

## ЭКОЛОГИЯ

УДК 502.55

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

### ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ МЕТОДОМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ ЧЕРЕМУХИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PADUS AVIUM MILL.*)

*Представлены результаты оценки стабильности развития *Padus avium Mill.* методом флуктуирующей асимметрии листьев на территории Красноярского края. Проведенный анализ, помимо четких отличий между выборками, выявил направленный рост показателей асимметрии листа по мере возрастания антропогенной нагрузки на популяцию.*

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

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

### THE KRASNOYARSK KRAI TERRITORY ECOLOGICAL CONDITION ASSESSMENT BY THE LEAF FLUCTUATING ASYMMETRY METHOD OF BIRD CHERRY TREE (*PADUS AVIUM MILL.*)

*The results of the development stability assessment of the bird cherry tree (*Padus avium Mill.*) by the leaf fluctuating asymmetry method on the Krasnoyarsk Krai territory are presented. The conducted analysis, in addition to clear differences between the samples, revealed the directional growth of the leaf asymmetry indices according to the increasing of the anthropogenic load on the population.*

**Key words:** *development stability, leaf fluctuating asymmetry, bird cherry tree, Krasnoyarsk Krai.*

**Введение.** При проведении экологических обследований территории Красноярского края следует учитывать совокупность различных видов антропогенных воздействий, которые могут усиливать или ослаблять взаимное негативное действие на живые организмы, обезвреживаться в результате самоочищения окружающей среды или создавать новые (вторичные) виды воздействия. Живые организмы, в частности древесные растения, формируют отклик в ответ на весь комплекс присутствующих на рассматриваемой территории воздействий, что дает возможность определения качества окружающей среды методами биоиндикации, основанными на стабильности их развития [1, 2]. Одним из таковых является анализ уровня флуктуирующей асимметрии, характеризующий стабильность развития живых организмов [3, 4]. Авторами [5] показано, что уровень ФА (то есть морфогенетических отклонений) от нормы оказывается минимальным лишь при оптимальных условиях и неспецифически возрастает при любых стрессовых воздействиях. Благодаря стабильности развития, оцениваемой по уровню ФА, достаточно чувствительному индикатору состояний природных популяций, данная методика утверждена Министерством природных ресурсов Российской Федерации в качестве нормативной [6].

Оценка качества окружающей среды становится принципиально важной задачей, особенно при планировании и осуществлении мероприятий по природопользованию, поскольку дает возможность принять решение об использовании того или иного вида растительного ресурса с целью его комплексной переработки. Сырьевой базой в данном случае на территории Красноярского края могут служить отходы, образующиеся при ежегодных рубках ухода (табл.1), в частности черемухи обыкновенной (как дикорастущих, так и культивируемых видов), и идущие в настоящее время в отвал.

Таблица 1

**Объемы проведения ухода за лесами и санитарно-оздоровительных мероприятий  
в Красноярском крае в 2011–2012 гг. [5]**

| Вид рубок                      | 2011                |                               | 2012                |                               |
|--------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|
|                                | Площадь,<br>тыс. га | Запас,<br>тыс. м <sup>3</sup> | Площадь,<br>тыс. га | Запас,<br>тыс. м <sup>3</sup> |
| Уход за молодняками            | 11,4                | 73,7                          | 9,5                 | 38,7                          |
| Прореживание и проходные рубки | 12,5                | 571,6                         | 13,1                | 563,9                         |
| Сплошные санитарные рубки      | 1,3                 | 288,6                         | 1,1                 | 205,8                         |
| Выборочные санитарные рубки    | 1,7                 | 92,4                          | 2,0                 | 136,6                         |

**Цель работы.** Изучение особенностей показателя флуктуирующей асимметрии листовой пластинки черемухи обыкновенной (*Rodus avium* Mill) с целью биоиндикационной оценки качества среды некоторых районов Красноярского края.

**Материалы и методики исследований.** В качестве объекта исследований в данной работе использовалась черемуха обыкновенная – достаточно массовый и распространенный вид, который входит в состав разнообразных экосистем и обладает четкими и удобно учитываемыми признаками. Сбор материала проводился в период с июня по август в 2012 г. на территории трех опытных площадок Красноярского края (табл.1). Для исключения влияния интенсивного загрязнения рассматриваемой территории автотранспортом пробные площадки располагали на удалении не менее 500 м от дороги.

