

19. Orlov D.S. Gumusovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii. – M.: Izd-vo MGU, 1990. – 325 s.
20. Welte E. Neuere Ergebnisse der Humusforschung // *Angev. Chem.* – 1955. – V. 67. – № 5. – P. 153–155.
21. Aleksandrovskiy A.L. Zapis' prirodnoi sredy v pochvah golotsena // *Pamyat' pochv: pochva kak pamyat' biosferno-geosferno-antroposfernykh vzaimodejstviy.* – M.: Izd-vo LKI, 2008. – S. 75–105.
22. Dergacheva M.I. Gumusovaya pamyat' pochv // *Pamyat' pochv: pochva kak pamyat' biosferno-geosferno-antroposfernykh vzaimodejstviy.* – M.: Izd-vo LKI, 2008. – S. 530–560.
23. Dergacheva M. I. Arheologicheskoe pochvovedenie. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 1997. – 228 s.
24. Dergacheva M. Pedohumic method in paleoenvironmental reconstructions: an example from Middle Siberia / *Quaternary International.* – 2003. – V. 106–107. – P. 89–101.
25. Dergacheva M.I., Zykina V.S., Volkov I.A. Problemy i metody izucheniya iskopaemykh pochv: (metod. rekomendacii). – Novosibirsk: Izd-vo IGI, 1984. – 79 s.
26. Dergacheva M.I., Ondar E.EH., Kallas E.V. Specifika gumusa pochv Ubsunurskogo biosfernogo zapovednika // *Vestn. KrasGAU.* – 2009. – № 8. – S. 27–37.
27. Sootnoshenie ehlementov v guminovykh kislotah kak istochnik informatsii o prirodnoy srede formirovaniya pochv / M.I. Dergacheva, O.A. Nekrasova, M.V. Okoneshnikova [i dr.] // *Sibirskiy ehkologicheskij zhurnal.* – 2012. – № 5. – S. 667–676.
28. Elementny sostav guminovykh kislot celinnykh chernozemov raznykh usloviy formirovaniya / M.I. Dergacheva, O.A. Nekrasova, D.I. Vasil'eva [i dr.] // *Vestn. Orenburg. gos. un-ta.* – 2012. – № 10 (146). – S. 90–96.
29. Kallas E.V. Gumusovye profili pochv ozernoj kotloviny Chulymo-Enisejskoj vpadiny. – Novosibirsk: Gumanitarnye tekhnologii, 2004. – 170 s.
30. Nekrasova O.A. Elementny sostav guminovykh kislot yuzhnotaezhnykh pochv Srednego Urala i prilegayushchih territoriy // *Vestn. KrasGAU.* – 2013. – № 3. – S. 23–28.
31. Dergacheva M.I. Humic acids of soils of different age and genesis // 10-th International meeting of the International Humic Substances Society, 24-28 July 2000, Toulouse (France). – Toulouse, 2000. – P. 267–270.



УДК: 582.635.1:502.175

И.С. Коротченко

#### БИОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАЙОНОВ г. КРАСНОЯРСКА ПО ВЕЛИЧИНЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ ВЯЗА ПРИЗЕМИСТОГО

Статья посвящена вопросу оценки воздействия антропогенной деятельности на живые организмы. В начале статьи определяется цель исследования, которая заключалась в анализе загрязнения районов г. Красноярска по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки вяза приземистого. Определение асимметрии листовой пластинки у вяза приземистого и оценку стабильности развития проводили по методике В.М. Захарова. Интегральный показатель флуктуирующей асимметрии рассчитывали по пяти признакам для левой и правой сторон листа: ширина половинки листа, длина второй от основания жилки второго порядка, расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка, расстояние между концами этих жилок, угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка. В результате проведения исследований изучен характер флуктуирующей асимметрии листа вяза приземистого г. Красноярска в местах с различной антропогенной нагрузкой, так на контрольном участке (Октябрьский район) интегральный показатель флуктуирующей асимметрии имеет наименьшее значение – 0,0576. Установлено, что высокий показатель ФА (0,0654) и, следовательно, низкая стабильность развития вяза приземистого характерны для Свердловского района г. Красноярска, что позволяет отнести данный участок к четвертому классу загрязнения. В Ленинском районе флуктуирующая асимметрия морфологических признаков листь-

ев вяза приземистого оказалась ниже (0,0631), чем в Свердловском районе, данный участок относится к третьему классу загрязнения. Обнаружено, что наиболее чутко реагируют на загрязнение окружающей среды такие морфологические признаки листа, как длина второй от основания жилки второго порядка и расстояние между концами этих жилок.

