



## ЭКОЛОГИЯ

УДК 502.55

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

### ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ТЕРРИТОРИИ г. КРАСНОЯРСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧЕРЕМУХИ ОБЫКНОВЕННОЙ В КАЧЕСТВЕ БИОИНДИКАТОРА

*В статье рассмотрены вопросы состояния городской среды Красноярска на основе показателя флуктуирующей асимметрии черемухи обыкновенной (*Padus avium* Mill). Отмечен рост показателей флуктуирующей асимметрии, которая свидетельствует об ухудшении состояния природной среды.*

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

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

### THE ECOLOGICAL FAVOURABLE CONDITION ASSESSMENT OF THE KRASNOYARSK CITY TERRITORY WITH THE BIRD CHERRY TREE USE AS A BIOINDICATOR

*The issues of the Krasnoyarsk urban environment on the analysis basis of the bird cherry tree (*Padus avium* Mill) fluctuating asymmetry characteristic are considered in the article. The growth of the fluctuating asymmetry characteristic that indicates to the natural environment worsening condition is marked.*

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

**Введение.** В настоящее время оценка качества среды часто проводится путем сравнения содержания поллютантов в различных компонентах урбозкосистем с нормативными предельно допустимыми концентрациями без учета синергетических и кумулятивных эффектов их взаимодействия. Несмотря на высокую актуальность проведения такой оценки с использованием различных физико-химических методов, приоритетным направлением представляется использование методов биоиндикации. Это дает возможность, во-первых, объективно оценить состояние и самочувствие различных видов живых существ и, во-вторых, получить комплексную (интегральную) информацию с учетом всех видов (ингредиентного, параметрического и биоценологического) загрязнения окружающей городской среды.

В последнее время значительное внимание при экологическом мониторинге популяций уделяется использованию в качестве методов биоиндикации метода флуктуирующей асимметрии листовой пластинки в качестве показателя отклонения от нормы развития растения под влиянием внешних воздействий, в частности, загрязнения окружающей среды [1–5]. При этом показано, что древесные виды могут служить лучшими индикаторами загрязнения больших территорий, в то время как мелкие травянистые растения отражают микробиотопические условия и точечные загрязнения [6].

**Цель исследований.** Изучение особенностей показателя флуктуирующей асимметрии (ФА) листовой пластинки черемухи обыкновенной (*Padus avium* Mill) с целью биоиндикационной оценки качества среды города Красноярска.

**Задачи исследований.** Провести сбор материала в посадках черемухи обыкновенной на четырех участках г. Красноярска; определить параметры листовой пластинки черемухи обыкновенной и уровень их асимметрии; изучить основные статистические свойства показателей асимметрии отдельных признаков и интегральных индексов, характеризующих асимметрию целого объекта; обосновать возможность использования ФА листьев черемухи обыкновенной для фитомониторинга.

**Материалы и методы 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. Участки для исследования в основном были заложены на территориях санитарно-защитных зон предприятий г. Красноярска (табл. 1). Сбор материала проводился в период июня–августа 2012 г.

Таблица 1

## Участки сбора растительного сырья

№ п/п	Расположение
1	ОАО «РУСАЛ Красноярск» (санитарно-защитная зона)
2	ООО «КТМ» (санитарно-защитная зона)
3	ТЭЦ-3 (санитарно-защитная зона)
4	Микрорайон Академгородок – район городского фонового поста стационарного наблюдения (ПНЗ №1) ГУ «Красноярский ЦГМС-Р» (контроль; экологически безопасная территория)

В каждой точке отбора на высоте 1,5–2 м от земли с южной стороны кроны у 10 деревьев собирали по 10 листьев. Повторность снятия морфометрических параметров листа трехкратная. Всего было гербаризовано 600 листьев черемухи обыкновенной с каждого участка.

Методика определения стабильности развития черемухи обыкновенной по величине флуктуирующей асимметрии листовых пластинок черемухи обыкновенной основана на признаках, характеризующих общие морфологические особенности листа [1]. Исследованы 5 билатеральных признаков, 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. Измерения проводили на гербаризованном материале с помощью штангенциркуля, линейки и транспортира в миллиметрах (пункты 1–4) и градусах. Для каждого пластического признака величина асимметрии рассчитывается как различие в промерах слева и справа. Следуя методике С.И. Марченко [7], 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 [8] с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В настоящее время регистрируется ежегодный прирост выбросов в атмосферу загрязняющих веществ как непосредственно на территории Красноярского края (табл. 2), так и в районах г. Красноярска.

