

УДК 630*164.5:674.031.632.134.3

И.Б. Амосова, П.А. Феклистов

Поморский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Архангельский государственный технический университет

Амосова Ирина Борисовна родилась в 1983 г., окончила в 2001 г. Поморский государственный университет им. М.В. Ломоносова, аспирант кафедры ботаники и общей экологии ПГУ. Имеет 6 научных работ в области биологии и лесной экологии.
E-mail: fc.botanic@pomorsu.ru



Феклистов Павел Александрович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и защиты леса Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАЕН. Имеет около 190 печатных работ в области лесоведения и экологии.
E-mail: feclistov@agtu.ru



АСИММЕТРИЯ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ У ОСОБЕЙ РАЗНОГО ВОЗРАСТНОГО СОСТОЯНИЯ В ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСАХ г. АРХАНГЕЛЬСКА

Изучена флюктуирующая асимметрия листовой пластинки березы повислой по пяти признакам, вызванная нарушениями среды обитания. Получены сходные результаты по всем признакам у прегенеративных и генеративных особей.

Ключевые слова: пригородные леса, береза повислая, флюктуирующая асимметрия.

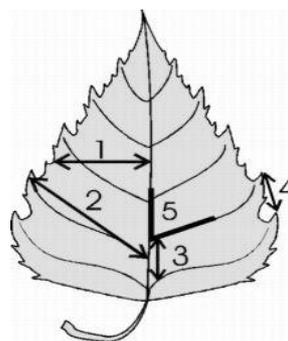
В настоящее время весьма актуальны исследования по влиянию выбросов промышленности и автотранспорта на жизнеспособность лесов. При изучении развития древостоя и его устойчивости к промышленным поллютантам часто используют наиболее доступный метод морфологического анализа, включающий анализ внешнего состояния насаждений. Измеряются основные морфометрические показатели, для оценки стрессового воздействия внешней среды исследуется флюктуирующая асимметрия – случайное небольшое отклонение по любому признаку двусторонне симметричного организма (органа) [1, 11]. Повышение частоты отклонений от симметрии чаще всего вызвано локальными загрязнениями и жесткими климатическими условиями. На территории Архангельской области расположено много крупных предприятий лесозаготовительной, целлюлозно-бумажной промышленности, судостроения, электроэнергетики, загрязняющих атмосферный воздух. Кроме этого, в последние годы возросло воздействие развивающегося автотранспорта [9, 10]. В связи с этим, если удастся доказать на практике достоверность метода флюктуирующей асимметрии для определения степени загрязнения среды обитания, то можно будет относительно легко проводить биомониторинг местности.

Цель нашей работы – определить флюктуирующую асимметрию листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) и развитие самого древостоя в пригородных лесах г. Архангельска, сделать вывод о качестве среды обитания. В задачу исследования входило также установить влияние возраста деревьев (прегенеративные и генеративные особи) на степень флюктуирующей асимметрии.

Объектом изучения неслучайно выбрана береза повислая. В последние десятилетия в результате активной лесохозяйственной деятельности на Европейском Севере появились огромные площади вторичных березово-осиновых лесов. С каждым годом они увеличиваются, что делает березу основной лесобразующей породой наравне с елью и сосной [3]. На территории области березняки изучались в основном Н.П. Чупровым [12] и О.А. Неволным [6], в первую очередь продуктивность древостоев. Исследования морфофизиологических свойств березы уже давно ведутся в Сибири и средней полосе России. Береза считается индикаторной породой и широко используется для определения изменений окружающей среды [2, 4, 7]. В Архангельской области таких работ практически нет.

Наши исследования проводились в июле 2008 г. в пригородных лесах Архангельска. В березняках черничных было заложено 5 пробных площадей на расстоянии 500 м от дороги Архангельск – Новодвинск, поскольку основным источником стрессового воздействия на древостой являются выбросы автотранспорта. Нельзя исключать также влияние выбросов целлюлозно-бумажных комбинатов г. Новодвинска и рекреационного воздействия на лес. По классификации Н.С. Казанской [5], пробные площади располагались в лесах, где наблюдается рекреационная дигрессия второй и третьей стадий. Кроме этого, на морфологических показателях могут отразиться резкая смена температур в течение года и потепление климата [9, 10].

Листья березы повислой, по 10 у прегенеративных (имматурные – *im* и виргильные – *V*) и генеративных (g^1 и g^2) деревьев каждой возрастной категории, собирали в нижней части кроны с конца июня по конец июля, когда заканчивался рост листовой пластинки. Ее асимметрию изучали по пяти признакам с левой и правой половин листа (см. рисунок): 1) ширина половины листа, 2) длина жилки второго порядка, 3) расстояние между основаниями первой и второй жилок, 4) расстояние между концами первой и второй жилок, 5) угол между главной и второй от основания жилками.



Параметры измерений листовой пластинки

Для каждого листа вычисляли относительное различие между значениями всех пяти признаков с правой и левой стороны по формуле

$$Y = (L - R)/(L + R),$$

где L , R – показатели левой и правой стороны листа.