**Ключевые слова:** *Ulmus pumila* L., флуктуирующая асимметрия, морфологические параметры, загрязнение окружающей среды.

I.S. Korotchenko

## BIOINDICATION OF POLLUTION OF DISTRICTS OF KRASNOYARSK IN SIZE OF THE FLUCTUATING ASYMMETRY OF THE SHEET PLATE OF SIBERIAN ELM

The article is devoted to the question of an assessment of impact of anthropogenous activity on live organisms. The research objective is the analysis of pollution of districts of Krasnoyarsk in size of the fluctuating asymmetry of a sheet plate of an elm stocky. Determination of asymmetry of an elm stocky sheet plate and the assessment of stability of development was carried out with the help of V.M. Zakharov's technique. The integrated indicator of the fluctuating asymmetry was counted on five signs for the left and right sides of a leaf: a leaf half's width, the length of a vein of the second order, the second from the basis, the distance between the bases of the first and second veins of the second order, the distance between the ends of these veins, a corner between the main vein and the second from the leaf basis a vein of the second order. As a result of carrying out researches nature of the fluctuating asymmetry of a leaf of an elm of stocky was studied. Krasnoyarsk is situated in places with various anthropogenous loading, so on a control site (Oktyabrsky district) the integrated indicator of the fluctuating asymmetry had the smallest value – 0,0576. It was established that the high rate of FA (0,0654) and, therefore, low stability of development of an elm stocky were characteristic for the Sverdlovsk district of Krasnoyarsk that allowed to place this site to the fourth class of pollution. In Leninsky district the fluctuating asymmetry of morphological features of leaves of an elm stocky was lower (0,0631), than in Sverdlovsk the area, this site belongs to the third class of pollution. It was revealed that such morphological features of a leaf as length of a vein of the second order, the second from the basis, and distance between the ends of these veins had most sensitively reacted to environmental pollution.

**Key words:** *Ulmus pumila* L., fluctuating asymmetry, morphological parameters, environmental pollution.

---

**Введение.** В озеленении города Красноярска очень часто используются интродуценты, вынужденные адаптироваться к загрязненной городской среде. Широко распространен в различных районах города вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.), который отличается газо- и пылеустойчивостью, декоративностью, неприхотливостью, высокой устойчивостью к воздействию разнообразных экологических факторов [6].

В связи с тем, что растения концентрируют в себе загрязняющие вещества на конкретной территории, состояние их организма показывает состояние изучаемого участка.

Широко используемым методом оценки воздействия антропогенного фактора является биоиндикация, а точнее оценка качества окружающей среды по величине флуктуирующей асимметрии (ФА) листьев [4].

Ранее в наших работах установлено, что явление ФА взаимосвязано с нарушением стабильности развития растительного организма (тополя) в результате действия антропогенного фактора: выбросов автотранспорта [5] предприятий топливно-энергетического комплекса г. Красноярска (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3) [4].

Таким образом, выбор объекта исследования обусловлен его распространенностью в различных районах города, а также тем, что ряд исследователей показывают применимость вяза как тест-объекта в методе оценки качества окружающей среды по величине ФА листьев [2, 3, 7].

**Цель исследований:** оценка загрязнения районов г. Красноярска по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки вяза приземистого.

**Объекты и методы исследований.** Определение асимметрии листовой пластинки у вяза приземистого и оценку стабильности развития проводили по методике В.М. Захарова с соавторами [1]. Интегральный показатель ФА рассчитывали по пяти признакам для левой и правой сторон листа, указанным на рисунке 1.

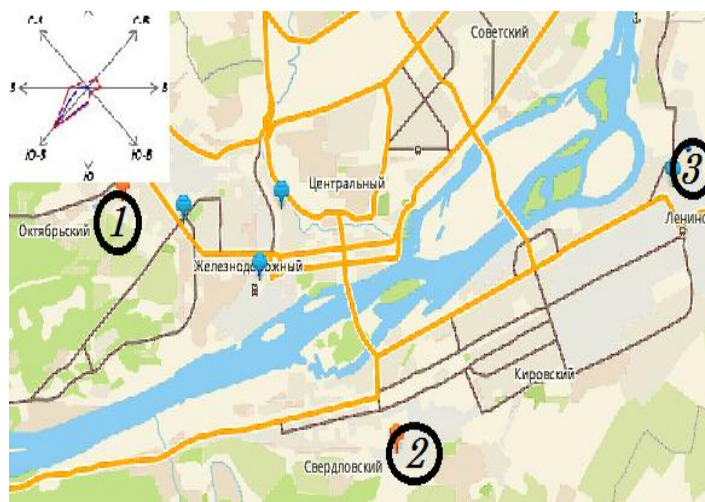
Материалом исследования служили растительные образцы. Отбор образцов проводили по радиальной сетке от основных источников выбросов загрязняющих веществ г. Красноярска: ТЭЦ-1 на участке № 3 – ул. Фестивальная (Ленинский район), ТЭЦ-2 на участке № 2 – ул. Лесопильщиков (Свердловский район), в качестве контроля был выбран участок № 1 на ул. Е. Стасовой (Октябрьский район) (рис. 2).

