

*Фарфель Д. В.,
студент института леса и природопользования,
Уральский государственный лесотехнический университет,
Малозёмов О.Ю., канд. пед. наук,
доцент кафедры физической культуры,
Уральский государственный медицинский университет,
Уральский государственный лесотехнический университет,
Россия, Екатеринбург*

**СВЯЗЬ ИНДЕКСА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ХВОИ
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С АНТРОПОГЕННЫМ
ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Аннотация. В статье рассматривается связь между индексом флуктуирующей асимметрии (ИФА) хвои подроста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), длиной хвоинок, средним баллом усыхания, средним баллом повреждения хвои и морфобиологическими показателями. Выявлены критические значения ИФА около автотрассы за последние три года.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, сосна обыкновенная, *Pinus sylvestris* L., хвоя, подрост, усыхание, антропогенное влияние.

*Farfel D. V.,
student of the Institute of forest and nature management,
Ural state forest engineering university,
Malozemov O. Yu.,
candidate of pedagogical sciences,
associate professor of the Department of physical culture,
Ural state medical university,
Ural state forest engineering university,*

RELATIONSHIP BETWEEN THE INDEX OF FLUCTUATING ASYMMETRY OF SCOTS PINE NEEDLES WITH ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE ENVIRONMENT

***Annotation.** The article considers the relationship between the index of fluctuating asymmetry (IFA) of needles of scots pine undergrowth (*Pinus sylvestris* L.), the length of needles, the average score of drying, the average score of damage to needles and morphobiological indicators. Critical values of IFA near the highway over the past three years were revealed.*

***Keywords:** fluctuating asymmetry, Scots pine, *Pinus sylvestris* L., needles, undergrowth, desiccation, anthropogenic influence.*

Восстановление ущерба, нанесённого человеком природе, является актуально комплексной задачей современности для всего человечества. Для этого необходима оценка нанесённого ущерба и выработка системных восстановительных мер. Чтобы исследования в этой области были наиболее объективными, используется множество различных методов. В данном случае рассмотрим пример оценки антропогенных воздействий с помощью флуктуирующей асимметрии.

Флуктуирующая асимметрия (ФА) – это небольшие и ненаправленные отклонения от идеальной симметрии морфологических признаков. Принято считать, что ФА возникает в результате ослабления способности организма контролировать развитие в условиях генетического или экологического стресса [2]. Таким образом, индекс флуктуирующей асимметрии предположительно связан с силой воздействия факторов среды: чем сильнее антропогенное влияние на площади, там выше индекс. Кроме того, на

результаты исследования могут влиять климатические, биологические и другие условия [1, 3-5].

Для анализа было отобрано по 10 пар иголок с 5 подростов сосны за 2018-2020 год по каждой из двух площадей: 100 и 2000 метров от дороги. Иголки собирались случайным образом, складывались в бумажные конверты, соответственно маркировались. Измерения проводились сразу после сбора. В процессе исследований для оценки показателя ФА устанавливались следующие показатели: длина первой иголки (L1), длина второй иголки (L2). ИФА вычисляется по формуле:

$$\text{ИФА} = \frac{2(L1 - L2)}{L1 + L2}$$

В нормальных условиях организм реагирует на воздействия окружающей среды посредством сложной физиологической системы гомеостатических механизмов. Под воздействием неблагоприятных условий эти механизмы могут быть нарушены, что приводит к морфологическим изменениям. Нарушения развития хвои сосны обыкновенной могут быть ответной реакцией на самые различные антропогенные воздействия, и для оценки степени нарушения традиционно используется пятибалльная шкала [6].

Таблица 1

Шкала оценки влияния антропогенного фактора на стабильность развития сосны обыкновенной по ИФА
(Скрипальщикова Л.Н., Стасова В.В., 2014).