В результате получали пять значений Y . Затем находили среднее относительное различие между сторонами по этим признакам для каждого листа по формуле

$$Z = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 / N,$$

где N – число признаков.

Далее определяли среднее относительное различие между сторонами по признакам для выборки по формуле

$$X_{\text{ср}} = \sum Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n / n,$$

где n – число значений Z , т. е. число листьев [4].

Состояние древостоя оценивали по пятибалльной шкале стабильности В.М. Захарова для березы повислой: I – условная норма ($X_{\text{ср}} < 0,040$), II – относительная норма (0,040...0,044), III – средние нарушения (0,045...0,049), IV – существенные нарушения (0,050...0,054), V – критическое состояние ($> 0,054$) [4].

Измеряли высоту и диаметр учетных деревьев на высоте 1,3 м, учитывали механические повреждения (затесы, ободранная кора, оголенные корни), количество сухих веток в кроне, высоту поднятия трещин на коре, фаутность, процент покрытия лишайниками.

По результатам замеров листовой пластинки наиболее устойчивым оказался пятый признак (угол между главной и второй от основания листа жилкой второго порядка) (табл. 1). Устойчивость признака отмечается практически на всех выборках как у генеративных, так и прегенеративных особей. Угол между жилками в среднем равен 45° у всех исследованных листьев. По четвертому признаку (расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка) показатели асимметрии оказались максимальными. Более резко они проявляются у прегенеративных особей, расхождения в среднем на 0,06 наблюдались по 6 выборкам из 8; у генеративных – на 0,03 по 8 выборкам из 10. Остальные три признака имеют незначительные

расхождения по асимметрии, в среднем на 0,02...0,01. Таким образом, по всем пяти признакам получены сходные результаты асимметрии как у пре-генеративных, так и у генеративных особей. Размеры листовой пластинки (два первых признака) больше у генеративных деревьев: ширина в среднем на 0,32, длина жилки второго порядка на 0,25 см.

После камеральной обработки данных средний интегральный показатель стабильности развития листовой пластинки оказался различным у прегенеративных и генеративных деревьев (табл. 2).

В работе Т.Ю. Ветчинниковой [2] установлена индивидуальная изменчивость растений по признакам асимметрии листовой пластинки. То же было обнаружено и в наших исследованиях. У 33 % изученных деревьев отмечено стабильное развитие листовой пластинки, что соответствует относительной норме загрязнения окружающей среды. У 50% деревьев уровень загрязнения был критическим.

Величина флюктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой у генеративных деревьев в целом по всем выборкам равна 0,051,

что по шкале А.М. Захарова соответствует баллу IV состояния (существенные нарушения) (табл.2). Если рассматривать относительные различия по первым четырем признакам, то они относятся к IV и V баллам. Только по пятому признаку отмечена очень низкая флюктуация ($0,004 \pm 0,001$). Так, по третьему и четвертому признакам показатели соответствуют критическому состоянию; по первому и второму – существенным нарушениям.

Флюктуирующая асимметрия у прегенеративных деревьев относится к V баллу и согласуется с критическим состоянием окружающей среды ($0,068 \pm 0,020$) (табл.2). По третьему и четвертому признакам наблюдаются самые высокие показатели нестабильного развития листовой пластинки ($0,086 \pm 0,020$ и $0,090 \pm 0,020$), соответствующие критическому состоянию. Показатели относительного различия по первому и второму признакам такие же, как у листьев генеративных особей ($0,050 \pm 0,010$ и $0,052 \pm 0,010$).

Более высокая флюктуирующая асимметрия у прегенеративных деревьев позволяет предположить ее зависимость от возрастного состояния деревьев, связь умеренная (коэффициент корреляции 0,3). Такие же выводы получены В.Ю. Солдатовой [8].

Установлено, что листовая пластинка шире у генеративных деревьев. Флюктуирующая асимметрия выше у прегенеративных деревьев, что позволяет предположить зависимость стабильности развития листовой пластинки березы повислой от возраста. Степень флюктуации как у генеративных, так и у прегенеративных деревьев очень высокая и согласно шкале А.М. Захарова соответствует значительным нарушениям в среде обитания.

Выявленная нами высокая флюктуирующая асимметрия не соответствует внешнему состоянию древостоя, что может быть связано с хорошей устойчивостью породы к антропогенной нагрузке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

5

1. *Василевская, Н.В.* Биология развития растений [Текст]: курс лекций. – Мурманск: Радица, 2008. – 100 с.
2. *Ветчинникова, Т.Ю.* Морфометрия листовой пластинки как показатель загрязнения окружающей среды [Текст] / Т.Ю. Ветчинникова // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. – 2005. – Вып. 63. – С. 194–196.
3. Динамика и перспектива лесопользования в Архангельской области [Текст] / Д.В. Трубин [и др.]. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2000. – 96 с.
4. Здоровье среды: методика оценки [Текст] / В.М. Захаров [и др.]. – М., 2000. – 66 с.
5. *Казанская, Н.С.* Рекреационные леса [Текст] / Н.С. Казанская, В.В. Ланина, Н.Н. Марфенин. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 96 с.
6. *Неволин, О.А.* Динамика сосново-березовых насаждений в типе леса сосняк-кисличник и лесоводственная эффективность рубок ухода [Текст] / О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина // Лесн. журн. – 2002. – № 2. – С. 17–22. – (Изв. высш. учеб. заведений).