Сбор материала проводился после завершения интенсивного роста листьев в конце сентября 2014 г. Выборку листьев делали с нескольких близко растущих вязов приземистых, примерно одного возраста, по 100 листьев с каждого участка.



*Рис. 1. Порядок измерения ФА вяза приземистого:*

- 1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй от основания жилки второго порядка;  
3 – расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка; 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка



*Рис. 2. Точки сбора растительного материала:*

- 1 – ул. Е. Стасовой (Октябрьский район); 2 – ул. Лесопильщиков (Свердловский район);  
3 – ул. Фестивальная (Ленинский район)

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анализируя показатели ФА (рис. 3), обнаружили, что происходит закономерное изменение морфологических признаков листьев вяза приземистого в зависимости от места произрастания.

Так, наибольшие значения ФА признаков листьев вяза приземистого отмечены на ул. Лесопильщиков (Свердловский район). Также интегральная величина асимметрии имеет значение 0,0654, что позволяет отнести данный участок к 4-му классу загрязнения (табл.).

На участке ул. Фестивальная (Ленинский район) ФА морфологических признаков листьев вяза приземистого оказалась ниже, чем на участке ул. Лесопильщиков (Свердловский район). Интегральная величина асимметрии равна 0,0631, данный участок относится к 3-му классу загрязнения.

Интегральная величина асимметрии на контрольном участке позволила отнести его к 2-му классу загрязнения.

Величины ФА морфологических признаков вяза приземистого на участках № 2 и 3 выше, чем в контрольном варианте. В отличие от контроля варьирует: в случае изучения ширины половинок листа – от 10,5 до 25,3 %, длины второй от основания жилки второго порядка – от 6,4 до 28,8 %, расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка – от 7,5 до 25,9 %, расстояния между концами этих жилок – от 9,3 до 29,1 %, угла между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка – от 8,3 до 19,8 %.

Полученные данные говорят о том, что наиболее чутко реагируют на загрязнение окружающей среды такие морфологические признаки листа, как длина второй от основания жилки второго порядка и расстояние между концами этих жилок.

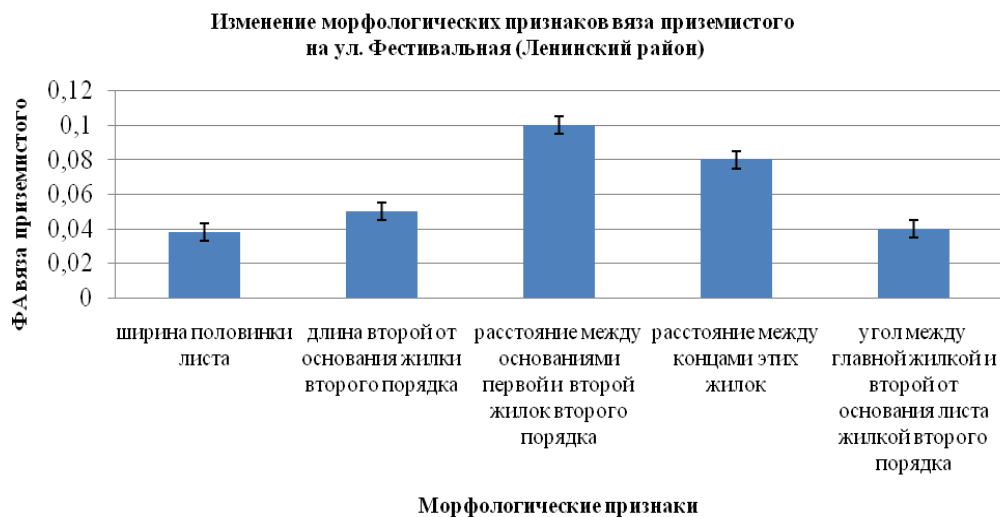
В результате исследований выявили, что растения *Ulmus pumila* L. в ответ на промышленное загрязнение в урбосреде проявляют реакцию, которая заключается в изменении морфологических признаков листа, а также возрастании интегрального показателя флуктуирующей асимметрии.