Таблица 2

**Участки сбора листьев черемухи обыкновенной**

| Расположение  | Номер |
|---|-------|
| Юго-западная часть Заангарского плато (район г.Лесосибирска)  | I     |
| Котловина, образованная северными отрогами Восточного Саяна (район п.Емельяново, Красноярский край) | II    |
| Котловина, образованная северными отрогами Восточного Саяна (район Красноярского водохранилища)     | III   |

Опытный участок I расположен на территории Енисейского района Красноярского края, вблизи г.Лесосибирска. Вся территория района находится в прохладном и достаточно увлажненном агроклиматическом районе. Основные виды деятельности: лесопиление, деревообработка.

Опытный участок II выбран на территории Емельяновского района, расположенного в пригородной зоне г.Красноярска, относящийся к категории территорий со слабо развитой горнодобывающей промышленностью. По природно-климатическим условиям район относится к умеренно прохладному и прохладному агроклиматическому району. Климат резко континентальный, с господствующим западным и юго-западным направлением ветров.

Отбор проб на территории Красноярского водохранилища (опытная площадка III) осуществлялся на территории Балахтинского района, расположенной к югу от города Красноярска. Основные виды деятельности – производство и переработка сельскохозяйственной продукции, рекреационные зоны.

В каждой точке отбора на высоте 1,5–2 м от земли с южной стороны кроны у 10 деревьев собирали по 10 листьев (с каждой зоны было взято по 100 листьев). Повторность снятия морфометрических параметров листа трехкратная. Сбор листьев проводили, основываясь на методике В.М.Захарова [2]. Добываясь относительной однородности образцов при сборе материала, соблюдали одинаковые условия сбора листьев: сбор осуществлялся с одиночных деревьев в возрасте 20–50 лет, произрастающих в одинаковых экологических условиях. Листья собирались с нижней части кроны (на высоте 1,5–2 м) с южной стороны.

Методика определения стабильности развития черемухи обыкновенной по величине флуктуирующей асимметрии листовых пластинок основана на признаках, характеризующих общие морфологические особенности листа [2]. Исследовано 5 билатеральных признаков (измерения проводились в миллиметрах – пункты 1–4 и градусах – пункт 5), характеризующих общие особенности листа:

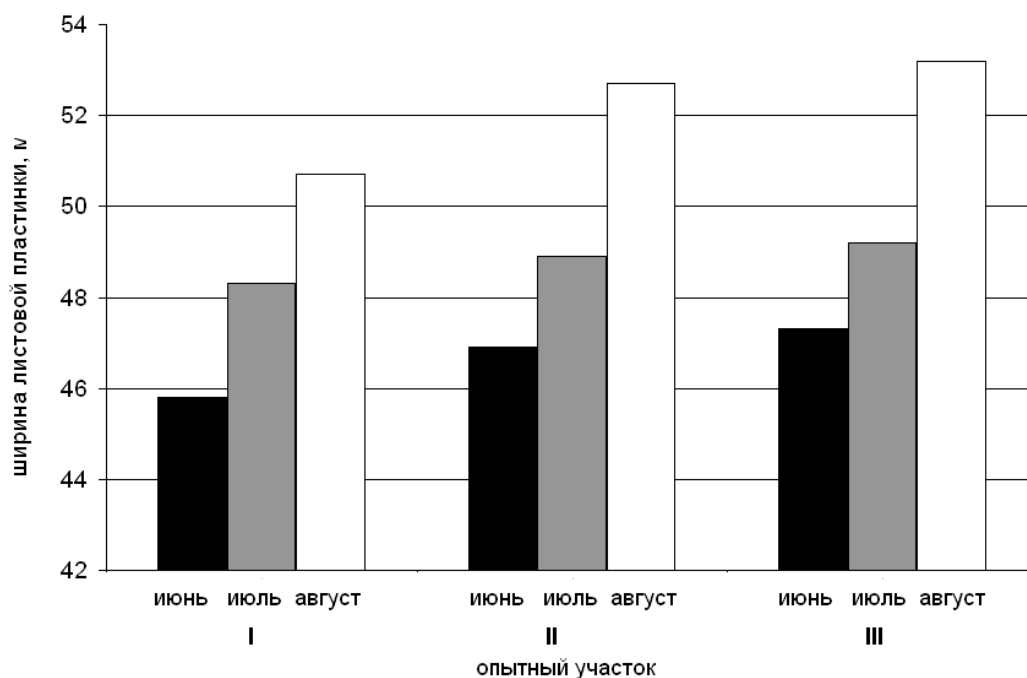
- 1 – ширина левой и правой половинок листа;
- 2 – расстояние от основания до конца жилки второго порядка, второй от основания листа;
- 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;
- 4 – расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка;
- 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Для каждого пластического признака величина асимметрии рассчитывается как различие в промерах слева и справа. Следуя методике С.И. Марченко [8], было произведено 1 000 измерений для каждого пункта отбора проб (5 мерных признаков, 2 стороны листа, 10 листьев с каждого дерева, 10 деревьев). Для оценки качества среды использовали шкалу, предложенную В.М. Захаровым и др. [2].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по Н.А. Плохинскому [9] с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel.