7. Нефедова, Т.А. *Betula pendula* Roth. как объект экологического мониторинга городской среды [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т.А. Нефедова. – М., 2003. – 23 с.

8. Солдатова, В.Ю. Биоиндикационная оценка состояния городской среды по величине флюктуирующей асимметрии березы плосколистной *Betula platyphylla* Sukacz. (на примере Якутии) [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.Ю. Солдатова. – Якутия, 2008. – 19 с.

9. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области в 2003 году [Текст]: сб. – Архангельск, 2004. – 323 с.

10. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области в 2007 году [Текст]: сб. – Архангельск, 2008. – 301 с.

11. Турмухаметова, Н.В. Морфологический подход к оценке состояния среды по асимметрии листа *Betula pendula* Roth. и *Fragaria vesca* L. [Текст] / Н.В. Турмухаметова, И.В. Шивцова // Лесн. вестн. – 2007. – № 5. – С. 140–143.

12. Чупров, Н.П. Березняки Европейского Севера России [Текст] / Н.П. Чупров. – Архангельск: СевНИИЛХ, 2008. – 386 с.

Поступила 24.06.09

I.B. Amosova¹, P.A. Feklistov²

¹Pomor State University

²Arkhangelsk State Technical University

Leaf Plate Asymmetry of Silver Birch of Various Age in Arkhangelsk Suburban Forests

The fluctuating asymmetry of leaf plates of silver birch caused by the habitat disorder is studied according to five features. The similar results are obtained for all five features with pre-generative and generative specimen.

Keywords: suburban forest, silver birch, fluctuating asymmetry.

Таблица 1

Средние показатели асимметрии листовой пластинки

Статистические показатели	Ширина половинки листа, см		Длина второй от основания листа жилки второго порядка, см		Расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка, см		Расстояние между концами этих жилок, см		Угол между главной и второй от основания листа жилкой второго порядка	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
Генеративные особи										
$M \pm m$	1,40± ±0,08	1,43± ±0,07	2,15± ±0,10	2,13± ±0,10	0,23± ±0,04	0,22± ±0,05	1,19± ±0,07	1,22± ±0,07	45,00± ±0,62	45,00± ±0,52
σ	0,22	0,22	0,30	0,31	0,14	0,15	0,21	0,23	1,95	1,64
V	17,31	15,19	14,08	14,37	61,81	66,04	17,90	18,72	4,31	3,61
P	5,47	4,80	4,55	4,54	19,55	20,88	5,66	5,92	1,36	1,14
t	18,27	20,81	22,46	22,01	5,12	4,79	17,67	16,90	73,43	87,54
Прегенеративные особи										
$M \pm m$	1,25± ±0,11	1,27± ±0,11	1,88± ±0,19	1,90± ±0,18	0,33± ±0,04	0,33± ±0,05	0,84± ±0,03	0,88± ±0,04	45,00± ±0,61	45,00± ±0,57
σ	0,32	0,31	0,54	0,52	0,13	0,14	0,09	0,12	1,73	1,60
V	25,88	24,64	28,68	27,23	37,89	41,25	10,34	13,24	3,85	3,60
P	9,15	8,71	10,14	9,63	13,40	14,58	3,66	4,68	1,36	1,27
t	10,93	11,48	9,86	10,39	7,46	6,86	27,35	21,37	73,50	78,49

Примечание. Л – левая половина листа; П – правая половина листа; $M \pm m$ – среднее значение с основной ошибкой; σ – среднее квадратичное отклонение; V – коэффициент изменчивости; P – точность опыта, %; t – достоверность среднего значения.

Таблица 2

Средний интегральный показатель стабильности развития листовой пластинки

Статистические показатели	Флюктуирующая асимметрия					Флюктуирующая асимметрия выборок (интегральный показатель) X_{cp}
	Ширина половинки листа Y_1	Длина второй от основания жилки второго порядка Y_2	Расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка Y_3	Расстояние между концами этих жилок Y_4	Угол между главной и второй от основания листа жилками второго порядка Y_5	
Генеративные особи						
$M \pm m$	0,050± ±0,001	0,050± ±0,010	0,062± ±0,010	0,084± ±0,010	0,004± ±0,001	0,051± ±0,001
σ	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01
V	29,81	36,52	58,30	32,34	101,03	26,51
P	9,43	11,55	18,44	10,23	31,95	8,38
t	10,61	8,66	5,42	9,78	3,13	11,93
Прегенеративные особи						
$M \pm m$	0,050± ±0,010	0,052± ±0,010	0,086± ±0,022	0,090± ±0,023	0,010± ±0,001	0,068± ±0,022
σ	0,02	0,04	0,05	0,05	0,01	0,05
V	45,41	79,92	53,60	56,44	61,38	68,24
P	16,06	28,26	18,95	19,96	21,70	24,13
t	6,23	3,54	5,28	5,01	4,61	4,15