

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 62; 616-071.3; 004.932.2

Анализ методов оценки показателей асимметрии биообъектов**М.К. Суханов, М.М. Сябро, Н.В. Лимаренко, К.А. Мороз**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В статье приводятся результаты анализа методик оценки показателей асимметрии биообъектов как индикаторов негативного воздействия окружающей среды. Описаны методы оценки симметричности биообъектов для определения воздействия экологических факторов на них. Обоснована необходимость применения таких методов. Сформулирован перечень методов для оценки величины флуктуирующей асимметрии (ФА). Проведен анализ научных публикаций, посвященных информативности метода ФА для оценки внешнего воздействия на различные биообъекты. Целью исследования является анализ конструкций и областей применения методик оценки показателей асимметрии биологических объектов, как показателя воздействия негативных факторов окружающей среды на них.

Ключевые слова: асимметрия, флуктуирующая асимметрия, воздействие окружающей среды, экологический стресс

Для цитирования. Суханов М.К., Сябро Н.В., Лимаренко Н.В., Мороз К.А. Анализ методов оценки показателей асимметрии биообъектов. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(3):11–13.

Analysis of Bio-Object Asymmetry Assessment Methods**Maksim K. Sukhanov, Margarita M. Syabro, Nikolay V. Limarenko, Kaleriya A. Moroz**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article analyses the methodologies for assessing the bio-object asymmetry indicators as the markers of negative impact of the environment. Methods of assessing the bio-object symmetry for determining the impacts of the environment have been described. The need for using such methods has been substantiated. The list of fluctuating asymmetry (FA) assessment methods has been compiled. The scientific publications referring to the FA method informativeness in assessment of the environmental impact on various bio-objects have been reviewed. The study aims to analyse the frameworks and areas for implementing the methods of assessing the asymmetry indicators of bio-objects as the markers of negative impact of the environment on them.

Keywords: asymmetry, fluctuating asymmetry, impact of the environment, environmental stress

For Citation. Sukhanov MK, Syabro MM, Limarenko NV, Moroz KA. Analysis of Bio-Object Asymmetry Assessment Methods. *Young Researcher of Don*. 2025;10(3):11–13.

Введение. Асимметрия — это отсутствие зеркальной (плоскостной) или радиальной симметрии, характерной для биологических объектов. Асимметрия может проявляться на различных уровнях организации биообъектов, начиная от молекулярного и клеточного уровней и заканчивая макромасштабом. Существуют несколько основных теорий, объясняющих формирование асимметрии у изначально симметричных объектов. К ним относятся эпигенетические механизмы, такие как метилирование ДНК, аномалии развития и генетические заболевания, функциональные различия в частях тела биообъекта и естественный отбор.

В зависимости от причин возникновения и направленности формирования выделяют различные виды асимметрии у биообъектов: морфологическую асимметрию, дирекционную асимметрию, флуктуирующую асимметрию и антисимметрию. Морфологическая асимметрия проявляется в различиях геометрических размеров и/или формы левой и правой сторон (морфологии биообъекта) и имеет направленный характер, обусловленный генетическими факторами или условиями развития организма. Дирекционная асимметрия представляет собой устой

живые отклонения от зеркальной симметрии, выражающиеся в предпочтительном использовании или развитии одной из половин биообъекта; как и морфологическая, она также обусловлена генетически либо условиями роста и развития. Эта разновидность асимметрии подразделяется на биохимическую, моторную и сенсорную асимметрию. Биохимическая асимметрия характеризуется различиями в протекании химических реакций, моторная асимметрия связана с различиями в биомеханических характеристиках половин, а сенсорная асимметрия — с различиями в восприятии органами чувств.

Флуктуирующая асимметрия характеризует незначительные случайные отклонения от билатеральной симметрии и имеет ненаправленный характер; она хорошо демонстрирует различия в воздействии окружающей среды или несимметричные нарушения в жизнедеятельности организма. Антисимметрия же проявляется в развитии структуры или признака только с одной стороны, что генетически и эволюционно обусловлено и не рассматривается как нарушение. Причины и функции такой несимметричности биологических структур изучены недостаточно.

Изучение асимметрии биообъектов охватывает различные научные дисциплины, включая биологию, экологию, медицину и эволюционную антропологию. Некоторые виды асимметрии представляют собой результат адаптации к особенностям условий роста и развития. В определенных случаях асимметрия может свидетельствовать о негативном воздействии окружающей среды или о нарушениях в развитии и росте организма. Последствия появления и развития пагубной асимметрии могут значительно различаться в зависимости от степени выраженности и причин ее возникновения. При этом показатели асимметрии служат надежным индикатором воздействия несимметричных факторов на биообъект в процессе жизнедеятельности или неблагоприятного экологического воздействия. Оценка показателей асимметрии, таких как степень выраженности и области проявления, способствует разработке методик для идентификации негативных факторов окружающей среды, проявляющихся в виде асимметрии биообъектов. Целью исследования является анализ методик оценки показателей асимметрии биологических объектов как индикатора воздействия негативных факторов окружающей среды на них.