Величина показателя стабильности развития	Оценка влияния антропогенного фактора	Балл
0,00–0,003	Норма	1
0,0031–0,004	Слабое	2
0,0041–0,005	Умеренное	3
0,0051–0,006	Высокое	4
0,0061–0,009	Очень высокое	5
> 0,0091	Критическое	6

**Средние значения длины иголок, ИФА, баллов усыхания
и повреждения за три года с двух пробных площадей**

Место сбора	год	L1	L2	L среднее	ИФА	балл ИФА	усыхание	повреждение
лесопарк (1900- 2000 м)	2020	48,64	48,45	48,545	0,003816	2	1	1
	2019	46,4	46,14	46,27	0,006385	5	1	1
	2018	44,42	44,17	44,295	0,006027	4	1	1
дорога (50-100 м)	2020	45,38	44,89	45,135	0,01144	6	2	1
	2019	42,582	41,93	42,256	0,015529	6	1	2
	2018	45,35	44,45	44,9	0,020673	6	2	2

На рисунке 1 приведены визуальные признаки по классам усыхания и повреждения хвои сосны.

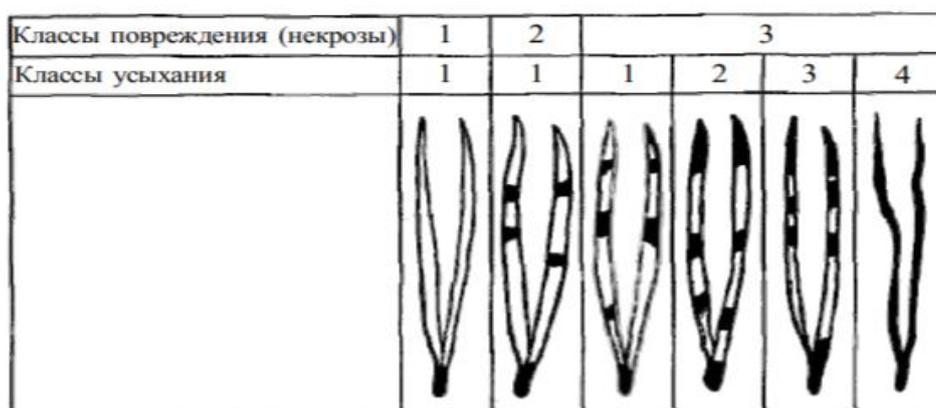


Рис.1. Классы усыхания и повреждения хвои (Чавдарь, 2009).

Классы повреждения: 1 – хвоинки без пятен; 2 – хвоинки с небольшим числом мелких пятен; 3 – хвоинки с большим числом черных и желтых пятен. Классы усыхания: 1 – на хвоинках нет сухих участков; 2 – на хвоинках усох кончик 2-5 мм; 3 – усохла 1/3 хвоинки; 4 – вся или большая часть хвоинки сухая.

На рисунке 2 представлена динамика зависимости ИФА хвои сосны от степени антропогенного воздействия (в нашем случае удалённость деревьев от автомагистрали).

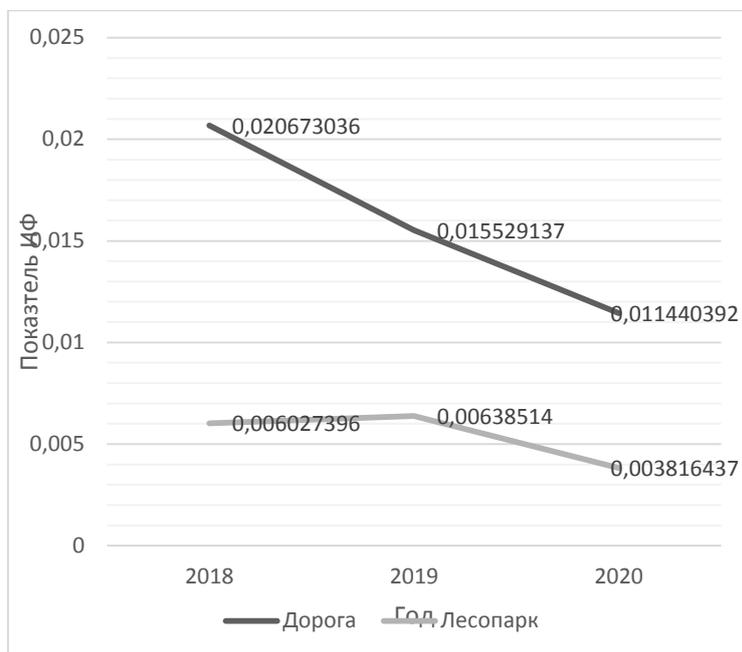


Рис.2. Динамика зависимости ИФА от степени антропогенного воздействия.