Таблица 2

## Динамика выбросов в атмосферу загрязняющих веществ в Красноярском крае (без учета Норильского промрайона), тыс. т [11]

Год	Суммарные выбросы	Выбросы от стационарных источников	Выбросы от автотранспорта
2008	913,8	521,9	391,9
2009	835,6	469,5	366,1
2010	942,9	554,8	388,1
2011	971,0	562,3	408,7
2012	1071,2	644,2	426,8

На основании приведенных данных в табл. 2 можно сделать выводы о том, что значительный вклад в загрязнение окружающей среды вносят стационарные источники, причем приоритетными загрязнителями являются предприятия черной и цветной металлургии, энергетики, деревообрабатывающей промышленности. Действительно, за последние пять лет произошло увеличение выбросов от стационарных источников на 23,4 %, а выбросов автотранспорта на 8,9 %. При этом основной вклад в загрязнение окружающей среды города Красноярска вносят предприятия металлургии (45,7 %) и энергетики (38,4 %) [1].

Согласно данным [11], в 2011–2012 гг. уровень загрязнения воздуха городской среды определялся как очень высокий. Приоритетными для города загрязняющими веществами являются бенз(а)пирен, формальдегид, взвешенные вещества, диоксид азота, среднегодовые концентрации которых превышают гигиенические нормативы. По данным специализированного подразделения Красноярского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями, комплексный индекс загрязнения ИЗА<sub>5</sub> в 2012 году составил 22,93, стандартный индекс – 17,0 по бенз(а)пирену, наибольшая повторяемость превышения ПДК – 29,0 % по формальдегиду (очень высокий уровень загрязнения); в воздухе города зарегистрировано 4 случая превышения 5 ПДК (1 случай по формальдегиду, 2 случая по взвешенным веще-

ствам, 1 случай по хлориду водорода) и 5 случаев, когда среднемесячные концентрации бенз(а)пирена превысили гигиенический норматив в 10 и более раз [11]. Среди промышленных предприятий Красноярска, вносящих значительный вклад в загрязнение окружающей среды, следует обратить внимание на ОАО «РУСАЛ Красноярск» и филиал «Красноярская ТЭЦ-3» ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)» вследствие их расположения, дающего возможность провести оценку влияния отдельного предприятия на состояние окружающей среды (табл. 3).

Таблица 3

**Промышленные предприятия г. Красноярска, имеющие наибольшие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в 2007–2012 гг., тыс. т**

Предприятие	Год					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ОАО «РУСАЛ Красноярск»	75,2	69,5	67,4	66,9	65,8	65,5
Филиал «Красноярская ТЭЦ-3» ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)»	7,1	6,7	6,3	7	6,4	10,5

Особенно актуальным проведение такой оценки является вследствие значительного сокращения наблюдательной сети ЦГМС-Р на территории города. Так, если в 80-е годы прошлого столетия на территории Красноярска располагалось 17 стационарных постов (9 принадлежали Госгидромету СССР, 8 были закреплены за крупнейшими промышленными предприятиями города), то в настоящее время осталось только 8 стационарных постов государственной наблюдательной сети [12], расположенных вне факелов выброса работающих предприятий. Поэтому оценка возможности использования общедоступных методов биоиндикации с целью оценки качества окружающей городской среды является весьма актуальной задачей.

Изучение вариабельности признаков листовой пластинки черемухи обыкновенной показало, что все признаки характеризуются низкими значениями коэффициента вариации (2,7–11,9 %), то есть низким уровнем их изменчивости. В таблице 4 представлены результаты исследований величины флуктуирующей асимметрии листовых пластинок черемухи обыкновенной

Таблица 4

**Величина флуктуирующей асимметрии листовых пластинок черемухи обыкновенной, произрастающей на территории г. Красноярска**