**Результаты исследований и обсуждение.** 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 (3,3–10,9 %), то есть низким уровнем их изменчивости.

Исследование изменчивости пяти абсолютных показателей измерений листьев [2] показало, что в течение летнего периода июнь–июль–август значительного варьирования исследуемых параметров у особей вида *Padus avium Mill.* не было выявлено. Так, при измерении ширины листовой пластинки выяснилось, что в июне и августе рассматриваемый параметр листьев черемухи обыкновенной, собранных на территории опытной площадки, варьируется: III – от  $50,7 \pm 2,4$  до  $53,2 \pm 2,2$  мм; II – от  $48,3 \pm 1,6$  до  $49,2 \pm 1,2$  мм; I – от  $45,8 \pm 2,3$  до  $47,3 \pm 2,7$  мм (рис.).



Динамика прироста ширины листовой пластинки *Padus avium Mill.* в течение вегетационного периода на разных участках произрастания, мм

Изучение ширины листовой пластинки черемухи обыкновенной дает отчетливую количественную характеристику изменений, возникающих под влиянием окружающей среды: уменьшение метрических параметров листа древесных пород, собранных в районе г.Лесосибирска и пригорода г. Красноярска, связано, по-видимому, с особенностью экологических условий произрастания и адаптации к ним.

Анализ ФА листовой пластинки *Padus avium Mill.* показывает, что в среднем за период исследования величина интегрального показателя стабильности развития у черемухи обыкновенной из разных точек местообитания варьировала в пределах от 0,036 до 0,044 (табл. 3).

Таблица 3

**Величина флуктуирующей асимметрии листовых пластинок черемухи обыкновенной,  
произрастающей на территории Красноярского края**

| Величина ФА пяти интегральных показателей  | Месяц периода вегетации |             |             |
|--|-------------------------|-------------|-------------|
|  | Июнь                    | Июль        | Август      |
| Юго-западная часть Заангарского плато (район г.Лесосибирска)   |                         |             |             |
| 1  | 0,038±0,004             | 0,035±0,002 | 0,027±0,004 |
| 2  | 0,038±0,003             | 0,036±0,001 | 0,043±0,003 |
| 3  | 0,053±0,003             | 0,062±0,006 | 0,080±0,006 |
| 4  | 0,072±0,006             | 0,074±0,003 | 0,064±0,008 |
| 5  | 0,013±0,001             | 0,012±0,001 | 0,044±0,001 |
| Величина ФА выборки  | 0,043±0,002             | 0,044±0,001 | 0,044±0,001 |
| Котловина, образованная северными отрогами Восточного Саяна<br>(район п.Емельяново, Красноярский край) |                         |             |             |
| 1  | 0,031±0,002             | 0,040±0,002 | 0,037±0,005 |
| 2  | 0,035±0,002             | 0,034±0,003 | 0,040±0,002 |
| 3  | 0,063±0,005             | 0,049±0,001 | 0,045±0,002 |
| 4  | 0,058±0,002             | 0,057±0,007 | 0,066±0,008 |
| 5  | 0,013±0,001             | 0,021±0,002 | 0,017±0,003 |
| Величина ФА выборки  | 0,040±0,001             | 0,040±0,001 | 0,041±0,002 |
| Котловина, образованная северными отрогами Восточного Саяна<br>(район Красноярского водохранилища)     |                         |             |             |
| 1  | 0,031±0,001             | 0,033±0,002 | 0,036±0,004 |
| 2  | 0,027±0,001             | 0,041±0,003 | 0,047±0,003 |
| 3  | 0,046±0,009             | 0,046±0,008 | 0,050±0,008 |
| 4  | 0,045±0,003             | 0,047±0,005 | 0,050±0,001 |
| 5  | 0,033±0,002             | 0,016±0,001 | 0,012±0,001 |
| Величина ФА выборки  | 0,036±0,001             | 0,037±0,001 | 0,039±0,001 |