Основная часть. Для экологического мониторинга можно осуществлять оценку симметричности листьев и семян растений. Измерение показателей симметричности может проводиться через визуальный осмотр, люминесцентную диагностику, рентгеноскопию и фотографирование с последующим анализом полученных изображений. Визуальный осмотр является самым простым и доступным методом, основывающимся на субъективной оценке, что приводит к низкой достоверности и точности измерений, а также к недостоверным выводам. Люминесцентная диагностика чаще всего применяется к семенам растений, позволяя оценить нарушения симметричности на основе вызванного излучения; однако этот метод требует специализированного оборудования, что делает его трудным для экспресс-тестирования. Подобные преимущества и недостатки также присущи методам рентгенографии и термографии, при этом термография подвержена влиянию как внешних факторов, так и внутренней структуры на температуру объекта.

Наиболее оптимальным по соотношению точности и доступности для практического применения является фотографирование с последующим анализом изображений. Этот метод требует правильно подобранного угла съемки и хорошего освещения для достижения достоверных результатов. Для оценки степени асимметрии биообъектов широкое применение находит метод флуктуирующей асимметрии (ФА). В общем, чем выше ФА, тем пагубнее воздействие факторов окружающей среды. Для расчета ФА используются различные методы, включая коэффициент вариации парных признаков, индекс асимметрии, корреляцию левое-правое и другие [1, 2, 3]. Количественная оценка ФА основывается на сравнении левой и правой сторон соответствующих билатеральных признаков, что обычно осуществляется путем измерения разницы между двумя сторонами и выражения ее как коэффициента (индекса) асимметрии. Выбор метода зависит от конкретной задачи исследования, типа изучаемого признака и доступных данных [4].

ФА активно применяется для оценки последствий экологических стрессов, таких как загрязнение воздуха, воды и шумовое загрязнение, на живые организмы. Например, исследования показали, что у березы повислой повышенная ФА листовой пластинки свидетельствует о неблагоприятных экологических условиях [5, 6]. Это подтверждает, что ФА может служить ранним индикатором воздействия стрессовых экологических факторов на растения и являться хорошим критерием оценки состояния окружающей среды.

ФА также успешно применяется в медицине, в частности для диагностики генетических заболеваний и оценки эффективности лечебных мероприятий. Исследования показывают, что ФА может быть маркером общего физического состояния и здоровья человека в целом [7, 8].

Заключение. На основе проведенного анализа научных публикаций можно утверждать, что оценка показателей асимметрии у биообъектов обладает значительным потенциалом в идентификации пагубного воздействия факторов окружающей среды. Метод оценки флуктуирующей асимметрии хорошо зарекомендовал себя в экологии для оценки экологических стрессов по асимметричности листьев. Рассмотренные методики продолжают развиваться с использованием новых технологий компьютерной обработки данных, что способствует повышению точности и достоверности результатов измерений. Дальнейшее изучение взаимосвязей пагубного экологического воздействия на конкретные биообъекты также будет способствовать повышению точности и надежности существующих методик.

Список литературы

1. Трубянов А.Б., Глотов Н.В. Флуктуирующая асимметрия: вариация признака и корреляция левое–правое. *Доклады академии наук*. 2010;431(2):283–285.
2. Гелашвили Д.Б., Солдатов Е.Н., Чупрунов Е.В. Меры сходства и разнообразия в оценке флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков. *Поволжский экологический журнал*. 2004;(2):132–143.
3. Гелашвили Д.Б., Чупрунов Е.В., Иудин Д.И. Структурные и биоиндикационные аспекты флуктуирующей асимметрии билатерально-симметричных организмов. *Журнал общей биологии*. 2004;65(5):433–441.
4. Зорина А.А. Методы статистического анализа флуктуирующей асимметрии. *Принципы экологии*. 2012;1(3):24–47.
5. Залесов С.В., Азбаев Б.О., Белов Л.А., Суюндиков Ж.О., Залесова Е.С., Оплетаев А.С. Использование показателя флуктуирующей асимметрии березы повислой для оценки ее состояния. *Современные проблемы науки и образования*. 2014;(5):742–742.
6. Гелашвили Д.Б., Лобанова И.В., Ерофеева Е.А., Наумова М.М. Влияние лесопатологического состояния березы повислой на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки. *Поволжский экологический журнал*. 2007;(2):106–115.
7. Никитина Е.А. Восприятие здоровья по фотографиям детских лиц. *Экспериментальная психология*. 2015;8(4):91–101.
8. Абдуразаков У.А., Абдуразаков А.У., Юлдашев А.Ж. Асимметрия тела человека: внешние проявления и взаимосвязь с заболеваниями опорно-двигательной системы. *Вестник АГПУВ*. 2016;(4):28–31.

Об авторах:

Максим Константинович Суханов, магистрант кафедры приборостроения и биомедицинской инженерии Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1), suhanov_mk@mail.ru

Маргарита Михайловна Сябро, магистрант кафедры приборостроения и биомедицинской инженерии Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1), syabro.margo@mail.ru

Николай Владимирович Лимаренко, доктор технических наук, профессор кафедры приборостроения и биомедицинской инженерии Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1), nlimarenko@donstu.ru

Калерия Александровна Мороз, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой приборостроения и биомедицинской инженерии Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1), kmoroz@donstu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Maksim K. Sukhanov, Master's Degree Student of the Instrumentation and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), suhanov_mk@mail.ru

Margarita M. Syabro, Master's Degree Student of the Instrumentation and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), syabro.margo@mail.ru

Nikolay V. Limarenko, Dr.Sci. (Engineering), Professor of the Instrumentation and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), nlimarenko@donstu.ru

Kaleriya A. Moroz, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor, Head of the Instrumentation and Biomedical Engineering Department (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), kmoroz@donstu.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.