны min и max каждого из пяти показателей в годы наблюдений признаков флуктуирующей асимметрии листьев березы. Темные столбики – минимум, светлые – максимум морфологического признака

Как видим, скорость изменения отдельных морфологических признаков в 2002 г. составляла 1,3–1,8, а в 2011-12 гг. она увеличилась до 1,7–2,3.

Показатель ФА по каждому из морфологических признаков сравнили с квалиметрической шкалой [5], согласно которой значение ФА более 0,054 соответствует категории «сильное, экстремальное загрязнение». Сравнение показало, что дестабилизация развития листьев березы отмечалась уже в 2002 г., она продолжилась в последующие годы, а по отдельным признакам даже усилилась, поскольку увеличилась кратность различий минимальных и максимальных величин ФА в 2011-12 гг.

С целью определения того, какой из пяти морфологических показателей больше других отклонялся от стандарта, принятого в соответствии с квалиметрическим измерени-

ем, и составлял менее 0,040, изучали долю значений ФА, соответствующих этому стандарту (таблица 1).

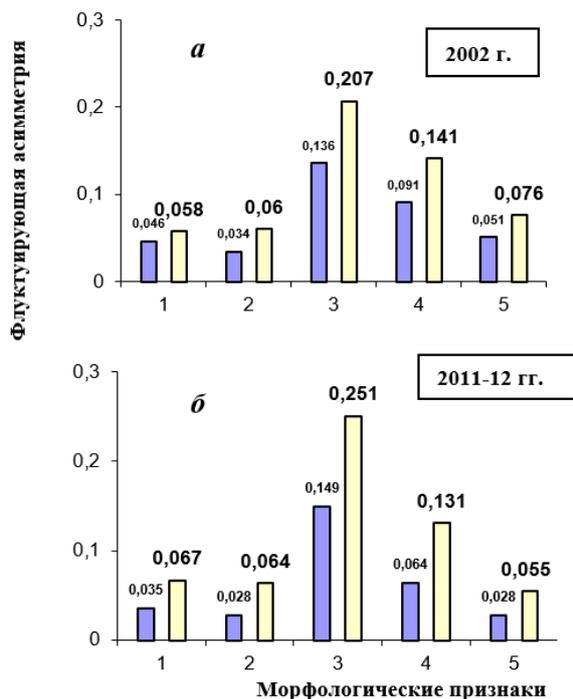


Рисунок 2 – Пределы изменения морфологических признаков, характеризующих флуктуирующую асимметрию листьев березы, растущей на территории г. Ангарска, в 2002 (а) и 2011-12 гг. (б)

Интегрированный показатель флуктуирующей асимметрии, рассчитанный в 2002 и 2011-2012 гг., изменялся в пределах 0,071–0,104, что существенно превышало его максимум по квалиметрической шкале [5], соответствующий категории «сильное, экстремальное загрязнение». Значения ИПФА листьев березы повислой, произрастающей в пределах жилых массивов г. Ангарска, частично соответствуют результатам, полученным для того же вида в условиях г. Братска [6]. Однако в г. Ангарске зафиксирован максимальный интегральный показатель ФА, тогда как в г. Братске ИПФА оказался меньше, достигнув 74,1 и 83,8% от самых высоких значений показателя, зафиксированных в г. Ангарске.

Несмотря на то, что при определении описательных статистик в 2002 и 2012 гг. объем выборок был значительным (335–465 и 360–665 значений соответственно) по сравнению с 2011 г. (90–130 значений), в обоих случаях была получена достаточно сильная изменчивость ИПФА, характеризуемая коэффициентом вариации. По-видимому, зна-

чительное варьирование показателей флуктуирующей асимметрии, регистрируемое на больших и малых по объему выборках, свидетельствовало о нестабильности развития ассимилирующих органов березы, обусловленной антропогенными факторами, характерными для экологических условий урбосреды г. Ангарска.

Общим моментом, установленным в результате статистического анализа в годы наблюдений (2002, 2011-12 гг.), было то, что точки со средними значениями ИПФА, не имевшими достоверных различий между собой, ограничивали части территории жилой застройки г. Ангарска, располагающиеся к западу или юго-западу относительно точек, средние величины ИПФА которых имели такие различия (рисунок 3).

