

3. Дюк В. Обработка данных на ПК в примерах. – СПб.: Питер, 1997. – 240 с.
4. СанПиН 2.1.4.1074-01 (с изменениями). Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Минздрав России, 2002.



УДК 502.55

Е.П. Черных, Г.Г. Первышина, О.В. Гоголева

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА ФЛУКТУИРУЮЩУЮ АСИММЕТРИЮ ЛИСТЬЕВ ЧЕРЕМУХИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PADUS AVIUM MILL*)

*Рассмотрены вопросы влияния интенсивности автотранспортного потока на флуктуирующую асимметрию листовой пластины черемухи обыкновенной (*Padus avium Mill*). Показан рост показателей флуктуирующей асимметрии в зависимости от категории автомобильной дороги.*

**Ключевые слова:** стабильность развития, флуктуирующая асимметрия листьев, черемуха обыкновенная; автомобильная дорога, Красноярский край.

E.P. Chernykh, G.G. Pervyshina, O.V. Gogoleva

### THE ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE MOTOR TRANSPORT INFLUENCE ON FLUCTUATING ASYMMETRY OF THE BIRD CHERRY TREE (*PADUS AVIUM MILL*) LEAVES

*The issues of the motor transportation stream intensity influence on the fluctuating asymmetry of the bird cherry (*Padus avium Mill*) leaf plate are considered. The growth of the fluctuating asymmetry indices depending on the highway category is shown.*

**Key words:** developmental stability, leaf fluctuating asymmetry, bird cherry, highway, Krasnoyarsk Territory.

**Введение.** Техногенное загрязнение атмосферного воздуха территории в значительной степени обусловлено воздействием промышленности, транспорта, а также другими видами антропогенной деятельности. При этом является затруднительной оценка степени влияния на экологическое состояние урбозокосистемы только одного из вышеперечисленных факторов вследствие их комплексного воздействия. В то же время авторами [1] отмечается, что наиболее опасным и интенсивным источником загрязнения атмосферы является автомобильный транспорт, в выбросах которого выявлено около 300 вредных веществ, среди них особую опасность представляют оксиды углерода, серы и азота, углеводороды (бенз(а)пирен, формальдегид, бензол и др.), альдегиды, взвешенные вещества: сажа, свинец, ртуть и т.д. [2]. Проблема техногенного загрязнения окружающей среды обострилась в последнее время и в Красноярском крае, причем доля выбросов транспортно-коммуникационного комплекса колеблется в течение последних пяти лет незначительно – в пределах 39,8–43,8 % [3]. Однако благодаря обширности территории в данном случае возможно провести оценку влияния на состояние окружающей среды (на примере фитоценозов) только одного из комплексных факторов воздействия.

Основной мишенью экотоксикантов становятся фитоценозы, поскольку растения не могут избежать стрессового воздействия и вынуждены адаптироваться к нему [4]. Это позволяет использовать древесные растения, представляющие собой центральные элементы растительных сообществ, в качестве биоиндикаторов для оценки загрязнения окружающей среды. Одним из методов биоиндикации является определение флуктуирующей асимметрии как интегрального показателя качества окружающей среды и одновременно показателя устойчивости развития растений.

**Цель работы.** Определение влияния загрязнения окружающей среды транспортно-коммуникационным комплексом на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки популяций *Padus avium Mill*.

**Материалы и методики исследования.** Объектом исследования служили деревья черемухи обыкновенной (*Padus avium Mill*), произрастающие на территории Дзержинского района Красноярского края, на-

ходящегося на значительном удалении от техногенных источников загрязнения за исключением автомобильного транспорта и имеющего слаборазвитую структуру производства. Образцы взяты из нескольких характерных мест (табл.1).