Величина ФА пяти интегральных показателей	ОАО «РУСАЛ Красноярск» (санитарно-защитная зона)		
	Июнь	Июль	Август
1	2	3	4
1	0,064±0,003	0,064±0,007	0,049±0,002
2	0,058±0,003	0,050±0,002	0,049±0,007
3	0,060±0,003	0,069±0,002	0,097±0,008
4	0,070±0,005	0,086±0,008	0,074±0,007
5	0,028±0,001	0,019±0,001	0,018±0,001
Величина ФА выборки	0,056±0,001	0,057±0,001	0,058±0,002
Балл	V	V	V
Величина ФА пяти интегральных показателей	ООО «КТМ» (санитарно-защитная зона)		
	Июнь	Июль	Август
1	0,057±0,004	0,056±0,004	0,048±0,007
2	0,048±0,002	0,065±0,005	0,063±0,007
3	0,082±0,007	0,057±0,009	0,077±0,002
4	0,067±0,005	0,088±0,006	0,070±0,006
5	0,026±0,003	0,017±0,001	0,026±0,003
Величина ФА выборки	0,056±0,001	0,057±0,001	0,057±0,002
Балл	V	V	V
Величина ФА пяти интегральных показателей	ТЭЦ-3 (санитарно-защитная зона)		
	Июнь	Июль	Август

Окончание табл. 4

1	2	3	4
1	0,045±0,003	0,039±0,004	0,038±0,004
2	0,039±0,004	0,032±0,002	0,033±0,001
3	0,060±0,003	0,058±0,003	0,070±0,004
4	0,081±0,009	0,070±0,007	0,081±0,002
5	0,026±0,002	0,052±0,005	0,029±0,002
Величина ФА выборки	0,050±0,002	0,050±0,002	0,050±0,003
Балл	IV	IV	IV
Величина ФА пяти интегральных показателей	Микрорайон Академгородок (контроль; экологически безопасная территория)		
	Июнь	Июль	Август
1	0,038±0,002	0,040±0,004	0,025±0,006
2	0,040±0,006	0,040±0,004	0,029±0,006
3	0,050±0,002	0,044±0,008	0,062±0,004
4	0,030±0,002	0,054±0,007	0,058±0,002
5	0,015±0,001	0,017±0,002	0,023±0,001
Величина ФА выборки	0,035±0,001	0,039±0,001	0,039±0,004
Балл	I	I-II	I-II

По результатам исследований следует отметить, что состояние качества среды в черте города Красноярска по данным флуктуирующей асимметрии ФА неоднородно. Минимальные значения коэффициента ФА зарегистрированы на территории микрорайона Академгородка (0,035–0,039) и характеризуются первым баллом качества среды (относительная норма). За ним следует санитарно-защитная зона ТЭЦ-3 (0,050) с четвертым баллом степени загрязнения. Максимально высокое значение ФА отмечено на территории санитарно-защитных зон ООО «КТМ» (0,056–0,057) и ООО «РУСАЛ Красноярск» (0,056–0,058), которым соответствует наихудшее качество среды (V баллов). Учитывая некоторые рекомендации М.В. Козлова к использованной методике [10], по отдельности были рассмотрены признаки интегрального показателя асимметрии у каждой выборки. Отмечено, что наибольшей асимметричностью обладают промеры 3 и 4, что наблюдается и в ранее проведенных работах на примере других видов растительного сырья [5].

Полученные данные хорошо согласовываются с результатами, представленными в [9], и позволяют подтвердить сделанную ранее следующую градацию рассматриваемых районов по степени убывания экологической благополучности: Академгородок (относительная норма, растения испытывают слабое воздействие неблагоприятных факторов) > санитарно-защитная зона ТЭЦ-3 (существенные нарушения, растения, находясь в загрязнённых районах, испытывают значительное воздействие неблагоприятных факторов) > санитарно-защитная зона ООО «КТМ» (критическое состояние, растения находятся в сильно угнетённом состоянии) > санитарно-защитная зона ОАО «РУСАЛ Красноярск» (критическое состояние, растения находятся в сильно угнетённом состоянии).

### Выводы

1. Выполнена оценка состояния городской среды на примере территории города Красноярска с использованием показателя флуктуирующей асимметрии черемухи обыкновенной (*Padus avium* Mill). Показана следующая градация районов по степени убывания экологической благополучности: Академгородок > санитарно-защитная зона ТЭЦ-3 > санитарно-защитная зона ООО «КТМ» > санитарно-защитная зона ОАО «РУСАЛ Красноярск».