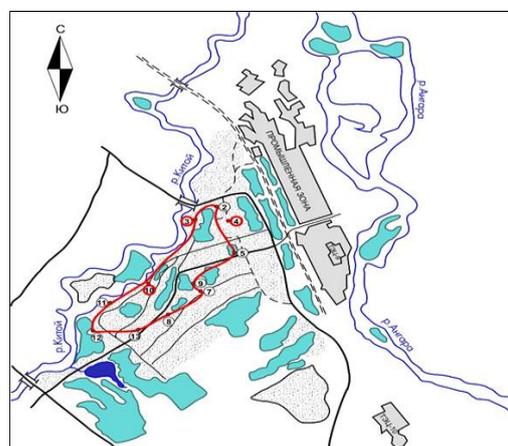


Рисунок 3 – Объединение точек, в которых средние интегральные показатели флуктуирующей асимметрии листа березы, растущей в пределах жилой застройки г. Ангарска, не имели достоверных различий

Таким образом, по данным биоиндикации листьев березы методом определения их динамической асимметрии экологическое состояние атмосферы в городе Ангарске оценено на разных уровнях категории «сильное, экстремальное загрязнение». Это не согласуется с оценкой, сделанной на основе традиционного метода чистоты и гигиены, который показывает естественное состояние воздушной среды города на уровне нормативного загрязнения. При исследовании ИПФА в различных точках территории жилой застройки г. Ангарска как в 2002, так и 2011-12 гг. оказалось, что наиболее низкой степенью «сильного, экстремального загрязнения» атмосферы города характеризовались его ча-

сти, расположенные ближе к правому берегу р. Китой.

Таблица 1 – Доля соответствующих норме значений морфологических признаков асимметрии листьев березы, растущей на территории г. Ангарска

№ точки	Доля значений признака асимметрии, %					№ точки	Доля значений признака асимметрии, %				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1a	57,5	66,7	1,1	6,9	49,4	5	40,0	55,0	0	0	50,0
2b	44,7	72,4	1,3	1,3	55,3	7	41,2	64,7	0	35,3	47,1
3c	41,2	52,9	4,7	2,4	34,1	8	40,9	31,8	0	9,1	40,9
4d	45,7	46,7	3,3	2,2	50,0	9	45,5	77,3	0	27,3	68,2
5e	50,0	54,3	0	4,3	40,2	10	15,8	42,1	0	0	63,2
6f	43,3	55,2	0	0	34,3	11	55,5	22,2	5,6	0	55,5
7g	52,8	51,7	0	6,7	41,6	12	46,2	50,0	3,6	11,4	61,5
8h	60,7	53,6	1,2	4,8	41,7	13	50,0	70,0	0	0	80,0
9i	39,4	53,2	1,1	4,3	50,0	14	50,0	64,5	0,9	14,5	52,7
10j	30,2	41,9	0	3,5	43,0	15	53,9	67,6	3,9	8,8	55,9
11k	56,8	61,7	1,2	4,9	49,4	16	47,3	68,8	0	4,3	48,4
12l	50,6	56,5	0	0	48,2	18	48,6	66,7	5,6	31,9	51,4
13m	53,8	61,5	0	0	33,0	19	47,2	66,7	2,8	31,9	52,8
2	78,9	47,4	5,3	10,5	61,2	20	64,4	75,3	1,0	1,0	49,3
3	44,4	83,3	0	11,1	66,7	21	52,5	71,3	0,0	15,0	56,3
4	61,1	66,7	0	5,6	61,1	22	48,1	62,4	2,3	5,3	44,4

Примечание: в таблице первые 13 точек соответствуют 2002 г., а остальные – 2011-12 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воробьев Е.И., Прусаков В.М., Душутин К.К.** Охрана атмосферы и нефтехимия. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 231 с.
- Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Иркутской области в 2009 году». – Иркутск, 2010. – 585 с.
- Захаров В.М.** Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость) // Экология. 2001. № 3. С. 177–191.
- 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.
- Костромина О.А.** Экологическая оценка состояния лиственных древостоев в зонах техногенного воздействия. Автореф. ... канд. с/х наук. Специальность 03.00.16 – «Экология». – 2009. – 22 с.
- Рунова Е.А., Костромина О.А.** Оценка техногенного загрязнения по показателю флуктуирующей асимметрии березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в окрестностях г. Братска // Вестник КраСГАУ. 2007. № 6 (21). С. 121–127.