Таблица 1

**Характеристика пробных площадок исследования**

Пробная площадка	Характеристика
I	На удалении 5-10м от автомобильной дороги 3-й категории
II	На удалении 8-10 м от автомобильной дороги 4-й категории
III	На удалении 8-10 м от автомобильной дороги 5-й категории
IV	В посадках, расположенных на удалении 50-100 м от автомобильной дороги 5-й категории
V	В посадках, расположенных на удалении не менее 200 м от автомобильной дороги 5-й категории

На рисунке 1 представлено расположение опытных площадок.



Рис.1. Расположение опытных площадок на территории Дзержинского района Красноярского края

Материал для исследования собирали в июле после остановки роста листьев. В каждом биотопе собирали по 10–15 листьев приблизительно одного размера с укороченных побегов нижней части кроны 10 деревьев приблизительно одного генеративного возраста. Сильно отличающиеся по размеру или имеющие повреждения листья выбраковывались. Из каждого биотопа было исследовано не менее 100 листьев. Для оценки величины флуктуирующей асимметрии листовой пластинки шелковицы использовали стандартный набор из 5 морфологических признаков [5], характеризующих стабильность формообразования листа в онтогенезе:

- 1 – ширина левой и правой половинок листа (от границы центральной жилки до края 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.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по Н.А. Плохинскому [6] с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel.

**Результаты и обсуждение.** Если проследить динамику выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта на территории Красноярского края (табл. 2), можно отметить увеличение объемов выбросов за последние 5 лет в среднем на 10 %.

Таблица 2

**Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу Красноярского края от автотранспорта [3], тыс.т в год**

Год	2008	2009	2010	2011	2012
Выбросы от автотранспорта	407,7	382,0	406,6	428,0	448,3

Большая часть единиц транспортно-коммуникационного комплекса, осуществляющего движение по рассматриваемой территории (табл. 3), представлена легковыми автомобилями – 80 %, грузовые автомобили составляют около 16 %, автобусы – 3 % и 1 % приходится на сельскохозяйственную технику.

Таблица 3

**Характеристика рассматриваемых автотранспортных дорог Дзержинского района Красноярского края**

Показатель	Пробная площадка		
	I	II	III
Фактическая интенсивность движения (авт/сут)	1000-3000	200-1000	<200
Расчетная скорость движения, км/ч	100	80	60
Количество полос, шт.	2	2	1
Ширина полосы, м	3,5	3	4,5
Категория АД (согласно СНиП 2.05.02-85)	3	4	5

Одно из основных требований к признакам, по которым ведется определение флуктуирующей асимметрии (ФА), – относительно равная их величина. Изучение вариабельности признаков листовой пластинки черемухи обыкновенной показало, что все признаки характеризуются низкими значениями коэффициента вариации (3,1–11,4 %), то есть низким уровнем их изменчивости. В таблице 4 представлены средние значения исследуемых признаков листовых пластинок черемухи обыкновенной, произрастающей в районе заложной пробной площадки III на разном удалении от автомобильной дороги 5-й категории.

Таблица 4

**Средние значения исследуемых признаков в выборках *Padus avium Mill***

Признак	Пробная площадка			cv, %
	III	IV	V	
Ширина листовой пластинки слева	20,5	24,8	24,2	4,1
Ширина листовой пластинки справа	20,3	25,1	24,1	4,5
Длина 2-й жилки 2-го порядка слева	12,7	17,0	15,2	3,1
Длина 2-й жилки 2-го порядка справа	12,5	17,0	15,9	3,0
Расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок слева	3,3	4,4	4,6	11,4
Расстояние между концами 1-й и 2-й жилок справа	3,6	4,5	4,6	10,8
Расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок слева	9,8	10,4	9,9	8,3
Расстояние между концами 1-й и 2-й жилок справа	9,4	10,2	11,6	8,7
Угол между главной и второй жилкой слева	46,7	59,9	59,0	5,4
Угол между главной и второй жилкой справа	47,1	61,8	58,2	5,7

Как и следовало ожидать, с увеличением расстояния от растения до источника загрязнения (автотранспорт) уменьшаются значения флуктуирующей асимметрии (табл. 5).