По полученным данным мы видим, что возле дороги ИФА критический в каждый из трёх лет, но стремится к сокращению. При такой тенденции можно предположить выход значения придорожного ИФА из критического в ближайшие годы. Лесной ИФА тоже имеет тенденцию к снижению, и из высокого (очень высокого) снизился до слабого. Такие изменения могут быть связаны с улучшением экологической обстановки района, благоприятными изменениями климата.

Средний балл усыхания возле дороги выше, чем в лесопарке. Иголочки, собранные в лесу, имеют большое количество маленьких смоляных ходов (в среднем 4-5), открытые устьица, яркую зелёную окраску, светлый кончик иголки, выделяют липкую смолу в руках. Иголочки, собранные возле дороги, по большей части имеют засохшие кончики, или сухие более чем на 1/3. Смоляные ходы в них единичные, устьица практически всегда закрыты. При этом, если в лесу иголочки сохнут равномерно, то возле дороги

высохшей может быть только одна иголка и пары. Кроме того, иголки, собранные возле дороги, подвержены хлорозу, многие поражены некрозом и солнечными ожогами. Хвоя 2020 года наиболее здоровая. Иголки, выросшие в лесу, наиболее здоровые, среди них практически нет больных хлорозом. Солнечных ожогов и некрозов не наблюдается.

Средняя длина хвоинок 2018 год примерно одинаковая. При этом если в лесопарке разница между длиной хвоинок минимальная (низкий индекс флуктуирующей асимметрии), то возле дороги средняя цифра образуется из большого разброса (высокий ИФА). В 2019 году средняя длина хвоинок лесопарка значительно больше придорожных. Можно предположить, что это связано с антропогенным влиянием (высокое содержание СО в воздухе возле дороги), либо с климатическими изменениями. За 2020 год средняя длина хвоинок равномерно выросла и в лесопарке, и возле дороги.

Результаты оценки различий значения флуктуирующей асимметрии листовой пластинки для сравниваемых выборок в придорожных экосистемах достоверно в случаях сравнения выборки хвои, собранной с деревьев придорожных полос автомагистралей с максимальной нагрузкой автотранспорта с лесной территорией.

Таким образом, по полученным данным можно сформулировать **выводы**.

1. Средние значения ФА характеризуются высокими показателями, что свидетельствует о сильном отклонении от нормы.

2. Средние значения показателей ФА уменьшаются от дороги внутрь леса, но остаются выше условной нормы.

3. Показатель ФА сосны обыкновенной может быть использован для оценки состояния деревьев данного вида, а также как один из методов оценки антропогенного влияния на окружающую среду.

4. Для получения более точных и достоверных результатов необходимо продолжать исследования в данном направлении.

Использованные источники

1. Березкина М. Г. Мониторинг состояния городской среды при помощи сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) как основного биоиндикатора // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. тр. – М. : ИПЦ «Луч», 2010. – Вып. 12. – 390 с.
2. Захаров В. М. Асимметрия животных. М: Наука, 1987. 216 с.
3. Иванова Е.Ю. Оценка состояния атмосферного воздуха города Нововоронежа биологическими методами. // Вестник ВГУ. Серия: география, геоэкология. Воронеж: ВГУ. 2013. №1. С.157-162.
4. Кожара А.В. Структура показателя флуктуирующей асимметрии и его пригодность для популяционных исследований // Биологические науки. 1985. № 6. С. 100–103
5. Осипенко Р.А., Осипенко А.Е. Флуктуирующая асимметрия хвои сосны обыкновенной как индикатор загрязнения окружающей среды горнодобывающим предприятием. // Леса России и хозяйство в них. Екатеринбург: УГЛТУ. 2018. №4(67). С.30-37.
6. Скрипальщикова Л.Н., Стасова В.В. Биоиндикационные показатели стабильности развития насаждений в нарушенных ландшафтах // Сиб. лесн. жур. 2014. № 2. С. 62–72.