Наиболее высокие значения показателя флуктуирующей асимметрии отмечаются на площадке, расположенной в Енисейском районе Красноярского края, – в среднем по району ее величина составила  $0,044\pm 0,001$ . Этот факт свидетельствует о том, что растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов на данных пробных площадях. Начальные отклонения от нормы на уровне, аналогичном материалу, собранному в районе опытного участка I, зарегистрированы и для листовых пластинок черемухи обыкновенной, произрастающей в Емельяновском районе Красноярского края, и составляют  $0,040\pm 0,001$ . Минимальные значения данного показателя зарегистрированы у исследованных деревьев, расположенных в Балахтинском районе – районе Красноярского водохранилища –  $0,036\pm 0,001$ . Таким образом, разница в показателях между двумя площадками составила около 22 %. При этом в районе данного опытного участка наблюдается рост величины ФА пяти интегральных показателей, что может быть связано с ростом рекреационной антропогенной нагрузки на данную территорию в течение вегетационного периода.

Таким образом, анализ распределения показателей стабильности развития черемухи обыкновенной и вычисление среднего значения ФА позволили разбить территорию исследования на две группы:

- первая группа – это территории с начальными отклонениями от нормального экологического состояния окружающей среды. Растения при этом испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов. Однако если опытные участки, заложенные в районе п. Емельяново, показывают начальные уровни отклонения от нормы ( $0,040-0,041$ ), то участки в районе г. Лесосибирска претерпевают пограничное со средним уровнем отклонений

состояние среды (величина ФА пяти интегральных показателей соответствует 0,044, в то время как нормативная величина коэффициента ФА для среднего уровня отклонений лежит в пределах 0,045–0,049);

- вторая группа – к ней относится опытная площадка, заложенная в районе Красноярского водохранилища на территории Балахтинского района. Состояние среды в данном случае можно охарактеризовать как условно нормальное. В то же время величина ФА пяти интегральных показателей свидетельствует о возможности формирования начальных отклонений от нормы в ближайшее время, поскольку нормативная величина коэффициента флуктуирующей асимметрии варьируется в пределах 0,036–0,039 на протяжении вегетационного периода.

Полученные данные хорошо согласовываются с результатами, представленными в [10], и позволяют подтвердить сделанное ранее заключение о возможности отнесения изученных участков территории Красноярского края к участкам с незначительными отклонениями и условно нормальным состоянием среды, что дает возможность проведения заготовительных работ относительно растительного сырья на данной территории.

### Литература

1. *Захаров В.М., Крысанов Е.Ю.* Оценка здоровья экосистем // Последствия Чернобыльской катастрофы: здоровье среды. – М., 1996. – С. 104–105.
2. *Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов [и др.].* – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
3. *Астауров Б.Л.* Исследования наследственных нарушений развития билатеральной симметрии в связи с изменчивостью одинаковых структур в пределах организма // Наследственность и развитие. – М.: Наука, 1974. – С. 54–109.
4. *Van Valen L.* A study of fluctuating asymmetry // *Evolution.* – 1962. – Vol. 16. – № 2. – P. 125–142.
5. *Макеева Л.П.* Биоиндикационная оценка качества среды на территории г. Мирного по показателю нарушения стабильности развития березы плосколистной. – М.: Наука, 2010. – С. 53.
6. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур) // Распоряжение Росэкологии от 16.10.2003 № 460. – М.: Наука, 2003. – 24 с.
7. 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>.
8. *Марченко С.И.* Методика определения величины асимметрии площадей половинок листьев с использованием компьютерных технологий. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2008. – С. 9–18.
9. *Плохинский Н.А.* Биометрия. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
10. Влияние экологических факторов и периода вегетации на содержание биологически активных веществ в некоторых видах растительного сырья Красноярского края / *Е.П. Черных, Л.А. Мильшина, О.В. Гоголева [и др.]* // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 11. – С.128–131.