Величина флуктуирующей асимметрии листовых пластинок черемухи

Пробная площадка		Величина ФА морфологических признаков, характеризующих стабильность формообразования листа, мм					Величина ФА выборки	Балл состояния
		1	2	3	4	5		
III	СЗ*	0,015	0,026	0,040	0,051	0,030	0,044	2
	СК**	0,002	0,003	0,003	0,004	0,003	0,006	
IV	СЗ	0,010	0,018	0,076	0,009	0,017	0,025	1
	СК	0,002	0,003	0,001	0,001	0,002	0,003	
V	СЗ	0,011	0,023	0,045	0,015	0,008	0,020	1
	СК	0,002	0,003	0,001	0,001	0,002	0,003	

\* – среднее значение величины; \*\* – среднеквадратичное отклонение.

Из табличных данных видно, что значения коэффициента флуктуирующей асимметрии листьев черемухи обыкновенной, произрастающей на расстоянии более 50 м от автотрассы 5-й категории, свидетельствуют о благоприятных условиях произрастания (экологическом благополучии территории) – 1 балл. Растения, расположенные вблизи автотрассы 5-й категории с низкой интенсивностью движения автотранспорта, испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов и соответствуют оценке «относительная норма» – 2 балла.

По результатам проведенных исследований обнаружена статистическая зависимость между расстоянием от автодороги 5-й категории и значением коэффициента флуктуирующей асимметрии (рис.2).

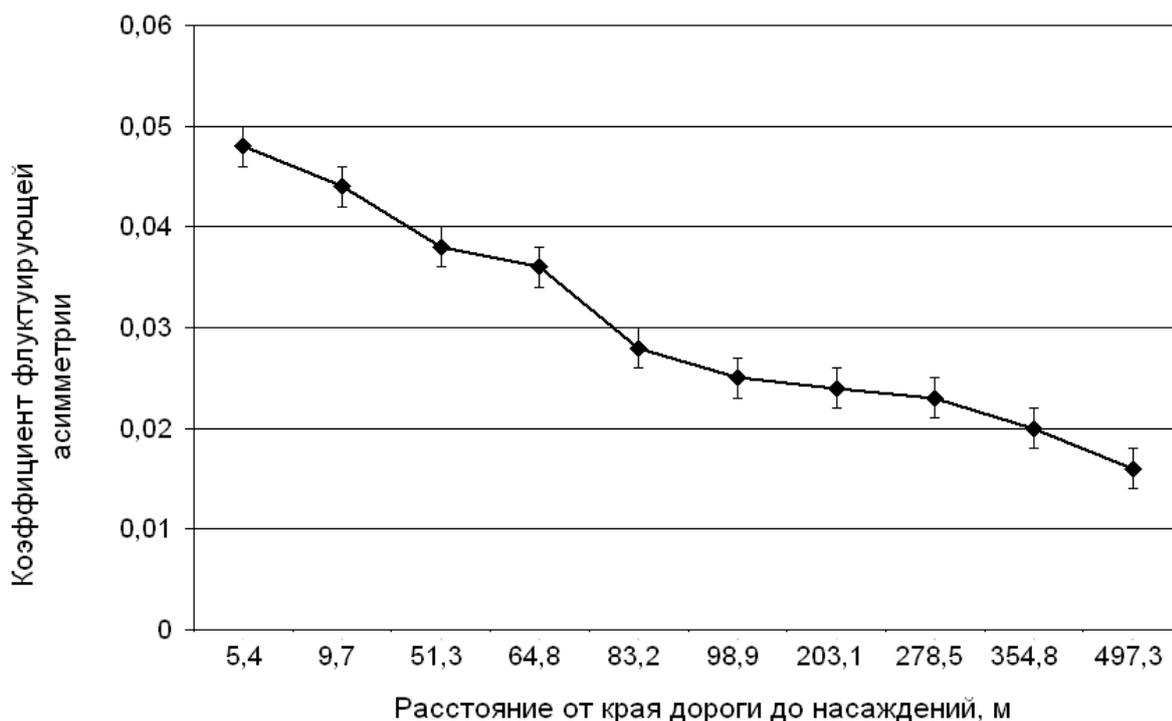


Рис. 2. Зависимость величины ФА выборки от расстояния между краем проезжей части и насаждениями