#### Интегральный показатель флуктуирующей асимметрии листа вяза приземистого разных районов г. Красноярск

Участок	Величина интегрального показателя флуктуирующей асимметрии	Балл [1]
ул. Е. Стасовой (Октябрьский район), контроль	$0,0576 \pm 0,0015$	2
ул. Лесопильщиков (Свердловский район)	$0,0654 \pm 0,0024$	4
ул. Фестивальная (Ленинский район)	$0,0631 \pm 0,0033$	3



Рис. 3. Флуктуирующая асимметрия листьев вяза приземистого в разных районах г. Красноярск



Окончание рис. 3

### Выводы

1. Таким образом, изучение флуктуирующей асимметрии вяза приземистого г. Красноярска позволило выявить различную степень нарушения стабильности развития в зависимости от района произрастания растений.

2. Наиболее чувствительными морфологическими признаками листа вяза приземистого на воздействие антропогенного фактора оказались длина второй от основания жилки второго порядка и расстояние между концами этих жилок.

3. Высокий показатель ФА, следовательно, более низкая стабильность развития вяза приземистого характерна для участка на ул. Лесопильщиков (Свердловский район). Это явление можем объяснить тем, что на растения воздействуют не только выбросы ТЭЦ-2, но и цементного завода, находящегося в исследуемом районе.

4. Результаты исследования могут быть использованы в мониторинге урбосреды. Также необходимо продолжить исследования для дальнейшей разработки региональной шкалы оценки отклонений состояния организма от установленной нормы.

### Литература

1. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. Здоровье среды: методика оценки / Центр экологической политики России. – М., 2000. – 66 с.
2. Исследование адаптации некоторых интродуцентов к условиям г. Красноярска / Л.Н. Сунцова, Е.М. Иншаков, Д.В. Пирогова [и др.] // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2008. – Т. XI. – С. 99–102.
3. Колтунова А.И., Макарова Н.Н., Тимохина М.А. Адаптация древесных интродуцентов в урбанизированной среде // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2013. – Вып. № 6 (44). – С. 208–211.
4. Коротченко И.С. Влияние теплоэнергетического комплекса г. Красноярска на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки тополя бальзамического // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 8. – С. 15–20.
5. Коротченко И.С. Флуктуирующая асимметрия листьев тополя как тест-система в условиях автотранспортного загрязнения // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 6. – С. 56–57.
6. Татаринцев А.И. Санитарное состояние насаждений вяза в г. Красноярске // Вестн. КрасГАУ. – 2012. – № 8. – С. 68–72.
7. Фарафонтова С.Ю. Влияние загрязнения окружающей среды на лиственные деревья // Экология России: на пути к инновациям. – 2013. – № 7. – С. 119–121.

### Literatura

1. Zakharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I. Zdorov'e sredy: metodika otsenki / Centr ehkologicheskoi politiki Rossii. – M., 2000. – 66 s.
2. Issledovanie adaptatsii nekotorykh introducentov k usloviyam g. Krasnoyarska / L.N. Suntsova, E.M. Inshakov, D.V. Pirogova [i dr.] // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesnykh rastenij. – 2008. – T. XI. – S. 99–102.
3. Koltunova A.I., Makarova N.N., Timohina M.A. Adaptatsiya drevesnykh introducentov v urbanizirovannoi srede // Izv. Orenburg. gos. agrar. un-ta. – 2013. – Vyp. № 6 (44). – S. 208–211.
4. Korotchenko I.S. Vliyanie teploehnergeticheskogo kompleksa g. Krasnoyarska na velichinu fluktuiruyushchei asimmetrii listovoi plastinki topolya bal'zamicheskogo // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 8. – S. 15–20.
5. Korotchenko I.S. Fluktuiruyushchaya asimmetriya list'ev topolya kak test-sistema v usloviyah avto-transportnogo zagryazneniya // Mezhdunarodny zhurnal ehksperimental'nogo obrazovaniya. – 2014. – № 6. – S. 56–57.
6. Tatarincev A.I. Sanitarnoe sostoyanie nasazhdeniy vyaza v g. Krasnoyarske // Vestn. KrasGAU. – 2012. – № 8. – S. 68–72.
7. Farafontova S.Yu. Vliyanie zagryazneniya okruzhayushchey sredy na listvennyye derev'ya // Ekologiya Rossii: na puti k innovatsiyam. – 2013. – № 7. – S. 119–121.