2. Показано, что флуктуирующая асимметрия, усредненная по рассмотренным районам города Красноярска в период июня-августа 2012 г. для таких территорий, как санитарно-защитные зоны ООО «РУСАЛ Красноярск», ООО «КТМ», ТЭЦ-3, находится в интервале 0,050–0,058, а качество среды соответственно оценивается IV–V баллами, что свидетельствует о критическом и существенном отклонении от нормы состояния среды.

3. Относительная норма состояния окружающей среды микрорайона Академгородок (оценивается I–II баллами) и может быть объяснена влиянием выбросов автомобильного транспорта.

### Литература

1. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов [и др.]. – М.: Центр экол. политики России, 2000. – 68 с.

2. Захаров В.М. Здоровье среды: практика оценки / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили, С.Г. Дмитриев [и др.]. – М.: Центр экол. политики России, 2000. – 318 с.
3. Захаров В.М., Чистякова Е.К., Кряжева Н.Г. Гомеостаз развития как общая характеристика состояния организма: скоррелированность морфогенетических и физиологических показателей у березы повислой // Докл. РАН. – 1997. – Т. 357. – № 2. – С. 281–283.
4. Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Захаров В.М. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения // Экология. – 1996. – № 6 – С. 441–444.
5. Гуртяк А.А., Углев В.В. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора // Изв. Том. политехн. ун-та. – 2010. – Т. 317. – № 1. – С. 200–204.
6. Соколова Г.Г., Шарлаева Е.А. Практикум по биоиндикации экологического состояния окружающей среды. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2006. – 111 с.
7. Марченко С.И. Методика определения величины асимметрии площадей половинок листьев с использованием компьютерных технологий. – Брянск: БГИТА, 2008. – С. 9–18.
8. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
9. Черных Е.П., Гоголева О.В., Первышина Г.Г. Особенности содержания биологически активных веществ в листьях черемухи обыкновенной (*Padus avium* Mill.) в связи с условиями обитания // Вестн. КрасГАУ. – 2012. – № 12. – С. 128–131.
10. Козлов М.В. Стабильность развития: мнимая простота методики (о методическом руководстве «Здоровье среды: методика оценки») // Заповедники и национальные парки. – 2002. – № 37/38. – С. 23–25.
11. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2012 год» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849/page6098>.
12. Красноярск. Экологические очерки: монография / Р.Г. Хлебопрос, О.В. Тасейко, Ю.Д. Иванова [и др.]. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2012. – 130 с.



УДК 639.2 (571.56)

А.Ф. Абрамов, Т.В. Слепцова

#### МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ КАРАСЯ ЯКУТСКОГО (*CARASSIUS CARASSIUS YACUTICUS*, KIRILLOV) В ОЗЕРАХ КОБЯЙСКОГО УЛУСА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

*В статье приведены результаты исследований морфологического состава и пищевой ценности карася якутского по различным озерам Кобяйского улуса. Сделаны выводы, что из него можно готовить не только традиционную уху, но и высококачественные рыбные блюда.*

**Ключевые слова:** карась якутский, морфологический состав, химический состав, энергетическая ценность.

A.F. Abramov, T.V. Sleptsova

#### MORPHOLOGICAL COMPOSITION AND NUTRITIONAL VALUE OF THE YAKUT CRUCIAN (*CARASSIUS CARASSIUS YACUTICUS*, KIRILLOV) IN THE KOBYAISKIY ULUS LAKES (REPUBLICS OF SAKHA (YAKUTIA))

*The research results of the Yakut crucian morphological composition and nutritional value in the Kobyaiskiy ulus various lakes are given in the article. The conclusions are made that not only the traditional fish soup but also high-quality fish dishes can be cooked from it.*

**Key words:** the Yakut crucian, morphological composition, chemical composition, energy value.

---

**Введение.** Карась Якутский (*Carassius carassius yakuticus*, Kirillov) – самый распространенный промысловый вид рыбы озер Якутии. Благодаря незначительной требовательности к кислороду, этот вид рыбы встречается практически во всех озерах Якутии, включая северные озера до 70° 30' с. ш. В связи с этим промысловые запасы карася могут достигать весьма значительных объемов [1].

Основные промысловые запасы имеются на территории 20 улусов Якутии, расположенных в северной, центральной, западной и южной зонах. В этих зонах доля карася в годовом вылове рыбы составляет 60–70 % [2]. Увеличение вылова продовольственного карася связано с повышением его спроса, а главное с