Таким образом, полученные результаты подтверждают повышенный уровень загрязнения участков, расположенных вблизи автотрассы. Однако следовало ожидать и зависимости коэффициента флуктуирующей асимметрии от категории автомобильной дороги. Действительно, при изучении величины флуктуирующей асимметрии листовой пластинки черемухи обыкновенной в зависимости от категории автодороги (табл. 6) было показано, что в большей степени балл состояния окружающей среды зависит от интенсивности движения автотранспорта.

**Влияние фактической интенсивности движения на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки черемухи обыкновенной**

Пробная площадка	Расстояние от края дороги до насаждений, м	Категория АД	Фактическая интенсивность движения, авт/сут	Величина ФА выборки	Балл состояния
I	8,2	3	1120	0,083±0,008	5
II	8,5	4	315	0,058±0,006	3
III	5.4	5	158	0.048±0,003	2

**Выводы.** Полученные данные свидетельствуют о значительных различиях в морфометрических признаках изученных деревьев черемухи обыкновенной. Наиболее высокие значения показателя флуктуирующей асимметрии отмечаются на площадке, расположенной вблизи автомобильной дороги 3-й категории, в среднем величина ее составила  $0,083 \pm 0,008$ , что свидетельствует о критическом состоянии окружающей среды, при котором растения находятся в сильно угнетенном состоянии. Этот факт свидетельствует о нарушении стабильности развития черемухи обыкновенной на данной пробной площадке. Минимальные значения данного показателя зарегистрированы у исследованных деревьев на площадке III (вблизи автодороги 5-й категории) –  $0,048 \pm 0,003$ . Таким образом, разница в показателях между двумя площадками составила порядка 73 %. Территория вблизи автодорог 4-й категории характеризуется существенными нарушениями: растения, находясь в загрязнённых районах, испытывают значительное воздействие неблагоприятных факторов – об этом свидетельствует величина ФА выборки, составляющая  $0,058 \pm 0,006$ .

Таким образом, наиболее экологически благополучными являются площадки, расположенные на удалении более 100 м от автодороги 5-й категории. Произведенная оценка воздействия автотранспорта на состояние окружающей среды на примере Дзержинского района Красноярского края позволяет в дальнейшем определять территории сбора дикорастущего растительного сырья, особенно учитывая привлекательность данного района с точки зрения запасов растительного сырья [7] и возможности организации малых предприятий по его заготовке и переработке.

### Литература

1. Бочаров В.Л., Иванов Ю.В. Эколого-геохимические методы оценки загрязнённости атмосферы малых городов // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. Геол. – 1997. – № 4. – С. 137–145.
2. Мельников Н.Н., Белан С.Р. Органические соединения хлора в окружающей среде // Агрехимия. – 1998. – № 10. – С. 83–93.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2012 год». – Красноярск, 2013. – URL: <http://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849/page6098>.
4. Vegetation on hill slopes in southern Wello, Ethiopia: Degradation and regeneration / K. Tekle, I. Backeus, J. Skoglund [et al.] // Nord. J. Bot. – 1997. – V. 17. – № 5. – P. 483–493.
5. Здоровье среды: практика оценки / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили, С.Г. Дмитриев [и др.]. – М.: Центр экол. политики России, 2000. – 318 с.
6. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
7. Теоретические и прикладные аспекты экономической оценки биоресурсного потенциала Красноярского края / Ю.Г. Бендерский [и др.]. – Красноярск: Кларетианум, 2002. – 96 с.

